METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN
JULKAISUJA

COMMUNICATIONES
INSTITUTI FORESTALIS FENNIAE

MEDDELANDEN FRÅN SKOGSFORSKNINGSANSTALTEN I FINLAND
MITTEILUNGEN DER FORSTLICHEN FORSCHUNGSANSTALTEN IN FINNLAND
PUBLICATIONS OF THE FOREST RESEARCH INSTITUTE IN FINLAND
PUBLICATIONS DE L'INSTITUT DE RECHERCHES FORESTIÉRES DE LA FINLANDE

51

HELSINKI 1960

METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN JULKAISUJA

COMMUNICATIONES
INSTITUTI FORESTALIS FENNIAE

MEDDELANDEN FRÅN SKOGSFORSKNINGSANSTALTEN I FINLAND
MITTEILUNGEN DER FORSTLICHEN FORSCHUNGSANSTALTEN IN FINNLAND
PUBLICATIONS OF THE FOREST RESEARCH INSTITUTE IN FINLAND
PUBLICATIONS DE L'INSTITUT DE RECHERCHES FORESTIÉRES DE LA FINLANDE

51

HELSINKI 1960

COMMUNICATIONES

INSTITUTI FORESTALIS FENNIAE

51

51.1 Huikari, Olavi, 1959. Kenttämittaustuloksia turpeiden vedenläpäisevyydestä. *Deutsches Referat:* Feldmessungsergebnisse über die Wasserdurchlässigkeit von Torfen ..... 1—26

51.2 —»— 1959. Metsäojitettujen turvemaiden vesitaloudesta. *Deutsches Referat:* Über den Wasserhaushalt waldentwässerter Torfböden 1—45

51.3 Heiskanen, Veijo, 1959. Tutkimuksia männyn karsimisesta. Aikatutkimuksia karsimistyöstä. *Summary:* Studies on pruning of pine. Time studies concerned with the pruning work ..... 1—47

51.4 Vuokila, Yrjö, 1959. Relaskooppimenetelmän tarkkuudesta puuston arvioinnissa. *Summary in English:* On the accuracy of the relascope method of cruising ..... 1—62

51.5 Aro, Paavo, 1959. Nippujen kuutiotaulukot 2 m ja 4 m kuusipaperipuille. *Deutsches Referat:* Kubiktabellen für Bündel von 2 m und 4 m Fichtenzellstoffholz ..... 1—44

51.6 Ilvessalo, Mikko, 1959. Suomen maan- ja metsänomistussuhteet 1920—1950-luvuilla. *Deutsches Referat:* Land- und Waldbesitzverhältnisse in Finnland in 1920—1950ern Jahren ..... 1—61

51.7 Mäkinen, Veikko O., 1959. Harvennuksen aiheuttamasta muutoksesta nuoren männikön rakenteeseen. *Summary in English:* On the structural changes caused by thinning in young scots pine stands ..... 1—31

51.8 Koivisto, Pentti, 1959. Kasvu- ja tuottotaulukoita. Growth and yield tables ..... 1—49

51.9 Ilvessalo, Yrjö, 1959. Suomen metsien hakkuumahdollisuudet metsävarojen kehittämiseen tähtäävän hakkuusuunnitteen valossa. *Summary in English:* Cutting possibilities of the forests of Finland in the light of allowable cut, aiming at the development of forest resources ..... 1—44

51.10 Vuokila, Yrjö, 1960. Lehtikuusen kuutioimisyhtälöt ja -taulukot. *Summary in English:* Tree volume functions and tables for larch 1—89

KENTTÄMITTAUSTULOKSIA TURPEIDEN VEDENLÄPÄISEVYYDESTÄ

OLAVI HUIKARI

FELDMESSUNGSERGEBNISSE ÜBER DIE WASSERDURCHLÄSSIGKEIT VON TORFEN

DEUTSCHES REFERAT

HELSINKI 1959

Helsinki 1959. Valtioneuvoston kirjapaino

Alkulause

Vuoden 1954 keväällä aloitettiin Parkanossa Liesnevan tutkimusalueella metsäojitettujen soiden vesitalouden monitahoinen tutkiminen. Turpeiden vedenläpäisevyyden selvittelyssä käytettiin ns. »auger hole»-menetelmää. Sen käyttömahdollisuuksia tutkittiin erilaisissa olosuhteissa noin vuoden ajan. Kun menetelmä osoitti käyttökelpoisuutensa, aloitettiin vuoden 1955 keväällä järjestelmällinen aineiston keruu.

Ajatuksen »auger hole»-menetelmän käytäntöön otosta olen saanut maat. ja metsät. tri M i k k o S i l l a n p ä ä l t ä. Olen hänelle kiitollinen myös niistä monista neuvoista mitä olen saanut menetelmää nyt ko. mittauksiin käyttökelpoiseksi soveltaessani.

Kenttämittaukset olivat hankalia ja aikaaviepiä vaatien usein mittausten suoritusta öisinkin. Innostuksella ja huolellisuudella suoritetuista kenttätöistä sekä tutkimusaineiston käsittelystä olen suuresti kiitollinen kaikille niissä minua avustaneille.

Käsikirjoitukseen on tutustunut tekniikan tohtori T a n e l i J u u s e l a. Häneltä saamistani arvokkaista neuvoista olen suuresti kiitollinen.

Helsingissä, maaliskuun 19 päivänä 1959.

Olavi Huikari

Sisällys

Sivu

Johdanto 5
Tutkimusmenetelmä 7
Aineisto 9
Turvekerroksen vedenläpäisevyyteen vaikuttavat tekijät 11
Turvekerroksen etäisyys maanpinnasta 11
Maatumisaste 13
Turvelaji 13
Suotyyppi 15
Muilla menetelmillä suoritetut vertailevat kokeet 17
Tulosten tarkastelua 20
Kirjallisuusluettelo 22
Referat 23

Johdanto

Vesi on maassa osaksi sidottuna ja osaksi vapaana. Veden sitoutuminen maahan aiheutuu maahiukkasten ja veden välillä vallitsevien elektrokineettisten ja kapillaaristen voimien vaikutuksesta (vrt. Heinonen, 1954). Näiden sekä osmoottisten voimien vaikutuksesta sidottukin vesi voi jonkin verran liikkua. Vapaa vesi, joka voi olla joko pinta-, vajo- tai pohjavettä, on sekä lepo- että liiketilassa painovoimasta riippuvainen (Aaltonen, 1940).

Pintavedeksi kutsutaan maanpinnan painanteisiin ja syvennyksiin kerääntynyttä vettä. Sitä ilmenee erityisesti runsaiden sateiden jälkeen ja varsinkin sellaisilla alueilla, joiden maaperä on hitaasti vettä läpäisevää. Pintaveden liike määräytyy maanpinnan kaltevuuden ja maanpinnassa olevien, vesien kulkua rajoittavien esteiden mukaan. Sitä osaa pintavedestä, joka painovoiman vaikutuksesta tunkeutuu maahan ja painuu siinä alaspäin, kutsutaan vajovedeksi. Vajoveden liikkeitä säätelee lähinnä maan vedenläpäisevyys. Kun vajovesi kohtaa vettä läpäisemättömän maakerroksen, sen alaspäin suuntautuva liike loppuu ja vesi kerääntyy ns. pohjavedeksi. Pohjaveden pinta seuraa varsinkin hienojakoisissa maalajeissa maanpinnan muotoa ja on vuodenajasta ja sääsuhteista riippuen milloin korkeammalla milloin syvemmällä (vrt. Aaltonen, 1940). Näin on asianlaita erityisesti soilla, joilla pohjavesi ulottuu lähelle maanpintaa. Jos maasto on kalteva, niinkuin asianlaita yleensä on, liikkuu pohjavesi painovoiman vaikutuksesta ja sen liikkeet määräytyvät kaltevuuden ja maan vedenläpäisevyyden mukaan. Sekä pintaveden ilmenemiseen että vajoveden ja pohjaveden liikkeisiin vaikuttaa ratkaisevasti maan vedenläpäisevyys. Maatuneiden turpeiden vedenläpäisevyys on niiden suuren vedenpidätyskyvyn vuoksi sangen pieni, mikä johtuu turpeissa varsin runsaina esiintyvien kolloidien paisumisesta, jolloin paisuneiden hiukkasten välillä olevat huokoset ja aukot pienenevät ja veden liikkuminen vaikeutuu (vrt. Kivinen, 1948). Malmströmin (1931) tutkimusten mukaan turpeen vedenläpäisevyys riippuu lähinnä turpeen laadusta. Homogeenisten turpeiden vedenläpäisevyys pienenee jyrkästi maatuneisuuden edistyessä. Eräiden hyvin maatuneiden turvelajien kuten korpiturpeiden hyvä vedenläpäisevyys johtuu lähinnä turpeen sisältämistä puiden ja varpujen juurista ja jäännöksistä, jotka muodostavat vedelle kulkureikiä.

Malmström in (1931) tutkimukset osoittavat edelleen, että heikosti maatuneessa turpeessa vesi liikkuu huomattavasti nopeammin vaakasuorassa kuin pystysuorassa suunnassa. Hyvin maatuneessa turpeessa vastaavaa eroa ei sen sijaan voida havaita. Edellä mainitut Malmström in tutkimukset perustuvat laboratoriossa suoritettuihin turpeen vedenläpäisevyyden mittauksiin. Turpeen vedenläpäisevyyden mittauksia kentällä sen paremmin kuin vesien liikkuvuustutkimuksia erilaisilla soilla ei tiettävästi ole olemassa. Ojituksen ja maan vesitalouden tarkoituksenmukainen järjestely edellyttää riittäviä perustietoja turpeiden hydrologiasta ja veden liikkumismahdollisuudesta ja liikkuvuudesta turpeessa.

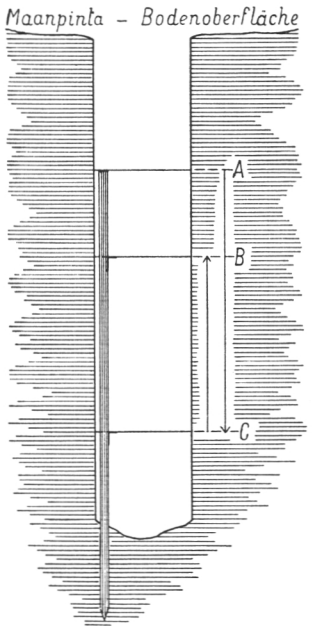
Käsillä olevassa tutkimuksessa on turpeiden vedenläpäisevyyttä tutkittu kenttämenetelmällä, joka tarjoaa mahdollisuuden turpeiden vedenläpäisevyyden mittaamiseen suoraan maastossa ja samalla mahdollisuuden laajan aineiston keräämiseen. Kenttämittaukset on suoritettu kesinä 1955 ja 1956 Parkanossa Liesnevalla sekä kesällä 1957 Vilppulassa Jaakkoinsuolla ja Kaakkosuolla.

Tutkimusmenetelmä

Tutkimuksessa käytettiin ns. »auger hole»-metelmää, jota ovat kehittäneet mm. Diserens (1934), Hooghoudt (1936), Kirkham (1945), Frevert ja Kirkham (1948), van Bavel ja Kirkham (1948), Kirkham ja van Bavel (1948), Luthin ja Kirkham (1949), Ayers (1951), Reeve ja Kirkham (1951) ja Johnson ym. (1952) (vrt. Sillanpää, 1956). Menetelmä perustuu turpeeseen kaivetussa pohjavesikaivossa tapahtuvaan pohjavedenpinnan nousunopeuteen (vrt. van Beers, 1958).

Mittausta varten kaivettiin kairalla turpeeseen 1 m:n syvyinen reikä, jonka poikkileikkauspinta-ala oli 100 cm^2. Reiästä poistettiin irtonainen turve huolellisesti ja annettiin maan vesitalouden tasoittua vähintäin viikon ajan. Mittaus suoritettiin siten, että reikään asetettiin ohut, mittausmerkeillä varustettu keppi niin, että sen yläpää tuli täsmälleen pohjavedenpinnan tasoon (A) (vrt. kuva 1). Tämän jälkeen poistettiin reiästä vettä pumpulla niin paljon, että vedenpinta oli täsmälleen tikussa 30 cm alempana olevan merkin (C) kohdalla. Tämän jälkeen mitattiin aika, joka kului vedenpinnan kohoamiseen 20 cm ylemmäksi (B). Alkuperäisen pohjavedenpinnan alapuolelle jäävä 10 cm:n ns. laskeutumisvara (A—B) osoittautui tarpeelliseksi, koska pohjavedenpinnan nousuun 20 cm:n matkalla kului eräissä tapauksissa jopa $1\,^1/_2$—2 vuorokautta, jona aikana pohjavedenpinta saattoi laskea, niin että alkuperäistä pohjavedenpinnan tasoa ei olisi voitu lainkaan saavuttaa. Pohjavesikaivossa tapahtuvaan vedenpinnan nousuun kulunut aika osoittaa pohjavesikaivoa ympäröivän maan suhteellisen vedenläpäisevyyden siten, että mitä pitempi aika vedennousuun kuluu sitä heikommin ympäröivä maa läpäisee vettä.

Reeve ja Kirkham (1951) pitävät menetelmää sangen sopivana läpäisevyyden mittauksiin lajittumattomissa maalajeissa ja sellaisissa maissa, joissa on juurionteloita ja muita luontaisia vedenkulkuteitä. Luthin ja Kirkham (1949) mainitsevat eräänä »auger hole»-menetelmän heikkoutena sen, että saadut läpäisevyyden arvot kuvastavat läpäisevyyden keskiarvoa koko kaivon syvyyden paksuisessa maakerroksessa. Edelleen he mainitsevat, että läpäisevyyden vaihtelut mineraalimaiden maaprofiilissa eivät tule näkyviin ja että menetelmän käyttömahdollisuudet rajoittuvat vain verraten ohueen maan pintakerrokseen.



Kuva 1. Pohjavesikaivo ja vesipintojen korkeus kaivossa eri havaintohetkillä

Abb. 1. Ein Grundwasserbrunnen und die Höhe der Wasserstände in Brunnen zu verschiedenen Beobachtungszeiten

Menetelmä on kuitenkin ilmeisesti varsin sopiva soille, joilla pohjavesi ulottuu lähelle maanpintaa ja pohjavedenpinnan verraten herkät vaihtelut tarjoavat mahdollisuuden suorittaa samoista kaivoista mittauksia pohjavedenpinnan ollessa eri tasoilla. Taulukon 2 (s. 10) keskimääräistä nousuaikaa ja suhteellista vedenläpäisevyyttä osoittavien lukujen perusteella voidaan päätellä, mistä kerroksesta vesi pääasiallisesti kaivoon tulee pohjavedenpinnan ollessa eri syvyyksillä. Pohjavedenpinnan ollessa 0 cm:n syvyydellä tulee vähintäin n. 73 % 0—10 cm:n kerroksesta ja n. 21 % 11—20 cm:n kerroksesta ja näistä molemmista yhteensä n. 94 %. 11—20 cm:n kerroksesta tulevan veden määrä ei kuitenkaan vastaa laskettua arvoa, sillä vedenpinnan kohotessa putousero kaivossa olevan vedenpinnan ja alemman kaivon sivulla olevan kerroksen välillä häviää vähitellen kokonaan. Välittömästi pohjavedenpinnan alapuolella olevan vesikerroksen putouskorkeus kaivon vedenpintaan nähden on koko kokeen ajan suurin ja säilyy kokeen loppuun saakka. Pohjavedenpinnan ollessa 10 cm:n syvyydellä tulee edellä esitettyä vastaavan laskelman mukaisesti n. 78 % vedestä 10—20 cm:n kerroksesta sekä n. 13 % 21—30 cm:n kerroksesta ja yhteensä

näistä molemmista n. 91 %. Pohjavedenpinnan ollessa 20 cm:n syvyydellä tulee n. 57 % 20—30 cm:n kerroksesta sekä n. 28 % 31—40 cm:n kerroksesta ja n. 85 % näistä molemmista yhteensä. Pohjavedenpinnan ollessa 30 cm:n syvyydellä tulee 30—40 cm:n kerroksesta n. 65 %, mutta 40 cm:n alapuolella olevien kerrosten osuutta ei enää voida lukujen puuttuessa määritellä. Kuten suhteelliset vedenläpäisevyyden arvot osoittavat, on tätä syvempien turvekerrosten vedenläpäisevyys kuitenkin jo niin pieni, että veden liikkuvuudella näissä kerroksissa on varsin vähäinen merkitys verrattuna veden liikkuvuuteen turpeen pintakerroksessa, lukuun ottamatta muutamia harvoja turvelajeja, joissa vedenläpäisevyys vielä syvemmissäkin kerroksissa on varsin hyvä. Edellä esitetystä tarkastelusta selviää, että mitä lähempänä maanpintaa pohjavedenpinta on sitä suurempi osuus kaivoon tulevasta vedestä tulee välittömästi pohjavedenpinnan alapuolelta ja toisaalta, että mitä syvemmällä kaivossa pohjavedenpinta on sitä pienemmiksi eri kerrosten väliset läpäisevyyserot muodostuvat ja tästä syystä myös syvempien kerrosten osuus kaivoon tulevasta vesimäärästä suurenee. Voidaan siis todeta, että turvemailla tulevat eri kerrosten väliset läpäisevyyserot useimmiten varsin selvästi esille ja että tässä tutkimuksessa käytetyllä menetelmällä saatuja läpäisevyyden arvoja voidaan pitää ensisijaisesti alkuperäisen pohjavedenpinnan alapuolella olevan 10 cm:n paksuisen turvekerroksen vedenläpäisevyyttä osoittavina.

Aineistoa käsiteltäessä on saadut läpäisevyyden arvot merkitty 10 cm alkuperäisen pohjavedenpinnan alapuolella olevan kerroksen läpäisevyysarvoiksi.

Tulkinnan paikkansapitävyyttä vahvistavat myös pohjavesikaivon syvyyden merkitystä pohjavedenpinnan nousunopeuteen selvittävät kokeet, jotka käsittivät kaksi 25 kaivon koesarjaa. Pohjavesikaivon syvyys vaihteli 30 cm:stä 1 m:iin alkuperäisestä pohjavedenpinnasta mitaten. Minkäänlaista pohjavesikoivon syvyyden vaikutusta nousunopeuteen ei näissä kokeissa havaittu.

Läpäisevyyden mittauksia ei suoritettu välittömästi sateen jälkeen vaan vasta sitten, kun pohjavedenpinnat olivat tasoittuneet, jotta pinta- ja valuvesien aiheuttamista virheistä vältyttäisiin.

Mittausten yhteydessä suoritettiin veden lämpötilan mittaus ja nousuajat on korjattu veden viskositeettikertoimia käyttäen yleisimmin esiintyneeseen veden lämpötilaan + 7°C.

Aineisto

Maastopapereille merkityt tiedot suotyypistä, turvelajista, turpeen maatumisasteesta, pohjavedenpinnan etäisyydestä maanpinnasta sekä +7°C:een korjattu veden nousuaika ja havaintovuosi merkittiin reikäkorteille, joiden avulla aineisto käsiteltiin.

Taulukko 1. Aineiston jakaantuminen havaintosyvyysluokittain eri suotyyppiryhmien ja mineraalimaahavaintojen kesken.

Tabelle 1. Verteilung des Materials nach Beobachtungstiefenklassen auf die verschiedenen Moortypgruppen und Mineralbodenbeobachtungen.

Vedenpinnan etäisyys, cm *Grundwasserstand*	Havaintoja, kpl — *Beobachtungen, St.*				
	Nevat *Weissmoore*	Rämeet *Reisermoore*	Korvet *Bruchmoore*	Mineraalimaat *Mineralboden*	Yhteensä *Zus.*
0—10	106	71	6	—	183
10—20	87	214	7	—	308
20—30	44	187	28	—	259
30—40	40	152	14	31	237
40—50	51	73	3	32	159
50—60	21	34	—	20	75
60—70	7	17	—	3	27
>70	—	3	—	5	8
Yhteensä—*Zus.*	356	751	58	91	1 256

Taulukossa 1 on esitetty koko aineiston jakaantuminen eri tyypeille ja eri syvyyskerrosluokkiin. Taulukosta havaitaan, että aineistoa on eniten rämeiltä ja nevoilta. Korpien kohdalla aineisto on pieni samoin kuin mineraalimaita koskeva. Niitä voidaankin käyttää tässä tutkimuksessa vain vertailuluontoisina. Samoin havaitaan, että havaintoja on eniten 0—50 cm:n kerroksesta, tätä syvemmältä havaintoja on huomattavasti vähemmän. Havaintoja tehtiin kaikkiaan 1 256 kpl. Aineiston keruu oli eräiltä osiltaan sangen työlästä, sillä useissa kaivoissa nousuajat olivat niin pitkiä, että tarkkailua täytyi suorittaa läpi vuorokauden veden kohotessa eräissä kaivoissa tarkkailupintaan yöllä ja toisten samaan aikaan käyntiin pantujen kokeiden päättyessä esim. vasta seuraavana päivänä.

Taulukko 2. Yhdistelmä turpeiden vedenlä-

Tabelle 2. Zusammenstellung der Ergebnisse aus den Untersuchungen

Vedenpinnan etäisyys maanpinnasta, cm *Grundwasserstand unter Gelände, cm*	Havaintoja, kpl nousuaikaluokassa — *Beo-*																	
	Minuuttia—*Minuten*																	
	< 1	1—2	2—4	4—6	6—8	8—10	10—15	15—20	20—25	25—30	30—40	40—50	50—60	1—1 ½	1 ½—2	2—3	3—4	4—5
0—10	14	33	35	22	19	7	9	4	5	4	3	3	3	6	10	1	—	1
10—20	1	9	24	32	25	18	24	21	15	8	13	8	5	13	8	16	14	9
20—30	—	2	9	9	11	7	14	2	6	4	8	2	10	23	12	34	23	11
30—40	—	—	1	1	2	2	6	4	2	3	8	4	6	11	12	14	14	13
40—	—	—	3	2	1	2	3	3	2	2	10	4	7	6	1	3	10	12
Yhteensä — *Zus.*	15	44	72	66	58	36	56	34	30	21	42	21	31	59	43	68	61	46

Taulukossa 2 on esitetty paksuturpeisia maita koskeva aineisto nousuaika- ja pohjaveden syvyysluokiin jaoteltuna. Taulukosta havaitaan, että jokaisen syvyyskerroksen läpäisevyysarvoissa on huomattavaa vaihtelua. Samoin on myös havaittavissa, että nousuaika suurenee selvästi syvempiin turvekerroksiin mentäessä. Keskimääräinen nousuaika (mediaani) on 0—10 cm:n syvyyskerroksessa ollut 5 minuuttia, 10—20 cm:n syvyyskerroksessa 17 minuuttia, 20—30 cm:n syvyyskerroksessa 105 minuuttia, 30—40 cm:n syvyyskerroksessa 210 minuuttia ja tätä syvemmissä syvyyskerroksissa 390 minuuttia. Jos merkitään 0—10 cm:n syvyyskerroksen keskimääräistä pohjavedenpinnan nousuaikaa 5 minuuttia 100:lla, sadaan muiden syvyyskerrosten suhteellisiksi vedenläpäisevyysarvoiksi seuraavat luvut. 10—20 cm:n kerroksessa 29, 20—30 cm:n kerroksessa 5, 30—40 cm:n kerroksessa 2.4 ja sitä syvemmissä kerroksissa 1.3. Tämän valtaosaltaan nevoja ja rämeitä, joiden turve on jokseenkin homogeenista, käsittävän aineiston tuloksista voidaan täten päätellä, että turpeen vedenläpäisevyys pienenee erittäin jyrkästi maanpinnasta syvemmälle mentäessä.

Turpeen vedenläpäisevyyteen vaikuttavat tekijät

Turvekerroksen etäisyys maanpinnasta

Sen seikan selvittämiseksi, mikä merkitys on tutkittavan kerroksen etäisyydellä maan pinnasta, etsittiin aineistosta sellaiset havainnot, joissa oli tutkittu puhdasta saraturvetta maatumisasteeltaan H_6 ja *Eriophorum*-rahkaturvetta maatumisasteeltaan H_5. Taulukossa 3 on esitetty näin valitun aineiston laskentatulokset.

päisevyystutkimusten tuloksista vv. 1955—57.

über die Wasserdurchlässigkeit der Torfe in den J. 1955—57.

bachtungen, St. bei der Aufstiegzeitklasse Tuntia—*Stunden*															Maatumisaste *Humifizierungsgrad*	Keskimääräinen nousuaika min. *Mittlere Aufstiegzeit*	Suhteellinen vedenläpäisevyys Relative Wasserdurchlässigkeit
5—6	6—7	7—8	8—9	9—10	10—11	11—12	12—14	14—16	16—18	18—20	20—22	22—24	24 ∧	Yht. *Zus.*			
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	179	2—7	5	100
9	5	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	278	3—7	17	29
13	10	6	5	—	2	2	—	1	1	—	—	—	—	227	3—7	105	5
11	5	9	6	2	1	3	3	3	3	4	6	4	6	169	3—8	210	2
17	10	7	11	5	8	5	8	4	6	14	10	2	5	183	5—7	390	1
50	30	22	23	7	11	10	11	8	10	18	16	6	11	1 036	2—8		

Taulukko 3. Saraturpeiden ja *Eriophorum*-rahkaturpeiden vedenläpäisevyys eri etäisyyksillä maanpinnasta.

Tabelle 3. Die Wasserdurchlässigkeit der Seggentorfe und der Eriophorum- Sphagnum-Torfe bei verschiedenen Abstand unter Gelände.

Vedenpinnan etäisyys, cm *Abstand des Wasserspiegels*	C—t, H 6			Er S—t, H 5		
	Havaintoja kpl *Beobachtungen St.*	Nousuaika keskimäärin min *Aufstiegzeit durchschn.*	Suht. vedenläpäisevyys *Relative Wasserdurchlässigkeit*	Havaintoja kpl *Beobachtungen St.*	Nousuaika keskimäärin min *Aufstiegzeit durchschn.*	Suht. vedenläpäisevyys *Relative Wasserdurchlässigkeit*
0—10	13	10	50	6	(60)	(8)
10—20	30	23	22	32	35	14
20—30	21	105	5	66	210	2
30—40	29	900	0.6	27	270	1.8
40—50	34	1 140	0.4	16	330	1.5
50—60	10	1 260	0.4	—	—	—
Yhteensä — *Zus.*	137	—	—	147	—	—

Taulukon 3 lukusarjoista havaitaan, että vaikka turvelaji ja maatumisaste pysyvät muuttumattomina, pienenee turpeen vedenläpäisevyys voimakkaasti pinnasta syvemmälle mentäessä. Niinpä saraturpeessa pystyy vesi liikkumaan 0—10 cm:n kerroksessa tämän mukaan n. 100 kertaa nopeammin kuin 30—40 cm:n syvyydessä, vaikka turve on makroskooppisesti arvostellen samanlaista. Tämä johtuu ilmeisesti siitä, että syvemmissä kerroksissa on runsaammin kuin pintakerroksessa humuskolloideja (vrt. mm. P u u s t j ä r v i, 1956), joiden vettä pidättävä ja vesien liikkumista huonontava vaikutus todettiin sivulla 5.

Taulukko 4. Turpeiden vedenläpäisevyys maatumisasteittain eriteltynä ja eri etäisyyksillä maanpinnasta.

Tabelle 4. Die Wasserdurchlässigkeit der Torfe bei verschiedenen Humifizierungsgraden und verschiedenen Abständen unter Gelände.

Vedenpinnan etäisyys, cm *Wasserspiegelabstand*	Nousuaika keskimäärin, minuuttia — *Aufstiegzeit, durchschn., Minuten*											
	H 2		H 3		H 4		H 5		H 6		H 7	
	hav. *Beob.*	min. *Min.*	hav. *Beob.*	min. *Min.*	hav. *Beob.*	min. *Min.*	hav. *Beob.*	min. *Min.*	hav. *Beob.*	min. *Min.*	hav. *Beob.*	min. *Min.*
0—10	83	3	39	7	24	30	12	9	15	13	6	(27)
10—20	—	—	61	7	56	150	60	28	86	15	15	9
20—30	—	—	22	8	33	150	94	150	41	75	34	55
30—40	—	—	—	—	36	40	55	270	40	510	30	210
40—50	—	—	—	—	10	45	37	270	47	1 020	20	45
50—60	—	—	—	—	—	—	—	—	18	390	30	480
60—70	—	—	—	—	—	—	—	—	13	450	5	(900)
Yht. — *Zus.*	83	—	122	—	159	—	258	—	260	—	140	—

Maatumisaste

Maatumisasteen vaikutuksen selvittämiseksi on aineisto jaettu taulukossa 4 maatumisasteittain ja syvyyskerroksittain. Tulokset näyttävät ensisilmäyksellä ristiriitaisilta, ja siihen on syynä aineiston heterogeenisuus eri turvelajien suhteen. Niinpä maatumisasteen H_7 havainnoista suurin osa on parhaiten vettä läpäisevää, puiden jännöksiä sisältävää turvetta. Taulukosta havaitaan kuitenkin, että heikoimmin maatuneet turpeet, maatumisasteeltaan H_2 ja H_3, läpäisevät vettä parhaiten pintakerroksessa, josta on havaintoja kaikkien aineistossa esiintyvien maatumisasteiden kohdalla. Edelleen voidaan havaita vedenläpäisevyyden olevan huomattavasti heikomman kohtalaisesti maatuneessa turpeessa (H_4—H_6) kuin heikosti maatuneessa turpeessa (H_2—H_3). Maatumisasteet H_5 ja H_6, joista on eniten havaintoja, osoittavat jälleen selvästi nousuajan kasvavan syvyyden lisääntyessä.

Turvelaji

Taulukossa 5 on esitetty aineiston sisältämien eri turvelajien vedenläpäisevyys syvyyskerroksittain.

Taulukko 5. Eri turvelajien vedenläpäisevyys eri etäisyyksillä maanpinnasta.
Tabelle 5. Die Wasserdurchlässigkeit der verschiedenen Torfarten in verschiedenen Abständen unter Gelände.

Vedenpinnan etäisyys, cm *Abstand des Wasserspiegels*	Havaintoja, kpl *Beobachtungen, St.*			Nousuaika, keskim., min *Aufstiegzeit, durchschn., Min.*			Suht. vedenläpäisevyys *Relative Wasserdurchlässigkeit*		
	S—t	C—t	L—t	S—t H 2—8	C—t H 4—7	L—t H 7—8	S—t	C—t	L—t
0—10	142	30	6	3	9	(28)	166	56	(18)
10—20	188	85	6	23	13	(10)	21	38	(50)
20—30	165	45	8	150	55	(8)	3	9	(63)
30—40	107	53	12	210	270	75	2	1.9	7
40—50	47	52	15	330	1 020	28	1.5	0.5	18
50—60	18	25	12	330	630	240	1.5	0.8	2
60—70	8	8	—	(450)	(720)	—	(1.1)	(0.7)	—
Yhteensä — *Zus.*	675	298	59	—	—	—	—	—	—

Puun jäännöksiä sisältävät turpeet (L-t) erottuvat taulukossa muista turvelajeista selvästi parhaiten vettä läpäisevinä myös syvemmissä turvekerroksissa. 0—10 cm:n kerroksessa ovat rahkaturpeet parhaiten vettä läpäiseviä, mutta 10—20 ja 20—30 cm:n kerroksessa niiden läpäisevyys on keskimäärin ollut heikompi kuin saraturpeiden ja puunjäännösturpeiden. 30 cm:stä syvemmälle mentäessä ovat saraturpeet olleet keskimäärin muita turvelajeja heikommin vettä läpäiseviä. Rahkaturpeita koskevia havaintoja on niin runsaasti, että aineisto voidaan näiden osalta jakaa alaturvelajeihin.

Taulukossa 6 on esitetty rahkavaltaisten turpeiden vedenläpäisevyydet syvyyskerroksittain.

Taulukko 6. Rahkavaltaisten turpeiden vedenläpäisevyydet eri maatumisasteissa ja eri etäisyyksillä maanpinnasta.

Tabelle 6. Wasserdurchlässigkeiten der Sphagnum-reichen Torfe bei verschiedenen Humifizierungsgraden und verschiedenen Abständen unter Gelände.

Vedenpinnan etäisyys, cm *Abstand des Wasserspiegels*	Havaintoja, kpl *Beobachtungen, St.*				Keskim. nousuaika, min *Durchschn. Aufstiegzeit, Min.*				Suht. vedenläpäisevyys *Relative Wasserdurchlässigkeit*			
	Er S—t			S—t	Er S—t			S—t	Er S—t			S—t
	H 3	H 4	H 5	H 2	H 3	H 4	H 5	H 2	H 3	H 4	H 5	H 2
0—10.....	37	11	—	64	7	13	—	1.5	71	37	—	333
10—20.....	31	42	32	—	7	23	35	—	71	22	14	—
20—30.....	15	—	66	—	9	—	210	—	56	—	2	—
30—40.....	—	15	27	—	—	18	270	—	—	28	1.9	—
40—50.....	—	—	16	—	—	—	330	—	—	—	1.5	—
Yht. — *Zus.*	83	68	141	64	—	—	—	—	—	—	—	—

Vedenpinnan etäisyys, cm *Abstand des Wasserspiegels*	Havaintoja, kpl *Beobachtungen, St.*				Keskim. nousuaika, min *Durchschn. Aufstiegzeit, Min.*				Suht. vedenläpäisevyys *Relative Wasserdurchlässigkeit*			
	CS—t		LS—t		CS—t		LS—t		CS—t		LS—t	
	H 2	H 5	H 5	H 6-7	H 2	H 5	H 5	H 6-7	H 2	H 5	H 5	H 6-7
0—10.....	18	12	3	4	3	41	(18)	(4)	167	122	(28)	(122)
10—20.....	—	12	1	26	—	20	(10)	18	—	25	(50)	28
20—30.....	—	8	11	34	—	(251)	105	90	—	(2)	5	6
30—40.....	—	5	21	31	—	(1 222)	330	210	—	(0.4)	1.5	2
40—50.....	—	3	11	20	—	(718)	150	270	—	(0.6)	3	1.9
Yht. — *Zus.*	18	40	47	115	—	—	—	—	—	—	—	—

Eriophorum-rahkaturpeiden kohdalla voidaan taulukossa havaita heikosti ja kohtalaisesti maatuneiden vedenläpäisevyyden ero. Edelleen voidaan taulukosta todeta puunjäännösten suurentavan vedenläpäisevyyttä, kun verrataan puunjäännös-rahkaturpeen vedenläpäisevyyden arvoja sararahkaturpeen ja *Eriophorum*-rahkaturpeen vastaaviin arvoihin.

Ohutturpeisten soiden pohjamaana olevan mineraalimaan läpäisevyyttä koskevien tutkimusten tulokset on esitetty taulukossa 7. Vaikkakaan mittausten tuloksista lasketulla yhdistelmällä ei ole aineiston vähyydestä johtuen suurtakaan todistusarvoa, on näillä kuitenkin merkitystä vertailuaineistona.

Taulukon luvuista havaitaan, että hiekan suhteellinen vedenläpäisevyysarvo on 40—60 cm:n kerroksessa ollut 5, mikä on sama kuin koko aineistosta saatu turpeiden keskimääräinen vedenläpäisevyys 20—30 cm:n kerroksessa

(vrt. taulukko 2, s. 10). Muiden aineistossa esiintyvien mineraalimaiden vedenläpäisevyyden arvot ovat olleet huomattavasti pienemmät, ja suunnilleen samaa suuruusluokkaa kuin vastaavalla syvyydellä olevien turvekerrosten. Heikko vedenläpäisevyys johtuu ilmeisesti runsaasta humuskolloidien määrästä.

Taulukko 7. Ohutturpeisten soiden pohjamaana olleiden mineraalimaiden vedenläpäisevyys eri etäisyyksillä maanpinnasta.

Tabelle 7. Die Wasserdurchlässigkeit der in dünntorfigen Mooren am Grunde gelegenen Mineralböden in verschiedenen Abständen unter Gelände.

Vedenpinnan etäisyys, cm *Abstand des Wasserspiegels*	Havaintoja, kpl *Beobachtungen, St.*				Keskim. nousuaika, min *Durchschn. Aufstiegzeit, Min.*				Suht. vedenläpäisevyys *Relative Wasserdurchlässigkeit*			
	Hiekka *Sand*	Hieta *Feinsand*	Hiesu + savi *Schluff + Ton*	Moreeni *Moräne*	Hiekka *Sand*	Hieta *Feinsand*	Hiesu + savi *Schluff + Ton*	Moreeni *Moräne*	Hiekka *Sand*	Hieta *Feinsand*	Hiesu + savi *Schluff + Ton*	Moreeni *Moräne*
30—40.....	—	12	8	11	—	420	(1440)	450	—	1.2	(0.3)	1.1
40—50.....	2	4	19	4	(105)	(90)	510	(300)	(5)	(6)	1.0	(1.7)
50—60.....	3	5	8	6	(105)	(570)	(600)	(180)	(5)	(0.9)	(0.8)	(3)
Yht. — *Zus.*	5	21	35	21	—	—	—	—	—	—	—	—

Suotyyppi

Suuntaa antavan käsityksen saamiseksi siitä, millainen merkitys suotyypillä on turpeen vedenläpäisevyyden kannalta, on aineisto esitetty taulukossa 8 päätyypeittäin ja syvyyskerroksittain.

Taulukko 8. Päätyyppiryhmien ja turvekankaiden turpeiden vedenläpäisevyys eri etäisyyksillä maanpinnasta.

Tabelle 8. Die Wasserdurchlässigkeit der Torfe bei den verschiedenen Haupttypengruppen und den verheideten Torfböden.

Vedenpinnan etäisyys, cm *Abstand des Wasserspiegels*	Havaintoja, kpl *Beobachtungen, St.*				Keskim. nousuaika, min *Durchschn. Aufstiegzeit, Min.*				Suht. vedenläpäisevyys *Relative Wasserdurchlässigkeit*			
	Nevat *Weissmoore*	Rämeet *Reisermoore*	Korvet *Bruchmoore*	turvekangas *verheidete Torfböden*	Nevat *Weissmoore* H 2—6	Rämeet *Reisermoore* H 3—7	Korvet *Bruchmoore* H 5—7	turvekangas *verheidete Torfböden* H 4—7	Nevat *Weissmoore*	Rämeet *Reisermoore*	Korvet *Bruchmoore*	turvekangas *verheidete Torfböden*
0—10.....	106	62	2	6	3	9	(23)	(28)	167	56	(22)	(18)
10—20.....	82	193	3	11	7	23	(45)	9	71	23	(11)	56
20—30.....	41	158	18	19	71	150	35	23	7	3	14	22
30—40.....	30	123	2	15	960	210	75	55	0.6	2	7	9
40—50.....	34	49	—	19	1 140	270	—	35	0.4	1.9	—	14
50—60.....	8	22	—	19	(1260)	300	—	570	(0.4)	1.7	—	0.9
60—70.....	—	7	—	8	—	(390)	—	(690)	—	(1.1)	—	(0.7)
Yht. — *Zus.*	301	614	25	97	—	—	—	—	—	—	—	—

Taulukon luvuista havaitaan, että nevoilla on 0—30 cm:n kerroksessa turpeen vedenläpäisevyys ollut tutkituissa tapauksissa parempi kuin rämeillä, mutta tätä syvemmissä kerroksissa asia on ollut päinvastoin. Tämä johtuu ilmeisesti siitä, että nevoilta kerätyssä aineistossa on suhteellisen runsaasti sellaisia tapauksia, joissa on heikosti maatunutta turvetta aina 30 cm:n syvyyteen ja taas rämeillä maatuneisuus lisääntyy voimakkaasti jo n. 20 cm:n kerroksesta alaspäin mentäessä. Korpien ja turvekankaiden turpeiden vedenläpäisevyys on 0—10 cm:n kerroksessa selvästi heikompi kuin nevojen ja rämeiden, mutta 20 cm syvemmällä selvästi parempi kuin nevojen ja rämeiden. Turvekankailta on saatu huomattavan korkeita läpäisevyyden arvoja vielä 40—50 cm:n syvyyskerroksesta.

Taulukossa 9 on esitetty aineistossa esiintyneiden rämetyyppien suhteelliset vedenläpäisevyyden arvot syvyyskerroksittain.

Taulukko 9. Eräiden rämeiden turpeiden vedenläpäisevyys eri etäisyyksillä maanpinnasta.

Tabelle 9. Die Wasserdurchlässigkeit der Torfe einiger Reisermoore in verschiedenen Abständen unter Gelände.

Vedenpinnan etäisyys, cm *Abstand des Wasserspiegels*	Havaintoja, kpl *Beobachtungen, St.*				Keskim. nousuaika, min *Durchschn. Aufstiegzeit, Min.*				Suht. vedenläpäisevyys *Relative Wasserdurchlässigkeit*			
	SR	TR	IR	RR	SR H 4-7	TR H 3-7	IR H 3-7	RR H 2-6	SR	TR	IR	RR
0—10.....	7	36	10	18	(3)	18	(20)	9	(167)	28	(25)	56
10—20.....	42	89	49	24	9	45	18	240	56	11	28	2
20—30.....	7	81	64	35	(26)	150	75	120	(19)	3	7	4
30—40.....	18	72	57	4	75	210	210	(270)	7	2	2	(1.9)
40—50.....	17	8	33	14	38	(270)	270	330	13	(2)	1.9	1.5
50—60.....	17	—	14	—	145	—	330	—	3	—	1.5	—
Yht. — *Zus.*	108	286	227	95	—	—	—	—	—	—	—	—

Sararämeiden turpeiden vedenläpäisevyys näyttäisi lukujen mukaan olevan huomattavasti parempi kuin muiden esitettyjen rämetyyppien. Seuraavaksi järjestyksessä sijoittuu isovarpuisten rämeiden turve, sitten tupasvillarämeiden ja kaikkein heikoin vedenläpäisevyys on rahkarämeiden tupeella. Taulukossa 10 on esitetty vastaavat arvot eräiltä nevatyypeiltä.

Tutkituilta saranevalta, tupasvillanevalta, lyhytkortiselta nevalta ja rimpiseltä saranevalta saadut turpeen vedenläpäisevyysarvot viittaavat siihen, että turpeen vedenläpäisevyys on parhain saranevalla, tosin myös lyhytkortisen nevan turpeen vedenläpäisevyysarvot 0—30 cm:n kerroksessa ovat melko suuret. Tämä kuitenkin johtuu ilmeisesti siitä, että 0—30 cm:n kerroksessa on aineistossa erittäin heikosti maatuneita turpeita lyhyt-

kortisen nevan kohdalla. Rimpisellä saranevalla on turpeen vedenläpäisevyys ollut erittäin pieni. Tämä puolestaan johtuu siitä, että rimpisillä tyypeillä turve on homogeenista ja pintaan saakka hyvin maatunutta.

Taulukko 10. Eräiden nevojen turpeiden vedenläpäisevyys eri etäisyyksillä maanpinnasta.

Tabelle 10. Die Wasserdurchlässigkeit der Torfe einiger Weissmoore in verschiedenen Abständen unter Gelände.

Vedenpinnan etäisyys cm *Abstand des Wasserspiegels*	Havaintoja, kpl *Beobachtungen, St.*				Keskim. nousuaika, min *Durchschn. Aufstiegzeit, Min.*				Suht. vedenläpäisevyys *Relative Wasserdurchlässigkeit*			
	SN	TN	LkN	RiN	SN H2—7	TN H6—7	LkN H2—5	RiN H4	SN	TN	LkN	RiN
0—10.....	24	—	65	7	3	—	2	(9)	167	—	250	(56)
10—20.....	28	8	22	4	5	(180)	7	(30)	100	3	71	(18)
20—30.....	11	18	15	5	35	150	9	(630)	14	3	56	(0.8)
30—40.....	17	22	6	3	75	1 080	(1403)	(1360)	8	0.5	(0.4)	(0.4)
40—50.....	16	34	—	1	495	1 140	—	(950)	1	0.4	—	(0.5)
Yht. — *Zus.*	96	82	108	20	—	—	—	—	—	—	—	—

Muilla menetelmillä suoritetut vertailevat kokeet

Vertailututkimuksia varten irroitettiin eri syvyyksiltä pinta-alaltaan 30 × 30 cm²:n ja paksuudeltaan 15 cm:n suuruiset turvekappaleet. Läpäisevyystutkimukset suoritettiin varsin alkeellisella tavalla siten, että turvekappaleen pintaan upotettiin halkaisijaltaan 5 cm:n läpimittaisen ja 30 cm:n korkuisen metallisen sylinterin alapää 5 cm:n syvyydelle ja sylenteri täytettiin vedellä pitäen vedenpinta koko kokeen ajan samalla tasolla, joten veden paine pysyi muuttumattomana. Mitattiin aika, joka kului 1 litran suuruisen vesimäärän valumiseen turvekappaleen läpi. Saadut tulokset on esitetty taulukossa 11.

Taulukko 11. Eri syvyyksiltä otettujen turvenäytteiden vedenläpäisevyys läpivalutuskokeilla määritettynä.

Tabelle 11. Die Wasserdurchlässigkeit der in verschiedenen Tiefen entnommenen Torfproben nach der Bestimmung in Durchsickerungsversuchen.

Turvekappaleen ottosyvyys, cm *Entnahmetiefe des Torfstückes*	Turvelaji *Torfart*	Maatumisaste *Humifizierungsgrad*	Havaintoja, kpl *Beobachtungen, St.*	Keskim. valumisaika min *Durchschn. Durchsickerungszeit*	Suhteellinen vedenläpäisev. *Relative Wasserdurchlässigkeit*
0—15	S- ja L-turp.	3—8	31	0.88	100.0
5—20	S-turpeita	4—5	4	5.50	16.0
10—25	S- ja L-turp.	3—7	15	35.00	2.5
15—30	S-turpeita	5	3	60.10	1.4
Yht. — *Zus.*			53		

Taulukossa olevista,suhteellisista vedenläpäisevyyttä kuvaavista luvuista voidaan todeta, että tässäkin kokeessa turpeen vedenläpäisevyys pieneni jyrkästi pinnasta syvemmälle mentäessä.

Taulukossa 12 on esitetty tulokset kokeista, jotka suoritettiin siten, että sylinteriä painettiin irroittamattomaan turpeeseen (LCS-t) eri syvyyksille ja mitattiin yhdessä minuutissa turpeeseen sylinterin kautta imeytynyt vesimäärä.

Taulukko 12. LCS-turpeeseen eri syvyyksille painetun sylinterin kautta yhdessä minuutissä imeytynyt vesimäärä.

Tabelle 12. Die Wassermenge, die sich durch einen in LCS-Torf in verschiedene Tiefen Gedrückten Zylinder in einer Minute aufgesangt hat.

Maatumisaste, H *Humifizierungsgrad*	Hav. syv. cm *Beob tiefe*	Imeytynyt vesimäärä, l/min — *Aufgesangte Wassermenge*																		Yht. havaintoja, kpl *Beobachtungen insges. St.*	Keskim. l/min *Durchschn.*	Suht. imeytyminen *Rel. Aufsangen*
		0.0—0.1	0.1—0.2	0.2—0.3	0.3—0.4	0.4—0.5	0.5—0.6	0.6—0.7	0.7—0.8	0.8—1.0	1.1—1.5	1.6—2.0	2.1—2.5	2.6—3.0	3.1—3.5	3.6—4.0	4.1—4.5	4.6—5.0	5.1—6.0			
		Havaintoja, kpl — *Beobachtungen, St.*																				
2—6..	5	6	6	6	2	1	2	3	—	8	11	5	4	5	3	1	3	2	1	69	1.25	100
3—8..	10	37	14	7	4	3	3	1	1	1	3	1	—	1	1	—	1	—	—	78	0.15	12
3—8..	13	59	9	2	2	—	2	—	—	1	2	—	1	—	—	—	—	—	—	78	0.05	4
3—8..	15	68	5	—	3	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	77	0.05	4
3—8..	17	71	5	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	77	0.05	4
3—8..	20	70	3	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	74	0.05	4
3—8..	23	74	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	74	0.05	4
Yht. - *Zus.*		385	42	15	11	4	7	4	1	10	18	7	5	6	4	1	4	2	1	527	—	—

Suhteellista veden imeytymisnopeutta kuvaavista luvuista voidaan havaita, että imeytyminen on ollut 5 cm:n havaintosyvyydellä suurin ja pienentynyt voimakkaasti jo 10 cm:n syvyydelle mentäessä. Tätä syvemmissä havaintopisteissä on kaikissa saatu sama imeytymisarvo.

Samoista havaintosyvyyksistä suoritettiin myös läpivalutuskokeet samoin kuin edellä (s. 17) on esitetty. Saadut tulokset on esitetty taulukossa 13.

Verrattaessa saatuja suhteellisia vedenläpäisevyyden arvoja taulukossa 12 esitettyihin suhteellisen imeytymisen arvoihin, voidaan todeta, että luvut ovat täsmälleen samat. Melko hankalien ja työläiden valutuskokeiden sijasta voidaan siis ilmeisesti käyttää imeyttämismenetelmää edellyttäen tietysti, että tutkittavat syvyydet ovat pohjavedenpinnan yläpuolella. Vertailun vuoksi on taulukkoon 14 asetettu suhteelliset vedenläpäisevyyden arvot valutuskokeen (taulukosta 11), Malmströmin (1928) tutkimusten ja »auger hole»-menetelmän mukaan. Valutuskokeen luvut osoittavat vedenläpäisevyyden 0—15, 5—20, 10—25, 15—30 cm:n kerroksissa turvelajin ollessa S- ja L-turpeita maatumisasteeltaan H_3—H_8. Malmströmin tulosten mukaan lasketut arvot kuvastavat vedenläpäisevyyttä

rahkaturpeessa maatumisasteen ollessa H_3, H_4—H_5, H_6 ja H_7. Toinen lukusarja kuvastaa vedenläpäisevyyttä pystysuorassa ja toinen vaakasuorassa suunnassa. »Auger hole»-menetelmällä saadut arvot kuvastavat rahkaturpeen, maatuneisuudeltaan H_2—H_8 vedenläpäisevyyttä pohjaveden pinnan ollessa maanpinnasta lukien 0—10, 10—20, 20—30 ja 30—40 cm:n syvyydellä (taulukko 5, s. 13).

Taulukko 13. 30 cm:n paksuisen turvekerroksen läpi turpeeseen eri syvyyksille painetun sylinterin kautta valunut vesimäärä.

Tabelle 13. Die Wassermenge, die durch eine 30 cm dicke Torfschicht, durch einen in verschiedene Tiefen in Torf gedrückten Zylinder gesickert ist.

Havaintosyvyys, cm *Beobachtungstiefe*	Turvelaji *Torfart*	Maatumisaste, H *Humifizierungsgrad*	Havaintoja, kpl *Beobachtungen, St.*	Keskim. valumisaika min *Durchschn. Durchsickerungszeit*	Suhteellinen vedenläpäisev. *Relative Wasserdurchlässigkeit*
5	S- ja L-turp.	2—6	25	1.25	100
10	*S- u. L-Torf*	3—8	32	0.15	12
13	»	3—8	32	0.05	4
15	»	3—8	31	0.05	4
17	»	3—8	31	0.05	4
20	»	3—8	30	0.05	4
23	»	3—8	30	0.05	4
Yhteensä — *Zusammen*		—	211	—	—

Taulukko 14. Valutuskokeiden, M a l m s t r ö m i n tutkimusten ja »auger hole»-menetelmän antamien suhdelukujen vertailu.

Tabelle 14. Vergleich der Verhältnistalen nach Durchsikerungsversuchen, nach M a l m s t r ö m s Untersuchungen und nach der »auger hole»-Methode.

Valutuskokeen mukaan *Nach den Durchsickerungsvers.*		Malmströmin mukaan *Nach Malmström*				Auger hole-menetelmän mukaan *Nach der Auger hole-Methode*	
		Pystysuorassa suunnassa *In vertikaler Richtung*		Vaakasuorassa suunnassa *In horizontaler Richtung*			
Turvekerroksen syvyys, cm *Beobachtungstiefe, cm.*	Suhdeluku *Verhältnistale*	Maatumisaste *Humifizierungsrad*	Suhdeluku *Verhältnistale*	Maatumisaste *Humifizierungsrad*	Suhdeluku *Verhältnistale*	Vedenpinnan syvyys, cm *Abstand des Wasserspiegels, cm.*	Suhdeluku *Verhältnistale*
0—15 ..	100.0	H*3*	100.0	H*3*	100.0	0—10	100.0
5—20 ..	16.0	H*4*—H*5*	20.5	H*4*—H*5*	12.8	10—20	12.7
10—25 ..	2.5	H*6*	8.1	H*6*	0.9	20—30	1.8
15—30 ..	1.4	H*7*	1.9	H*7*	0.4	30—40	1.2

Taulukon lukusarjoja tarkasteltaessa havaitaan, että valutuskokeen, jossa veden liike on tapahtunut pystysuorassa suunnassa ja Malmströmin pystysuorassa suunnassa saamat läpäisevyyden arvot ovat hyvin samanlaisia. Samanlainen yhtäpitävyys havaitaan, kun verrataan keskenään Malmströmin vaakasuorassa suunnassa saamia ja toisaalta »auger hole»-menetelmällä saatuja arvoja.

Tulosten perusteella näyttäisi olevan mahdollista kehittää jokseenkin yksinkertainen turpeiden vedenläpäisevyyden kenttämittausmenetelmä käytännön ojitustöitä varten.

Taulukko 15. Valunnan määrä 81 m leveältä sararämemuuttumaa olevalta valunta-alueelta pohjaveden pinnan ollessa eri etäisyyksillä maanpinnasta.

Tabelle 15. Die Abflussmenge von einer 81 m breiten Abflussfläche einer Seggenreiservariation bei verschiedenem Grundwasserstand unter Gelände.

Pohjaveden pinnan etäisyys, cm *Abstand des Grundwasserspiegels*	Valunta l/sek · ha *Abfluss*	Suhteellinen valunta-arvo *Relativer Abflusswert*	Havaintojen lukumäärä *Anzahl der Beobachtungen*
0—10	2 757	100	6
11—20	1 817	65	30
21—30	1 147	42	42
31—40	412	15	30
41—50	93	3	41
51—	0	0	57

Taulukossa 15 on esitetty samaan aikaan suoritettujen valuntamittausten (Huikari, 1959) mukaan lasketut valunta-arvot (l/sek · ha) sararämemuuttuman 81 m:n levyisiltä saroilta pohjavedenpinnan ollessa eri etäisyyksillä maan pinnasta. Kuten taulukon suhteellista valunta-arvoa osoittavasta lukusarjasta havaitaan, pienenee myös valunta hyvin jyrkästi kun pohjaveden pinta alenee. Tulos on täysin yhtäpitävä vedenläpäisevyyden selvittämiseksi suoritettujen kokeiden tulosten kanssa, joskin suhteellinen valunta ei pienene aivan niin jyrkästi maanpinnasta syvemmälle mentäessä kuin vedenläpäisevyys.

Tulosten tarkastelua.

Selvimmin esille tulleilla ja tärkeimpänä esitetyistä turpeen vedenläpäisevyyden kenttämittausten tuloksista mainittakoon, että läpäisevyyden todettiin pienenevän yleensä hyvin jyrkästi pinnasta syvemmälle mentäessä, poikkeuksen muodostivat vain eräät puunjäännöksiä sisältävät turpeet.

Vesien liikkumismahdollisuus ja siis ilmeisesti liikkuminenkin on merkitsevää suuruusluokkaa ainoastaan varsin ohuessa (n. 0—30 cm) pintakerroksessa.

Maatumisasteen todettiin vaikuttavan turpeen vedenläpäisevyyteen siten, että mitä maatuneempaa turve on sitä heikommin vedet pystyvät liikkumaan siinä edellyttäen, että turve on rakenteeltaan jokseenkin homogeenista eikä sisällä kovin runsaasti puiden jäännöksiä ja juuria.

Turpeen kasvinjäännöskoostumuksella on myös aineiston mukaan merkitystä turpeen vedenläpäisevyyteen nähden. Puunjäännöksiä sisältävät turpeet erottuivat muista turvelajeista selvästi parhaiten vettä läpäisevinä myös syvemmissä turvekerroksissa. Pintakerroksessa olivat rahkaturpeet parhaiten vettä läpäiseviä, mutta 10—30 cm:n kerroksessa niiden läpäisevyys oli keskimäärin heikompi kuin sara- ja puunjäännösturpeiden. Tätä syvemmällä olivat saraturpeet keskimäärin muita turvelajeja heikommin vettä läpäiseviä.

Suotyypillä näytti myös olevan merkitystä turpeen vedenläpäisevyyden kannalta siten, että nevoilla oli 0—30 cm:n kerroksessa läpäisevyys parempi kuin rämeillä, mutta syvemmissä kerroksissa asia oli päinvastainen. Korpien ja turvekankaiden turpeiden vedenläpäisevyys oli aivan pintakerroksessa selvästi heikompi kuin nevojen ja rämeiden, mutta yli 20 cm:n syvyydellä selvästi parempi kuin nevojen ja rämeiden. Turvekankailla turve oli hyvin vettä läpäisevää vielä 40—50 cm:n syvyydelläkin.

Sekä muilla menetelmillä tehdyt vertailevat kokeet että vertailut muiden suorittamiin vedenläpäisevyystutkimuksiin osoittivat, että käytetty »auger hole»-menetelmä antoi hyvin yhtäpitäviä tuloksia edellä mainittujen muiden menetelmien ja tutkimusten kanssa.

Kirjallisuusluettelo

Aaltonen, V. T. 1940. Metsämaa. Porvoo.

Beers, W. F. J. van. 1959. The auger hole method. A field measurement of the hydraulic conductivity of soil below the watertable. International institute for land reclamation and improvement. Bull. 1. Wageningen.

Heinonen, R. 1954. Multakerroksen kosteussuhteista Suomen maalajeissa. — Summary: Moisture conditions in finnish topsoil. Agrogeol. julk. N:o 62.

Huikari, Olavi. 1959. Metsäojitettujen turvemaiden vesitaloudesta. — Referat: Über den Wasserhaushalt waldentwässerten Torfböden. Comm. inst. forest. Fenn. 51. 2.

Kivinen, Erkki. 1948. Suotiede. Porvoo.

Luthin, J. N. ja Kirkham, D. 1949. A piczometer method for measuring permeability of soil in situ below a water table. Soil Sci. 68.

Malmström, Carl. 1928. Methoden zur Untersuchung der Wasserverhältnisse von Torfböden. Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden. Abt. XI. Teil 4, S. 373—390.

—»— 1931. Om faran för skogsmarkens försumpning i Norrland. — Referat. Über die Gefar der Versumpfung des Waldbodens in Norrland (Nordschweden). Medd. fr. stat. skogsförsöksanst. 26. 1.

Puustjärvi, Viljo. 1956. On the cation Exhange Capacity of Peats and on the Factors of Influence upon Its Formation. Acta Agriculturae Scandinavica VI:4.

Reeve, R. C. ja Kirkham, D. 1951. Soil anisotropy and some field methods for measuring permeability. Trans. Amer. Geophys. Union. 32.

Sillanpää, Mikko. 1956. Studies on the hydraulic conductivity of soils and its measurement. Acta agr. fenn. 87.

Feldmessungsergebnisse über die Wasserdurchlässigkeit von Torfen

REFERAT

In der vorliegenden Untersuchung sind über die Wasserdurchlässigkeit von Torf ausgeführte Untersuchungen dargestellt, bei denen das sog. »auger hole»-Verfahren (vgl. S i l l a n p ä ä 1956) angewandt worden ist. Die Methode gründet sich auf die Aufstieggeschwindigkeit des Grundwasserspiegels in einem in Torf eingegrabenen Grundwasserbrunnen.

Für die Messung wurde mit einem Bohrer in Torf ein 1 Meter tiefes Loch ausgehoben, dessen Querschnittfläche 100 cm^2 ausmachte. Aus dem Loch wurde der lose Torf sorgfältig entfernt, und man liess sich den Wasserhaushalt des Bodens wenigstens eine Woche lang ausgleichen. Die Messung ging so vonstatten, dass in das Loch ein dünner, mit Messungszeichen versehener Stab so gestellt wurde, dass sein oberes Ende genau in das Niveau des Grundwasserspiegels (A) (vgl. Abb. 1) kam. Danach pumpte man aus dem Loch so viel Wasser, dass der Wasserspiegel genau bei dem am Stab 30 cm tiefer vermerkten Zeichen (C) lag. Danach wurde die Zeit gemessen, die verging, bis der Wasserspiegel 20 cm höher (B) stand. Die unter dem ursprünglichen Grundwasserspiegel bleibende sog. Sinkreserve (A—B) von 10 cm erwies sich als notwendig, da das Steigen des Wasserspiegels um 20 cm in einigen Fällen bis zu 1 1/2—2 Tg dauerte, während welcher Zeit der ursprüngliche Grundwasserspiegel so sehr sinken konnte, dass das ursprüngliche Niveau des Wasserspiegels überhaupt nicht mehr hätte erreicht werden können. Die Zeit, die auf den im Grundwasserbrunnen geschehenden Anstieg des Wasserspiegels verstrichen war, wurde als Kennzeichnung der relativen Wasserdurchlässigkeit des den Grundwasserbrunnen umgebenden Bodens benutzt.

R e e v e und K i r k h a m (1951) erachten die Methode als sehr geeignet für die Messungen der Wasserdurchlässigkeit bei unsortierten Bodenarten und solchen Böden, die Wurzelhohlräume und andere natürliche Wasserdurchlässe enthalten. L u t h i n und K i r k h a m (1949) führen als eine der Schwächen des Verfahrens an, dass die erhaltenen Durchlässigkeitswerte den Mittelwert der Durchlässigkeit in einer Bodenschicht spiegeln, die so dick wie der Brunnen tief ist. Ferner bemerken sie, dass die Schwankungen der Durchlässigkeit im Mineralbodenschnitt nicht hervortreten und dass sich die Anwendungsmöglichkeiten des Verfahrens nur auf die Oberflächenschicht eines verhältnismässig dünnen Bodens beschränken.

Doch eignet sich die Methode offenbar recht gut für Moore, in denen das Grundwasser bis nahe der Bodenoberfläche reicht und die verhältnismässig empfindlichen Schwankungen des Grundwasserspiegels die Möglichkeit bieten, in denselben Brunnen Messungen anzustellen, wenn der Grundwasserspiegel in verschiedenen Niveaus liegt. Auf Grund der in Tabelle 2 (S. 10) angegebenen Zahlen für die durchschnittliche Aufstiegzeit und die relative Wasserdurchlässigkeit kann geschlossen werden, aus welcher Schicht das Wasser hauptsächlich in den Brunnen kommt, wenn der Grundwasserspiegel in verschiedenen Tiefen liegt. Anhand der erhaltenen Durchlässigkeits-

werte kann festgestellt werden, dass bei Torfböden die zwischen den Durchlässigkeiten der verschiedenen Schichten bestehenden Unterschiede meistens recht deutlich hervortreten und dass die Durchlässigkeitswerte, die mit der in der vorliegenden Untersuchung benutzten Methode erhalten worden sind, die als solche angesehen werden können, die in erster Linie die Wasserdurchlässigkeit der unterhalb des ursprünglichen Grundwasserspiegels liegenden 10 cm starken Torfschicht angeben.

Die Messungen wurden in den J. 1955, 1956 und 1957 angestellt. Die bei den Feldmessungen erhaltenen Zeiträume des Wasseranstiegs sind unter Anwendung des Viskositätskoeffizienten des Wassers auf die am häufigsten vorgekommene Temperatur des Wassers, + 7°C, berichtigt worden.

Das Material

In Tabelle 1 (S. 10) ist die Verteilung des gesamten Materials auf die verschiedenen Moortypen und die verschiedenen Tiefenschichtklassen dargestellt. Aus der Tabelle ist zu ersehen, dass am meisten Material von Reiser- und Weissmooren vorliegt.

In Tabelle 2 ist das Material an dicktorfigen Böden in seiner Verteilung auf Aufstiegzeit- und Grundwasserstandklassen angeführt. Es ist zu ersehen, dass in den Durchlässigkeitswerten jeder Tiefenschicht ein beträchtliches Schwanken besteht. Desgleichen ist zu erkennen, dass die Aufstiegzeit auf die tieferen Torfschichten zu deutlich zunimmt. Bezeichnet man die durchschnittliche Aufstiegzeit des Grundwasserspiegels in der Tiefenschicht von 0—10 cm, 5 Minuten, mit hundert, so ergeben sich als relative Wasserdurchlässigkeitswerte der übrigen Tiefenschichten folgende Zahlen: für die Schicht von 10—20 cm 29, für die von 20—30 cm 5, für die von 30—40 cm 2.4 und für die noch tieferen Schichten 1.3. Aus den Ergebnissen dieses Materials, das grösstenteils aus Weiss- und Reisermooren mit recht homogenem Torf besteht, kann somit geschlossen werden, dass die Wasserdurchlässigkeit des Torfes von der Bodenoberfläche an abwärts ausserordentlich steil abnimmt.

Die auf die Wasserdurchlässigkeit des Torfes einwirkenden Faktoren

Der Abstand der Torfschicht von der Bodenoberfläche

Aus den Zahlenreihen von Tabelle 3 (S. 12) ist zu entnehmen, dass, obgleich die Torfart und der Humifizierungsgrad unverändert bleiben, die Wasserdurchlässigkeit des Torfes von der Oberfläche an abwärts stark abnimmt. Dies liegt offenbar daran, dass die tieferen Schichten reichlicher als die Oberflächenschicht Humuskolloide enthalten (vgl. u.a. P u u s t j ä r v i 1956), die einen wasserhaltenden und die Bewegung des Wassers behindernde Wirkung ausüben.

Der Humifizierungsgrad

Um die Wirkung des Humifizierungsgrades zu klären, ist das Material in Tabelle 4 (S. 12) nach Humifizierungsgraden und Tiefenschichten eingeteilt worden. Obgleich das Material heterogen ist, kann aus der Tabelle geschlossen werden, dass schwach humifizierte Torfe besser als humifizierte Wasser durchlassen.

Die Torfart

In Tabelle 5 (S. 13) ist die Wasserdurchlässigkeit der im Material enthaltenen verschiedenen Torfarten nach Tiefenschichten angegeben. Die Torfe (L—t), die Holzreste enthalten, unterscheiden sich in der Tabelle von den übrigen Torfarten dadurch, dass sie auch in tieferen Torfschichten unverkennbar am besten Wasser durchlassen.

In Tabelle 6 (S. 14) sind die Wasserdurchlässigkeiten Sphagnum-reichen Torfe nach Tiefenschichten dargestellt. Bei den Eriophorum-Sphagnum-Torfen ist in der Tabelle ein Unterschied zwischen der Wasserdurchlässigkeit der schwach und derjenigen der mässig humifizierten wahrzunehmen. Ferner geht aus der Tabelle hervor, dass Holzreste die Wasserdurchlässigkeit steigern.

Der Moortyp

Um eine richtunggebende Auffassung davon zu gewinnen, von welcher Bedeutung der Moortyp hinsichtlich der Wasserdurchlässigkeit des Torfes ist, ist das Material in Tabelle 8 (S. 15) nach Haupttypen und Tiefenschichten eingeteilt worden. Es ist zu erkennen, dass bei Weissmooren in der Schicht von 0—30 cm die Wasserdurchlässigkeit des Torfes in den untersuchten Fällen besser als bei den Reisermooren gewesen, aber in den tieferen Schichten der Sachverhalt umgekehrt gewesen ist. Dies beruht offenbar darauf, dass das Material der Weissmoore in verhältnismässig reichlichem Masse solche Fälle einschliesst, in denen bis in 30 cm Tiefe schwach humifizierter Torf vorkommt, und dass bei den Reisermooren wiederum die Humifizierung schon von 20 cm Tiefe an abwärts zunimmt. Die Wasserdurchlässigkeit der Torfe von Bruchmooren und verheideten Torfböden ist in der Schicht von 0—10 cm deutlich schwächer als bei Weiss- und Reisermooren, aber bei über 20 cm Tiefe unverkennbar besser als bei letzteren. Bei verheideten Torfböden sind recht hohe Durchlässigkeitswerte auch noch für die Tiefenschicht von 40—50 cm herausgestellt worden.

Aus Tabelle 9 ist zu ersehen, dass die Durchlässigkeit der Torfe von Seggenreisermooren besser als die der Torfe der übrigen dargestellten Reisermoortypen gewesen ist. Aus Tabelle 10 (S. 17) kann geschlossen werden, dass die Wasserdurchlässigkeit des Torfes unter den Untertypen der Weissmoore beim Seggenweissmoor am besten gewesen ist. Beim rimpiartigen Seggenweissmoor ist die Wasserdurchlässigkeit des Torfes sehr gering gewesen.

Nach anderen Methoden ausgeführte vergleichende Versuche

In den Tabellen 11 (S. 17), 12 (S. 18) und 13 (S. 19) sind Befunde von Versuchen angegeben, die unter Anwendung anderer Methoden im Felde ausgeführt worden sind. Es kann festgestellt werden, dass sie übereinstimmend mit den früher dargestellten Ergebnissen erweisen, wie die Wasserdurchlässigkeit der Torfe von der Erdoberfläche an abwärts steil abnimmt. Vergleichshalber sind in Tabelle 14 (S. 19) die relativen Werte der Wasserdurchlässigkeit nach dem Abflussversuch (Tabelle 11), nach den Untersuchungen Malmströms (1928) und nach der »auger hole»-Methode zusammengestellt. Die Ziffern des Abflussversuches bezeichnen die Wasserdurchlässigkeit in den Schichten von 0—15, 5—20, 10—25, 15—30 cm bei SL-Torfen mit einem Humifizierungsgrad von H_3—H_8. Die nach den Resultaten Malmströms errechneten Werte spiegeln die Wasserdurchlässigkeit in Sphagnum-Torf bei Humifizierungsgraden von H_3, H_4—H_5, H_6 und H_7. Die eine Zahlenreihe vertritt die Wasserdurchlässigkeit in senkrechter und die andere in waagerechter Richtung. Die mit der »auger hole»-Methode ermittelten Werte bezeichnen die Wasserdurchlässigkeit von Sphagnum-Torf mit einer Humifizierung von H_2—H_8 bei einem Grundwasserstand von 0—10, 10—20, 20—30 und 30—40 cm unter Gelände (Tabelle 5 S. 13). Bei Durchsicht der Zahlenreihen der Tabelle ist zu erkennen, dass die Durchlässigkeitswerte aus dem Abflussversuch, bei dem die Bewegung des Wassers in vertikaler

Richtung vor sich gegangen ist, und die von Malmström in gleicher Richtung erhaltenen sehr gut miteinander im Einklang stehen. Eine ähnliche Übereinstimmung zeigt sich bei gegenseitigem Vergleich der in horizontaler Richtung ermittelten Werte Malmströms und der nach der »auger hole»-Methode gewonnenen.

Tabelle 15 (S. 20) zeigt die nach den Abflussmessungen (Huikari 1959) berechneten relativen Abflusswerte von den 81 m breiten Teilstücken einer Seggenreisermoorvariation bei verschiedenem Grundwasserstand unter Gelände. Es ist zu ersehen, dass der Abfluss sich bei sinkendem Grundwasserspiegel sehr stark vermindert. Das Ergebnis stimmt mit den Befunden der zur Klärung der Wasserdurchlässigkeit angestellten Versuche überein, obschon sich der relative Abfluss von der Bodenoberfläche an weiter abwärts nicht ganz so steilt vermindert wie die Wasserdurchlässigkeit.

METSÄOJITETTUJEN TURVEMAIDEN VESITALOUDESTA

OLAVI HUIKARI

ÜBER DEN WASSERHAUSHALT WALDENTWÄSSERTTER TORFBÖDEN
DEUTSCHES REFERAT

HELSINKI 1959

Helsinki 1959. Valtioneuvoston kirjapaino

Alkusanat

Metsäoja-auroilla suoritetut kokeet osoittivat vuonna 1953, että ojaauroja käyttäen voidaan metsäojituskustannuksia alentaa huomattavasti silloiselta ns. lapiokaivukustannustasolta. Samalla kävi selväksi, että on perustettava eri puolille maata sellaiset sarkaleveyskoekentät, joiden avulla voidaan luotettavasti ja riittävän nopeasti selvittää, mikä on edullisin sarkaleveys ja ojasyvyys ojitettaessa soita metsänkasvusta varten. Kun metsäntutkimuslaitoksen kokeilualueisiin ei ollut mahdollista perustaa sarkaleveyskoekenttiä, käännyttiin metsähallituksen suonkuivausosaston puoleen. Metsäneuvos Paavo B. Mansnerin ja suonkuivausmetsänhoitajien tarjottua auliisti apuaan kaivettiin keväällä 1954 Parkanoon, Viitasaarelle, Nurmekseen, Sotkamoon, Simoon, Rovaniemelle ja Kolariin sarkaleveyskoekentät.

Näistä laajimmalla Parkanon Liesnevalle perustetulla koekentällä suoritettiin vv. 1954—55 monipuolisia tutkimuksia, joista tässä julkaisussa käsitellään vesitaloutta koskevat.

Haluan tässä yhteydessä kiittää erityisesti metsäneuvos Paavo B. Mansneria koekenttien aikaansaamisesta. Ne tarjoavat monia mahdollisuuksia erilaisten tutkimusten suorittamiselle ja tulevat varmastikin olemaan hyödyksi käytännön suonkuivaustoiminnalle.

Samoin kiitän suonkuivaustöiden tarkastajia ja suonkuivausmetsänhoitajia sekä suonkuivaustyönjohtajia heidän osoittamastaan lämpimästä myötämielisyydestä tätä työtä kohtaan.

Kaikille tämän tutkimuksen kenttätöissä ja aineiston käsittelyssä avustaneille olen kiitollisuuden velassa huolellisesti suoritetusta työstä.

Erityisesti haluan mainita kiitollisuudella jo manan majoille siirtyneen herra Vilho Kauhasen.

Kiitän Suomen Luonnonvarain Tutkimussäätiötä saamastani taloudellisesta tuesta mittareiden hankintaa ja aputyövoiman palkkausta varten.

Käsikirjoitukseen ovat tutustuneet professori P. J. Viro ja tekn. tri Taneli Juusela. Heiltä saamistani arvokkaista neuvoista olen suuresti kiitollinen.

Helsingissä, maaliskuun 16 päivänä 1959

Olavi Huikari

Sisällys

Sivu

Johdanto 5

Koekenttien perustaminen ja mittausten suoritus 7

Tutkimusalueen sääolot 13

Sarkaleveyden vaikutus pohjaveden syvyyteen kesäkuukausina 16

Pohjaveden syvyys 16

Pohjaveden kestävyys 17

Valunta ja haihdunta kesäkuukausina 22

Laskennan perusteet ja yleisvertailu 22

Sarkaleveyden vaikutus valuntaan ja haihduntaan 28

Pohjaveden syvyyden vaikutus valuntaan 30

Pintavesien liikkuvuus 35

Loppukatsaus 37

Kirjallisuusluettelo 39

Referat 41

Johdanto

Metsäojituksessa käytettävän edullisimman sarkaleveyden ja ojasyvyyden määrittäminen on suometsätieteen keskeisimpiä kysymyksiä. Tehtävä on erittäin monitahoinen ja vaikea. Sitä osoittaa jo sekin, että maatalous- ja metsämaiden ojituksessa kysymys on edelleenkin monessa suhteessa avoin, vaikka on tehty runsaasti arvokkaita asiaa valaisevia tutkimuksia.

Suomessa ovat käsitykset metsäojituksen edullisimmasta sarkaleveydestä ja ojasyvyydestä muotoutuneet huomattavalta osalta kokemusperäistä aineistoa käyttävän tutkimuksen tietä. Ojitusten tuloksista on tehty päätelmiä erilaisten ojitustapojen edullisuudesta toisiinsa verrattuina. Nämä koko metsäojitustoimintamme kannalta tärkeät tutkimukset ovat luoneet sen pohjan, jolta metsäojitustoiminta on jatkuvasti kehittynyt eteenpäin. Metsäojitustoiminnan alkuaikoina käytettiin yleisesti 100—200 m:n sarkaleveyttä. T a n t u n (1915), L u k k a l a n (1929, 1936 ja 1937) ja M u l t a m ä e n (1923, 1936 ja 1959) tutkimukset ovat sittemmin ohjanneet kehitystä yhä kapeampien sarkojen käyttöä kohti. Erityisesti L u k k a l a n (1929) tutkimukset ovat vieneet kehitystä rohkeasti kapeampien sarkojen käyttöön päin, niinpä käytettiinkin jo ennen toista maailmansotaa yleisesti 60—80 m:n sarkaleveyttä käytännön ojituksissa.

Mitä kapeampia sarkaleveyksiä käytetään sitä korkeammiksi nousevat ojituskustannukset. Tämä vaikutti luonnollisesti lapiokaivun aikana siten, että oli tyydyttävä taloudellisen kestokyvyn määräämään ojatiheyteen. Kun kaivukustannukset olivat 60 m:n sarkaleveyttä käytettäessä kannattavuuden rajoilla, ei biologisesti optimi-ojituksen tutkiminen ollut ensisijaisesti tärkeätäkään. Varmaankin suurelta osalta juuri tämän takia meillä ei ole suoritettu paljonkaan sellaisia metsäojituksen vaikutuksen perusteita selvitteleviä tutkimuksia, jotka olisivat pyrkineet monipuolisten vesitaloudellisten mittausten avulla selvittämään metsäojituksen vaikutusta maan vesitalouteen.

M a l m s t r ö m (1923) on suorittanut Ruotsissa ansiokkaita tutkimuksia turpeiden vedenläpäisevyydestä ja näiden tutkimusten avulla täydentänyt turvemaiden vesitaloutta koskevaa tietoutta.

Viime vuosina kehitetyillä oja-auroilla on ojituskustannukset pudotettu murto-osaan lapiokaivukustannuksista. Tämän takia on tullut erittäin

ajankohtaiseksi selvittää ojituksen vaikutuksen perusluonne sillä tavalla, että voidaan täsmällisesti määritellä suurimpaan mahdolliseen puuntuottoon johtava sarkaleveys ja ojasyvyys erilaisissa oloissa. Tällöin on ensinnäkin selvitettävä, mihin perustuu ojituksen positiivinen vaikutus puiden kasvuympäristötekijöiden muuttajana. Tekijä on eräissä aikaisemmissa tutkimuksissaan (Huikari 1953 ja 1954) selvittänyt puiden elinvaatimuksia sekä ojituksen aiheuttamia muutoksia kasvualustassa. Näissä tutkimuksissa voitiin todeta, että ojituksen positiivinen vaikutus perustuu ensisijaisesti kasvualustassa olevien vesien liikkeelle saattamiseen. Ojitus on siis suoritettava siten, että sen avulla pystytään riittävästi vähentämään kasvualustasta vettä ja samalla mahdollisimman tehokkaasti pitämään kasvualustassa olevat vedet liikkeellä.

Tässä tutkimuksessa pyritään selvittämään tarkoitusta varten perustettujen sarkaleveyssarjojen ja erilaisten kenttämittausten avulla maassa olevien vesien liikkumista sekä metsäojitusalueiden yleistä vesitaloutta kesäkuukausina.

Tutkimus on suoritettu ns. latvussalaojilla ojitetuilla alueilla siitä johtuen, että täten ei suoraan ojiin satanut vesi pääse aiheuttamaan äkillisiä muutoksia valuntaan, vaan kaikki ojien tuomat vedet joutuvat kulkemaan turpeen läpi.

Tutkimus on keskitetty kesäkuukausiin sen takia, että rajoitettujen taloudellisten mahdollisuuksien puitteissa ei voitu järjestää pitempiaikaista riittävän säännöllistä havaintojen tekoa. Metsäojitusalueiden vesitaloustutkimuksissa onkin kesäkuukausien vesitalouden selvittämisellä tärkeä merkitys, sillä esim. ojitusalueen kevättulvimisella ei näytä olevan puiden menestymiseen haitallista vaikutusta.

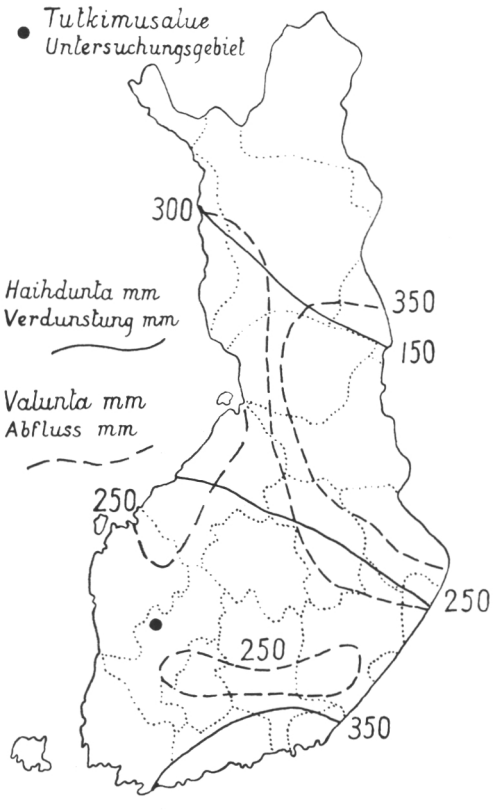
Koekenttien perustaminen ja mittausten suoritus

Metsäojitus rajoittaa vesien tuloa ojitusalueelle sen ulkopuolelta ja myös saattaa ojitusalueella olevat vedet entistä liikkuvammiksi sekä vähentää maassa olevien vesien määrää. Vesitalousmuutokset ilmenevät lähinnä ojia myöten tapahtuvana vesien virtailuna sekä ns. pohjavesipinnan alenemisena.

Ojat toimivat vesien kokoojina ja kulkuteinä. Kun ojitusalue eristetään ympäristöstä ns. niskaojilla, tulee ojitusalueelle lisää vesiä vain sateena ja paineellisena pohjavetenä. Ojitusalueelta saattaa poistua vettä haihtumalla, ojia myöten valumalla ja pohjavesinä. Vesien vajoaminen turvekerrosten läpi niiden alla olevaan mineraalimaahan on harvinainen poikkeus, joka ilmenee selvästi pintakasvillisuudessa. Paksuturpeisilla nevoilla ja rämeillä ei ilmeisesti tapahdu veden vajoamista alempien turvekerrosten läpi, sillä jo 50 cm:n syvyydessä olevat turvekerrokset ovat lähes vettäläpäisemättömiä (vrt. H u i k a r i, 1959). Ylöspäin suuntautuvan veden kulkeutumista saattaa syvemmissäkin turvekerroksissa tapahtua erikoisen kuivina kesinä, mutta sillä on tämän tutkimuksen kannalta todennäköisesti vähäinen merkitys varsinkin eri leveysiä sarkoja toisiinsa verrattaessa. Paksuturpeisten nevojen ja rämeiden ojitusalueilla voidaan tästä johtuen jokseenkin luotettavasti tutkia sadannan, haihdunnan ja valunnan keskinäisiä suhteita.

Valunnan ja haihdunnan keskinäisistä suhteista metsäojitusalueilla ei ole tiettävästi olemassa tutkimuksia.

Kysymystä voidaan selvittää joko mittaamalla suoranaisesti sadannan ja haihdunnan suuruus tai tutkimalla tarkoitusta varten perustettujen säännöllisten ojaverkostojen alueilla sadannan ja valunnan suuruutta. Edellisessa tuottaa suuria vaikeuksia haihdunnan tarkka mittaaminen. Tässä tutkimuksessa selvitettiin kysymystä viimeksi mainittua vaihtoehtoa käyttäen. V. 1915 ylileveisiin sarkoihin ojitetulle Parkanon pitäjässä (kuva 1) sijaitsevalle Liesnevan metsäojitusalueelle kaivettiin v. 1954 touko—kesäkuun vaihteessa oheisen kartan (kuva 2) osoittamat sarkaleveyskoekentät I ja II. Kesäkuun alussa v. 1955 kaivettiin avo-ojitusta käyttäen sarkaleveyskoekenttä III, jossa suoritettuja mittauksia ei ole käsitelty tämän tutkimuksen yhteydessä. Koekenttien kokoojaojat kaivettiin 120 cm:n syvyisiksi, jolloin sarkaojien suihin syntyi riittävästi putousta valunnan mittaamista varten. Kaikki sarkaojat kaivettiin 80 cm:n syvyisiksi. Kun

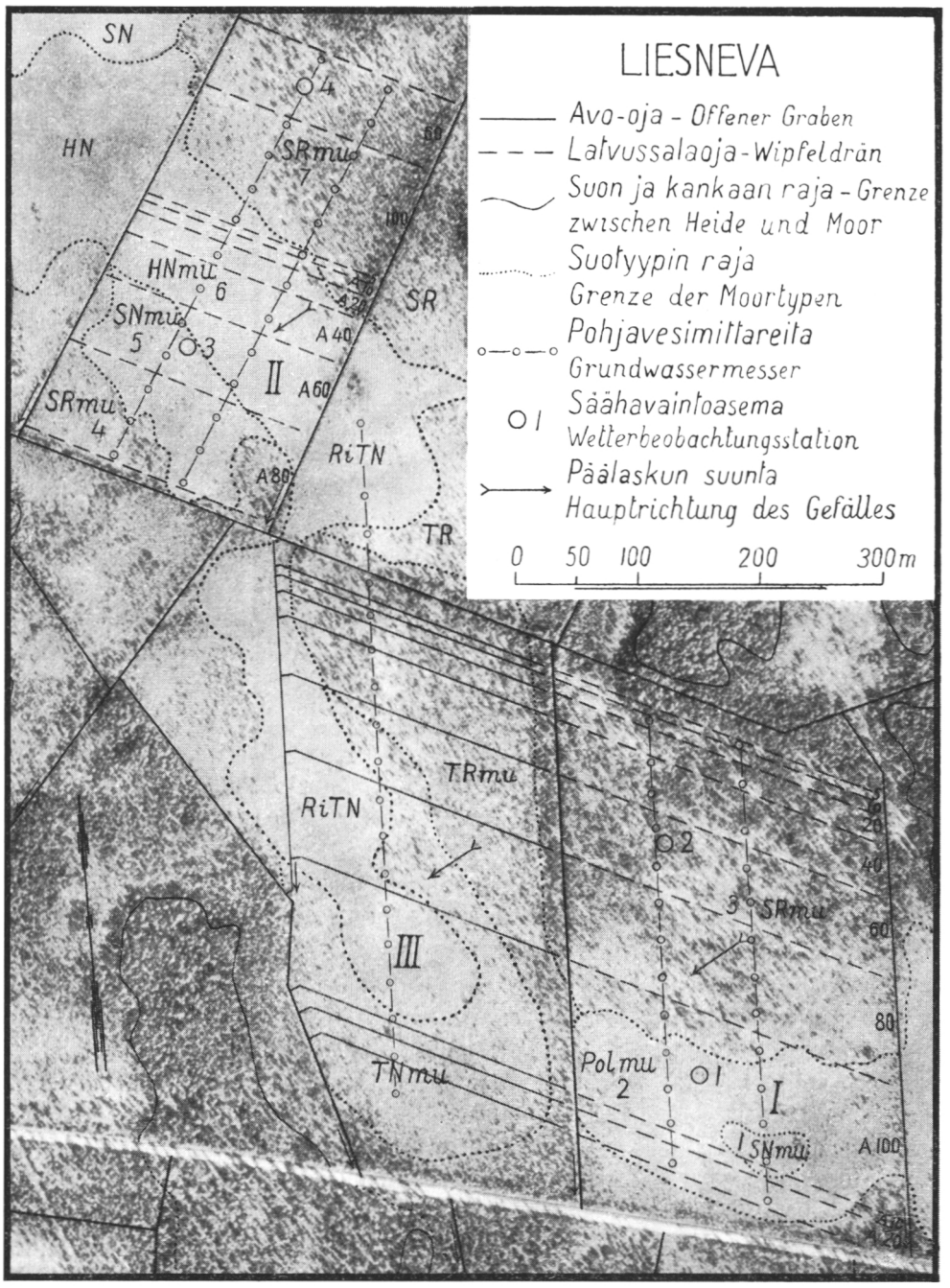


Kuva 1. Liesnevan tutkimusalueen sijainti, koko vuoden haihdunta ja valunta sekä vesistöalueiden rajat eri osissa maata.

Abb. 1. Lage des Untersuchungsgebietes, ganzjährige Verdunstung und ganzjähriger Abfluss sowie die Grenze der Gewässergebiete in verschiedenen Teilen des Landes.

maanpinta oli tasaisesti viettävä, saatiin ojanpohjien viettävyydeksi 2 m 1 000 m:n matkalla kaikissa ojissa. Sarkaojat tehtiin koekentillä I ja II salaojiksi puiden latvuksia käyttäen (vrt. H u i k a r i, 1956). Ensin kaivettiin pinnasta 30 cm:n ja pohjasta 25 cm:n levyinen 80 cm syvä oja, jonka pohja tasoitettiin huolellisesti. Ojaan ladottiin tämän jälkeen suomukseen tyvet alaspäin ja ojan yläpäästä aloittaen n. 40 cm:n paksuinen kerros latvaosastaan karsimattomia mänty- ja koivuriukuja, riukujen päälle pantiin n. 20 cm paksulti heikosti maatunutta pintaturvetta ja päällimmäiseksi luotiin kaikki ojasta noussut turve. Turvekerros oli niin paksu (vrt. taulukko 2), että ojat eivät ulottuneet mineraalimaahan.

Kartasta 2 havaitaan, että sarkaleveyssarjassa I 5 m:n, 10 m:n, 20 m:n, 40 m:n, 60 m:n ja 80 m:n sarat sekä sarkaleveyssarjassa II 60 m:n ja 100 m:n



Kuva 2. Yleiskartta Liesnevan tutkimusalueesta. Sarkojen itälaidassa saran leveyttä tarkoittava numero ja aukeiksi luettujen sarkojen kohdalla merkintä A.

Abb. 2. Übersichtskarte vom Untersuchungsgebiet Liesneva. Am Ostrand der Teilstücke die Ziffer für ihre Breite und bei den als offen gerechneten der Eintrag A.

sarat olivat metsäisiä. Lisäksi voidaan kartasta todeta, että 100 m:n sarat sijoitettiin 5 m:n ja 10 m:n saran viereen, samoin aukean alueen 80 m:n sarka jouduttiin sijoittamaan kapean, veto-ojaan rajoittuvan saran viereen. Aukeat 100 m:n ja 80 m:n sarat ovat myös vähän metsäisiä ja varpuisia, joten niiltä saatuja tuloksia ei voida täysin rinnastaa kapeampien sarkojen antamiin tuloksiin. Koetta perustettaessa katsottiin tärkeimmäksi, että sarkaleveydet 5 m, 10 m, 20 m, 40 m ja 60 m saadaan toisiinsa mahdollisimman hyvin vertailukelpoisiksi.

Metsäisillä alueilla puusto oli 5 m:n ja 10 m:n saroilla n. 3 m pitempää kuin I alueen 60 m:n saralla. Metsäisten sarkojen puuston keskiarvoa edustavan 60 m:n levyisen saran säähavaintoasema 2:n kohdalta mitatun koealan puusto oli taulukon 1 mukainen.

Sarkaleveyssarjojen I ja II alueilla voidaan rajoittaa 7 eri suotyyppiä, joiden kasvipeitekuvaukset ovat taulukossa 2. Havaitaan, että metsäisillä saroilla suotyyppi on sararämemuuttumaa sekä aukeilla karhunsammal-, sara- ja *Scirpus caespitosus*-nevamuuttumaa. Taulukossa 3 on esitetty turvelajit ja turpeiden maatumisasteet sarkaleveyskoekenttien I ja II eri kuvioilta.

Sarkaleveyssarjoilta I ja II mitattiin valunnan suuruus, sadannan suuruus, pohjavesipintojen korkeus, maan lämpötila ja ilman lämpötila. Säähavaintoasemien sijoitus selviää kuvasta 2.

Näiden säännöllisten mittausten lisäksi tutkittiin vesien liikkuvuutta ns. »auger hole»- ja NaCl-menetelmää käyttäen sekä turpeiden vesitaloutta turpeeseen upotettujen nylonkohtioiden sähkönjohtokyvyn avulla. V. 1955 tutkittiin myös puiden kasvureaktioita eri levyisillä saroilla ja erilaisissa vesitalousolosuhteissa. Niistä on tässä yhteydessä esitetty vain NaCl-menetelmällä tehdyt pintavesien liikkumista koskevat tutkimukset.

Ensimmäiset mittaukset sarkaleveyssarjojen I ja II alueilla suoritettiin toukokuun 24 päivänä 1954. Mittauksia jatkettiin tämän jälkeen joka päivä aina 12 päivään syyskuuta saakka ja tämän jälkeen keskimäärin 3 päivän välein aina lokakuun 10 päivään saakka ja sitten kerran viikossa aina helmikuulle saakka, jolloin alueella oli jo niin paljon lunta ja ojan suut siinä määrin jäässä, että valunnan mittaaminen kävi mahdottomaksi. Valunnan mittaukset aloitettiin uudelleen v:n 1955 huhtikuun 23 päivänä. Niitä suoritettiin aluksi kerran viikossa toukokuun 23 päivään saakka ja tämän jälkeen joka toinen päivä aina 15 päivään heinäkuuta asti. V:n 1955 kuivuuden takia valunta-arvot olivat erittäin pieniä ja tasaisesti väheneviä. Tämän takia katsottiin heinäkuun 15 päivän jälkeen voitavan harventaa mittausväliä suorittaen kuitenkin koko ajan tarkistusmittauksia interpolointia silmällä pitäen ja tihentäen varsinaisia mittauksia heti, kun tuli sateita ja niiden aiheuttamia muutoksia vesitalouteen. Säännöllisiä mittauksia jatkettiin syyskuun 13 päivään saakka. Muut paitsi sademittaukset

Taulukko 1. Metsäisten sarkojen puuston keskiarvoa edustavan I alueen 60 m leveän saran puusto säähavaintoasema 2:n (vrt. kuva 2) luona.

Tabelle 1. Der bei der Welterbeobachtungsstation 2 (vgl. Abb. 2) wachsende Bestand auf dem 60 m breiten Teilstück von Gebiet I, das den Mittelwert für den Bestand waldiger Teilstücke vertritt.

Puulaji — *Holzart*	Runkoluku kpl/ha *Stammzahl St./ha*	Keskiläpimitta, cm *Mittel-durchmesser, cm*	Pohjapinta-ala, m^2/ha *Grundfläche, m^2/ha*	Valtapuiden pituus, m *Höhe der herrschenden Stämme, m*	Kuutiomäärä, m^3/ha *Kubikinhalt, m^3/ha*
Mänty — *Kiefer*	4 375	9.7	12.5	8.6	45.4
Koivu — *Birke*	42	6.5	0.2	—	0.1
Yhteensä — *Zus.*	4 417	9.7	12.7	8.6	45.5

Taulukko 2. Kasvipeitekuvaukset ja turvekerroksen paksuus Liesnevan tutkimusalueelta (vrt. kuva 1).

Tabelle 2. Pflanzendeckenbeschweibungen und Dicke der Torfschicht im Untersuchungsgebiet Liesneva (vgl. Abb. 1).

Kuvion N:o—Nummer der Figur	1	2	3	4	5	6	7
Kasvilaji — *Pflanzenart*	Peittävyysprosentti — *Deckungsprozent*						
Cladonia spp.	△	1	—	—	—	2	—
Sphagnum fuscum	—	2	2	4	2	1	—
Sphagnum cuspidatum	—	2	—	—	—	—	△
Sphagnum magellanicum	—	5	20	20	80	40	30
Sphagnum papillosum	—	2	—	—	—	30	—
Sphagnum parvifolium	30	5	50	30	5	5	60
Sphagnum rubellum	—	—	10	5	—	20	—
Aulacomnium palustre	—	1	1	△	—	—	△
Calliergon stramineum	—	—	△	—	—	—	—
Drepanocladus fluitans coll	—	—	—	—	—	—	△
Pohlia nutans	—	1	—	—	—	—	—
Polytrichum commune	10	5	1	3	—	—	1
Polytrichum strictum	20	60	5	1	1	—	—
Carex lasiocarpa	5	△	5	5	5	3	10
Carex limosa	1	2	—	1	—	—	—
Carex pauciflora	—	—	—	—	—	—	—
Carex rostrata	1	△	2	20	20	2	1
Eriophorum vaginatum	5	5	3	—	5	5	2
Scirpus caespitosus	2	5	—	—	—	30	2
Andromeda polifolia	—	—	—	1	—	—	—
Betula nana	1	1	2	—	5	1	—
Empetrum nigrum	—	—	1	—	—	1	1
Ledum palustre	—	—	1	—	—	—	10
Oxycoccus quadripetalus	2	1	1	—	5	2	1
Vaccinium uliginosum	—	—	1	2	—	1	1
Vaccinium vitis-idaea	—	—	—	—	—	—	—
Suon syvyys cm — *Moortiefe cm*	180	180	130	130	160	180	150

Taulukko 3. Turvelajit ja turpeiden maatumisaste (vrt. Lukkala—Kotilainen, 1951) Parkanon Liesnevan tutkimusalueella (vrt. kuva 2).

Tabelle 3. Humifizierungsgrad der Torfarten und Torfe (vgl. Lukkala—Kotilainen, 1951) im Untersuchungsgebiet Liesneva in Parkano (vgl. Abb. 2).

Syvyys, cm *Tiefe, cm*	Kuvion N:o — *Nr. der Figur*						
	1	2	3	4	5	6	7
0—10	C—t H_5	C—t H_5	LS—t H_3	LCS—t H_4	CS—t H_4	ScCS-t H_5	LS—t H_3
11—20	C—t H_5	C—t H_5	LCS-t H_5	LSC—t H_5	SC—t H_6	ScCS-t H_5	LCS—t H_5
21—30	C—t H_6	C—t H_6	LCS-t H_5	SC—t H_5	C—t H_6	SC—t H_5	LCS—t H_5
31—40	C—t H_6	C—t H_6	CS—t H_6	SC—t H_5	C—t H_6	SC—t H_5	LCS—t H_5
41—50	C—t H_6	C—t H_6	ErCS-t H_6	SC—t H_6	C—t H_6	C—t H_6	SC—t H_5
51—60	C—t H_6	C—t H_6	ErSC-t H_6	SC—t H_6	C—t H_6	C—t H_6	SC—t H_5

suoritettiin klo 9—12 välisenä aikana. Kun jokainen mittausaihe saatiin läpi keskimäärin 2 tunnissa, ovat eri vuorokausien mittausarvot toisiinsa vertailukelpoisia.

Valunnan vuorokautisesta vaihtelusta kuuden vuorokauden aikana 3 tunnin välein suoritetut mittaukset osoittivat, että kesäkuukausina on poutapäivinä eri vuorokauden aikojen valunta samansuuruinen.

V. 1954 satoi tutkimusalueella 30. 6.—12. 9. välisenä aikana 29 kertaa. Valuntahavaintojen tekoaikana klo 9—12 oli tällä välillä kuusi sadetta ja klo 6—9 seitsemän sadetta, joten sateiden sattuneisuus sekä mittausaikana että sitä ennen oli hiukan pienempi kuin kahdeksasosavuorokaudelle laskettu keskiarvo 8 sadetta. Mittausajan klo 9—12 sateiden voimakkuus vastasi jokseenkin tarkalleen havaintokauden sateiden keskivoimakkuutta. Voidaan täten pitää todennäköisenä, että vuodelta 1954 saadut valuntaarvot pystyvät tämän tutkimuksen tarpeita silmällä pitäen riittävän hyvin kuvaamaan keskimääräistä valuntaa.

V. 1955 satoi 13. 6.—6. 9. välisenä aikana 16 kertaa. Sadeajat jakaantuivat tasaisesti eri vuorokauden osien kesken. Sademäärä oli iltapäivällä hiukan suurempi kuin muulloin. Vähäisestä sademäärästä johtuen vuoden 1955 valunta-arvot ovat hyvin käyttökelpoisia kesäkauden kokonaisvaluntaa tutkittaessa.

Valunta mitattiin siten, että sarkaojan suuhun työnnettiin kulloinkin aina tarkalleen samaan kohtaan peltinen kouru, jota myöten kaikki sarkaojasta tuleva vesi valui. Valunnan tasoittumisen jälkeen katsottiin aikatutkimus sekuntikellosta sadasosasekunnin tarkkuudella, kuinka kauan kului yhden litran suuruisen mitta-astian täyttymiseen.

Pohjaveden syvyyden mittausta varten kaivettiin neljä pohjavesikaivosarjaa (vrt. kuva 2). Kaivot kaivettiin 5 m:n välein jääkairaa muistuttavalla pohjavesikaivokairalla. Kaivojen poikkileikkauspinta-ala oli 100 cm^2 ja syvyys 1 m. Pohjaveden syvyyden mittaus suoritettiin mittatikun avulla käyttäen vertailupisteenä samaa kohtaa maanpinnassa kaivon

vieressä, joka merkittiin pienellä paalulla. Paalujen korkeudet punnittiin ja suoritetut mittaukset on myöhemmin korjattu keskimääräiseen maanpinnan tasoon. Pohjaveden syvyys mitattiin v. 1954 kesäkuukausina kerran päivässä välittömästi valuntamittausten jälkeen. Kun pohjavesipintojen vaihtelu oli v. 1955 vähäistä edelliseen vuoteen verrattuna, mitattiin pohjaveden syvyys kesäkuukausina vain joka toinen päivä ja vain toiselta sarkojen poikki menevistä kaivosarjoista. Pohjaveden syvyyden mittausten lukumäärä kohosi kaikkiaan noin 30 000 kpl ja on kesäkuukausienkin osalta noin 23 000 kpl.

Maan lämpötila mitattiin säähavaintoasemilta elohopeamittareiden avulla v. 1954 10 cm:n sekä v. 1955 10 cm:n ja 30 cm:n syvyyksistä. Ilman lämpötila mitattiin säähavaintoasemilla 0.5 m:n korkeudelta elohopealämpömittareita käyttäen. Kaikki mittarit, joilla mitattiin ilman lämpötilaa, sijoitettiin siten, että mittaritaulu oli pohjoiseen päin, joten niihin ei suoranainen auringonpaiste päässyt vaikuttamaan. V. 1954 mitattiin ilman lämpötila vain havaintoaikana ja v. 1955 ilman maksimi- ja minimilämpötila havaintoväleiltä.

Sadantaa mitattiin seitsemällä sademittarilla. Sarkaleveyssarjalla I aukealla olevan sademittarin yläreuna oli maanpinnan tasossa. Metsässä oli sarkaleveyssarjalla I 3 mittaria, joista yksi oli latvustasossa, toinen 1 m:n korkeudella ja kolmas maanpinnan tasossa. Sarkaleveyssarjalla II oli kaksi sademittaria aukealla, joista toisen yläreuna oli maanpinnan tasossa ja toinen varpuisella paikalla varpukerroksen pintatasossa sekä yksi sademittari metsikössä, jossa se oli asetettu maanpinnan tasoon. Sademittareissa ei ollut tuulisuojusta ja niiden suun poikkileikkauspinta-ala oli 100 cm^2. Tässä julkaisussa sademäärät on otettu maanpinnan tasossa aukeilla aloilla olleista mittareista. Sademittaukset suoritettiin välittömästi jokaisen sateen jälkeen ja sateen kestämisaika merkittiin muistiin.

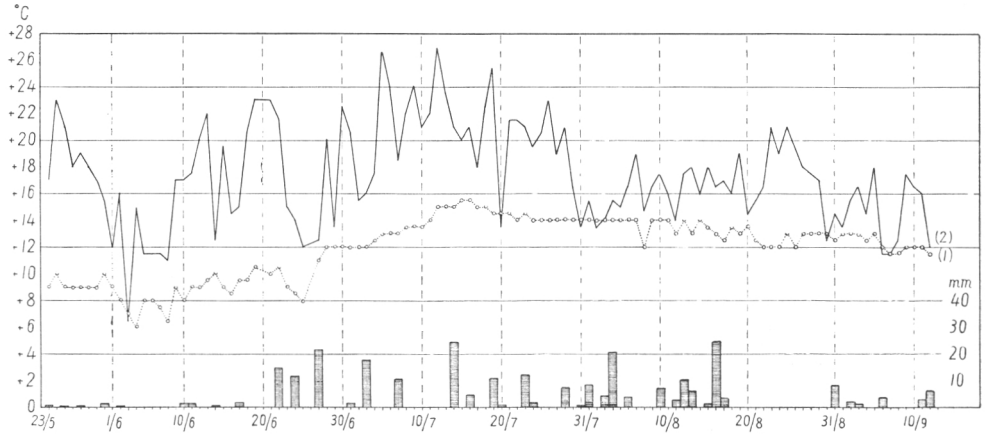
Tutkimusalueen sääolot

Hydrologisen vuosikirjan N:o 15 (1957) mukaan yleiset sääolot olivat maassamme vuosina 1954 ja 1955 seuraavat.

Talvi oli vuonna 1953—54 lyhyt ja poikkeuksellisen vähäluminen. Vesimäärät olivat vesistöissä alkukesästä vähäiset. Kesä 1954 oli runsassateinen ja sateet jatkuivat vielä syksylläkin. Vuoden lopussa vesimäärät olivat normaalia suuremmat. Koko vuoden sademäärä oli noin 100 mm suurempi kuin vuosien 1911—50 keskiarvo. Seuraava talvi oli runsasluminen ja lumi suli myöhään aiheuttaen voimakasta veden nousua. Kevät oli v. 1955 runsassateinen. Kesä oli varsinkin Etelä-Suomessa kuuma ja vähäsateinen, joten vesistöissä vesimäärät laskivat alle normaalinkin. Koko

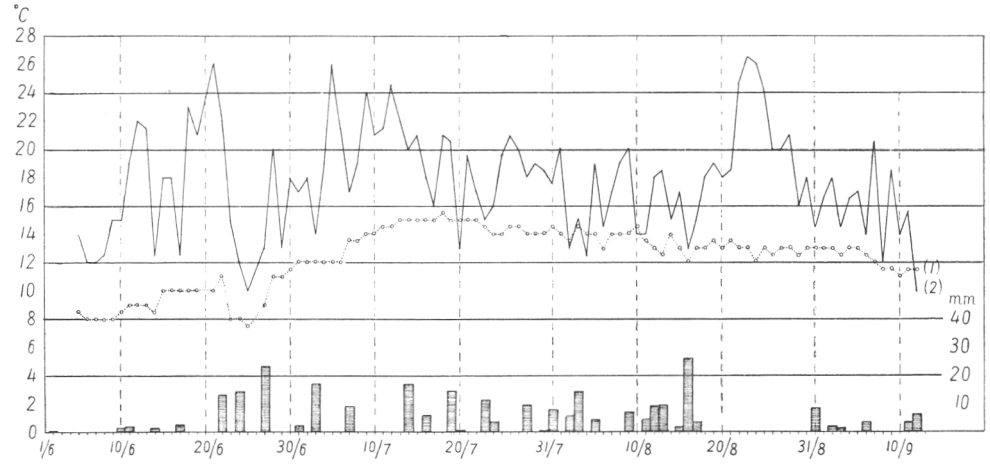
vuoden sadanta oli hiukan vuosien 1911—50 keskiarvoa suurempi, mutta kesäkuukaudet olivat erittäin vähäsateisia.

Tutkimusalueella tehtyjen mittausten perusteella on kuviin 3, 4, 5 ja 6 piirretty Liesnevan tutkimusalueelta erikseen aukean ja metsäisen alueen ilman lämpötila (0.5 m:n korkeudelta), maan lämpötila (10 cm:n syvyydestä) ja sademäärä vuosien 1954 ja 1955 kesäkuukausilta osoittavat kuvaajat.



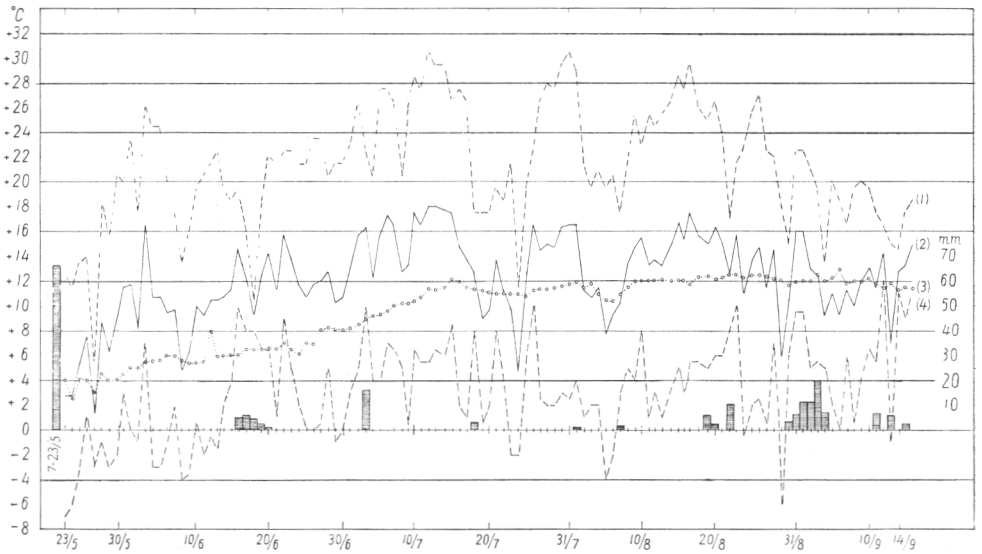
Kuva 3. Kesäkuukausien sateet, ilman lämpötila (2) keskipäivällä 0.5 m:n korkeudella ja maan lämpötila (1) 10 cm:n syvyydessä Liesnevan tutkimusalueen säähavaintoasemalla N:o 2 vuonna 1954.

Abb. 3. Niederschläge, Lufttemperatur (2) am Mittag in 0.5 m Höhe und Bodentemperatur (1) in 10 cm Tiefe in den Sommermonaten bei der Wetterbeobachtungsstation Nr. 2 im Untersuchungsgebiet Liesneva im J. 1954.



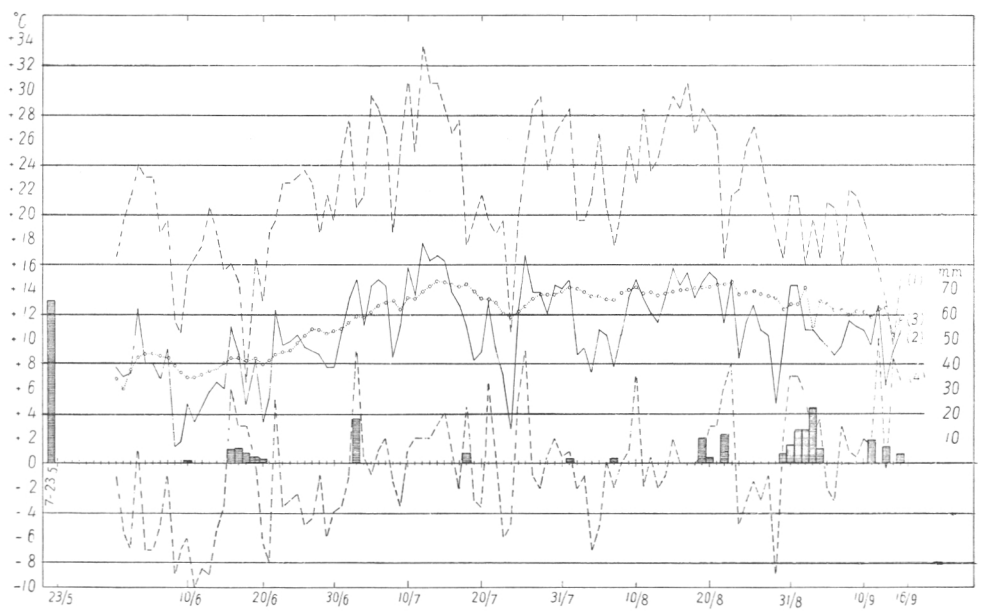
Kuva 4. Kesäkuukausien sateet, ilman lämpötila (2) keskipäivällä 0.5 m:n korkeudella ja maan lämpötila (1) 10 cm:n syvyydessä Liesnevan tutkimusalueen säähavaintoasemalla N:o 3 vuonna 1954.

Abb. 4. Niederschläge, Lufttemperatur (2) am Mittag in 0.5 m Höhe und Bodentemperatur (1) in 10 cm Tiefe in den Sommermonaten bei der Wetterbeobachtungsstation Nr. 3 im Untersuchungsgebiet Liesneva im J. 1954.



Kuva 5. Kesäkuukausien sateet, ilman maksimi- (1), minimi- (4) ja keskilämpötila (2) 0.5 m:n korkeudella sekä maan lämpötila (3) 10 cm:n syvyydessä Liesnevan tutkimusalueen säähavaintoasemalla N:o 2 vuonna 1955.

Abb. 5. Niederschläge, Lufttemperatur maksim. (1), minim. (4) und mittelw. (2) in 0.5 m Höhe und Bodentemperatur (3) in 10 cm Tiefe in den Sommermonaten bei der Wetterbeobachtungsstation Nr. 2 in Untersuchungsgebiet Liesneva im J. 1955.



Kuva 6. Kesäkuukausien sateet, ilman maksimi- (1), minimi- (4) ja keskilämpötila (2) 0.5 m:n korkeudella sekä maan lämpötila (3) 10 cm:n syvyydessä Liesnevan tutkimusalueen säähavaintoasemalla N:o 3 vuonna 1955.

Abb. 6. Niederschläge, Lufttemperatur maksim. (1), minim. (4) und mittelw. (2) in 0.5 m Höhe und Bodentemperatur (3) in 10 cm Tiefe in den Sommermonaten bei der Wetterbeobachtungsstation Nr. 2 in Untersuchungsgebiet Liesneva im J. 1955.

Sarkaleveyden vaikutus pohjaveden syvyyteen kesäkuukausina

Pohjavesikaivoissa todettavissa olevaa vedenpinnan etäisyyttä maanpinnasta on yleisesti käytetty eräänä maan vesitalouden tunnuksena. Niinpä mm. Multamäki (1936 ja 1959) on tehnyt runsaasti pohjavesitutkimuksia metsäojitusalueilla. Pohjavesipinta ei ole turpeessa varsinainen vesipitoisuusraja (vrt. mm. Zunker 1930 ja Ekström 1938). Tästä syystä sen asemasta ei voida suoraan tehdä maan vesitaloutta koskevia johtopäätöksiä, mutta se kuitenkin helposti mitattavana tunnuksena on käyttökelpoinen varsinkin vierekkäisten sarkojen vesitalouseroja tutkittaessa.

Pohjaveden syvyys

Taulukoissa 4 ja 5 on esitetty vuosien 1954 ja 1955 pohjaveden syvyyksien kuukausikeskiarvot kesä-, heinä- ja elokuulta sekä kesä—elokuun keskiarvot eri sarkaleveyksiltä aukeilla ja metsäisillä alueilla. Aineisto käsittää 22 535 havaintoa.

Taulukko 4. Pohjaveden syvyyden keskiarvot eri levyisillä saroilla v. 1954.

Tabelle 4. Die Mittelwerte für die Tiefe des Grundwassers bei verschiedenen Teilstücken im J. 1954.

Kuukausi — *Monat*	Aukea alue — *Offene Fläche*							Metsäinen alue — *Waldige Fläche*						
	Sarkaleveys, m — *Teilstückbreite, m*													
	5	10	20	40	60	80	100	5	10	20	40	60	80	100
	Pohjaveden syvyys, cm — *Tiefe des Grundwassers, cm*													
Kesäkuu — *Juni*	24	28	21	18	14	16	20	34	28	25	21	18	16	20
Heinäkuu — *Juli*	30	30	19	13	9	9	10	32	23	17	15	12	11	11
Elokuu — *August*	30	29	18	12	6	7	10	33	23	17	15	12	10	10
Kesä—elokuu — *Juni—August*	28	29	19	14	10	11	13	33	25	20	17	14	12	14

Taulukko 5. Pohjaveden syvyyden keskiarvot eri levyisillä saroilla v. 1955.

Tabelle 5. Die Mittelwerte für die Tiefe des Grundwassers bei verschiedenen Teilstücken im J. 1955.

Kuukausi — *Monat*	Aukea alue — *Offene Fläche*									Metsäinen alue — *Waldige Fläche*							
	Sarkaleveys, m — *Teilstückbreite, m*																
	5	10	10	20	20	40	60	80	100	5	10	20	40	60	60	80	100
	Pohjaveden syvyys, cm — *Tiefe des Grundwassers, cm*																
Kesäkuu — *Juni*	45	46	43	45	38	33	24	26	32	47	39	32	28	30	28	28	25
Heinäkuu — *Juli*	49	55	50	55	47	46	39	42	47	54	48	45	43	44	42	42	41
Elokuu — *August*	55	57	57	60	55	54	47	53	57	59	55	55	53	54	54	52	53
Kesä—elokuu — *Juni—August*	50	53	50	53	47	44	36	40	45	53	47	44	42	43	41	40	40

Vuoden 1954 kesä—elokuun keskiarvoista nähdään, että sateisena kesänä pohjaveden keskimääräinen syvyys on ollut selvästi riippuvainen sarkaleveydestä siten, että pohjavedenpinta on ollut alimpana 5 m:n saralla ja pysytellyt aina hiukan ylempänä sirryttäessä 10 m:n, 20 m:n, 40 m:n ja 60 m:n sarkaan. Siirryttäessä 60 m:n sarkaleveydestä 80 m:n ja 100 m:n sarkaan voidaan todeta pohjaveden keskimääräisen syvyyden hiukan suurenevan.

Vuoden 1955 keskiarvoluvut osoittavat, että pohjavedenpinta on ollut vain 5 m:n, 10 m:n ja 20 m:n saroilla selvästi alempana kuin muilla saroilla.

Aukeiden ja metsäisten sarkojen välillä ei voida todeta selviä eroja pohjaveden syvyyden keskiarvoissa.

Pohjaveden kestävyys

Pohjaveden syvyyden keskiarvot eivät ilmennä pohjaveden pinnan vaihteluita, joiden tuntemisella on tärkeä merkitys ojituksen tehon arvostelussa. Pohjaveden syvyyden vaihtelua voidaan kuvata pohjaveden kestävyyden avulla (vrt. K o e h n e 1928). M a l m s t r ö m (1931), T a m m (1931) ja L u k k a l a (1939) ovat pohjavesihavaintoja esittäessään ryhmitelleet mittaustulokset 10 cm:n korkeusvyöhykkeisiin ja esittäneet sitten tulokset havainnollisena numerorivinä. W ä r e (1947) on esittänyt pohjaveden kestävyyden graafisesti. Pohjaveden kestävyys on tässä julkaisussa esitetty numerotaulukkoina, joista selviää havaintojen lukumäärä ja se aika prosenteissa käsittelyjakson pituudesta minkä pohjavesipinta on ollut alle 10 cm:n, alle 20 cm:n, alle 30 cm:n, alle 40 cm:n, alle 50 cm:n ja yli 50 cm:n etäisyydestä maanpinnasta. Pohjaveden kestävyyden laskentaan on otettu mukaan vain ne kaivot, joihin ojat eivät ole välittömällä läheisyydellään päässeet vaikuttamaan keskisarasta selvästi poikkeavalla tavalla. Laskenta on siis suoritettu sarkojen keskiosien pohjaveden kestävyyden selvittämiseksi. Eri kaivoista suoritetut keskiarvolaskennat osoittavat, että 100 m:n levyisellä saralla on saran niskaojalla ollut selvä pohjaveden pintaa alentava vaikutus noin 20 m:n etäisyydelle ja saran laskuojalla vain noin 15 m:n etäisyydelle. 80 m:n ja 60 m:n saroilla ojien läheisyyden vaikutus tuntuu samalla tavoin kuin 100 m:n saralla, joskin eri kaivoista mitattujen pohjaveden syvyyksien keskiarvojen väliset erot pienenevät saran kavetessa. 40 m:n sarallakin ero on vielä selvästi havaittavissa, mutta 20 m:n saralla ero ei ole kaikissa tapauksissa selvä.

Taulukoissa 6, 7, 8 ja 9 esitetyistä tuloksista voidaan todeta, että pohjaveden pinta oli v. 1954 kesän kaikilla saroilla lähellä maanpintaa. Aukeiden sarkojen pohjaveden kestävyydestä (taulukot 6 ja 8) on merkille pantavaa, että se on 0—10 cm:n syvyydessä ollut suurin 80 m:n saralla, seuraavaksi

Taulukko 6. Pohjaveden kestävyys au-

Tabelle 6. Dauer des Grundwassers in offenen

Havaintoaika *Beobachtungszeit*	Pohjaveden syvyys, cm *Tiefe des Grund-wassers, cm*	Sarkaleveys, m — 5		10		20	
		Havaintojen määrä, kpl ja kestävyys, % —					
		kpl	%	kpl	%	kpl	%
Kesäkuu — *Juni*	0—10	3	4	—	—	15	7
	0—20	23	31	29	29	111	56
	0—30	53	71	62	62	177	86
	0—40	74	99	92	92	200	100
	0—50	75	100	100	100	—	—
	>50	—	—	—	—	—	—
Heinäkuu — *Juli*	0—10	—	—	—	—	42	17
	0—20	14	15	6	5	142	58
	0—30	50	54	76	62	230	94
	0—40	88	96	116	95	244	100
	0—50	92	100	122	100	—	—
	>50	—	—	—	—	—	—
Elokuu — *August*	0—10	—	—	—	—	39	16
	0—20	15	16	11	9	159	64
	0—30	36	39	73	59	239	96
	0—40	87	93	114	92	248	100
	0—50	93	100	124	100	—	—
	>50	—	—	—	—	—	—
Kesä—Elokuu — *Juni—August*	0—10	3	1	—	—	96	14
	0—20	52	20	40	13	412	60
	0—30	139	53	211	61	641	93
	0—40	249	96	322	93	692	100
	0—50	260	100	346	100	—	—
	>50	—	—	—	—	—	—

suurin 60 m:n ja 40 m:n saralla ja vasta näiden jälkeen tulee 100 m:n sarka. 20 m:n, 10 m:n ja 5 m:n sarat eroavat selvästi 40 m ja sitä leveämmistä saroista 0—10 cm:n kerroksen pohjaveden kestävyydessä. Metsäisistä saroista myös 40 m:n saran pohjaveden kestävyys 0—10 cm:n kerroksessa on sitä kapeampien sarkojen kaltainen ja 100 m:n sarkaleveys pohjaveden kestävyydeltään 60 m:n sarkaleveyttä vastaava. V. 1955 kesäkuukausina pohjavesipinta on ollut aukealla alueella 0—10 cm:n kerroksessa vain 60 m:n, 80 m:n ja 100 m:n saroilla ja metsäisellä alueella vain 100 m:n saralla.

Jos esimerkin luontoisesti 20 %:n pohjaveden kestävyyttä pidetään puiden toimeentulon kannalta kriitillisenä rajana, voidaan todeta, että v. 1954 on aukea 40 m:n levyinen sarka ollut jo liian leveä, mikäli katsotaan, että pohjaveden olisi kesäkuukausina pitänyt pysyä yli 10 cm:n etäisyydessä maanpinnasta. Metsäisellä alueella olisi vastaavasti 60 m:n sarka ollut liian leveä. V. 1955 olisivat kaikki sarkaleveydet olleet riittävän tehokkaita.

keilla saroilla v. 1954 kesä—elokuussa.

Teilstücken im J. 1954 von Juni—August.

Teilstückbreite, m

40		60		80		100	
Anzahl der Beobachtungen, St., und ihre Dauer %							
kpl	%	kpl	%	kpl	%	kpl	%
65	26	173	49	166	30	162	20
182	73	308	88	405	74	433	53
250	100	350	100	544	99	736	90
—	—	—	—	550	100	813	100
—	—	—	—	—	—	816	100
—	—	—	—	—	—	—	—
218	71	381	89	542	81	757	72
305	100	427	100	670	100	1 038	98
—	—	—	—	672	100	1 054	100
—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—
213	69	414	95	620	91	739	70
310	100	434	100	682	100	1 040	99
—	—	—	—	—	—	1 054	100
—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—
496	57	968	80	1 328	70	1 658	57
797	92	1 169	97	1 757	92	2 511	86
865	100	1 211	100	1 898	100	2 844	97
—	—	—	—	1 904	100	2 921	100
—	—	—	—	—	—	2 924	100
—	—	—	—	—	—	—	—

Jos pohjaveden minimietäisyydeksi maanpinnasta otetaan 20 cm, olisivat aukealla alueella 5 m:n ja 10 m:n sarat olleet juuri riittävän tehon rajalla v. 1954 ja metsäisellä alueella vain 5 m:n sarka. Vuonna 1955 olisivat kaikki muut paitsi aukean alueen 60 m:n sarka olleet riittävän tehokkaita.

Pohjaveden kestävyyden yleistarkastelu osoittaa, että siirryttäessä 5 m:n sarasta 60 m:n sarkaan ojituksen vaikutus pohjaveden syvyyteen heikkenee, mutta on siitä edelleen 80 m:n ja 100 m:n sarkaan siirryttäessä jälleen hiukan suurempi varsinkin aukeilla saroilla. Heikurainen (1957) on tullut 1930-luvulla toteutettujen metsäojitusten tuloksia tutkiessaan siihen tulokseen, että Pohjois-Suomessa keskisaran puuston kasvu on leveillä saroilla suurempaa kuin kapeilla sarkaleveyden vaihdellessa 50 m:stä 110 m:iin. Tässä tutkimuksessa havaittava 80 m:n ja 100 m:n levyisten aukeiden sarkojen pohjaveden pinnan suurempi syvyys 60 m:n sarkaan verrattaessa saattaa olla suurimmalta osalta selitettävissä s. mainitusta sarkojen sijoi-

Taulukko 7. Pohjaveden kestävyys met-
Tabelle 7. Dauer des Grundwassers in waldi-

Havaintoaika *Beobachtungszeit*	Pohjaveden syvyys, cm *Tiefe des Grundwassers, cm*	Sarkaleveys, m — 5		10		20	
		Havaintojen määrä, kpl ja kestävyys, % —					
		kpl	%	kpl	%	kpl	%
Kesäkuu — *Juni*	0—10	—	—	2	2	2	2
	0—20	6	8	22	23	28	29
	0—30	22	31	53	55	73	76
	0—40	63	88	89	93	96	100
	0—50	66	92	96	100	—	—
	>50	6	8	—	—	—	—
Heinäkuu — *Juli*	0—10	—	—	—	—	5	4
	0—20	1	1	48	39	108	87
	0—30	34	37	119	96	124	100
	0—40	82	88	124	100	—	—
	0—50	93	100	—	—	—	—
	>50	—	—	—	—	—	—
Elokuu — *August*	0—10	—	—	—	—	17	14
	0—20	6	6	51	41	106	85
	0—30	30	32	111	90	124	100
	0—40	75	81	120	97	—	—
	0—50	93	100	124	100	—	—
	>50	—	—	—	—	—	—
Kesä—Elokuu — *Juni—August*	0—10	—	—	2	1	24	7
	0—20	13	5	121	35	242	70
	0—30	86	33	283	82	321	93
	0—40	220	85	333	97	344	100
	0—50	252	98	344	100	—	—
	>50	6	2	—	—	—	—

tuksesta ja niiden erilaisesta metsäisyydestä johtuvana. Toisaalta on myöskin todennäköistä, että ojitettaessa 80 m:n ja 100 m:n sarkaleveydellä maanpinta painuu varsinkin ensimmäisinä vuosina ojituksen toteuttamisesta laskien ojan läheisyydessä niin paljon enemmän kuin keskisaralla, että maanpinnan kaltevuus muuttuu voimakkaammin kuin 60 m:n ja sitä kapeammilla saroilla, joissa painuminen on voimakasta myös sarkojen keskiosissa. Maanpinnan kaltevuuden lisääntyminen vaikuttaa herkästi maavesien liikkuvuuteen ja sitä kautta esim. pohjaveden syvyyteen. Ilmiön vaikutus saattaa erikoisesti nevojen ojitusalueilla olla puuston alkukehitysvaiheessa riittävä, ja syviä ojia käytettäessä sikäli erikoisen positiivinen, että suon pinta ei pääse kuivumaan liikaa. Nevoja ojitettaessa käytetty

säisillä saroilla v. 1954 kesä—elokuussa.

gen Teilstücken im J. 1954 von Juni—August

Teilstückbreite, m									
40		60		60		80		100	
Anzahl der Beobachtungen, St., und ihre Dauer %									
kpl	%	kpl	%	kpl	%	kpl	%	kpl	%
19	8	81	21	80	19	205	33	131	17
128	53	267	70	283	67	555	89	383	51
224	93	370	96	421	99	624	100	679	91
240	100	384	100	425	100	—	—	750	100
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
74	24	228	46	335	65	607	75	510	56
293	95	471	95	516	100	806	100	903	99
310	100	496	100	518	100	—	—	915	100
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
48	15	283	57	355	67	674	84	524	56
303	98	496	100	527	100	806	100	930	100
310	100	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
141	16	592	43	770	52	1 486	66	1 165	45
724	84	1 234	90	1 326	90	2 167	97	2 216	85
844	98	1 362	99	1 466	100	2 236	100	2 524	97
860	100	1 376	100	1 470	100	—	—	2 595	100
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

yli 80 m:n sarkaleveys ei pystyne jatkuvasti turvaamaan suurinta puuntuottoa muuta kuin poikkeustapauksissa.

Pohjaveden syvyydestä tehdyt tutkimukset eivät välittömästi anna kuvaa ojituksen vaikutuksesta vesien liikkuvuuteen, joka on puiden toimeentulon kannalta tärkeämpi maassa olevien vesien ominaisuus kuin pohjaveden syvyys (vrt. H u i k a r i 1953 ja 1954). Pohjaveden syvyyden voimakas vaihtelu eri kasvukausina kuten mm. vuosina 1954 ja 1955 vaikeuttaa lisäksi saatujen tulosten tulkintaa. Tämän takia pyrittiin valuntamittauksien avulla selvittämään eri sarkaleveyksien merkitystä maassa olevien vesien poistamisessa ja liikkeelle saattamisessa.

Taulukko 8. Pohjaveden kestävyys au-
Tabelle 8. Dauer des Grundwassers in offenen

Havaintoaika *Beobachtungszeit*	Pohjaveden syvyys, cm *Tiefe des Grund-wassers, cm*	Sarkaleveys, m — 5		10		10	
		Havaintojen määrä, kpl ja kestävyys, % —					
		kpl	%	kpl	%	kpl	%
Kesäkuu — *Juni*	0—10	—	—	—	—	—	—
	0—20	—	—	—	—	—	—
	0—30	—	—	—	—	—	—
	0—40	1	7	3	10	8	27
	0—50	13	87	25	83	30	100
	>50	2	13	5	17	—	—
Heinäkuu — *Juli*	0—10	—	—	—	—	—	—
	0—20	—	—	—	—	—	—
	0—30	—	—	—	—	—	—
	0—40	—	—	—	—	2	7
	0—50	8	53	7	23	15	50
	>50	7	47	23	77	15	50
Elokuu — *August*	0—10	—	—	—	—	—	—
	0—20	—	—	—	—	—	—
	0—30	—	—	—	—	—	—
	0—40	—	—	—	—	—	—
	0—50	—	—	—	—	—	—
	>50	15	100	30	100	30	100
Kesä—Elokuu — *Juni—August*	0—10	—	—	—	—	—	—
	0—20	—	—	—	—	—	—
	0—30	—	—	—	—	—	—
	0—40	1	2	3	3	10	11
	0—50	21	47	32	36	45	50
	>50	24	53	58	64	45	50

Valunta ja haihdunta kesäkuukausina

Laskennan perusteet ja yleisvertailu

Sarkaojien valunta-alueet määritettiin käyttäen apuna pohjavesipinnoista saatuja tietoja sekä maanpinnan kaltevuustietoja. Pohjavesikaivolinjojen kohdalta piirrettyjen pohjavesipintaprofiilien avulla voitiin päätellä, että pohjaveden ollessa tutkimusalueella alle 40 cm:n syvyydessä maanpinnasta, kuuluu ojan valunta-alueeseen keskimäärin 4/5 sen yläpuolella olevasta sarasta ja 1/5 sen alapuolella olevasta sarasta. Kun sarkaleveyssarjojen veto- ja niskaojat olivat vanhoja ojia, turve niiden kohdalla oli painunut enemmän kuin varsinaisilla saroilla. Tästä johtuen poistettiin valunta-aluetta laskettaessa myös sarkaojien päistä sellaiset alueet, joista vesien voitiin todeta valuvan joko veto- tai niskaojaan. Vaikka-

keilla saroilla v. 1955 kesä—elokuussa.

Teilstücken im J. 1955 von Juni—August.

Teilstückbreite, m

20		20		40		60		80		100	
Anzahl der Beobachtungen, St., und ihre Dauer %											
kpl	%	kpl	%	kpl	%	kpl	%	kpl	%	kpl	%
—	—	—	—	—	—	8	8	8	6	1	0
—	—	1	2	13	17	56	53	56	40	37	15
—	—	11	18	42	56	92	88	108	77	110	43
13	22	34	57	65	87	105	100	140	99	194	76
51	85	60	100	75	100	—	—	141	100	251	99
9	15	—	—	—	—	—	—	—	—	3	1
—	—	—	—	—	—	—	—	1	1	—	—
—	—	—	—	2	3	7	7	7	5	—	—
—	—	1	2	8	11	18	17	24	16	16	6
—	—	9	15	16	21	59	56	66	44	47	18
13	22	38	63	56	75	105	100	130	87	155	61
47	78	22	37	19	25	—	—	20	13	100	39
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	33	31	5	3	—	—
—	—	9	15	10	13	94	90	60	40	20	8
60	100	51	85	65	87	11	10	90	60	235	92
—	—	—	—	—	—	8	3	9	2	1	0
—	—	1	1	15	7	63	20	63	14	37	5
—	—	12	7	50	22	110	35	132	30	126	16
13	7	43	24	81	36	197	63	211	48	241	32
64	36	107	59	141	63	199	63	331	75	426	56
116	64	73	41	84	37	116	37	110	25	338	44

kin pintavesien liikkeitä tarkkailtiin maastossa mm. NaCl:n avulla ja tässä laskelmassa on käytetty hyväksi tietoja pohjaveden pinnan kaltevuudesta eri saroilla, saattaa valunta-alueiden rajoittamiseen sisältyä virheitä. Nämä virheet ovat kuitenkin ilmeisesti pieniä siihen verrattuna, jos olisi käsitelty koko sarkaojan yläpuolinen sarka itse kunkin saran valunta-alueena.

Kesäkuukausien aikaisten sadannan, valunnan ja haihdunnan keskinäisten suhteiden laskentaa varten etsittiin sellaiset mittauspäivät, jolloin pohjavesi oli ollut mahdollisimman monella valunta-alueella yhtä korkealla kesäkuun ja syyskuun mittauksessa. Mikäli pohjavesipintojen korkeudessa oli eroa, suoritettiin tämän erotuksen ilmentämä turpeen vesivarojen lisääntymisen tai vähentymisen määritys turpeen ilmatilaa esittävän taulukon 10 avulla. Turpeessa olevan ilmatilan määrittäminen suoritettiin sademäärän ja pohjavesipinnan avulla seuraavasti. Tutkittiin lyhyinä voimakkaan sateen aikaisina ajanjaksoina, paljonko tietyn suuruinen sade nosti

Taulukko 9. Pohjaveden kestävyys met-
Tabelle 9. Dauer des Grundwassers in wal-

Havaintoaika *Beobachtungszeit*	Pohjaveden syvyys, cm *Tiefe des Grund-wassers, cm*	Sarkaleveys, m —					
		5		10		20	
		Havaintojen määrä, kpl ja kestävyys, % —					
		kpl	%	kpl	%	kpl	%
Kesäkuu — *Juni*	0—10	—	—	—	—	—	—
	0—20	—	—	—	—	2	7
	0—20	—	—	—	—	17	57
	0—40	—	—	3	10	30	100
	0—50	15	100	21	70	—	—
	>50	—	—	9	30	—	—
Heinäkuu — *Juli*	0—10	—	—	—	—	—	—
	0—20	—	—	—	—	—	—
	0—30	—	—	—	—	1	3
	0—40	—	—	—	—	11	37
	0—50	3	20	23	77	29	97
	△50	12	80	7	23	1	3
Elokuu — *August*	0—10	—	—	—	—	—	—
	0—20	—	—	—	—	—	—
	0—30	—	—	—	—	—	—
	0—40	—	—	—	—	—	—
	0—50	—	—	—	—	2	7
	>50	15	100	30	100	28	93
Kesä—Elokuu — *Juni—August*	0—10	—	—	—	—	—	—
	0—20	—	—	—	—	2	2
	0—30	—	—	—	—	18	20
	0—40	—	—	3	3	41	46
	0—50	18	40	44	49	61	68
	>50	27	60	46	51	29	32

pohjavesipintaa turpeessa sarkojen keskellä. Tutkimus koski siis lähinnä veden lisävarastointikykyä, mutta siitä on tässä käytetty termiä ilmatila (vrt. Heinonen 1951). Laskuissa oletettiin sademäärän kokonaisuudessaan vaikuttaneen pohjaveden pinnan nousuun. Luonnollisesti asian laita ei ole näin, vaan osa sataneesta vedestä pidättäytyy pohjavesipinnan yläpuolella olevaan turvekerrokseen ja osa haihtuu vaikuttamatta pohjavesipinnan nousuna. Näiden tekijöiden aiheuttaman virheen tarkistamiseksi suoritettiin kokeellisia ilmatilatutkimuksia. Tietyltä syvyydeltä otettujen turvenäytteiden avulla tutkittiin veteen upotusta ja punnitusta käyttäen ilmatilan suuruutta. Näiden tutkimusten avulla voitiin todeta, että pohjavesipintojen vaihteluun perustuva ilmatilan määritys antaa hiukan korkeampia prosenttilukuja, mutta mainittavaa eroa syntyy vain kapeiden sarkojen 30—50 cm:n syvyisissä kerroksissa. Kun kuitenkaan viimemainitunkaan menetelmän tarkkuus ei ole niin suuri, että sitä voitaisiin pitää ehdottoman

säisillä saroilla v. 1955 kesä—elokuussa.

digen Teilstücken im J. 1955 von Juni—August.

Teilstückbreite, M									
40		60		60		80		100	
Anzahl der Beobachtungen, St., und ihre Dauer %									
kpl	%	kpl	%	kpl	%	kpl	%	kpl	%
—	—	—	—	—	—	—	—	5	2
17	23	17	14	50	37	65	33	98	41
54	72	80	67	102	76	153	78	179	75
73	97	118	98	134	99	193	99	237	99
75	100	120	100	135	100	195	100	240	100
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	1	0
—	—	—	—	5	4	4	2	18	8
7	9	12	10	20	15	26	13	38	16
29	39	51	43	56	41	96	49	95	40
67	89	108	90	120	89	184	94	212	88
8	11	12	10	15	11	11	6	28	12
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	1	1	—	—	—	—	—	—
25	33	36	30	20	15	102	52	70	29
50	67	84	70	115	85	93	48	170	71
—	—	—	—	—	—	—	—	6	1
17	8	17	5	55	14	69	12	116	16
61	27	92	26	122	30	179	31	217	30
102	45	170	47	190	47	289	49	332	46
167	74	264	73	275	68	481	82	522	73
58	26	96	27	130	32	104	18	198	27

oikeana, katsottiin, että turpeen ilmatilataulukkoa, joka oli saatu pohjavesipintojen erotusten perusteella, ei ole syytä korjata. Virhe on ilmatilataulukossa todennäköisesti pahimmassa tapauksissa enintään 5 %:n suuruusluokkaa ja kun korjausten suuruus on ollut 0—5 % sadannan kokonaismäärästä laskettuna, jää lopullinen tuloksiin vaikuttava virhe suhteellisen pieneksi. Ilmatilan laskentaan sisältyvästä virhemahdollisuudesta huolimatta on korjauslaskennan antamia tuloksia edellä esitettyyn perustuen pidettävä tämän tutkimuksen tarpeisiin riittävän luotettavina. Kun pohjaveden pinnan yläpuolisen turvekerroksen kosteuspitoisuutta ei ole määritetty havaintojakson alussa ja lopussa, ovat vain niiden sarkojen haihduntaa koskevat luvut luotettavia, joissa pohjavesi on ollut havaintojakson alussa ja lopussa alle 10 cm:n syvyydessä.

Paineellinen pohjavesi saattaa turvemaillakin ilmetä jopa lähteisyytenä. Tutkimusalueella ei ollut näkyvissä lähteitä, mutta sarkaleveyssarja I:n

Taulukko 10. Turpeen ilma-
Tabelle 10. Luftvolumen im

Syvyys, cm — *Tiefe, cm*	Saran leveys, metriä —					
	100		80		60	
	Aukea *Offen*	Metsäinen *Waldig*	Aukea *Offen*	Metsäinen *Waldig*	Aukea *Offen*	Metsäinen *Waldig*
0—10	38	30	26	26	29	23
10—20	19	20	15	25	19	25
20—30	8	14	7	9	10	11
30—40	11	—	11	10	—	13
40—50	—	—	—	—	—	—

toisesta ojasta maantiestä laskettuna (vrt. kuva 2) valui vesiä huomattavasti enemmän kuin muista ojista pitkinäkin poutakausina. Kun tähän oli mahdollisesti vaikuttamassa paineellisen pohjaveden purkautuminen kaivettuun ojaan, on mainitusta ojasta tehdyt mittaukset jätetty pois aineiston käsittelystä. Turpeiden vedenläpäisevyys on niin heikko (vrt. H u i k a r i 1959), että tällaista ilmiötä on pidettävä poikkeuksena silloin, kun ojat eivät ulotu mineraalimaahan. Vastaavaa ilmiötä ei todettu muissa ojissa.

Tutkimusaluetta lähinnä olevalta Hydrografisen toimiston Aurejoen Poltinkosken havaintoasemalta saatujen mittaustulosten (vrt. Hydrologinen vuosikirja 15, 1957) mukaan sadanta on ollut Poltinkosken sadealueella (jossa Liesnevakin sijaitsee) vuosina 1954, 1955 ja vuosina 1911—50 taulukon 11 mukainen. Samassa taulukossa on esitetty myös Liesnevan tutkimusalueelta kesäkuukausien sadanta.

Havaitaan, että v. 1954 sadanta oli Liesnevalla kesä—elokuussa 8 mm pienempi kuin Poltinkosken sadealueella samana vuonna ja 12 mm suurempi kuin sadannan keskiarvo Poltinkosken sadealueella vuosilta 1911—50. V. 1955 sadanta oli Liesnevalla 24 mm eli vain noin 1/3 Poltinkosken sadealueelta mitatun vuosien 1911—50 sadannan keskiarvosta.

Taulukossa 12 on esitetty Poltinkosken havaintoasemalta mitatut virtaamat (vrt. Hydrologinen vuosikirja 15, 1957). V. 1954 valunta oli heinäkuussa Liesnevan aukeilta saroilta 55 mm ja metsäisiltä saroilta 31 mm sekä elokuussa aukeilta saroilta 64 mm ja metsäisiltä saroilta 34 mm. V. 1955 valunta oli kesäkuussa Liesnevan aukeilta saroilta 5 mm ja metsäisiltä saroilta 2 mm, heinäkuun valunta oli aukeilta saroilta 2 mm ja metsäisiltä 0.5 mm sekä elokuussa aukeilta ja metsäisiltä saroilta 0 mm. Koko Liesnevan havaintoalueen valunnan keskiarvo oli v. 1954 heinä—elokuussa 47 mm ja v. 1955 kesä—elokuussa 1.5 mm.

tila, % kokonaistilavuudesta.

Torf, % vom Gesamtvolumen.

Teilstückbreite, Meter								Ilmatila-prosentin keskiarvo *Mittelwert der Luftvolumen-prozents*	
40		20		10		5			
Aukea *Offen*	Metsäinen *Waldig*	Aukea *Offen*	Metsäinen *Waldig*	Aukea *Offen*	Metsäinen *Waldig*	Aukea *Offen*	Metsäinen *Waldig*	Aukea *Offen*	Metsäinen *Waldig*
30	—	—	—	—	—	—	—	31	26
27	22	21	23	24	36	21	—	21	25
10	9	11	22	19	19	17	21	12	15
8	15	11	19	12	9	15	21	11	14
—	—	13	—	13	—	—	6	13	6

Taulukko 11. Sadanta Poltinkosken ja Liesnevan sadealueilla eri vuosina.

Tabelle 11. Der Niederschlag in den Niederschlagsgebieten Poltinkoski und Liesneva in den verschiedenen Jahren.

Alue — *Gebiet*	Pinta-ala *Fläche*	Vuosi *Jahre*	Sadanta, mm — *Niederschlagsmenge, mm*					
			Toukok. *Mai*	Kesäk. *Juni*	Heinäk. *Juli*	Elok. *August*	Kesä—elok. keskiarvo *Mittelwert für Juni—August*	Vuoden keskiarvo *Jahres-mittel*
Poltinkoski	490 km²	1954	47	59	120	90	90	720
Poltinkoski	490 »	1955	91	30	27	30	29	634
Poltinkoski	490 »	1911—50	45	60	70	79	70	614
Liesneva	15 ha	1954	—	59	101	86	86	—
Liesneva	15 »	1955	—	20	21	31	24	—

Taulukko 12. Hydrografisen toimiston Poltinkosken havaintoasemalla mitattu valunta vuosien 1954, 1955 ja 1911—1950 kesäkuukausina.

Tabelle 12. Der an der Beobachtungsstation Poltinkoski des Hydrographischen Büros gemessene Abfluss in den Sommermonaten der Jahre 1954, 1955 und 1911—1950.

Vuosi — *Jahre*	Valunta, mm — *Abfluss, mm*					
	Toukokuu *Mai*	Kesäkuu *Juni*	Heinäkuu *Juli*	Elok. *August*	Kesä—elokuu keskiarvo *Mittelwert für Juni—August*	Koko vuosi *Das ganze Jahre*
1954	35	17	14	27	19	319
1955	79	37	13	6	19	283
1911—50	46	25	14	12	17	261

Hydrografisen toimiston Poltinkosken havaintoasemalla on haihdunnan määräksi saatu v. 1954 401 mm, v. 1955 351 mm ja vuosien 1911—50 keskiarvoksi 353 mm. Jos näistä luvuista lasketaan Niinivaaran (1957) esittämän haihdunnan vuotuisen jakaantumisen avulla kesä—elokuun haihdunnat, saadaan vuoden 1954 kesä—elokuulle 72 mm, vuoden 1955 vastaavalle ajanjaksolle 63 mm ja vuosien 1911—50 kesä—elokuulle 63 mm.

Vuoden 1954 kesäkuukaudet olivat Liesnevan tutkimusalueella normaalia runsassateisemmat ja vuoden 1955 kesäkuukaudet erikoisen vähäsateiset. Näiden vuosien erilaisuutta korostaa vielä se, että vuoden 1954 sateet jakaantuivat tasaisesti kaikkien kesäkuukausien osalle, kun taas vuoden 1955 kesäkuukausien vähäiset sateet tulivat voimakkaina ukkossateina pitkien poutakausien väliin (vrt. kuvat 3, 4, 5 ja 6, s. 14).

Valunta on v. 1954 heinä—elokuussa ollut Liesnevan alueella runsaasti kaksinkertainen Poltinkosken valuntaan verrattuna. Vuonna 1955 on Liesnevan alueen kesä—elokuun valunta ollut vain noin kymmenesosa Poltinkosken valunnasta. Liesnevan metsäisten alueiden valunta on ollut vain noin puolet aukeiden alueiden valunnasta sekä v. 1954 että v. 1955.

Haihdunta on Poltinkosken havaintoalueella ollut ilmeisesti vuoden 1954 kesäkuukausina 80 % sadannasta ja vuoden 1955 kesäkuukausina 217 % sadannasta.

Sarkaleveyden vaikutus valuntaan ja haihduntaan

Kesäkuukausien aikaisen valunnan ja haihdunnan laskentaa varten osoittautui maan vesivarojen muuttumisen kannalta edullisimmaksi ottaa 30. 6.—12. 9. välinen aika vuodelta 1954 sekä 13. 6.—6. 9. välinen aika vuodelta 1955. Suoritetun laskennan tulokset on esitetty taulukoissa 13, 14, 15 ja 16.

Taulukosta 13 nähdään, että pinta-alayksikköä kohti laskettu valunta on aukeilla saroilla selvästi ja säännönmukaisesti suurentunut valunta-alueen kaventuessa ja vastaavasti haihdunta ollut suurin leveimmällä saralla. Selvin muutos valunnan suurenemisessa on havaittavissa siirryttäessä 44 m:n valunta-alueleveydestä 24 m:n valunta-alueleveyteen. Haihdunta on ollut 44 m leveällä ja sitä leveämmillä valunta-alueilla suurempi kuin valunta. Haihdunta on ollut 24 m leveällä ja sitä kapeammilla valunta-alueilla pienempi kuin valunta.

Taulukosta 14 nähdään, että metsäisiltä saroilta valunta on ollut pienempi kuin vastaavan levyisiltä aukeilta saroilta. Valunta on kaikilta saroilta ollut pienempi kuin haihdunta. 24 m:n leveämpiin siirryttäessä valunnan ja haihdunnan suhteet ovat jokseenkin samanlaiset kaikissa valunta-alueleveyksissä. Vain 7.5 m:n ja 9 m:n valunta-alueleveydet erottuvat selvästi muista. Valunta on niillä ollut selvästi muita suurempi ja haihdunta muita pienempi.

Taulukko 13. Sadanta, valunta ja haihdunta eri levyisillä aukeilla saroilla 30. 6.—12. 9. 1954 (75 vrk) välisenä aikana ja valunta-alueiden pohjaveden pinnan keskisyvyys.

Tabelle 13. Niederschlag, Abfluss und Verdunstung bei verschieden breiten offenen Teilstücken in der Zeit vom 30. 6.—12. 9. 1954 (75 Tg) und die mitlere Tiefe des Grundwasserspiegels der Abflussgebiete.

Sarkaleveys, m *Teilstückbreite, m*	Valunta-alueen leveys, m *Breite des Abflussgebietes, m*	Sadanta, mm/vrk *Niederschlag, mm/24 h*	Valunta, mm/vrk *Abfluss, mm/24 h*	Turpeen vesivarojen lisäys + tai vähennys —, mm/vrk *Zu-(+) oder Abnahme (—) der Wasservorräte im Torf, mm/24 h*	Haihdunta, mm/vrk *Verdunstung, mm/24 h*	Valunta % sadannasta *Abfluss % vom Niederschlag*	Haihdunta % sadannasta *Verdunstung % vom Niderschlag*	Pohjaveden keskisyvyys, cm *Mitlere Tiefe des Grundwassers, cm*
100	82	2.75	0.94	+0.03	1.79	34	65	17
80	68	2.68	1.13	+0.03	1.52	42	57	7
60	64	2.68	1.16	—0.04	1.57	43	58	9
40	44	2.68	1.21	+0.06	1.42	45	53	11
20	24	2.68	1.71	—0.03	1.00	64	37	19
10	12	2.68	2.36	0	0.33	88	12	29
5	6	2.68	2.64	0	0.05	98	2	29

Taulukko 14. Sadanta, valunta ja haihdunta eri levyisillä metsäisillä saroilla 30. 6.—12. 9. 1954 (75 vrk.) välisenä aikana ja valunta-alueiden pohjaveden pinnan keskisyvyys.

Tabelle 14. Niederschlag, Abfluss und Verdunstung bei verschieden breiten waldigen Teilstücken in der Zeit vom 30. 6.—12. 9. 1954 (75 Tg) und die mitlere Tiefe des Grundwasserspiegels der Abflussgebiete.

Sarkaleveys, m *Teilstückbreite, m*	Valunta-alueen leveys, m *Breite des Abflussgebietes, m*	Sadanta, mm/vrk *Niederschlag, mm/24 h*	Valunta, mm/vrk *Abfluss, mm/24 h*	Turpeen vesivarojen lisäys + tai vähennys —, mm/vrk *Zu-(+) oder Abnahme (—) der Wasservorräte im Torf, mm/24 h*	Haihdunta, mm/vrk *Verdunstung, mm/24 h*	Valunta % sadannasta *Abfluss % vom Niederschlag*	Haihdunta % sadannasta *Verdunstung % vom Niederschlag*	Pohjaveden keskisyvyys, cm *Mitlere Tiefe des Grundwassers, cm*
100	81	2.68	0.65	—0.05	2.09	24	78	8
80	84	2.75	0.84	—0.03	1.94	31	71	15
60	68	2.68	0.90	+0.08	1.70	34	64	15
60	64	2.75	0.75	+0.03	1.97	27	72	11
40	44	2.75	0.84	—0.06	1.97	31	72	17
20	24	2.75	0.71	—0.03	2.08	26	76	19
10	9	2.75	1.26	—0.10	1.59	46	58	19
5	7.5	2.75	1.33	—0.10	1.52	49	55	31

Taulukosta 15 voidaan todeta, että vuoden 1955 vähäsateisinakin kesäkuukausina aukeiden sarkojen 6 m:n, 12 m:n ja 24 m:n levyisten alueiden valunta on ollut suurempi kuin niitä leveämpien alueiden valunta. Siitä yleisestä suunnasta, että valunta suurenee valunta-alueen kaventuessa tekee

64 m:n valunta-alue poikkeuksen. Valunta on sillä ollut viereisten valunta-alueleveyksien valuntaa suurempi ja pohjaveden pinnan etäisyys pienempi. Haihdunta on vain 6 m:n valunta-alueleveydellä ollut selvästi muita pienempi. Samoin on syytä kiinnittää huomiota 82 m:n leveän valunta-alueen valunnan yleisestä suunnasta poikkeaviin arvoihin. Haihdunta on ollut jokseenkin säännönmukaisesti sitä pienempi mitä kapeammasta valunta-alueesta on kysymys.

Taulukko 15. Sadanta, valunta ja haihdunta eri levyisillä aukeilla saroilla 13. 6.—6. 9. 1955 (86 vrk.) välisenä aikana ja valunta-alueiden pohjaveden pinnan keskisyvyys.

Tabelle 15. Niederschlag, Abfluss und Verdunstung bei verschieden breiten offenen Teilstücken in der Zeit vom 13. 6.—6. 9. 1955 (86 Tg) und die mittlere Tiefe des Grundwasserspiegels der Abflussgebiete.

Sarkaleveys, m *Teilstückbreite, m*	Valunta-alueen leveys, m *Breite des Abfluss-gebietes, m*	Sadanta, mm/vrk *Nieder-schlag, mm/24 h*	Valunta, mm/vrk *Abfluss, mm/24 h*	Turpeen vesivarojen lisäys + tai vähennys —, mm/vrk *Zu-(+) oder Abnahme (—) der Wasservorräte im Torf, mm/24 h*	Haihdunta, mm/vrk *Verdunstung, mm/24 h*	Valunta % sadannasta *Abfluss % vom Niederschlag*	Haihdunta % sadannasta *Verdunstung % vom Niederschlag*	Pohjaveden keskisyvyys, cm *Mittlere Tiefe des Grundwassers, cm*
100	82	1.48	0.07	+0.04	1.38	4.4	93	43
80	68	1.53	0.06	—0.07	1.55	3.7	101	34
60	64	1.53	0.16	—0.06	1.43	10.6	93	33
40	44	1.53	0.10	0	1.44	6.5	94	38
20	24	1.53	0.15	0	1.38	9.9	90	42
10	12	1.53	0.20	+0.03	1.31	13.0	85	46
5	6	1.53	0.29	+0.07	1.18	18.6	77	46

Taulukosta 16 havaitaan, että vuoden 1955 kesäkuukausina valunta on metsäisiltä saroilta ollut erittäin vähäinen ja haihdunta kaikilta valunta-alueleveyksiltä hyvin samansuuruinen. Valunta on ollut pienin kaikkein kapeammilta saroilta, joissa myös pohjavesi on ollut syvemmällä.

Taulukkoon 17 on laskettu kuinka monta % metsäisen alueen valunta on ollut vastaavan levyisen aukean alueen valunnasta.

Havaitaan, että valunta on kesäkuukausina ollut metsäisiltä valunta-alueilta huomattavasti pienempi kuin aukeilta yhtä poikkeusta lukuun ottamatta, joka saattaa hyvinkin johtua turpeen vesivarojen vähentymisen virheellisestä korjauksesta.

Pohjaveden syvyyden vaikutus valuntaan

Edellä esitetyistä taulukoista 15 ja 16 havaitaan, että v. 1955, jolloin pohjaveden pinta oli syvemmällä kuin v. 1954, valunnan suuruus on ollut huomattavasti pienempi kuin v. 1954. Tämän ilmiön selvittämiseksi otetaan

Taulukko 16. Sadanta, valunta ja haihdunta eri levyisillä metsäisillä saroilla 13. 6.—6. 9. 1955 (86 vrk.) välisenä aikana ja valunta-alueiden pohjaveden pinnan keskisyvyys.

Tabelle 16. Niederschlag, Abfluss und Verdunstung bei verschieden breiten waldigen Teilstücken in der Zeit vom 13. 6.—6. 9. 1955 (86 Tg) und die mitlere Tiefe des Grundwasserspiegels der Abflussgebiete.

Sarkaleveys, m *Teilstückbreite, m*	Valunta-alueen leveys, m *Breite des Abfluss-gebietes, m*	Sadanta, mm/vrk *Nieder-schlag, mm/24 h*	Valunta, mm/vrk *Abfluss, mm/24 h*	Turpeen vesivarojen lisäys + tai vähennys —, mm/vrk *Zu-(+) oder Abnahme (—) der Wasservor-räte im Torf, mm/24 h*	Haih-dunta, mm/vrk *Ver-dunstung, mm/24 h*	Valunta % sadan-nasta *Abfluss % vom Nieder-schlag*	Haih-dunta % sadan-nasta *Ver-dunstung % vom Nieder-schlag*	Pohja-veden keski-syvyys, cm *Mitlere Tiefe des Grund-wassers, cm*
100	81	1.53	0.05	+0.00	1.48	3.0	97	32
80	84	1.48	0.02	+0.01	1.45	1.2	98	35
60	68	1.53	0.08	+0.02	1.48	5.2	96	25
60	64	1.48	0.03	0	1.45	1.8	98	39
40	44	1.48	0.03	—0.02	1.43	2.1	98	38
20	24	1.48	0.03	+0.04	1.41	1.9	95	39
10	9	1.48	0.01	—0.01	1.48	0.6	100	44
5	7.5	1.48	0.01	—0.01	1.48	0.5	100	48

Taulukko 17. Metsäisten alueiden valunta %:a vastaavan levyisten aukeiden alueiden valunnasta.

Tabelle 17. Der Abfluss waldiger Flächen in % von dem der entsprechend breiten offenen Flächen.

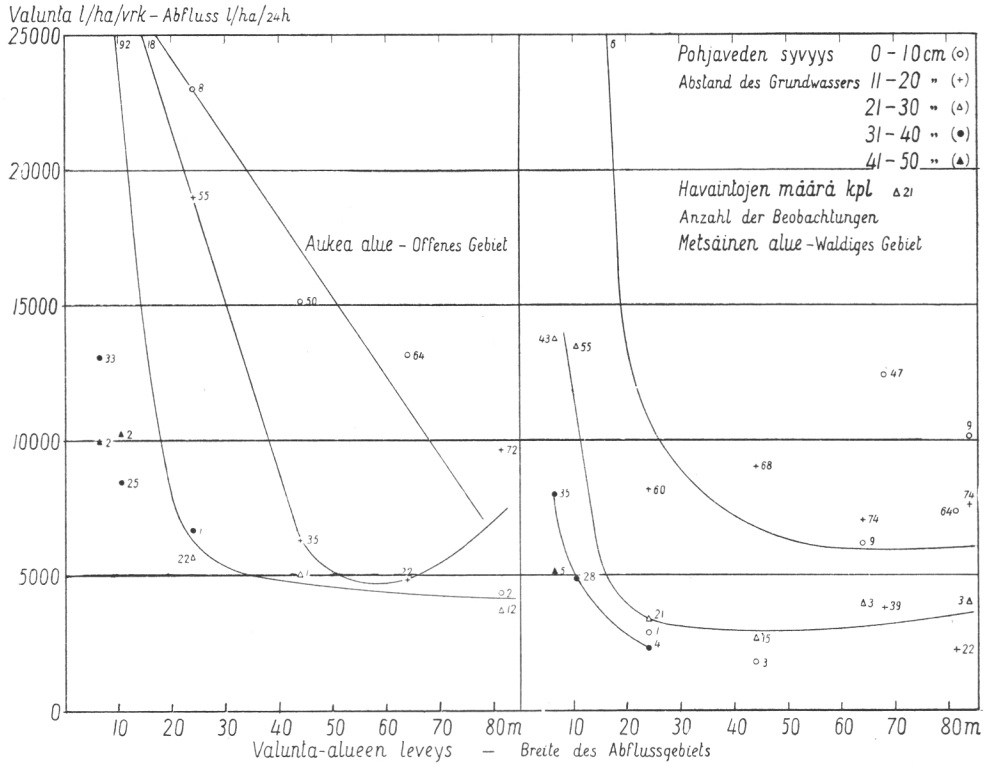
Vuosi — *Jahr*	Valunta-alueen leveys, m — *Breite des Abflussgebietes, M*							Keski-määrin *Durch-schnittl.*
	81—82	68—68	64—64	44—44	24—24	9—12	7.5—6	
1954	69	80	65	69	41	53	51	58
1955	72	143	16	32	18	5	3	22

seuraavassa tarkasteltavaksi, missä määrin valunnan suuruus on sarkaleveyden vaihdellessa riippuvainen pohjaveden syvyydestä.

Kuvassa 7 on esitetty erilaisilla merkinnöillä valunnan keskimääräinen suuruus v. 1954 kesäkuun 28 pv:n ja lokakuun 7 pv:n välisenä aikana eri levyisillä valunta-alueilla pohjaveden ollessa 0—10 cm:n, 11—20 cm:n, 21—30 cm:n, 31—40 cm:n, 41—50 cm:n ja 51—60 cm:n syvyydessä. Aukeiden ja metsäisten valunta-alueiden tulokset on esitetty erikseen. Havaitaan, että valunta pienenee säännönmukaisesti pohjaveden pinnan laskiessa ja valunta-alueen leveyden pysyessä samana.

Jotta saataisiin havainnollisemmin esille mikä vaikutus valunta-alueen leveydellä on valunnan suuruuteen, on kuviin piirretty eräitä tätä valaisevia tasoituskäyriä. Käyrien piirtämisessä on käytetty apuna paitsi valunta-

arvojen keskiarvoja myös tietoja valuntahavaintojen jakaantumisesta sade- ja poutapäivien kesken ja annettu poutapäivien valunta-arvoille suurempi paino.



Kuva 7. Valunta eri valunta-alueleveyksiltä pohjaveden pinnan ollessa eri etäisyyksillä maan pinnasta 28. 6.—7. 10.—54 välisenä aikana Liesnevan tutkimusalueella.

Abb. 7. Der Abfluss aus den verschiedenen Abflussgebietsbreiten bei einem Grundwasserspiegel in verschiedenen Abständen unter Gelände vom 28. 6.—7. 10 1954 im Untersuchungsgebiet Liesneva.

0—10 cm:n pohjavesisyvyydeltä on riittävästi havaintoja vain aukealta alueelta, jossa valunta suurenee jokseenkin suoraviivaisesti valunta-alueen leveyden kaventuessa. Pohjavesipinnan ollessa 11—20 cm:n syvyydessä alkaa ojitus vaikuttaa valuntaa suurentavasti metsäisellä alueella n. 40 m:n valunta-alueleveydellä. Aukealla vaikuttaa ojitus valuntaa voimakkaasti suurentaen n. 30 m:n valunta-alueleveyden kohdalla. Pohjaveden ollessa 21—30 cm:n syvyydessä suurenee valunta vasta 10—20 m:n valunta-alueleveydellä.

Aukean ja metsäisen alueen välillä havaittava ero johtuu ilmeisesti siitä, että sateesta pääse aukealla maahan saakka suurempi osa kuin metsäisellä

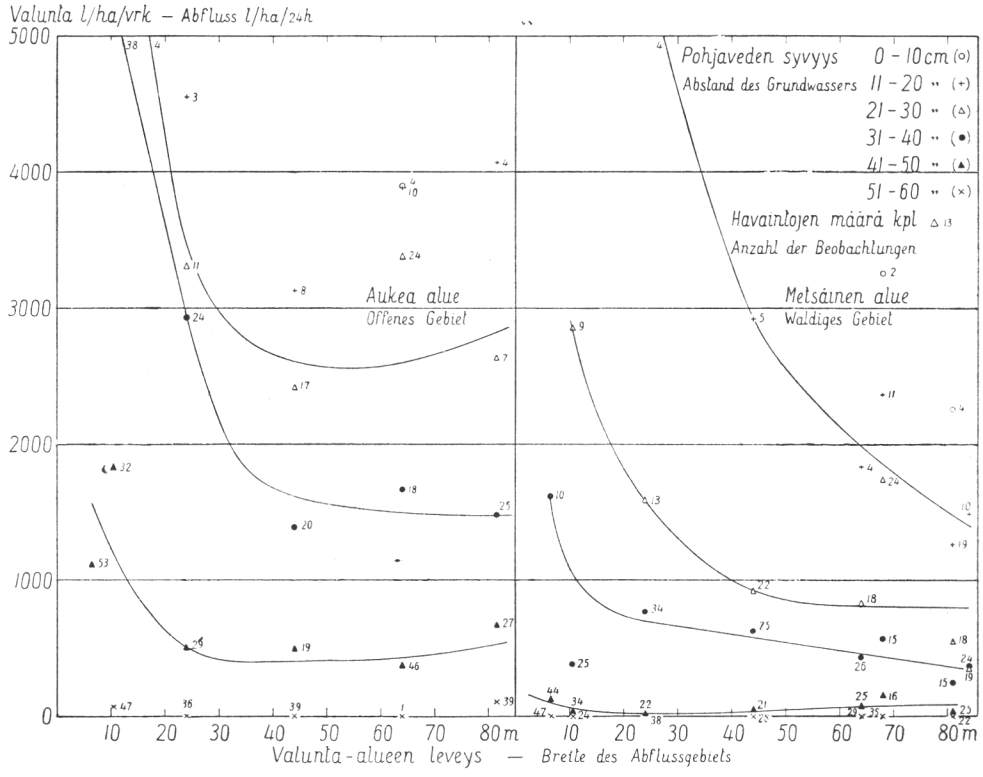
ja tästä aiheutuu vesien voimakkaampaa virtausta maan pintakerroksessa, jolloin valunta muodostuu aukealla suuremmaksi kuin metsäisellä.

Pohjavesipinta on ollut yli 30 m:n syvyydessä v. 1954 vain kaikkein kapeimmilla valunta-alueilla. Havainnot viittaavat valunnan suurenemiseen vasta n. 10 m:n valunta-alueleveydellä.

Kuvassa 8 on esitetty vastaavat tutkimustulokset vuodelta 1955 toukokuun 28 pv:n ja lokakuun 7 pv:n väliseltä ajalta. Kesäkuukaudet olivat v. 1955 vähäsateisempia kuin v. 1954 (vrt. s. 14). Tästä johtuu, että valuntaarvot ovat pienempiä kuin edellisenä vuonna. Valunnan määrän keskiarvopisteiden sijainti osoittaa yhtäpitävästi vuoden 1954 tulosten kanssa, että valunta pienenee säännönmukaisesti pohjavesipinnan laskiessa. Tämän ilmiön voimakkuutta osoittaa se, että jos esim. metsäisen 81 m:n levyisen valunta-alueen valuntaa merkitään 100:lla silloin kun pohjavesipinta on ollut 0—10 cm:n etäisyydellä maanpinnasta niin valunta on pohjavesipinnan ollessa 11—20 cm:n etäisyydellä 56 ja vastaavasti 21—30 cm:n etäisyydellä 2.5, 31—40 cm:n etäisyydellä 1.1, 41—50 cm:n etäisyydellä 0.1 ja 51—60 cm:n etäisyydellä 0. Valunta-arvojen suhteellinen pieneneminen on hyvin samanlainen kuin turpeiden vedenläpäisevyyden syvyysjakaantuminen (vrt. H u i k a r i 1959).

Pohjaveden pinta on ollut 0—10 cm:n syvyydellä vain kaikkein leveimmillä saroilla ja 11—20 cm:n pohjavesipinnan syvyydestäkin on niin vähän havaintoja, että ne eivät anna mahdollisuutta luotettavaan tarkasteluun. Sellaisista tapauksista, että pohjavesi on ollut 21—30 cm:n syvyydessä, on valuntahavaintoja saatu jokseenkin kaikilta sarkaleveyksiltä. Tasoituskäyrän perusteella näyttää ilmeiseltä, että ojitus vaikuttaa valuntaa suurentavasti n. 40 m:n valunta-alueleveydestä alkaen leveämmistä kapeampiin päin siirryttäessä sekä tuntuu voimakkaasti aukealla vasta n. 20 m:n ja metsäisellä alueella n. 30 m:n valunta-alueleveydellä. Pohjavesipinnan ollessa 31—40 cm:n syvyydessä on ojitus vaikuttanut valuntaa suurentavasti aukealla alueella n. 30 m:n valunta-alueleveydestä alkaen ja metsäisellä vasta n. 10 m:n valunta-alueleveydestä alkaen. Lisäksi on havaittavissa, että valunta loppuu kokonaan kapeimmillakin saroilla pohjaveden syvyyden laskiessa yli 51 cm:n. Valunta on erittäin pieni jo pohjaveden ollessa 41—50 cm:n syvyydessä.

Keskiarvopisteiden sijainnissa havaittavat epäjohdonmukaisuudet johtuvat eräissä tapauksissa havaintojen vähyydestä sekä metsäisyyseroista. Se ilmiö, että 81—84 m:n levyisten valunta-alueiden valunta-arvot ovat useimmissa tapauksissa suurempia kuin niitä lähinnä kapeampien valunta-alueiden valunnat, johtuu ilmeisesti osittain siitä, että koekenttää perustettaessa oli pakko sijoittaa mainittujen sarkojen viereen kapeat 6—7 1/2 m:n valunta-alueet, jolloin viimeksi mainituilta tulleet pintavedet ovat päässeet vaikuttamaan pinta-alayksikköä kohden laskettua valuntaa suuren-



Kuva 8. Valunta eri valunta-alueleveyksiltä pohjaveden pinnan ollessa eri etäisyyksillä maanpinnasta 28. 5.—7. 10. —55 välisenä aikana Liesnevan tutkimusalueella.

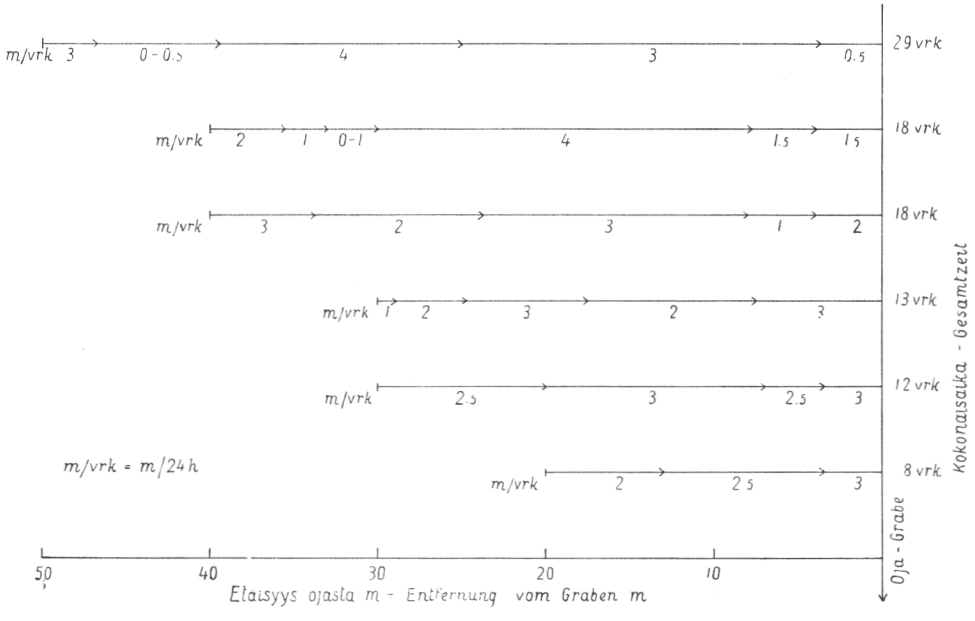
Abb. 8. Der Abfluss aus den verschiedenen Abflussgebietsbreiten bei einem Grundwasserspiegel in verschiedenen Abständen unter Gelände vom 28. 5.—7. 10. 1955 im Untersuchungsgebiet Liesneva.

tavasti. Tämä ilmiö on syytä panna merkille myös aikaisemmin selostetun 80 m:n ja 100 m:n levyisten sarkojen erikoisominaisuuksien ilmenemisenä. Se näkyy selvimpänä aukeiden alueiden valunnassa.

Edellä esitetyn perusteella voidaan todeta, että mikäli pyritään tätä tutkimusta vastaavilla soilla vaikuttamaan tehokkaasti maassa olevien vesien liikkuvuuteen 0—10 cm:n kerroksessa maanpinnasta laskettuna, on se ilmeisesti mahdollista n. 60 m:n levyisiä sarkoja käyttäen. Jos pyritään siihen, että vedet pysyvät liikkeessä 20 cm:n syvyyteen saakka, sarkaleveys on kavennettava n. 30—40 m:in levyiseksi. Pyrittäessä liikuttamaan vesiä 0—30 cm:n kerroksessa sarkaleveys on kavennettava n. 10—20 m:in. 31—40 cm:n syvyydessä oleviin vesiin vaikuttaa tehokkaasti vasta alle 10 m:n sarkaleveys. 51—60 cm:n syvyydessä olevien vesien sivusuuntaisiin liikkeisiin ei tässä tutkimuksessa käytetyllä ojituksella voida ilmeisesti vaikuttaa juuri ollenkaan.

Pintavesien liikkuvuus

Pohjavesi- ja valuntatutkimukset eivät anna pintavesien liikkumisesta selvää kuvaa. Tämän takia tutkittiin pintavesien liikkumista ns. NaCl-menetelmällä vrt. M a l m s t r ö m (1928). Turpeeseen kaivettiin ensin n. 50 cm:n syvyinen, 0.25 m³:n suuruinen kolo ja sitten sekoitettiin veteen ruokasuolaa n. 2 kg. Cl-ionin liikkumista seurattiin tämän jälkeen päivittäisillä tutkimuksilla saostamalla se $AgNO_3$:lla. Menetelmällä saatiin tuloksia vain pintavesien liikkeistä. Ne mittaukset, joissa voitiin seurata vesien liikkumista ojaan saakka, suoritettiin sarkaleveyssarja I:llä 100 m:n aukealla saralla keskeltä sarkaa yhdestä kohdasta aloittaen, 80 m:n metsäisellä saralla kahdesta kohdasta aloittaen, 60 m:n metsäisellä saralla kahdesta kohdasta ja 40 m:n metsäisellä saralla yhdestä kohdasta aloittaen.



Kuva 9. Pintavesien liikkumisnopeus keskisaralta ojaan Liesnevan alueella tehtyjen tutkimusten mukaan.

Abb. 9. Bewegungsgeschwindigkeit des Tageswassers von der Teilstückmitte in den Graben nach den Untersuchungen im Gebiet Liesneva.

Kuvassa 9 esitetyistä tuloksista havaitaan, että pintaveden liikkuminen keskisaralta ojaan kesti 100 m:n levyisellä saralla 29 vrk. Veden keskimääräinen liikkumisnopeus oli 1.7 m/vrk. Vastaava aika oli 80 m:n saralla 18 vrk ja nopeus oli 2.2 m/vrk. 60 m:n saralla kesti pintavesien liikkuminen ojaan 12 ja 13 vrk. Liikkumisnopeus oli 2.3 ja 2.5 m/vrk. 40 m:n levyisellä saralla aikaa kului 8 vrk ja nopeus oli 2.5 m/vrk. Suoritetuissa kokeissa

oli siis pintavesien liikkuminen keskimäärin sitä nopeampaa mitä kapeammasta sarasta oli kysymys. 100 m:n ja 80 m:n saroilla oli nopeuden vaihtelu suurin ja vain niissä todettiin seisovaa pintavettä. Tutkimuksen aineisto jäi vähäiseksi siitä johtuen, että v. 1955 vedet olivat niin syvällä, ettei kokeita voitu jatkaa. Useista yrityksistä huolimatta syvemmällä olevien vesien liikkumisesta saatiin havaintoja vain muutaman 10 cm:n matkalta.

Loppukatsaus

Tutkimuksessa on pyritty selvittämään tarkoitusta varten perustetun sarkaleveyskoekentän avulla kesäkuukausien vesitaloutta metsäojitetuilla turvemailla.

Metsäisten alueiden sarkaleveyskoekenttä oli sararämemuuttumalla ja aukeiden alueiden sarkaleveyskoekenttä rimpisen saranevan ja rimpisen *Scirpus caespitosus*-nevan muuttumalla. Koekentän ojat olivat 80 cm syviä latvussalaojia.

Sarkaleveydellä todettiin olevan runsassateisena kesänä vaikutus pohjaveden pinnan etäisyyteen maanpinnasta siten, että pohjavesipinta oli keskimäärin alimpana kapeimmalla 5 m:n levyisellä saralla ja siitä 10 m:n, 20 m:n, 40 m:n ja 60 m:n sarkoihin siirryttäessä aina kohosi. Verrattaessa 60 m:n, 80 m:n ja 100 m:n sarkojen pohjavesikorkeuksien keskiarvoja todettiin, että pohjavesipinnan keskimääräinen etäisyys maanpinnasta hiukan suurenee mainitussa järjestyksessä.

Vähäsateisena kesänä 1955 pohjaveden pinta oli 5 m:n, 10 m:n ja 20 m:n saroilla selvästi alempana kuin niitä leveämmillä saroilla. 40 m:n, 60 m:n, 80 m:n ja 100 m:n sarkojen pohjaveden tasossa ei tällöin ollut selvää eroa havaittavissa.

Aukeiden ja metsäisten sarkojen välillä ei voitu todeta selviä eroja pohjavesipintojen korkeuksien keskiarvoissa.

Ojan läheisyyden vaikutus tuntui 40 m:n ja sitä leveämmillä saroilla pohjavesipintaa alentavana ojan alapuolella 20 m:n päähän saakka ja ojan yläpuolella 15 m:n päähän. 20 m:n saroilla ojan läheisyyden vaikutus ei ollut selvä. Pohjavesikaivot olivat 5 m:n välein poikki sarkojen.

Pohjaveden syvyyden vaihteluista tehdyt tutkimukset osoittivat, että pohjaveden kestävyys 0—10 cm:n kerroksessa on ollut kesäkuukausina suurin aukeiden alueiden 80 m:n saralla ja pienentynyt 80 m:n sarkaleveydestä kapeampiin siirryttäessä sekä ollut myös 100 m:n saralla pienempi kuin 80 m:n saralla. Aukeilla 5 m:n, 10 m:n ja 20 m:n saroilla on pohjaveden kestävyys ollut selvästi pienempi maan pintakerroksissa kuin niitä leveämmillä saroilla. Metsäisillä alueilla on myös 40 m:n sarka ollut selvästi sitä leveämpiä tehokkaampi pohjaveden pinnan alentajana.

Pohjavesipintojen syvyydestä tehdyt tutkimukset eivät välittömästi annan kuvaa ojituksen vaikutuksesta maassa olevien vesien liikkuvuuteen,

ja saatuja tuloksia on useasta muustakin syystä vaikea tulkita. Tämän takia pyrittiin valuntamittauksien avulla selvittämään eri sarkaleveyksien merkitystä maassa olevien vesien poistamisessa ja liikkeelle saattamisessa. Suoritettujen mittausten tulokset osoittivat, että v. 1954 kesäkuukausien aikainen valunta oli aukeilla saroilla sitä suurempi pinta-alayksikköä kohti laskettuna mitä kapeampi valunta-alue oli. Haihdunta oli 44 m leveällä ja sitä leveämmillä valunta-alueilla suurempi kuin valunta, 24 m leveällä ja sitä kapeammilla valunta-alueilla haihdunta oli pienempi kuin valunta. Metsäisten sarkojen kaikilta sarkaleveyksiltä valunta oli pienempi kuin haihdunta. Vähäsateisen vuoden 1955 kesäkauden aikainen valunta oli kaikilta sarkaleveyksiltä erittäin pieni. Valunta oli metsäisiltä alueilta kesäkuukausina vuonna 1954 58 % aukeiden alueiden valunnasta ja vuonna 1955 vain 22 % aukeiden alueiden valunnasta.

Valunnan suuruuden riippuvuutta pohjaveden syvyydestä koskevat tutkimukset osoittivat, että valunta pienenee erittäin jyrkästi pohjaveden pinnan laskiessa. Lisäksi oli havaittavissa, millä valunta-alueleveyksillä ojitus pystyy vaikuttamaan tehokkaasti maassa oleviin vesiin. Pohjaveden pinnan ollessa 0—10 cm:n syvyydessä valunta suurenee jokseenkin suoraviivaisesti valunta-alueen leveyden pienetessä 80 m:stä 12 m:in. Pohjaveden pinnan ollessa 11—20 cm:n syvyydessä ojitus alkaa vaikuttaa voimakkaasti valuntaa suurentaen noin 30 m:n valunta-alueleveydellä ja tuntuu jo n. 40 m:n valunta-alueleveydestä alkaen. Pohjaveden pinnan ollessa 21—30 cm:n syvyydessä valunta suurenee vasta n. 20 m:n valunta-alueleveydellä. Jos pohjavesipinta on 31—40 cm:n syvyydellä, vaikuttaa vasta 10—20 m:n valunta-alueleveys valuntaa suurentavasti. 41—50 cm:n pohjaveden pinnan syvyydellä suurenee valunta 5—10 m:n valunta-alueleveydellä. Pohjavesipinnan ollessa 51—60 cm:n syvyydessä ei tässä tutkimuksessa käytetyllä ojituksella voitu vaikuttaa valuntaan ilmeisesti ollenkaan.

Pintavesien liikkumista koskevat tutkimukset osoittivat, että niiden liikkumisnopeus vaihteli ojitusalueella 0—4 m/vrk, keskimääräinen liikkumisnopeus oli suurin eli 2.5 m/vrk kapeimmalla tutkitulla 40 m:n levyisellä saralla ja pienin eli 1.7 m/vrk 100 m:n saralla. Vain 100 m:n ja 80 m:n levyisellä saralla tavattiin seisovaa pintavettä.

Tutkimuksen tulosten varsinaiset käytäntöön sovellutukset esitetään sitten, kun parhaillaan käynnissä olevat puiden kasvureaktiotutkimukset saadaan päätökseen, jolloin on käytettävissä nykyistä täydellisemmät tiedot erilaisten kasvutekijöiden merkityksestä.

Kirjallisuusluettelo

Heikurainen, Leo. 1957. Metsäojien syvyys ja ojituksen tiheys. — Summary: Depth and spacing of forest ditches. Metsät. Aikak. N:o 6—7.

Heinonen, Reijo. 1954. Multakerroksen kosteussuhteista Suomen maalajeissa. — Summary: Moisture conditions in Finnish topsoils. Agrogeol. julk. 62. Helsinki.

Huikari, Olavi. 1953. Puiden kasvua ehkäisevistä tekijöistä luonnontilaisilla soilla. — Summary: Factors preventing the growth of trees on swamps in natural state. Metsät. Aikak. N:o 7.

—»— 1954. Experiments on the effect of anaerobic media upon birch, pine and spruce seedlings. — Selostus: Kokeita kasvualustan anaerobisuuden vaikutuksesta koivun, männyn ja kuusen taimiin. Comm. inst. forest. Fenn. 42. 5.

—»— 1959. Kenttämittaustuloksia turpeiden vedenläpäisevyydestä. — Referat: Feldmessungsergebnisse über die Wasserdurchlässigkeit von Torfen. Comm. inst. forest. Fenn. 51. 1.

Koehne, W. 1928. Grundwasserkunde. Stuttgart.

Lukkala, O. J. 1929. Tutkimuksia soiden metsätaloudellisesta ojituskelpoisuudesta. — Referat: Untersuchungen über die waldwirtschaftliche Entwässerungsfähigkeit der Moore. Comm. inst. forest. Fenn. 15. 1.

—»— 1936. Neljännesvuosisadan kokemuksia Jaakkoinsuon koeojitusalueelta. Metsätietoa II. 1. Helsinki.

—»— 1937. Nälkävuosien suonkuivausten tuloksia. — Referat: Ergebnisse der in den Hungerjahren angelegten Moorentwässerungen. Comm. inst. forest. Fenn. 24. 3.

Lukkala, O. J. ja Kotilainen, Mauno J. 1951. Soiden ojituskelpoisuus. Helsinki.

Malmström, Carl. 1931. Om faran för skogsmarkens försumpning i Norrland. — Referat: Über die Gefar der Versumpfung des Waldbodens in Norrland (Nordschweden). Medd. fr. stat. skogsförsöksanst. 26. 1.

—»— 1928. Methoden zur Untersuchung der Wasserverhältnisse von Torfböden. Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden. Abt. XI. Teil 4, S. 373—390.

Multamäki. S. E. 1923. Tutkimuksia ojitettujen turvemaiden metsänkasvusta. — Referat: Untersuchungen über das Waldwachstum entwässerter Torfböden. Acta forest. fenn. 27. 1.

—»— 1936. Über den Grundwasserstand in versumpften Waldböden vor und nach der Entwässerung. V Hydrologische Konferenz der Baltischen Staaten. Mitt 4 A. Helsinki.

—»— 1959. Metsäojituksen vaikutuksesta pohjaveteen. Esitelmä Suomen Metsätieteellisen Seuran kokouksessa 18. 2.

Niinivaara, K. 1955. Haihtumismääristä eri kuukausina. — Summary: On the amount of evaporation in the different months. Maa- ja vesirakentaja 2. Helsinki.

Tamm, Olof. 1931. Studier över jordmånstyper och deras förhållande till markens hydrologi i nordsvenska skogsterränger. — Referat: Studien über Bodentypen und ihre Beziehungen zu den hydrologischen Verhältnissen in nordschwedischen Waldterrains. Medd. fr. stat. skogsförsöksanst. 26.

Tanttu, Antti. 1915. Tutkimuksia ojitettujen soiden metsittymisestä. — Referat: Studien über die Aufforstungsfähigkeit der entwässerten Moore. Acta forest. fenn. 5. 2.

Wäre, Matti. 1947. Maan vesisuhteista ja viljelyskasvien sadoista Maasojan vesitaloudellisella koekentällä vuosina 1939—1944. — Referat: Über die Wasserverhältnisse des Bodens und die Erträge von Kulturplanzen auf dem Wasserwirtschaftlichen Versuchsfeld Maasoja in den Jahren 1939—1944. Maa- ja vesiteknillisiä tutkimuksia N:o 5. Helsinki.

Hydrologinen vuosikirja 15. Helsinki.

Über den Wasserhaushalt waldentwässerter Torfböden

Referat

Die vorliegende Arbeit hat dazu dienen sollen, anhand eines eigens dafür angelegten Feldes mit Versuchen zur Teilstückbreite den Wasserhaushalt der Sommermonate bei waldentwässerten Torfböden zu erforschen.

Das Untersuchungsgebiet lag in dem Kirchspiel Parkano auf dem Liesneva. (Abb. 1), das 161 m über dem Meeresspiegel liegt. Auf dem Liesneva wurden die auf Abb. 2 angegebenen offenen Gräben und Dräne ausgehoben, um die bei der Untersuchung erforderlichen Teilstückbreiten zu erhalten. In der vorliegenden Untersuchung sind die in den Jahren 1954 und 1955 in den Teilstückreihen I und II ausgeführten Messungen von Niederschlag, Grundwassertiefe sowie Tagwasserbewegung ausgewertet worden. Ausserdem sind auch die im Gebiet angestellten Messungen von Luft- und Bodentemperatur sowie die Beschreibungen von Pflanzendecke und Torfschichten des Untersuchungsgebietes dargestellt.

Das Anlegen von Versuchsfeldern und das Ausführen von Messungen

Auf dem im J. 1915 bei überbreiten Teilstücken entwässerten Liesneva wurden gegen Ende Mai 1954 die aus Abb. 2 zu ersehenden Reihen von Teilstückbreiten angelegt. In der Abbildung sind die offenen Teilstücke mit A bezeichnet, die übrigen sind bewaldet gewesen. Der Bestand der waldigen Teilstücke geht aus Tabelle 1 hervor. Die Gräben wurden als Stangendräne folgendermassen ausgehoben. Erst grub man einen oben 30 cm und in der Sohle 25 cm breiten und 80 cm tiefen Graben, dessen Sohle sorgfältig geebnet wurde. In dem Graben wurde dann eine etwa 40 cm dicke Lage von Kiefern- und Birkenstangen mit unabgeästetem Zopfteil aufgeschichtet. Auf die Stangen legte man etwa 20 cm dick schwach humifizierten Oberflächentorf, und zuoberst schaufelte man darauf allen aus dem Graben gekommenen Torf. Die Torfschicht war so dick (vgl. Tabelle 2), dass die Gräben nicht bis zum Mineralboden reichten.

Die Untersuchung wurde auf dränentwässerter Fläche darum ausgeführt, weil dadurch direkt in den Graben geregnetes Wasser nicht dazu kommen konnte, im Abfluss plötzliche Veränderungen hervorzurufen, sondern alles Wasser vor dem Eintritt in den Graben Torfboden zu durchrinnen hatte.

Da die Bodenoberfläche gleichmässig abfiel, erhielt man als Gefälle der Grabensohlen 2 m je tausend Meter in allen Gräben.

Für die Messung der Grundwassertiefe wurden quer durch die Teilstücke 4 Grundwasserbrunnenreihen ausgehoben (vgl. Abb. 2). Die Brunnen wurden in 5 m Abständen mit einem eisbohrerähnlichen Grundwasser—Brunnenbohrer angelegt. Ihre Querschnittfläche betrug 100 cm^2 und ihre Tiefe 1 m.

Der Wasserabfluss aus den Mündungen der Teilstückgräben wurde so gemessen, dass in die Mündung des Teilstückgrabens genau an dieselbe Stelle eine aus Blech gefertigte Rinne geschoben wurde, durch die alles aus dem betreffenden Graben

kommende Wasser rann. Nachdem der Abfluss gleichmässig geworden war, wurde nach der Sekundenuhr geprüft, wie lange das Abfliessen von einem Liter dauerte.

Die Tiefe des Grundwassers wurde durch einen Messtab gemessen, wobei als Vergleichspunkt in der Erdoberfläche die gleiche Stelle neben dem Brunnen benutz wurde, die man durch ein Pfählchen bezeichnete. Die Höhen der Pfähle wurden nivelliert, und die ausgeführten Messungen sind später auf das durchschnittliche Niveau der Erdoberfläche ausgeglichen worden.

Um die Witterungsverhältnisse im Untersuchungsgebiet zu klären, wurden von vier Wetterbeobachtungstationen (vgl. Abb. 2) Niederschlagsmenge, Luft- und Bodentemperatur eingeholt. Die Niederschlagsmesser hatten keinen Windschutz und die Querschnittfläche ihrer Öffnung betrug 100 cm^2. Die in der vorliegenden Veröffentlichung besprochenen Niederschlagsmengen sind auf offenen Flächen mit im Niveau der Erdoberfläche gelegenen Messern aufgenommen worden. Die Niederschlagsmessungen gingen unmittelbar nach jedem Niederschlag vor sich, und die Dauer des Niederschlags wurde genau aufgezeichnet. Die Lufttemperatur mass man mit Quecksilberthermometern in 0.5 m Höhe, die Bodentemperatur ebenfalls mit Quecksilberthermometern in 10 cm Tiefe. Die Messungen gingen in den Sommermonaten 1954 jeden Tag vor sich. Auch 1955 geschahen die Messungen in den Sommermonaten jeden Tag, nur nicht beim Abfluss. Als die Abflussmenge 1955 vom 15. Juli an sehr gering wurde, glaubte man die Messungsintervalle so verlängern zu können, dass die Messungen nur jeden zweiten Tag angestellt wurden. Nach den Niederschlägen wurden auch diese Messungen jedoch wieder häufiger, nämlich jeden Tag vorgenommen, und auch sonst führte man mit Rücksicht auf Interpolation Präzisionsmessungen aus. Die Messungen gingen zu derselben Tageszeit vor sich, und da sich jeder Messungsgegenstand in durchschnittlich zwei Stunden erledigen liess, sind die Messungswerte einander vergleichbar.

Die Witterungsverhältnisse im Untersuchungsgebiet

Auf Grund der im Untersuchungsgebiet ausgeführten Messungen sind in die Abbildungen 3, 4, 5 und 6 gesondert die Lufttemperatur (in 0.5 m Höhe), die Bodentemperatur (in 10 cm Tiefe) und die Niederschlagsmenge des Untersuchungsgebietes Liesneva für die Sommermonate der Jahre 1954 und 1955 graphisch eingezeichnet.

Der Einfluss der Teilstückbreite auf den Grundwasserstand in den Sommermonaten

Der Grundwasserstand ist nicht die eigentliche Wassergehaltgrenze des Torfes (vgl. u.a. Zunker 1930 und Ekström 1938). Daher lassen sich aus seiner Lage nicht direkt Schlüsse über den Wasserhaushalt des Bodens ziehen, aber als leicht zu messendes Merkmal ist er besonders bei Erforschung der Unterschiede im Wasserhaushalt benachbarter Teilstücke doch brauchbar.

Die durchschnittliche Tiefe des Grundwassers

In den Tabellen 4 und 5 finden sich die Monatsmittel für die Grundwassertiefe der Jahre 1954 und 1955 während Juni, Juli und August sowie die Mittelwerte von Juni—August für die verschiedenen Teilstückbreiten auf offenen und bewaldeten Flächen. Es ist festzustellen, dass die Teilstückbreite in dem niederschlagreichen Sommer 1954 auf den Grundwasserstand den Einfluss ausgeübt hat, dass der Grundwasserstand bei dem schmalsten, 5 m breiten Teilstück durchschnittlich am tiefsten

und dann weiter bei den 10 m, 20 m, 40 m und 60 m breiten Teilstücken immer etwas höher gewesen ist. Bei einem Vergleich der Mittelwerte für die Grundwassertiefen der Teilstücke von 60 m, 80 m und 100 m kann festgestellt werden, dass die Grundwassertiefe bei einem Teilstück von 80 m grösser als bei einem von 60 m und bei einem Teilstück von 100 m grösser als bei einem von 80 m gewesen ist.

In dem niederschlagarmen Jahr 1955 war die Tiefe des Grundwassres in den Sommermonaten in den Teilstücken von 5 m, 10 m und 20 m deutlich grösser als in den breiteren Teilstücken. In der Grundwassertiefe der Teilstücke von 40 m, 60 m, 80 m und 100 m war damals kein grosser Unterschied zu erkennen.

Zwischen den offenen und den waldigen Teilstücken lassen sich in den Mittelwerten für die Tiefe des Grundwassers keine deutlichen Unterschiede erkennen.

Das Schwanken der Grundwassertiefe

Die Mittelwertzahlen für die Tiefe des Grundwassers verraten nicht deren Schwankungen, deren Kenntnis bei Beurteilung der Wirkung der Entwässerung von grosser Bedeutung ist. In den Tabellen 6, 7, 8 und 9 sind die mitten auf dem Teilstück angestellten Beobachtungen über die Tiefe des Grundwassers so dargestellt, dass aus ihnen die Anzahl der Beobachtungen und in Prozent von der Dauer der Behandlungsfolge diejenige Zeit dargestellt ist, während der der Grundwasserspiegel unter 10 cm, unter 20 cm, unter 30 cm, unter 40 cm, unter 50 cm und über 50 cm unter Gelände gestanden hat. Aus den Befunden ist zu ersehen, dass die Dauer der Grundwassertiefe in einer Schicht von 0—10 cm bei einem 80 m breiten Teilstück offener Gebiete am grössten gewesen ist und von 80 m Teilstückbreite an gegen die schmaleren hin abgenommen hat sowie auch bei einem Teilstück von 100 m geringer als bei einem von 80 m gewesen ist. Bei offenen Teilstücken von 5 m, 10 m und 20 m ist die Dauer der Grundwassertiefe in der Oberflächenschicht des Bodens deutlich geringer als bei den breiteren Teilstücken gewesen. Bei waldigen Flächen ist auch ein Teilstück von 40 m ein wirksamerer Herabsetzer des Grundwasserspiegels als die breiteren gewesen.

Sieht man z. B. eine Dauer des Grundwassers von 20 % für den Unterhalt der Bäume schon als kritische Grenze an, so kann festgestellt werden, dass im J. 1954 ein offenes Teilstück von 40 m zu breit gewesen ist, soweit man annimmt, dass das Grundwasser in den Sommermonaten über 10 cm unter Gelände hätte bleiben sollen. Auf waldigen Flächen ist entsprechend ein Teilstück von 60 m zu breit gewesen. Im J. 1955 wären alle Teilstückbreiten genügend effektiv gewesen.

Aus den Tabellen kann festgestellt werden, dass von dem 5 m breiten Teilstück bis zu dem 60 m breiten die Wirkung der Gräben auf die Tiefe des Grundwassers abnimmt, aber von da an bis zu den Teilstücken von 80 m und 100 m Breite wieder etwas stärker wird, besonders bei offenen Flächen. Die Erscheinung mag in der vorliegenden Untersuchung grösstenteils auf die schwache Bewaldung der Teilstücke von 80 m und 100 m zurückzuführen sein. Auf der anderen Seite kann es möglich sein, dass bei den 80 m und 100 m breiten Teilstücken die Bodenoberfläche besonders in den ersten Jahren nach Durchfürung der Entwässerung sackt, und zwar in Grabennähe um soviel mehr als in der Teilstückmitte, dass das Gefälle der Erdoberfläche sich stärker verändert als bei schmalen Teilstücken, bei denen die Sackung auch in ihren mittleren Partien beträchtlich ist. Die Steigerung im Gefälle der Erdoberfläche wirkt empfindlich auf die Beweglichkeit des Bodenwassers ein und dadurch z. B. auf den Grundwasserstand. Der Einfluss der Erscheinung kann insbesondere auf der Entwässerungsfläche von Weissmooren im anfänglichen Entwicklungsstadium

des Bestandes ausreichend sein, vermag aber wohl nur in Ausnahmefällen das Auskommen des Bestandes unaufhörlich zu sichern.

Die Untersuchungen über den Grundwasserstand geben nicht unmittelbar ein Bild von dem Einfluss der Entwässerung auf die Beweglichkeit des Wassers, die mit Rücksicht auf das Auskommen der Bäume eine wichtigere Eigenschaft des im Boden vorhandenen Wassers als seine Reichhaltigkeit ist (vgl. Huikari 1953 und 1954). Der starke Wechsel in der Höhe der Grundwasserstände während verschiedener Vegetationsperioden, wie u. a. in den J. 1954 und 1955, wirkt sich zu dem in der Auslegung der erhaltenen Befunde aus. Daher wird mittels Abflussmessungen die Bedeutung der verschiedenen Teilstückbreiten für Abrinnen und Inbewegungsetzen des im Boden enthaltenen Wassers zu klären versucht.

Abfluss und Verdunstung in den Sommermonaten

Grundlagen und Gesamtvergleich der Berechnung

Die Abflussflächen der Teilstückgräben wurden unter Zuhilfenahme der erhaltenen Angaben für die Grundwasserstände sowie für die Gefälle der Erdoberfläche bestimmt. Für das Berechnen der gegenseitigen Verhältnisse zwischen Niederschlag, Abfluss und Verdunstung in den Sommermonaten wurden Messungstage ausgesucht, an denen das Grundwasser bei möglichst vielen Abflussflächen bei den Juni- und Septembermessungen gleich hoch gestanden hatte. Soweit zwischen den Grundwasserständen Unterschiede festzustellen waren, wurde die durch diese Differenz ausgedrückte Festlegung des Zu- und Abnehmens der im Torf vorhandenen Wasservorräte mit Hilfe der Tabelle über dessen Luftvolumen (Tabelle 10) vorgenommen.

Die ermittelten Zahlen sind bei Niederschlag und Abfluss zuverlässig, aber die Ergebnisse über die Verdunstung sind besonders in den Fällen, in denen der Grundwasserspiegel tief gelegen hat, weniger zuverlässig, weil über Zu- und Abnahme in den Wasservorräten des Bodens oberhalb des Grundwasserspiegels keine Angaben vorliegen. Auch die Verdunstungsziffern sind in den Fällen, wo der Grundwasserspiegel weniger als 10 cm tief gelegen hat, offenbar zuverlässig.

In den Tabellen 11 und 12 ist ein Vergleich der Ergebnisse der Niederschlag- und Abflussmessungen mit sonstigem Material wiedergegeben.

Die Verdunstung hat im Beobachtungsgebiet von Poltinkoski in den Sommermonaten 1954 um 80 % vom Niederschlag und in den Sommermonaten 1955 um 217 % davon ausgemacht.

Der Einfluss der Teilstückbreite auf Abfluss und Verdunstung

Für das Berechnen von Abfluss und Verdunstung während der Sommermonate erwiesen sich die Zeiten vom 30. 6.—12. 9. 1954 und vom 13. 6.—6. 9. 1955 als am güngstigsten. Die Ergebnisse der ausgeführten Berechnung stehen in den Tabellen 13, 14, 15 und 16. Die Befunde der angestellten Messungen erweisen, dass im J. 1954 der Abfluss bei den offenen Teilstücken je Flächenraumeinheit um so grösser ausgefallen ist, je schmaler das Abflussgebiet gewesen ist. Der Abfluss betrug in demselben Jahre bei den bewaldeten Flächen 58 % von dem der offenen und im J. 1955 nur 22 % von dem Abfluss der offenen Flächen (Tabelle 17).

Der Einfluss des Grundwasserstandes auf den Abfluss

Aus den Tabellen 15 und 16 ist zu ersehen, dass im J. 1955, als der Grundwasserspiegel tiefer als im J. 1955 gestanden hat, der Betrag des Abflusses bedeutend geringer als 1954 gewesen ist. Zur Klärung dieser Erscheinung wurde geprüft, inwieweit die Abflussmenge bei wechselnder Teilstückbreite von der Tiefe des Grundwassers abhängig ist. Die in den Abbildungen 7 und 8 dargestellten Ergebnisse erweisen, dass der Abfluss sich bei sinkendem Grundwasserspiegel sehr steilt verringert (vgl. Huikari 1959). Auf Grund von graphischen Darstellungen lassen sich Schlüsse darüber ziehen, welche Abflussflächenbreiten bei verschiedenem Grundwasserstand auf das im Boden enthaltene Wasser nachhaltig einzuwirken vermögen. Es hat den Anschein, dass bei einem Grundwasserstand von 0—10 cm der Abfluss bei Verschmälerung der Abflussfläche ziemlich geradlinig zunimmt. Liegt der Grundwasserspiegel in 11—20 cm Tiefe, so beginnt die Verschmälerung der Abflussfläche das Abrinnen stark zu beeinflussen, das bei Abflussflächenbreiten von 40—20 m zunimmt. Bei einem Grundwasserstand von 21—30 cm vermehrt sich der Abfluss erst bei Abflussflächenbreiten von etwa 30—15 m. Liegt der Grundwasserspiegel 31—40 m tief, so steigert erst eine Abflussflächenbreite von etwa 10—20 m den Abfluss. Wenn der Grundwasserspiegel 41—50 cm unter Gelände liegt, wird der Abfluss bei einer Abflussflächenbreite von 5—10 m stärker. Bei einem Grundwasserstand von 51—60 cm hat durch die bei der vorliegenden Untersuchung angewandte Entwässerung der Abfluss offenbar so gut wie gar nicht beeinflusst werden können.

Beweglichkeit des Tagwassers

Die Beweglichkeit des Tagwassers wurde nach dem sog. NaCl-Verfahren (vgl. Malmström 1928) untersucht. Mit Hilfe des Verfahrens waren nur Resultate über die Bewegungen des in 0—10 cm Tiefe vorhandenen Wassers zu erhalten. Die Messungen wurden bei der Teilstückbreitenreihe I von der Mitte des Stückes aus einsetzen vorgenommen, auf 100 m breitem offenem Teilstück von nur einer Stelle ausgehend, auf 80 m breitem waldigem Teilstück von zwei Stellen ausgehend, bei 60 m breitem waldigem Teilstück von zwei Stellen und bei 40 m breitem waldigem Teilstück von nur einer Stelle ausgehend. In Abb. 9 sind die Ergebnisse der Untersuchungen dargestellt. Es ist zu ersehen, dass die Bewegung des Tagwassers durchschnittlich um so schneller war, je schmaler das Teilstück war, um das es sich handelte. Bei den Teilstücken von 100 m und 80 m war die Abwechslung in der Bewegungsgeschwindigkeit des Tagwassers am grössten, und nur bei ihnen wurde stehendes Tagwasser festgestellt. Das Material der Untersuchung blieb gering, weil das Wasser im Jahre 1955 so tief stand, dass die Versuche nicht fortgesetzt werden konnten. Trotz vielen Bemühungen liessen sich über die Bewegung des tiefer auftretenden Wassers keinerlei Ergebnisse beibringen.

Die Anwendungen der in dieser Untersuchung erlangten Ergebnisse auf die Praxis werden erst dann dargestellt, wenn die augenblicklich vor sich gehenden Untersuchungen über die Zuwachsreaktion der Bäume vollendet sein werden, wonach vollständigere Angaben über die Bedeutung der verschiedenen Wachstumsfaktoren zur Verfügung stehen werden.

TUTKIMUKSIA MÄNNYN KARSIMISESTA

AIKATUTKIMUKSIA KARSIMISTYÖSTÄ

VEIJO HEISKANEN

STUDIES ON PRUNING OF PINE

TIME STUDIES CONCERNED WITH THE PRUNING WORK

SUMMARY

HELSINKI 1959

Helsinki 1959. Valtioneuvoston kirjapaino

Alkusanat

Metsäntutkimuslaitoksen metsäteknologian tutkimusosastossa on viime vuosina tutkittu metsäpuiden keinollista karsimista. Koivua koskeva tutkimus on julkaistu aikaisemmin Metsäntutkimuslaitoksen julkaisujen niteessä 49. Tämä tutkimus muodostaa ensimmäisen osan mäntyä käsittelevästä tutkimussarjasta.

Tutkimukset on suoritettu laitoksen kokeilualueissa. Kaikki kenttätyöt on hoitanut metsänhoitaja A r v o T a i p a l e, jolle lausun parhaat kiitokseni hyvin suoritetusta työstä. Käsikirjoitusvaiheessa olen saanut korvaamattomia neuvoja professori R i s t o S a r v a k s e l t a, jolle esitän kunnioittavat kiitokseni. Olen myös professori P a a v o A r o l l e kiitollinen saamastani avusta ja tuesta.

Helsingissä, maaliskuussa 1959.

Veijo Heiskanen

Sisällys

s.

1. Johdanto 5
2. Männyn karsimisessa käytettävät välineet ja työmenetelmät 8
3. Tutkimusmenetelmä ja -aineisto 11
31. Työajan jaottelu 11
32. Rungoista suoritetut mittaukset 12
33. Tutkimusmetsiköt 13
34. Työntekijät 15
4. Tutkimusten tulokset 16
41. Työmaa-ajan jakautuminen 16
42. Siirtymisaika 17
43. Varsinainen karsimisaika 20
431. Yleistä 20
432. Oksaisuuden vaikutus 21
4 321. Oksaisuuden mittaus 21
4 322. Suurimman oksan vaikutus 23
4 323. Oksan korkeuden vaikutus 26
4 324. Oksan laadun vaikutus 27
4 325. Oksien lukumäärän vaikutus 28
4 326. Yhdistelmä 28
433. Läpimitta varsinaisen karsimisajan kuvaajana 30
4 331. Läpimitta ja oksaisuus 30
4 332. Varsinainen karsimisaika d 1.3-luokittain 34
44. Karsimisen työmaa-aika 36
45. Työtulokset karsimistyössä 38
46. Yhdistelmä 40
Kirjallisuutta 41

1. Johdanto

Männyn karsiminen on ollut metsänhoidollisena toimenpiteenä maassamme käytössä jo 1870-luvulta alkaen (Blomqvist 1879). Joskus kiinnostus siihen on ollut varsin voimakasta, joskus karsiminen taas on jäänyt aivan kokonaan pois muodista, kuten juuri tällä hetkelläkin on laita. Karsiminen on joka tapauksessa se metsänhoidollinen toimenpide, jolla puuston laatua voidaan merkittävästi parantaa, joten sillä tullee aina olemaan tietty asemansa metsien hoidossa, varsinkin laatupuun kasvatuksessa. Mayer—Wegelin (1952) sanookin karsimisen olevan niin tärkeän laatupuun kasvatusmenetelmän, että sen tulee olla yhtä itsestään selvä metsänhoidon osa kuin harvennuksienkin. Saksassa ja useissa muissa maissa karsimisella onkin huomattavampi asema metsätaloudessa kuin meillä Suomessa.

Männyn karsimista on meillä käsitelty metsäkirjallisuudessakin verraten vähän, eikä varsinaisia laajempia työntutkimuksia ole siitä tehty lainkaan. Työtuloksia ja -aikaa on Heikinheimo (1938) kosketellut mainiten, että rinnankorkeusläpimitan ollessa 10—12 cm ja karsimiskorkeuden yli 6 m mies karsii mäntyjä 100 kpl 8 tuntisena työpäivänä. Hän toteaa kuitenkin työsaavutusten vaihtelevan hyvin paljon varsinkin karsittavien puiden oksaisuuden ja karsimiskorkeuden mukaan. Toisessa yhteydessä Heikinheimo (1956) mainitsee keskimääräiseksi päivätyötulokseksi karsimiskorkeuden ollessa 6 m 75—100 mäntyä.

Yhdysvalloissa on karsimistyötä sen sijaan tutkittu hyvin paljon varsinkin 1930- ja 1940-luvuilla. Moss (1937) on tutkinut oksan läpimitan vaikutusta työaikaan eräiden lehtipuiden karsimisessa ja on todennut, että karsimisaikaa kuvaava yhtälö on seuraava: $y = 15.7 + 16.7\ x + 4.45\ x^2$, jossa x = oksan läpimitta. Hän osoittaa myös, että karsimisaika oksaa kohden kasvaa sitä mukaan, mitä korkeammalla rungossa oksa sijaitsee. Erittäin suuri työajan lisääntyminen on havaittavissa niissä oksissa, jotka ovat yli 12 jalan (~ 3.70 m:n) korkeudella. Moss on vertaillut myös tikkailta tapahtuvaa käsisahalla karsimista pitkävartisellä karsimasahalla suoritettuun ja todennut jälkimmäisen tavan selvästi nopeammaksi.

Myös Paul (1933) esittää, että karsimisaika oksaa kohden lisääntyy erittäin selvästi alhaalta rungon yläosiin siirryttäessä.

Bull (1937) on tutkinut pitäneulasmännyn karsimista ja vertaillut

siinä eri työtapoja ja -menetelmiä. Vertailun tulokset osoittavat, että mikään työväline tai -menetelmä ei ollut kaikille miehille paras. Karsimisen keskimääräiset tehotyöajat olivat karsimiskorkeuden ollessa 17 jalkaa ja puun läpimitan 5'' 3.8 min. runkoa kohden. Kokonaistyöaikaa laskettaessa on tähän aikaan vielä lisättävä siirtymis- ja lepo- ym. ajat, jotka ovat n. 50 % tehotyöajasta.

M a t t o o n (1942) mainitsee mm. seuraavia työaikoja eri mäntylajien karsimisesta. Eräässä pitkäneulasmännyn karsimiskokeessa karsittaessa 17' korkeuteen kokonaistyöaika oli n. 4 min. runkoa kohden. Eräässä toisessa Mississipissä tehdyssä kokeessa taas päädyttiin seuraaviin kokonaisaikoihin karsimiskorkeuden ollessa samoin 17'.

D 1.3, tuumaa *DBH, inches*	min/runko *min/stem*
4	3.0
6	4.5
8	6.8

S h a w j a S t a e b l e r (1950) mainitsevat, että karsimisaika riippuu oksien lukumäärästä, koosta ja laadusta, metsikön tiheydestä, maastosta ja aluskasvillisuudesta, säästä, karsimiskorkeudesta sekä käytetyistä välineistä ja menetelmistä. Keskimäärin työaikoina he esittävät keltamännylle ja douglas-kuuselle seuraavia aikoja karsimiskorkeuden ollessa 20 jalkaa.

D 1.3, tuumaa *DBH, inches*	Keltamänty *Ponderosa pine*	Douglaskuusi *Douglas fir*
	min/runko *min/stem*	
5	..	5.25
6	9.84	6.38
7	10.87	7.35
8	11.94	8.06

S h a w (1951) on taas esittänyt seuraavia Douglas-kuusen keskimääräisiä karsimisen tehotyöaikoja kahdesta kokeesta:

	D1.3	Aika
1949	8.2''	3.28 min/runko
1951	11.0''	3.48 »

Myös Saksassa on karsimistyöstä tehty varsin paljon aikatutkimuksia, mutta ne ovat kosketelleet yleensä muita puulajeja kuin mäntyä. G l ä s e r i n (1950) mäntyä koskevien tutkimusten mukaan kokonaiskarsimisaika runkoa kohden on karsimiskorkeuden ollessa 2 m n. 3 minuuttia, karsimis-

korkeuden ollessa 4 m n. 6 minuuttia ja sen ollessa 6 m n. 10 minuuttia. Hilfin ja Platzerin (1939) mukaan männyn karsimisajat ovat keskimäärin seuraavat:

Karsimiskorekeus m, *Pruning height, m.*	Karsimisaika, min/runko *Pruning time, min/stem*
3	3
5	5
7.5	10

Mayer—Wegelin (1952) esittää eri tutkimusten yhdistelmänä piirroksen, jonka mukaan männyn karsimisaika vaihtelee seuraavasti karsimiskorkeuden mukaan: 2 m 3 min., 4 m 4.5 min., 6 m 8 min., 8 m 13 min. Hän mainitsee seuraavat seikat karsimiskorkeuden lisäksi työaikaan vaikuttavina tekijöinä: puulajin, karsimistavan, työvälineet, metsälliset olosuhteet, työntekijän taidon ja ilmastolliset olosuhteet. Karsimiskorkeuden vaikutus on kuitenkin kaikkein voimakkain.

Ulkolaisten tutkimusten tulokset eivät kuitenkaan sovi meikäläisiin olosuhteisiin, sillä työmenetelmät ovat erilaiset ja kysymyksessä ovat vielä eri puulajit. Karsimiskysymyksen ratkaisemiseksi on tarpeen suorittaa myös meillä perusteellisia työntutkimuksia karsimistyöstä. Tämän tutkimuksen tarkoituksena onkin selvittää karsimiseen kuluva aika sekä ne tekijät, jotka vaikuttavat siihen.

Tutkimus muodostaa ensimmäisen osan männyn karsimiskysymystä käsittelevästä tutkimussarjasta. Myöhemmin valmistuu toinen osa, joka käsittelee karsimisen vaikutusta männyn laatuun. Kolmannessa osassa tarkastellaan karsimisen kannattavuutta.

2. Männyn karsimisessa käytettävät välineet ja työmenetelmät

Metsäpuiden karsimisessa käytettävät työvälineet ja -menetelmät ovat varsin moninaiset. 1930-luvulla käytettiin meillä yleisimmin oksasahaa ja sen rinnalla karsimisrautaa, mutta vähitellen raudan käyttö on jäänyt kokonaan pois käytöstä ja pitkävartinen saha on nykyisin ainoa meillä käytännössä oleva karsimisväline. Myös muualla maailmassa on pitkävartinen karsimissaha yleisin työväline. Muista käytetyistä tai kokeilluista välineistä mainittakoon moottorisaha, jota Yhdysvalloissa on useassa yhteydessä kokeiltu karsimistyössäkin (esim. Cuno 1935, Paul 1938). Myös lyhytvartista sahaa ja tikkaita on Yhdysvalloissa ja Keski-Euroopassa käytetty ja kokeiltu metsäpuidenkin karsimisessa (Moss 1937, Hegel 1951, Müller ja Müller—Thomas 1951, Mencke 1949, Mayer—Wegelin 1952). ja samoin karsimissaksia on käytetty jossain määrin Geddeus ja Erickson 1939). Saksassa karsimistikkaiden käyttö kuuluukin aina karsimistyöhön karsimiskorkeuden ylittäessä 5—7 metriä.

Työmenetelmä saattaa karsimisessa vaihdella. Puut voidaan karsia yhdessä vaiheessa haluttuun korkeuteen saakka tai työ voidaan suorittaa kahdessa tai kolmessa vaiheessa. Meillä on yleisimmin omaksuttu Heikinheimon (1956) suosituksen perusteella kolmivaiheinen työ, joka tapahtuu seuraavasti: »Jos karsiminen on tarkoitus suorittaa samalla kerralla 6 m:n korkeuteen asti, käytetään mieluimmin kolmea sahaa, jotka ovat varustetut 1, 2.5 ja 4.5 m pitkillä köykäisillä varsilla. Lyhintä vartta käyttäen karsitaan puun tyvi, sitä seuraavalla rungon keskiosa ja pisimmällä ylin.» Myös Yhdysvalloissa suositellaan yleisesti kolmivaiheista työtä joko kolmella sahalla (esim. Paul 1933) tai siten, että alin osa karsitaan kirveellä tai kirveen hamaralla (Shaw 1951). Saksassa suositellaan suunnilleen samanlaisia menetelmiä. Kuitenkin pidetään 5 m:iä korkeammalta karsittaessa tikkailta karsimista parhaana (Mayer—Wegelin 1952).

Suoritetuissa tutkimuksissa ei kuitenkaan ole voitu todistaa kolmivaiheista työtä muita paremmaksi. Moss (1937) toteaa, ettei mikään työväline tai työmenetelmä ole kaikille työntekijöille paras. Shaw (1951) taas esittää, että kaksimiehinen työryhmä on paras. Toinen mies valitsee karsittavat puut ja karsii ne n. 12 jalan korkeuteen ja toinen mies 12—20 jalan välisen osan. Sahojen varsien pituudet ovat vastaavasti 7 jalkaa ja 13 jalkaa.

Kolmivaiheisen työn suurena varjopuolena on siirtymiseen kuluvan ajan pituus.

Harkittaessa tutkimuksen kohteiksi otettavia työmenetelmiä päädyttiin vain kaksivaiheiseen työmenetelmään, jota soveltaen työskentely tapahtui seuraavasti.

Ensin valittiin ja merkittiin karsittavat rungot koko metsiköstä. Samalla suoritettiin puista eräitä mittauksia. Tavallisessa karsimistyössä saattaa olla mahdollista, että runkojen valinnan suorittaa runkojen alaosan karsija, kuten S h a w (1951) mainitsee. Merkinnän tapahduttua karsittiin n. 2 metriseen varteen kiinnitetyllä Olli-karsimasahalla kaikkien runkojen alaosat n. 4.0—4.5 metrin korkeudelle saakka. Alaosan karsimiskorkeus vaihteli eri tutkimusmetsiköissä keskimäärin 4.0 metristä 4.6 metriin. Loput rungon karsittavasta osasta, n. 5.5—6.5 metrin korkeudelle karsittiin myös Ollisahalla, jossa oli n. 4 metrin pituinen varsi. Koko karsitun osan pituus vaihteli eri metsiköissä keskimäärin 5.7 metristä 6.3 metriin. Sahan varren pituus taas oli eri työntekijöillä seuraava.

	Alaosan varsi *Shaft for lower part*	Yläosan varsi *Shaft for upper part*
Punkaharju	2.2 m	4.0 m
Vesijako	2.1 »	4.4 »
Ruotsinkylä	2.2 »	4.5 »

Varren pituuden vaihtelu johtuu siitä, että kukin työntekijä sai valita itselleen sopivimman pituuden. Valinta tapahtui työn kokeilupäivien jälkeen. Verraten pieni vaihtelu johtuu siitä, että työntekijät kysyivät tutkijoilta muissa paikoissa käytettyjä varsia ja ottivat niistä ohjetta.

Tämä kuvattu työmenetelmä osoittautui varsin sopivaksi tutkimusmetsiköissä, jotka olivat kaikki vastikään harvennettuja. Tiheiköissä tällainen työtapa ei sitä vastoin liene paras mahdollinen, koska siinä joudutaan alussa pitämään vartta vaakasuorassa. Työskentelyyn tarvitaan siis verraten paljon tilaa. Työn laadun tarkastelu osoitti, että kaksivaiheisella työmenetelmällä voidaan päästä varsin tyydyttäviin tuloksiin, kun vain työ suoritetaan riittävän huolellisesti. Tutkituista työntekijöistä kaksi suoritti karsimisen varsin hyvin tuloksin, kun taas kolmas jätti varsinkin rungon yläosaan monesti pitkiä tynkiä. Hänelläkin alaosa, jossa kaksivaiheinen työ eroaa kolmivaiheisesta, oli karsittu huolellisesti.

Kun tutkimuksen tarkoituksena oli vain työajan menekin ja siihen vaikuttavien tekijöiden tutkiminen, pidettiin vain yhden työmenetelmän ottamista tutkimuksen kohteeksi riittävänä.

Varsinainen työtapa oli tutkimusmetsiköissä seuraava. Saha työnnettiin mahdollisimman lähellä puun runkoa karsittavan oksan päälle siten, että

oksa jäi sahan iskuraudan ja sahan kulmaukseen. Voimakkaalla nykäisyllä katkaistiin pienet kuivat oksat yhdellä kerralla. Suurempia kuivia oksia jouduttiin muutaman kerran sahaamaankin. Rungon alaosissa kaikkein ohuimmat oksat katkaistiin usein siten, että sahan selkäpuolella »lakaistiin» runkoa pitkin sen pintaa. Eläviä oksia karsittaessa lyötiin sahan iskuraudalla lovi oksan alapuolelle, jotta oksa ei katketessaan olisi revennyt ja repäissyt rungosta kuorta. Eläviä oksia karsittiin rungoista korkeintaan ensimmäinen elävä kiehkura, mikäli se oli karsittavalla osalla.

Ennen tutkimusmenetelmän ja -tulosten esittelyä on vielä syytä määritellä eräitä käsitteitä, jotka on välttämätöntä tuntea.

O k s a t t o m a l l a o s a l l a tarkoitetaan seuraavassa sitä rungon tyviosaa, josta kaikki oksat ovat jo luontaisesti katkenneet ja pudonneet pois. Se on siis rungon luontaisesti karsiutunut osa.

K a r s i t t u o s a taas tarkoittaa sitä osaa rungosta, josta oksat on karsimistyön yhteydessä poistettu. Se jakaantuu alaosaan ja yläosaan. A l a o s a karsitaan lyhytvartisella sahalla työn ensimmäisessä vaiheessa ja y l ä o s a työn toisessa vaiheessa pitkävartisella sahalla. Karsittu osa on siis alaosan ja yläosan summa.

K a r s i m i s k o r k e u d e l l a tarkoitetaan karsitun osan yläpään korkeutta maasta. Karsimiskorkeus on siis oksattoman osan ja karsitun osan summa.

3. Tutkimusmenetelmä ja -aineisto

31. Työajan jaottelu

Työaika jaoteltiin tutkimuksessa seuraavasti viiteen pääryhmään.

V a r s i n a i n e n k a r s i m i s a i k a, joka kuluu välittömästi oksien katkomiseen ja siihen liittyviin töihin, kuten puun kiertämiseen oksia katkottaessa yms. A r o n (1954) työajan jaottelun mukaisesti tätä aikaa voidaan nimittää karsimisen pääajaksi tai tehoajaksi. Karsimistyön luonteesta johtuen ei aikatutkimuskelloa käytettäessä voitu apuaikaa ja valmistavaa aikaa saada erilleen muusta varsinaisesta karsimisajasta. Kysymyksessä ovat näet niin lyhyet ajat, että niiden tarkka erottaminen ei ole lainkaan mahdollista.

S i i r t y m i s a i k a, joka kului rungolta toiselle siirtymiseen karsimistyötä tehtäessä.

H u k k a - a j a k s i luettiin kaikki työntekijäin työtä hidastavat keskeytykset, jotka eivät johtuneet työntekijäin omasta tahdosta, sekä työn järjestelystä tai työnjohdon taholta aiheutuneet tarpeettomat keskeytykset.

L e p o a i k a a n luettiin työmiehen vapaasta tahdosta tapahtuvat keskeytykset, jotka johtuivat ensi sijassa levon tarpeesta. Tällaisia keskeytyksiä olivat mm. tupakkatauot.

Taulukko 1. Osa-aikojen summan ja kokonaisajan vertailu.

Table 1. Comparison between the sum of part-times and the total time.

Tutkimuspaikka *Site of study*	Metsikkö *Stand*	Osa-aikojen summa *Sum of part times*	Kokonaisaika *Total time*	Ero *Difference* %
		min.—*min.*		
Punkaharju	1	377.41	380.00	0.7
»	2	983.56	987.00	0.3
»	3	1 023.88	1 023.00	0.1
Vesijako	1	789.07	795.00	0.7
»	2	1 113.71	1 117.00	0.3
Ruotsinkylä	1	1 320.81	1 323.00	0.2
»	2	681.24	686.00	0.7
»	3	429.04	430.00	0.2
Yhteensä — *Total*		6 718.72	6 741.00	0.3

Kaikkien näiden aikojen summaa kutsutaan seuraavassa karsimisen työmaa-ajaksi, jolla siis tarkoitetaan kokonaistyöaikaa, joka kuluu puiden karsimiseen ja siinä syntyviin taukoihin.

Aikatutkimukset suoritettiin 1/100 minuutin jaoituksella varustetulla aikatutkimuskellolla ns. palautusmenetelmää noudattaen. Aikatutkimuskellosta luettujen osa-aikojen tarkistamiseksi otettiin rannekellosta myös tarkat työn alkamis- ja päättymisajat. Näiden kokonaisaikojen ja osa-aikojen summien vertailu eri tutkimuspaikoilla on esitetty taulukossa 1. Siitä havaitaan, että aikaerot vaihtelevat 0.1 %:sta 0.7 %:iin, ja ovat siis kaikissa paikoissa selvästi alle 3 %:in, jota pidetään suurimpana sallittuna virheenä (Fuchs 1931). Kun aikaerot olivat niin pienet, ei katsottu tarpeelliseksi tehdä korjauksia osa-aikoihin.

32. Suoritetut mittaukset

Karsittavista rungoista, jotka merkittiin numerolapuilla, mitattiin ja merkittiin muistiin seuraavat tiedot.

— rinnankorkeusläpimitta sentin tasaavin luokin
— oksattoman osan pituus desimetrin tarkkuudella
— alaosan pituus desimetrin tarkkuudella
— yläosan pituus desimetrin tarkkuudella
— alaosan ja yläosan paksuin oksa millimetrin tarkkuudella

Taulukko 2. Tutkittujen runkojen jakautuminen D1.3-luokkiin.
Table 2. Distribution of the studied stems into DBH classes.

D 1.3, cm *DBH, cm.*	Punkaharju 1—3		Vesijako 1—2		Ruotsinkylä 1—3		Yhteensä *Total*	
	kpl *number of trees*	% *per cent*	kpl *number of trees*	% *per cent*	kpl *number of trees*	% *per cent*	kpl *number of trees*	% *per cent*
8	8	1.1	9	1.8	7	1.2	24	1.4
9	33	4.7	24	4.8	32	5.6	89	5.0
10	82	11.7	48	9.8	67	11.7	197	11.1
11	143	20.3	72	14.4	81	14.2	296	16.7
12	146	20.9	75	14.9	87	15.2	308	17.4
13	142	20.2	82	16.3	116	20.2	340	19.1
14	87	12.4	57	11.4	73	12.8	217	12.2
15	38	5.4	41	8.2	52	9.1	131	7.4
16	13	1.8	31	6.2	29	5.1	73	4.1
17	7	1.0	18	3.6	17	3.0	42	2.4
18	3	0.4	22	4.4	9	1.6	34	1.9
19	1	0.1	6	1.2	2	0.3	9	0.5
20			9	1.8			9	0.5
21			2	0.4			2	0.1
22			2	0.4			2	0.1
23			2	0.4			2	0.1
Yhteensä — *Total*	703	100.0	500	100.0	572	100.0	1 775	100.0

Osasta runkoja, joka kymmenennestä, mitattiin lisäksi seuraavat mitat.
— ikä tyvestä otetusta kairalastusta
— pituus 0.5 m:n tarkkuudella Blume-Leiss-mittarilla
— lähimpien puiden etäisyys karsittavasta rungosta puolen metrin tarkkuudella.

Vesijaolla ja Ruotsinkylässä, joissa molemmissa oli kaksi tutkijaa työssä, laskettiin lisäksi karsittujen oksien lukumäärä jokaisesta rungosta. Siinä käytettiin »Counter»-laskijaa.

Tutkittujen 1 775 rungon läpimittajakaantuminen nähdään taulukosta 2. Jakautuma on varsin laaja, 8 cm:stä 23 cm:iin, mihin päästiin valitsemalla karsittavaksi myös joitakin alempien latvuskerrosten ja myös joitakin ylisuuria puita. Näin aineistosta tuli riittävän edustava. Tavallisessa karsimistyössä olisi ainakin näissä metsiköissä läpimittajakautuma jäänyt jonkin verran suppeammaksi.

33. Tutkimusmetsiköt

Tutkimusmetsiköiksi valittiin hyvän puolukkatyypin tai mustikkatyypin männiköitä, joissa oli vast'ikään suoritettu harvennuksia ja joiden valtapuiden keskiläpimitta rinnankorkeudelta oli alle 15 cm. Eräitä tietoja tutkimusmetsiköistä on esitetty taulukossa 3. Lisäksi mainittakoon seuraavat tiedot.

Punkaharju n:o 1. Harvennettu 2 vuotta sitten. Pääosaltaan heikosti luontaisesti karsiutunutta, oksikasta, pitkäoksaista. Joukossa susipuun luontoisia puita. Vuosikasvaimien pituus 25—35 cm. Maasto tasainen, paikka paikoin jonkin verran risuja. Keskimäärin liikkumismahdollisuudet helpot.

Taulukko 3. Tietoja tutkimusmetsiköistä ja karsituista rungoista.

Table 3. Data on the studied stands and the pruned stems.

Tutkimuspaikka *Site of study*	Metsikkö n:o *Stand no.*	Metsätyyppi *Site type*	Karsittujen puiden—*Trees pruned*					
			Keskim. välimatka m *Distance between*	Luku määrä *Number*	Ikä, v. *Age yrs*	D1.3, cm *DBH, cm*	Pituus, m *Height, m*	Oksaton osa, m *Branchless part, m*
Punkaharju	1	VT	3.1	100	44	13	12.5	0.5
»	2	VT	2.8	303	47	12	12.8	0.8
»	3	MT	2.5	300	41	12	12.4	0.7
Vesijako	1	VT	3.9	218	34	13	12.4	0.5
»	2	VT	3.3	282	33	13	12.6	0.3
Ruotsinkylä	1	VT	1.8	322	40	13	11.9	0.7
»	2	MT	3.2	140	29	12	11.0	0.6
»	3	MT	2.1	110	28	13	12.1	0.3

Punkaharju n:o 2. Harvennettu 2 vuotta sitten. Puut verraten hyvin karsiutuneita, lyhytoksaisia. Alimmat oksat melko lahonneita. Vuosikasvaimien pituus 30—35 cm. Maasto tasainen, risuja jonkin verran, liikkuminen helppoa.

Punkaharju n:o 3. Harvennettu 1 vuosi sitten. Kauttaaltaan verraten heikosti karsiutunutta, lyhytoksaista. Kuivia oksia jopa 7 m:n korkeudelle asti. Alimmat oksat aivan lahoja. Vuosikasvaimien pituus 50—60 cm paitsi 2 m:n korkeudella, missä juromisen takia kasvaimet ainoastaan 10—20 cm. Maasto tasainen, hakkuutähteitä runsaasti. Liikkuminen verraten vaikeaa.

Vesijako n:o 1. Valtaosaltaan heikosti karsiutunutta. Oksat lyhyitä, alaosassa lahoja. Kuivia oksia 7 m:n korkeuteen saakka. Joukossa muutamia susipuita. Vuosikasvainten pituus runkojen alaosassa 20—30 cm, yläosassa 30—50 cm. Maasto verraten kivikkoinen, loivarinteinen kumpare. Risuja ei lainkaan. Liikkumisen vaikeusaste keskinkertainen.

Vesijako n:o 2. Harvennettu 2 vuotta sitten. Erittäin heikosti karsiutunutta. Puut pitkä- ja paksuoksaisia. Oksia runsaasti. Joukossa runsaasti susipuita. Lahoja oksia tuskin lainkaan. Vuosikasvaimet 35—50 cm:n pituisia. Maasto kivinen mäentöyräs. Hakkuutähteitä runsaasti. Liikkumismahdollisuudet verraten huonot.

Ruotsinkylä n:o 1. Verraten hyvin luontaisesti karsiutunutta, pitkävartista ja niukkaoksaista. Oksat pieniä ja melko lahoja. Vuosikasvainten pituus 30—40 cm. Maasto tasainen, matala mäenharjanne. Risuja ei lainkaan maassa. Paikoitellen tiheä kuusen taimisto. Liikkuminen helppoa.

Ruotsinkylä n:o 2. Harvennettu 1—2 vuotta sitten. Heikosti karsiutunutta, oksaista, lyhytvartista, tuoreet oksat melko alhaalla. Vuosikasvaimien pituus 20—30 cm. Maasto tasainen, loivasti viettävä rinne. Risuja maassa jonkin verran. Paikoitellen pientä kuusta. Liikkuminen helppoa.

Ruotsinkylä n:o 3. Verraten hyvin karsiutunutta, pienioksaista ja pitkävartista. Alaoksat lahoja. Vuosikasvaimet 40—50 cm:n pituisia. Maasto loivasti viettävä rinne, muuten tasainen. Liikkuminen helppoa.

Tutkimuspäivien sää on esitetty taulukossa 4.

Taulukko 4. Sää tutkimuksen aikana.

Table 4. Weather conditions during the study.

Tutkimuspaikka *Site of study*	Pvm. *Date*	Lämpötilä °C *Temperature, °C*		Muita tietoja *Other data*
		aamulla *in the morning*	illalla *in the evening*	
Punkaharju	10. 6	12	11	Pilvistä, heikkoa tuulta
»	11. 6	11	8	» kohtalaista tuulta
»	12. 6	8	12	Selkeätä, tyyntä
»	13. 6	12	14	Vaihtelevaa pilvisyyttä, tuulista, sadekuuroja
»	14. 6	13	12	Pilvistä, sadekuuroja
»	16. 6	10	14	Selkeätä, tyyntä
»	17. 6	12	16	» heikkoa tuulta
»	18. 6	12	19	» »
Vesijako	10. 7	16	17	Vaihtelev. pilvisyyttä, kovaa tuulta
»	11. 7	10	12	» »
»	12. 7	13	17	» » sadetta
»	14. 7	14	16	Vaihtel. pilvis., tyyntä, sadekuuroja
»	15. 7	14	18	» » » »
»	16. 7	17	21	Selkeätä, tyyntä
Ruotsinkylä	27. 8	16	18	» heikkoa tuulta
»	28. 8	14	18	» tyyntä
»	29. 8	17	21	» »
»	30. 8	16	18	» »
»	1. 9	15	18	» »
»	2. 9	17	20	» »
»	3. 9	15	18	» »
»	4. 9	16	18	Puolipilvistä, heikkoa tuulta

34. Työntekijät

Kussakin tutkimuspaikassa tutkittiin vain yhden työntekijän työtä. Kukin työntekijöistä työskenteli siis useammassa metsikössä ja ennen tutkimuksen alkua kukin sai harjoitella päivän—kaksi karsimistyötä, jota kukaan ei ollut aiemmin suorittanut. Työntekijöitä kuvaavat tiedot ovat seuraavat.

P u n k a h a r j u n työntekijä: Ikä 25 vuotta, pituus 173 cm, paino 73 kg, ruumiinrakenne normaali, rauhallinen, ahkera, tunnollinen, ei tupakoi. Ammatiltaan maanviljelijä, mutta on vuodessa n. 4 kk metsätöissä. Ei aikaisemmin karsinut. Keskimääräistä parempi työmies.

V e s i j a o n työntekijä: Ikä 31 vuotta, pituus 174 cm, paino 81 kg, ruumiinrakenne vahva, ahkera, mutta työskentelee hiukan hosumalla, tupakoi paljon. Tehnyt koko ikänsä metsätöitä, muttei aikaisemmin karsinut. Keskimääräistä hiukan parempi työmies.

R u o t s i n k y l ä n työntekijä: Ikä 50 vuotta, pituus 180 cm, paino 68 kg, ruumiinrakenne hintelä, rauhallinen, hiukan kankea liikkeissään, työ huolimatonta. Vanha metsätyömies, muttei karsinut aikaisemmin. Keskimääräistä heikompi työmies.

4. Tutkimuksen tulokset

41. Työmaa-ajan jakautuminen

Työmaa-ajan suhteellinen jakautuminen eri vaiheisiin on esitetty taulukossa 5 metsiköittäin.

Varsinaisen karsimisajan, s.o. karsimisen pääajan ja apuajan yhteinen osuus on, kuten havaitaan, hyvin korkea, keskimäärin lähes 80 % koko työmaa-ajasta. Varsinaisesta karsimisajasta muodostaa pääaika taas valta-osan, kaikissa tutkimuspaikoissa yli 99 %.Vertailun vuoksi mainittakoon, että Yhdysvalloissa suoritetuissa tutkimuksissa varsinaisen karsimisajan osuudeksi mainitaan 2/3 työmaa-ajasta, siis jonkin verran pienempi kuin tässä tutkimuksessa (B u l l 1937). Mainituissa amerikkalaisissa tutkimuksissa oli kuitenkin kysymys kolmivaiheisesta työstä, jossa siirtymisaikojen osuus nousee pakosta korkeammaksi kuin kaksivaiheisessa työssä, jota tässä tutkimuksessa on noudatettu.

Taulukko 5. Karsimisen työmaa-ajan prosenttinen jakautuminen eri työvaiheiden osalle.

Table 5. The percentile distribution of the working time for pruning on to the various phases of the work.

Tutkimuspaikka ja metsikkö *Site of study and stand*	Karsimisaika *Pruning time*			Siirtymisaika *Moving time*			Hukka-aika *Unproductive time*	Lepo-aika *Rest pauses*	Yht. *Total*	Kaikki yht. *Grand total*
	Alaosa *Lower part*	Yläosa *Upper part*	Yht. *Total*	Alaosa *Lower part*	Yläosa *Upper part*	Yht. *Total*				
	% — *per cent*									
Punkaharju 1	50.4	30.5	80.9	4.2	4.8	9.0	1.3	8.8	10.1	100.0
» 2	51.5	28.9	80.4	4.9	5.5	10.4	0.9	8.3	9.2	100.0
» 3	50.3	31.4	81.7	5.0	5.6	10.6	1.8	5.9	7.7	100.0
Yhteensä — *Total*	50.7	30.4	81.1	4.7	5.3	10.0	1.5	7.4	8.9	100.0
Vesijako 1	53.0	22.9	75.9	3.9	3.9	7.8	1.1	15.2	16.3	100.0
» 2	53.0	23.4	76.4	3.8	4.3	8.1	0.8	14.7	15.5	100.0
Yhteensä — *Total*	53.0	23.2	76.2	3.8	4.2	8.0	0.8	15.0	15.8	100.0
Ruotsinkylä 1	41.9	35.5	77.4	3.9	4.6	8.5	3.2	10.9	14.1	100.0
» 2	41.5	38.6	80.1	3.3	3.9	7.2	3.9	8.8	12.7	100.0
» 3	48.0	34.3	82.3	3.3	4.1	7.4	2.6	7.7	10.3	100.0
Yhteensä — *Total*	42.9	36.2	79.1	3.8	4.2	8.0	3.3	9.6	12.9	100.0
Kaikki yhteensä *Grand total*	48.7	30.4	79.1	4.2	4.5	8.7	1.9	10.3	12.2	100.0

Alaosan varsinainen karsimisaika on kaikkialla selvästi suurempi kuin yläosan karsimisaika. Sen osuus työmaa-ajasta vaihtelee eri tutkimuspaikoissa n. 42 %:sta 53 %:iin, kun taas yläosan karsimisajan osuus on 23 %—36 %. Alaosa muodostaakin suurimman osan rungon karsittavasta osasta, kuten edellä mainittiin (ks. s. 9).

Siirtymisajan osuus vaihtelee 8—10 %:iin eri metsiköissä.

Lepoajan osuudessa on havaittavissa suurimmat vaihtelut, mikä johtuu suureksi osaksi miesten tottumuksesta. Punkaharjulla työskennellyt mies ei tupakoinut ja siitä johtuen piti lepotaukoja varsin harvoin. Lepoajan osuus onkin hänellä pienin, vain 7 %. Molemmat muut työntekijät, varsinkin Vesijaon työntekijä, pitivät verraten usein tupakkataukoja, joten lepoajan osuuskin on noussut n. 10—15 %:iin. Lepoajan osuus työmaa-ajasta vaihtelee tämän tutkimuksen mukaan siis karsimistyössä 7—15 %:iin ja on keskimäärin 10 %, mikä on jonkin verran korkeampi kuin hakkuutyöntekijöiden leposadannes useimpien tutkimusten mukaan (vrt. A r o 1937).

Lepoajan pituus runkoa kohden laskettuna on ollut tutkimuspaikoilla seuraava: Punkaharjulla 0.25 min., Vesijaolla 0.51 min. ja Ruotsinkylässä 0.41 min. sekä keskimäärin 0.39 min.

Hukka-ajan osuus on varsin pieni, vain 0.7—2.9 % eri työntekijöillä. Yleisimmät hukka-ajan aiheuttajat ovat olleet: roskien joutuminen työntekijäin silmään ja sahan korjaus. Hukka-aika oli minuutteina runkoa kohden eri paikoilla seuraava: Punkaharjulla 0.05, Vesijaolla 0.03 ja Ruotsinkylässä 0.14 sekä keskimäärin 0.07. Ruotsinkylän suuri hukka-aika johtuu työntekijän heikkoudesta, joka ilmenee myös muista tutkimustuloksista, kuten jäljempänä nähdään.

Yksityiskohtaisempaa tarkastelua vaativat näistä vaiheajoista vain siirtymisaika ja varsinainen karsimisaika. Muut vaiheajoista ovat puiden ja metsikön ominaisuuksista riippumattomia. Tarkastelu aloitetaan siirtymisajan tutkimuksella ja vasta sen tultua valaistuksi käydään selvittämään varsinaista karsimistyötä.

42. Siirtymisaika

Siirtymisaika esiintyy kaksivaiheisessa karsimistyössä jokaisen rungon kohdalla kahdesti, ensin alaosaa ja sitten yläosaa karsittaessa. Siirtymismatkat ja -ajat olivat tutkimuspaikoittain keskimäärin seuraavat.

Tutkimuspaikka *Site of study*	Matka, m *Distance, m.*	Siirtymisaika, min. *Moving time, min.* Alaosa *Lower part*	Yläosa *Upper part*
Punkaharju	4.6	0.16 ± 0.24	0.18 ± 0.26
Vesijako	4.3	0.15 ± 0.31	0.16 ± 0.32
Ruotsinkylä	4.6	0.16 ± 0.23	0.18 ± 0.30

Siirtymisaika siirtymistä kohden on siis vaihdellut 0.15 minuutista 0.18 minuuttiin ja siirtymismatka, s.o. karsittavien puiden etäisyys toisistaan 4.3 metristä 4.6 metriin.

Maaston vaikutus liikkumiseen näyttää tulosten perusteella olevan melko vähäistä. Kuitenkin Vesijaon metsikössä n:o 2 siirtymisaika oli 0.01 minuuttia pitempi kuin metsikössä n:o 1. Punkaharjulla taas metsikössä n:o 3 siirtymisaika oli pisin, mikä johtui hakkuutähteiden liikkumista vaikeuttavasta vaikutuksesta.

Siirtymisaika riippuu kuitenkin hyvin paljon siirtymismatkasta, ja se saattaa vaihdella eri metsiköissä verraten laajoissa rajoissa. Lisäksi siirtymisaika näyttää olevan yläosaa karsittaessa suurempi kuin alaosaa karsittaessa. Esitetystä asetelmasta nähtävien siirtymisaikojen erotusten testaus antoi seuraavat tulokset.

Punkaharju	f = 702	t = 5.524***
Vesijako	f = 499	t = 2.247*
Ruotsinkylä	f = 570	t = 8.727***

Testaus osoittaa siis, että Punkaharjulla ja Ruotsinkylässä on siirtymiseen kulunut yläosaa karsittaessa tilastollisesti erittäin merkitsevästi enemmän aikaa kuin alaosaa karsittaessa. Vesijaolla erotus ei sitä vastoin ole tilastollisesti merkitsevä. Vesijaolla karsittiin kaikki metsikön rungot, mutta muualla sitä vastoin vain osa puustosta, jolloin pitkävartisen sahan kuljettaminen oli jossain määrin hankalaa väistettäessä karsittavien puiden välissä olevia puita. Tätä hankaluutta ei Vesijaolla esiintynyt.

Jos karsiminen suoritetaan ennen harventamista, ero lyhyt- ja pitkävartisen sahan kanssa kulkemisaikojen välillä todennäköisesti vielä suurenee. Myös siirtyminen saattaisi viedä keskimäärin enemmän aikaa kuin vasta harvennetuissa metsiköissä.

Siirtymismatkan vaikutusta tutkittaessa on asiaa tarkasteltava erikseen alaosan ja erikseen yläosan karsimistyöstä. Karsimistyön eri vaiheiden siirtymismatkan ja -ajan väliset korrelaatiokertoimet ja regressioyhtälöt on esitetty taulukossa 6. Vesijaolla on otettu laskelmassa alaosan kohdalla huomioon kaikki siirtymiset, sillä käytännössä ei esiintyne tapauksia, joissa kaikki puut karsittaisiin. Vesijaon siirtymisajat kuvaavat siis vain siirtymistä alaosaa karsittaessa.

Punkaharjulla ja Vesijaolla ovat siirtymisaikoja kuvaavat regressioyhtälöt varsin samanlaiset, mikä osoittaa työntekijöiden liikkuneen siellä suunnilleen samalla nopeudella. Myös siirtymisen valmisteluun, s.o. seuraavan puun etsimiseen ja havaitsemiseen on näiltä tekijöiltä kulunut käytännöllisesti katsoen yhtä pitkä aika, kuten vakiotermien vertailu osoittaa. Ruotsinkylän työntekijä on siirtynyt puulta toiselle nopeammin kuin toiset,

Taulukko 6. Siirtymismatkan ja siirtymisajan välistä riippuvuutta kuvaavat tilastolliset tunnusluvut.

Table 6. Statistical characteristics describing the interdependence between the moving distance and the moving time.

Tutkimuspaikka *Site of study*	Korrelaatiokerroin *Coeff of correlation*	Regressioyhtälö *Regression equation*
	Alaosan karsiminen *Pruning of lower part*	
Punkaharju	$+0.628 \pm 0.023$	$y = 2.50\ x + 4.58$
Vesijako	$+0.721 \pm 0.021$	$y = 2.44\ x + 4.81$
Ruotsinkylä	$+0.658 \pm 0.024$	$y = 1.82\ x + 6.79$
	Yläosan karsiminen *Pruning of upper part*	
Punkaharju	$+0.658 \pm 0.021$	$y = 2.99\ x + 4.65$
Ruotsinkylä	$+0.598 \pm 0.027$	$y = 2.17\ x + 8.48$

Taulukko 7. Siirtymisajan riippuvuus karsittavien runkojen lukumäärästä hehtaaria kohden.

Table7. Dependence of the moving time on the number of stems to be pruned per hectare.

Karsittavia runkoja kpl/ha *Number of pruned stems per hectare*	Siirtymismatka m *Moving distance, m*	Siirtymisaika min/runko *Moving time, min/stem*					
		Alaosa *Lower part*			Yläosa *Upper part*		
		Punkaharju	Vesijako	Ruotsinkylä	Punkaharju	Vesijako	Ruotsinkylä
200	7.1	0.22	0.22	0.20	0.26	0.22	0.24
300	5.8	0.19	0.19	0.17	0.22	0.19	0.21
400	5.0	0.17	0.17	0.16	0.20	0.17	0.19
500	4.5	0.16	0.16	0.15	0.18	0.16	0.18
600	4.1	0.15	0.15	0.14	0.17	0.15	0.17
700	3.8	0.14	0.14	0.14	0.16	0.14	0.17

mutta häneltä on mennyt huomattavasti enemmän aikaa valmisteluun eli päättääkseen, mihin päin, mille puulle on mentävä.

Keskiarvoiset siirtymisajat eivät vielä kuvaa sellaisenaan sitä, kuinka paljon käytännön karsimisissa kuluu siirtymiseen, sillä siirtymismatkat vaihtelevat sangen paljon. Teoreettisesti voidaan laskea siirtymismatkan riippuvuus karsittavien runkojen lukumäärästä hehtaaria kohden kaavasta

$$s = \frac{100}{\sqrt{n}}, \text{ jossa}$$

s = siirtymismatka eli puiden välimatka
n = karsittavien runkojen lukumäärä hehtaarilla.

Kaava antaa lyhimmän siirtymismatkan, joka tulee käytännössä varmastikin jonkin verran ylitetyksi. Lienee näet mahdotonta, että aina tulisi valituksi lyhin siirtymistapa. Joka tapauksessa kaavan avulla saadaan selville siirtymismatkat suuruusluokaltaan oikeina ja käyttämällä siirtymisaikojen laskemisessa Punkaharjun, Vesijaon ja Ruotsinkylän regressioyhtälöitä myös kuva keskimääräisistä, todennäköisistä siirtymisajoista eri tapauksissa. Ne on esitetty taulukossa 7.

Karsittavien runkojen lukumääräksi suositellaan yleisesti 600 runkoa hehtaaria kohden (esim. Heikinheimo 1956). Tällaisessa tapauksessa siirtymisaika olisi siis tämän aineiston mukaan kaksivaiheista karsimista käytettäessä n. 0.32 minuuttia karsittavaa runkoa kohden.

Kolmivaiheisessa työssä siirtymisaika on pitempi. Voidaan olettaa, että käsisahan tai hyvin lyhytvartisen karsimissahan kanssa kuljettaessa siirtyminen on vielä nopeampaa kuin tässä tutkimuksessa alaosaa karsittaessa. Suhteellinen ero lienee korkeintaan samaa suuruusluokkaa kuin esitetty alaosan ja yläosan karsimisajan välinen ero. Näin olettaen päädytään seuraaviin siirtymisaikoihin alinta osaa karsittaessa.

Runkoja kpl/ha	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650
Siirtymis-aika	0.18	0.17	0.16	0.15	0.15	0.14	0.14	0.13	0.13	0.12

Kolmivaiheisen työn siirtymisajaksi metsikössä, jossa karsittavia runkoja on 600 kpl/ha, saadaan näin laskien 0.13 min + 0.15 min + 0.17 min = 0.45 min/runko.

43. Varsinainen karsimisaika

431. Yleistä

Varsinaiset karsimisajat olivat pienimmästä suurimpaan lueteltuina eri metsiköissä seuraavat.

Metsikkö *Stand*			D 1.3, cm *DBH, cm*	Karsimis-korkeus, m *Pruning height, m.*	Karsimisaika min/runko *Pruning time min/stem*
Punkaharju	n:o	2	12	6.0	2.61
Vesijako	»	1	13	6.1	2.75
Punkaharju	»	3	12	6.1	2.79
Vesijako	»	2	14	6.0	3.01
Punkaharju	»	1	13	5.7	3.05
Ruotsinkylä	»	1	13	6.2	3.18
Ruotsinkylä	»	3	13	6.1	3.21
Ruotsinkylä	»	2	12	6.0	3.90

Eri tutkimuspaikoilla olivat varsinaiset karsimisajat keskimäärin taas seuraavat minuutteina runkoa kohden: Punkaharju 2.75, Vesijako 2.89 ja Ruotsinkylä 3.39.

Työajat vaihtelevat siis samalla työntekijälläkin verraten paljon, vaikka työntekijän vaikutus osoittautuukin kaikkein selvimmäksi. Onhan Ruotsinkylän työntekijältä kulunut keskimäärinkin yli puoli minuuttia enemmän aikaa runkoa kohden kuin muilta. Muista tekijöistä on syytä mainita sää, jonka vaikutus ilmenee Ruotsinkylän metsikössä n:o 2 käytetystä työajasta. Siellä työskenneltäessä vallitsi näet painostava helle, joka ilmeisesti aiheutti työtehossa laskua.

Muista varsinaiseen karsimisaikaan vaikuttavista tekijöistä mainitaan kirjallisuudessa vielä tärkeimpinä oksien suuruus sekä karsittavan osan pituus ja karsimiskorkeus (esim. Mayer—Wegelin 1952). Usein myös ilmoitetaan karsimisajan pituus rinnankorkeusläpimittaluokin (esim. Staebler ja Shaw 1951). Kaikkien näiden tekijöiden vaikutusta onkin erikseen tarkasteltava kerätyn aineiston perusteella.

Käytetyt välineet ja menetelmät vaikuttavat myös ilmeisesti jossain määrin työaikaan, mutta kuten jo on mainittu, tässä tutkimuksessa on tarkasteltu vain yhtä työmenetelmää. Metsikön tiheyden vaikutus varsinaiseen karsimisaikaan jää myös vaille selvitystä, kun kaikki metsiköt olivat vast' ikään harvennettuja. Taulukosta 3 nähdään, että kaikissa metsiköissä työskentelytila, s.o. puiden etäisyys toisistaan oli suunnilleen samansuuruinen. Poikkeuksen tekee kuitenkin Ruotsinkylän metsikkö n:o 1, jossa oli tiheä kuusialikasvos. Siellä ei kuitenkaan ollut havaittavissa alaosankaan karsimisessa tiheyden hidastavaa vaikutusta, kuten seuraavat keskimääräiset alaosan varsinaiset karsimisajat osoittavat.

	Min/runko
Ruotsinkylä n:o 1	1.76
» » 2	2.03
» » 3	1.87

Metsikössä n:o 1 on siis myös alaosan karsimisaika lyhin, kuten koko varsinainen karsimisaikakin. Selvittämättä jää, mikä olisi tiheyden vaikutus kokonaan harventamattomassa metsikössä. Karsiminen tuskin kuitenkaan tulee usein kysymykseen harventamattomissa metsiköissä.

432. Oksaisuuden vaikutus

4 321. Oksaisuuden mittaus

Varsinaiseen karsimisaikaan vaikuttavista oksaisuustekijöistä on mainittu aiemmin suoritetuissa tutkimuksissa seuraavat: oksan paksuus, oksien laatu ja oksien lukumäärä.

Taulukko 8. Varsinaisen karsimisajan riippuvuutta rungon paksuimman oksan läpimitasta kuvaavat tilastolliset tunnusluvut.

Table 8. Statistical characteristics describing the dependence of the actual pruning time on the diameter of the thickest branch of stem.

Tutkimuspaikka *Site of study*	Korrelaatiokerroin *Coeff. of correlation*	Regressioyhtälö *Regression equation*
	Alaosan karsiminen *Pruning of lower part*	
Punkaharju	$+0.544 \pm 0.027$	$y = 0.074\ x + 0.729$
Vesijako	$+0.595 \pm 0.029$	$y = 0.068\ x + 0.922$
Ruotsinkylä	$+0.681 \pm 0.022$	$y = 0.107\ x + 0.219$
	Yläosan karsiminen *Pruning of upper part*	
Punkaharju	$+0.556 \pm 0.026$	$y = 0.051\ x + 0.197$
Vesijako	$+0.640 \pm 0.026$	$y = 0.048\ x - 0.022$
Ruotsinkylä	$+0.589 \pm 0.027$	$y = 0.079\ x + 0.024$
	Koko rungon karsiminen *Pruning of the stem*	
Punkaharju	$+0.618 \pm 0.023$	$y = 0.110\ x + 0.958$
Vesijako	$+0.664 \pm 0.025$	$y = 0.098\ x = 1.034$
Ruotsinkylä	$+0.634 \pm 0.025$	$y = 0.156\ x + 0.336$

Taulukko 9. Metriä kohden lasketun varsinaisen karsimisajan riippuvuutta rungon paksuimman oksan läpimitasta kuvaavat tilastolliset tunnusluvut.

Table 9. Statistical characteristics describing the dependence of the actual pruning time calculated per meter on the diameter of the thickest branch of stem.

Tutkimuspaikka *Site of study*	Korrelaatiokerroin *Coeff. of correlation*	Regressioyhtälö *Regression equation*
	Alaosan karsiminen *Pruning of lower part*	
Punkaharju	$+0.492 \pm 0.029$	$y = 0.017\ x + 0.245$
Vesijako	$+0.692 \pm 0.023$	$y = 0.016\ x + 0.227$
Ruotsinkylä	$+0.655 \pm 0.024$	$y = 0.026\ x + 0.078$
	Yläosan karsiminen *Pruning of upper part*	
Punkaharju	$+0.560 \pm 0.026$	$y = 0.040\ x - 0.018$
Vesijako	$+0.582 \pm 0.030$	$y = 0.024\ x + 0.122$
Ruotsinkylä	$+0.645 \pm 0.024$	$y = 0.050\ x - 0.027$

Oksan paksuuden vaikutus onkin osoittautunut erittäin voimakkaaksi, kuten Mossin (1937) tutkimuksista nähdään. Meikäläisissä metsänhoidollisissa karsimisissa on kuitenkin yleensä kysymys niin pienistä oksista,

ettei aikoja voida mitata oksa oksalta. Lisäksi karsittavien oksien lukumäärä nousee karsitulla osalla aina useaan kymmeneen joskus jopa sataankin kappaleeseen, joten kaikkien oksien läpimittaa on hankala mitata. Oksien läpimitan kuvaajana onkin senvuoksi käytetty karsitun osan, sekä alaosan ja yläosan paksuinta oksaa, sen läpimittaa. Aiemmissa tutkimuksissani mäntysahatukkien oksaisuudesta olen todennut, että paksuin oksa kuvaa hyvin mäntytukkien koko oksaisuutta, oksasummaa (Heiskanen 1954). Samoin voidaan olettaa olevan myös nuorissa karsittavissa männyissä vielä suuremmallakin syyllä, koska niistä vain hyvin harvat oksat ovat pudonneet pois ja kylestyneet.

Paksuimman oksan läpimitan ja oksien lukumäärän välistä riippuvuutta tutkittaessa ilmeni lisäksi, että oksien lukumäärä on käytännöllisesti katsoen sama kaikissa oksikkuusluokissa. Vesijaolla ja Ruotsinkylässä olivat oksien keskimääräiset lukumäärät eräissä oksan läpimittaluokissa seuraavat.

Paksuin oksa, mm *Thickest branch, mm*	Oksia karsitulla osalla, kpl *Number of branches pruned*	
	Vesijako	Ruotsinkylä
10	63	57
20	65	59
30	68	61

Kun oksien lukumäärä on miltei vakio, kuvaa paksuin oksa siis yksinomaan oksien kokoa eikä sanottavammin oksien lukumäärää. Se ilmenee myös niiden välisten korrelaatiokertoimien arvoista: Vesijaolla $+ 0.096 \pm 0.044$ ja Ruotsinkylässä $+ 0.067 \pm 0.042$

4322. Surimman oksan vaikutus

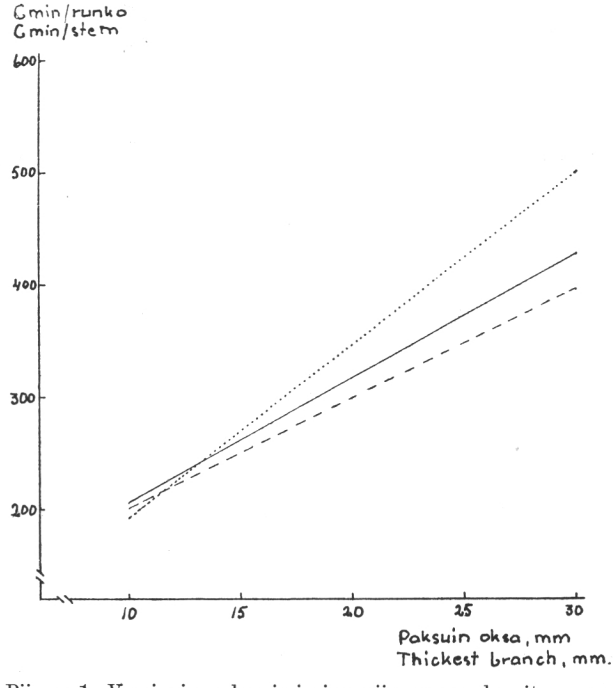
Varsinainen karsimisaika osoittaakin selvää riippuvuutta paksuimman oksan läpimitasta, niin kuin taulukosta 8 esitetyistä tilastollisista tunnusluvuista ilmenee (ks. liite 1). Kaikissa tapauksissa on korrelaatiokertoimen arvo yli 0.5 ja suurimmillaan yli 0.6, mikä osoittaa jo kohtalaista riippuvuutta. Keskivirheet taas ilmentävät, että korrelaatiokertoimet ovat merkitseviä. Korrelaatio on yhtä vahva sekä yläosan että alaosan karsimisessa. Kummankin kohdalla käytettiinkin a.o. osan paksuinta oksaa tunnuksena, mikä tekee riippuvuuden samankaltaisuuden ymmärrettäväksi.

Riippuvuus karsitun osan paksuimman oksan ja varsinaisen karsimisajan välillä osoittautui tutkituissa metsiköissä suoraviivaiseksi suurimpien oksien ollessa yli 95 %:sti kuolleita. Moss (1937) on todennut oksaa kohden mitatun sahausajan lisääntyvän verrannollisena oksan läpimitan neliöön, mikä pitänee paikkansa myös meikäläisissä olosuhteissa ainakin paksumpien oksien

kohdalla. Myös Mossin tutkimuksessa alle tuuman vahvuisten oksien karsimisajan riippuvuus oksan läpimitasta vaikuttaa suoraviivaiselta (vrt. s. 27).

Tässä tutkimuksessa varsinainen karsimisaika on mitattu rungoittain, jolloin siis jokaista paksuinta oksaa vastaa useita kymmeniä eri kokoisia oksia. Suuri osa viimeksimainituista on kaikissa paksuimman oksan läpimittaluokissa niin pieniä, että yhdellä lakaisulla voidaan katkaista montakin kappaletta. Kuivien pienien oksien karsimisessa ei ole yleensäkään kysymys sahauksesta, vaan oksien vetäisemisestä poikki niinkuin karsimistekniikan selostuksesta ilmeni (vrt. s. 10). Suoraviivaisen riippuvuuden ymmärtämiseksi on vielä tuotava esille se tosiasia, että varsinaiseen karsimisaikaan sisältyy varsin paljon muutakin toimintaa kuin pelkkää oksien sahaamista.

Regressioyhtälöistä saadaan selville karsimiseen kuluneita aikoja näissä tutkimusmetsiköissä käytetyillä menetelmillä. Ne antavat siis eräänlaisia käytännön arvoja, silloin kun karsittava osa on ollut keskimäärin sama kuin tutkimusmetsiköissä sekä jakaantunut samalla tavoin ala- ja yläosan kesken. Piirroksessa 1 on esitetty nämä varsinaiset karsimisajat eri metsiköistä. Ne perustuvat seuraaviin karsimiskorkeuksiin ja niiden jakautumisiin.



Piirros 1. Varsinaisen karsimisajan riippuvuus karsitun osan paksuimman oksan läpimitasta. (..... = Ruotsinkylä, ——— = Punkaharju, - - - - - - = Vesijako)

Fig. 1. Dependence of the actual pruning time on the diameter of the thickest branch of the pruned part of stem.

	Oksaton osa, m *Branchless part, m*	Alaosa, m *Lower part, m*	Yläosa, m *Upper part, m.*	Karsimiskorkeus, m Pruning *height, m.*
Punkaharju	0.7	3.7	1.6	6.0
Vesijako	0.4	4.1	1.5	6.1
Ruotsinkylä	0.6	3.8	1.5	6.1

Vaikka karsittavan osan pituus onkin suunnilleen sama kaikissa paksuimman oksan läpimitan mukaan erotetuissa oksakkuusluokissa, on siinä kuitenkin siinä määrin vaihteluja, että tarkka selvyys varsinaisen karsimisajan suuruudesta eri oksikkuusluokissa saadaan vasta tutkittaessa varsinaista karsimisaikaa pituusyksikköä, metriä kohden. Siinä on tarkastelu kohdistettava vain alaosan ja yläosan karsimiseen. Tarkastelun avulla saadaan myös kuva karsitun osan pituuden vaikutuksesta. Taulukossa 9 on esitetty tilastolliset tunnukset tästä paksuimman oksan ja metriä kohden lasketun varsinaisen karsimisajan välisestä riippuvuudesta.

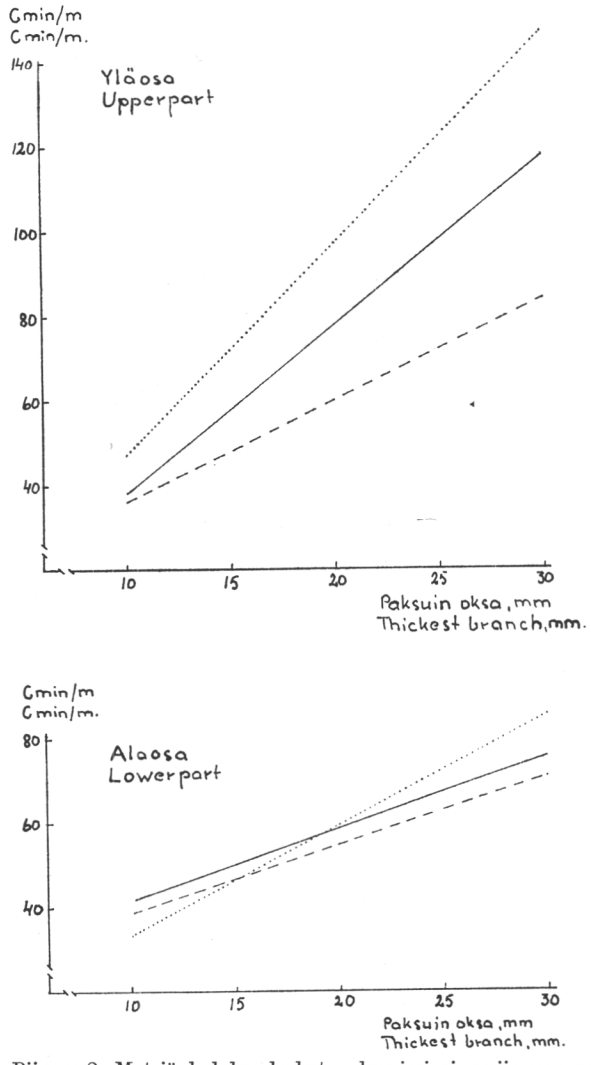
Korrelaatio on suunnilleen yhtä selvä kuin kokonaisaikojenkin kohdalla, vaikka eräitä mainittavia muutoksia on havaittavissa. Ne johtuvat karsitun osan pituuden vähäisistä vaihteluista.

Regressioyhtälöistä on laskettu oksan suuruusluokittain keskimääräiset yläosan ja alaosan varsinaiset karsimisajat metriä kohden. Ne nähdään piirroksesta 2.

Varsinainen karsimisaika metriä kohden on alaosaa karsittaessa, lukuunottamatta aivan ohutoksaisia puita, selvästi pienempi kuin yläosaa karsittaessa. Ero suurenee oksien läpimitan suuretessa kaikissa tutkimuspaikoissa. Käytännössä se on itse asiassa vieläkin selvempi, sillä alaosan suurin oksa on harvoja poikkeustapauksia lukuunottamatta pienempi kuin yläosan suurin oksa. Keskimäärin oli varsinainen karsimisaika eri tutkimuspaikoilla metriä kohden seuraava yläosaa ja alaosaa karsittaessa. Myös oksien paksuimmat oksat on mainittu asetelmassa.

	Alaosa *Lower part*		Yläosa *Upper part*	
	paksuin oksa, mm *Thickest branch, mm*	min/m *min/m.*	paksuin oksa, mm *Thickest branch, mm*	min/m *min/m.*
Punkaharju	13.5	0.47	16.3	0.66
Vesijako	16.2	0.49	19.0	0.59
Ruotsinkylä	15.1	0.47	19.2	0.94

Tuloksia tarkasteltaessa havaitaan myös, että eri työntekijöillä oksan paksuuden vaikutukset työajan kulutukseen ovat erilaiset. Vesijaon työntekijä oli ruumiillisesti voimakkain ja hänellä paksuuden vaikutus työtä



Piirros 2. Metriä kohden lasketun karsimisajan riippuvuus karsitun osan paksuimman oksan läpimitasta. (vrt. piirros 1)

Fig. 2. Dependence of the pruning time calculated per meter on the diameter of the thickest branch of the pruned part of stem. (cf. fig. 1)

hidastavana tekijänä on vähäisin. Ruotsinkylän työntekijän työaikaan taas oksan koko on vaikuttanut erittäin suuresti.

4323. Oksan korkeuden vaikutus

Amerikkalaisissa tutkimuksissa on todettu, että varsinainen karsimisaika vaihtelee myös sen mukaan, miltä korkeudelta oksia karsitaan. Esimerkiksi

P a u l (1939) toteaa, että oksaa kohden kuluu 6—12 jalan välillä kaksi kertaa ja 12—16 jalan välillä kolme kertaa niin paljon aikaa kuin alle 6 jalan korkeudella. M o s s (1937) taas esittää seuraavia tuloksia, jotka osoittavat oksien korkeuden vaikutusta varsinaiseen karsimisaikaan lehtipuita karsittaessa.

Oksan korkeus maasta, jalkaa *Height of branch, feet*	Oksan läpimitta, tuumaa *Diameter of branch, inches* ¼	½	¾	1
	sek/oksa *sec./branch*			
3	0.8	1.3	1.5	2.0
6	1.0	1.6	2.1	3.3
9	1.1	2.1	3.0	4.5
12	1.2	2.5	3.8	5.8
15	4.5	9.0	14.0	20.0

Tässä kokeessa oli sahan kokonaispituus 9.5 jalkaa ja lisäksi oli käytettävissä varren jatko, jonka pituus oli 4 jalkaa. Selostuksesta ei kuitenkaan käy ilmi, oliko tätä jatketta käytetty. Työajan voimakas lisääntyminen 15 jalan korkeudelta karsittaessa viittaa siihen, että jatko-osaa ei olisi käytetty. M o s s toteaakin, että vaikeuksia esiintyy silloin, kun sahaaminen joudutaan suorittamaan pitämällä käsiä pään yläpuolella.

Amerikkalaisista tuloksista ei saada apua, kun on kyseessä meikäläinen mänty. Kuitenkin on todettava, että myös meikäläisissä olosuhteissa työaika on sitä pitempi mitä korkeammalla karsittavat oksat sijaitsevat. Karsimiskorkeuden vaikutus riippuu kuitenkin monista eri tekijöistä, kuten työntekijän ominaisuuksista ja sahan varren pituudesta. Siinä suhteessa erot lienevät eri työntekijöiden välillä kaikkein selvimmät. Kerätystä aineistosta ei tätä vaikutusta kuitenkaan voitu saada selville. Ainakaan karsimiskorkeuden ollessa 5.5—6.0 m eivät korkeuden vaihtelut ole ilmenneet tutkimustuloksista. Jos karsimiskorkeus poikkeaa tästä paljon suuntaan tai toiseen, on em. työvaikeustekijä otettava huomioon laskelmia tehtäessä. Karsittaessa puita sahateollisuuden tai vaneriteollisuuden tarpeisiin on 18′—20′ karsimiskorkeus kuitenkin yleensä tarpeellinen ja suositeltava.

4 324. Oksan laadun vaikutus

Oksan laadun vaikutus ilmenee myös varsinaisissa karsimisajoissa siten, että elävien oksien karsiminen vie enemmän aikaa kuin samankokoisten kuolleiden oksien. Se nähdään jo karsimistekniikkaa koskevasta selostuksesta, josta ilmenee, että elävien oksien asianmukainen karsiminen on suoritettava varovaisemmin kuin kuolleiden oksien. Asiaa ei ole tutkittu oksa oksalta, mutta elävien oksien lukumäärä laskettiin jokaisesta rungosta. Ruotsin-

kylän metsikössä n:o 2 ja Punkanharjun metsikössä n:o 1 onkin laskettu yläosan varsinainen karsimisaika pituusyksikköä kohden oksan suuruuden ollessa 15—17 mm jakamalla rungot tuoreiden oksien lukumäärän perusteella luokkiin. Tulokset on nähtävissä seuraavasta asetelmasta:

Eläviä oksia, kpl *Number of living branches*	Tutkimuspaikka *Site of study* Punkaharju min/m *min/m.*	Ruotsinkylä
0	0.66	0.81
1—3	0.76	0.92
4—6	0.85	1.11
7—9	..	(1.10)

Luvut osoittavat, että elävien oksien lukumäärällä näyttää olevan selvä vaikutus varsinaiseen karsimisaikaan. Todennäköisesti vaihtelut ovat johtuneet juuri elävien oksien luvun vaihteluista. Elävien oksien karsiminen lisää siis varsinaista karsimisaikaa. — Tämä seikka ei vaikuta jo esitettyihin tuloksiin, sillä elävien oksien lukumäärä on ollut suunnilleen sama kaikissa oksikkuusluokissa eli n. 1—2 kpl runkoa kohden.

4 325. Oksien lukumäärän vaikutus

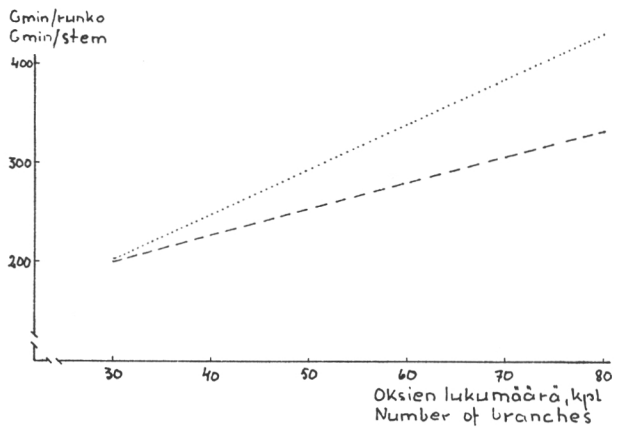
Oksien lukumäärän vaikutusta varsinaiseen karsimisaikaan tutkittiin vain Vesijaolla ja Ruotsinkylässä. Korrelaation tilastolliset tunnusluvut on esitetty taulukossa 10 (ks. liite 2).

Luvuista nähdään, että korrelaatio oksien lukumäärän ja varsinaisen karsimisajan välillä on melko selvä. Onhan korrelaatiokertoimen arvo yhtä poikkeusta lukuunottamatta yli 0.4, mikä osoittaa jo sekin keskinkertaista korrelaatiota. Riippuvuus on alaosaa karsittaessa selvempi kuin yläosaa karsittaessa. Siis tilanne on oikeastaan päinvastainen kuin oksien suuruuden ollessa kyseessä. Myös on todettava, että oksien läpimitan ja varsinaisen karsimisajan välinen korrelaatio on huomattavasti voimakkaampi kuin oksien lukumäärän ja varsinaisen karsimisajan välinen.

Piirroksessa 3 on kuitenkin esitetty varsinaiset karsimisajat oksien lukumäärän funktiona. Ajat vastaavat suunnilleen 19 mm. keskimääräisiä oksan läpimittoja.

4 326. Yhdistelmä

Oksien paksuus on siis parempi varsinaisen karsimisajan kuvaaja kuin oksien lukumäärä. Todellisuudessa tilanne on kuitenkin se, että nämä molemmat tekijät vaikuttavat varsinaiseen karsimisaikaan yhtä aikaa ja



Piirros 3. Varsinaisen karsimisajan riippuvuus karsitun osan oksien lukumäärästä. (vrt. piirros 1)

Fig. 3. Dependence of the actual pruning time on the number of branches in the pruned part of stem. (cf. fig. 1)

toisistaan tavallaan riippumatta. Niiden välillä ei näet näytä vallitsevan lainkaan korrelaatiota, kuten aiemmin esitetyt korrelaatiokertoimet suurimman oksan ja oksien lukumäärän välillä osoittavat (ks. s. 23).

Vasta laskemalla osittaiskorrelaatiokertoimet voidaan saada selville, mikä on erikseen paksuimman oksan ja mikä oksien lukumäärän vaikutusta. Nämä kertoimet saivat seuraavat arvot.

Vesijako	$r_{xy:\,z} = +0.708 \pm 0.022$	$r_{xz:\,y} = +0.560 \pm 0.031$
Ruotsinkylä	$r_{xy:\,z} = +0.630 \pm 0.025$	$r_{xz:\,y} = +0.485 \pm 0.032$

Merkinnöistä tarkoittaa x karsimisaikaa, y suurinta oksaa ja z oksien lukumäärää.

Molemmissa tutkimuspaikoissa myös osittaiskorrelaatiokertoimet osoittavat, että paksuin oksa, siis oksien läpimitta, vaikuttaa varsinaiseen karsimisaikaan enemmän kuin oksien lukumäärä. Senkin vaikutus on kuitenkin varsin vahva. Varsinaisen karsimisajan suuruus riippuu siis karsittavien oksien läpimitasta ja niiden lukumäärästä. Yhteisesti näiden tekijöiden vaikutus voidaan esittää regressioyhtälöinä seuraavasti.

Vesijako	$x = 0.151\,y + 0.043\,z - 0.410$
Ruotsinkylä	$x = 0.093\,y + 0.022\,z - 1.910$

Yhtälöissä tarkoittaa x varsinaista karsimisaikaa, y suurimman oksan läpimittaa ja z oksien lukumäärää.

Taulukko 10. Varsinaisen karsimisajan riippuvuutta oksien lukumäärästä kuvaavat tunnusluvut.

Table 10. Statistical characteristics describing the dependence of the actual pruning time on the number of branches.

Tutkimuspaikka *Site of study*	Korrelaatiokerroin *Coeff. of correlation*	Regressioyhtälö *Regression equation*
	Alaosan karsiminen *Pruning of lower part*	
Vesijako	+0.481 ± 0.034	y = 0.021 x + 0.978
Ruotsinkylä	+0.536 ± 0.030	y = 0.039 x + 0.249
	Yläosan karsiminen *Pruning of upper part*	
Vesijako	+0.447 ± 0.036	y = 0.037 x + 0.307
Ruotsinkylä	+0.374 ± 0.036	y = 0.053 x + 0.633
	Koko rungon karsiminen *Pruning of the stem*	
Vesijako	+0.452 ± 0.036	y = 0.026 x + 1.219
Ruotsinkylä	+0.417 ± 0.035	y = 0.046 x + 0.654

433. Läpimitta varsinaisen karsimisajan kuvaajana

4 331. Läpimitta ja oksaisuus

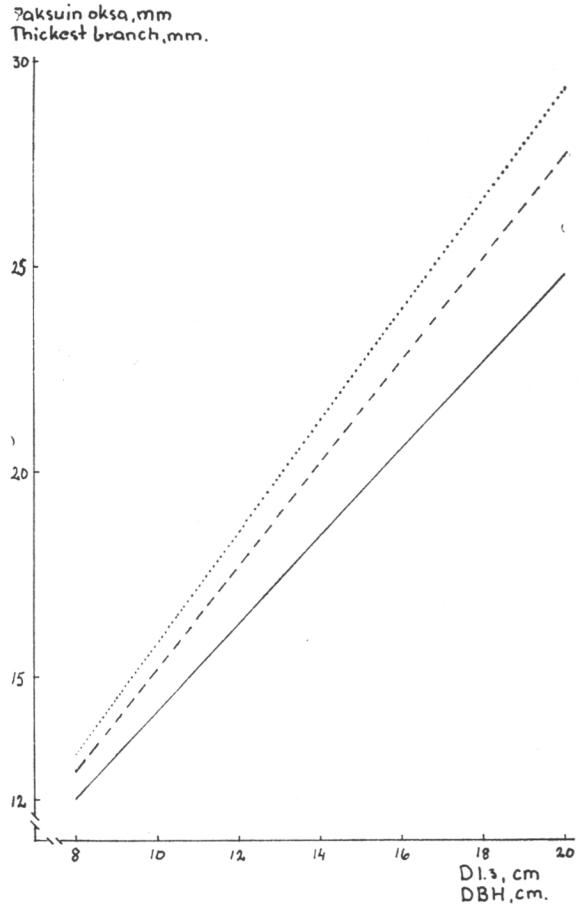
Käytännössä on oksien vahvuutta ja lukumäärää tarkasti aivan mahdotonta mitata. Ne eivät siis sovi työvaikeustekijöiksi karsimisaikaa eri metsiköissä määritettäessä, vaan olisi löydettävä jokin muu oksaisuuden osoittaja, joka voitaisiin helposti mitata tai arvioida. Kysymystä oksaisuuden välillisistä kuvaajista onkin monessa yhteydessä aiemmin tutkittu ja onkin löydetty monia tunnuksia, joiden avulla oksaisuudesta saadaan likimääräinen selvyys.

Runkomuodon ja oksaisuuden välillä on havaittu riippuvuutta, kuten monista tutkimuksista ilmenee (kirjallisuutta mainittu mm. Heiskanen 1954). Sekä solakkuus että kapeneminen ovat jossain määrin käyttökelpoisia oksaisuuden tunnuksia, mutta varsinkin kapenemisen ja oksaisuuden välinen korrelaatio vaihtelee melko herkästi eri seikoista riippuen (esim. Klem 1934). Solakkuus on kapenemista varmempi tunnus, mutta senkin varjopuolena on puiden pituuden mittauksen välttämättömyys.

Puiden läpimitta, sopivin lienee läpimitta rinnankorkeudelta, tarjoaa helpoimmin mitattavan oksaisuuden tunnuksen. Ruotsissa on oksaisuuden määrittämiseksi hakkuutöiden palkkaperusteita varten suositeltu käytettäväksi ns. suhteellista läpimittaa, jolla tarkoitetaan normaalimetsän ja samanikäisen talousmetsän keskiläpimittojen suhdetta (Almqvist 1945).

Onkin tunnettua, että tiheässä asennossa hitaasti kasvaneet puut ovat yleensä vähä- ja hento-oksaisempia kuin harvassa asennosa nopeasti kasvaneet puut (esim. H e i s k a n e n 1954). Myös tämän aineiston perusteella oksaisuus osoittautui riippuvan selvästi rungon läpimitasta. Korrelaatiokertoimet puun läpimitan ja paksuimman oksan läpimitan välillä olivat eri tutkimuspaikoissa seuraavat alaosan, yläosan ja koko karsitun osan kohdalla.

	alaosa	yläosa	koko runko
Punkaharju	$+0.447 \pm 0.030$	$+0.504 \pm 0.028$	$+0.507 \pm 0.028$
Vesijako	$+0.704 \pm 0.023$	$+0.739 \pm 0.020$	$+0.730 \pm 0.021$
Ruotsinkylä	$+0.600 \pm 0.027$	$+0.747 \pm 0.018$	$+0.714 \pm 0.020$



Piirros 4. Karsitun osan paksuimman oksan läpimitan riippuvuus rinnankorkeusläpimitasta. (vrt. piirros 1)

Fig. 4. Dependence of the diameter of the thickest branch of the pruned part on the breast height diameter. (cf. fig. 1)

Riippuvuus on siis alaosan kohdalla heikoin, mutta siinäkin varsin selvä. Läpimitta on siis hyvä rungon paksuimman oksan koon osoittaja. Se ei kuitenkaan näytä oksan absoluuttista läpimittaa, vaan kuvaa ainoastaan suhteet eri läpimittaisten puiden oksaisuuden välillä. Se havaitaan myös piirroksesta 4, jossa on kuvattu karsitun osan paksuin oksa runkojen läpimittaluokittain eri tutkimuspaikoilla.

Piirros osoittaa, että Punkaharjulla oksat ovat olleet kaikissa puiden läpimittaluokissa pienempiä kuin Vesijaolla, ja Ruotsinkylässä taas oksat ovat olleet suurempia kuin molemmissa muissa tutkimuspaikoissa. Suhteet ovat sitä vastoin suunnilleen samanlaiset kaikkialla. Merkittäessä 10 cm:n läpimittaisen puun suurimman oksan läpimittaa luvulla 100, saavat 18 cm:n läpimittaisen puun suurimmat oksat suhteelliset arvot 161, 166 ja 168 eri tutkimuspaikoissa. Läpimitta ei voi kuitenkaan sellaisenaan olla hyvin tarkka työvaikeuden osoittaja karsimistyössä. Sen lisäksi pitäisi olla tiedossa ainakin ylimalkainen tieto siitä, ovatko puut karsittavalta osaltaan keskimääräistä ohuempi- tai paksumpioksaisia. Kerätyn aineiston perusteella olivat eri läpimittaluokkien puiden keskimääräiset suurimmat oksat seuraavat eri läpimittaluokissa. Niitä voidaan jatkokäsittelyssä pitää »normaaliarvoina», joihin vertailut suoritetaan.

D 1.3, cm *DBH, cm*	Suurin oksa, mm *Thickest branch, mm*		
	Karsittava osa *Pruned part*	Alaosa *Lower part*	Yläosa *Upper part*
8	12.6	10.3	12.4
9	13.8	11.3	13.8
10	15.0	12.3	15.0
11	16.3	13.3	16.1
12	17.5	14.3	17.1
13	18.7	15.3	18.4
14	19.9	16.3	19.6
15	21.2	17.3	21.2
16	22.4	18.3	22.4
17	23.6	19.2	23.6
18	24.9	20.3	24.9
19	26.1	21.3	26.1

Puun läpimitan ja oksien lukumäärän välillä ei sitä vastoin ole havaittavissa korrelaatiota. Sen osoittavat seuraavat korrelaatiokertoimet, joiden arvo on hyvin lähellä nollaa. Ruotsinkylässä kerroin on käytännöllisesti katsoen nolla.

Vesijako ..... $+0.061 \pm 0.045$
Ruotsinkylä ..... $+0.013 \pm 0.042$

Taulukko 11. Varsinaisen karsimisajan riippuvuutta rungon rinnankorkeusläpimitasta kuvaavat tilastolliset tunnusluvut.

Table 11. Statistical characteristics describing the dependence of the actual pruning time on the breast height diameter of stem.

Tutkimuspaikka *Site of study*	Korrelaatiokerroin *Coeff. of correlation*	Regressioyhtälö *Regression equation*
	Alaosan karsiminen *Pruning of lower part*	
Punkaharju	+0.101 ± 0.037	y = 0.026 x + 1.408
Vesijako	+0.296 ± 0.041	y = 0.051 x + 1.345
Ruotsinkylä	+0.370 ± 0.036	y = 0.102 x + 0.546
	Yläosan karsiminen *Pruning of upper part*	
Punkaharju	+0.463 ± 0.030	y = 0.090 x — 0.061
Vesijako	+0.564 ± 0.030	y = 0.071 x — 0.053
Ruotsinkylä	+0.476 ± 0.032	y = 0.123 x — 0.013
	Yhteensä *Total*	
Punkaharju	+0.322 ± 0.034	y = 0.121 x + 1.289
Vesijako	+0.496 ± 0.034	y = 0.125 x + 1.264
Ruotsinkylä	+0.484 ± 0.032	y = 0.227 x + 0.488

Taulukko 12. Metriä kohden lasketun varsinaisen karsimisajan riippuvuutta rinnankorkeusläpimitasta kuvaavat tilastolliset tunnusluvut.

Table 12. Statistical characteristics describing the dependence of the actual pruning time calculated per meter on the breast height diameter of stem.

Tutkimuspaikka *Site of study*	Korrelaatiokerroin *Coeff. of correlation*	Regressioyhtälö *Regression equation*
	Alaosan karsiminen *Pruning of lower part*	
Punkaharju	+0.140 ± 0.037	y = 0.009 x + 0.359
Vesijako	+0.360 ± 0.039	y = 0.015 x + 0.300
Ruotsinkylä	+0.364 ± 0.036	y = 0.026 x + 0.151
	Yläosan karsiminen *Pruning of upper part*	
Punkaharju	+0.303 ± 0.034	y = 0.045 x + 0.117
Vesijako	+0.470 ± 0.035	y = 0.034 x + 0.146
Ruotsinkylä	+0.493 ± 0.032	y = 0.074 x + 0.027

Korrelaatiokertoimien keskivirheet puolestaan antavat aiheen päätellä, että riippuvuus ei ole merkitsevä myöskään Vesijaolla.

Puun läpimitta ei siis kuvaa lainkaan karsittavien oksien lukumäärää. Käytettäessä läpimittaa oksaisuuden tunnuksena karsimisvaikeutta määritettäessä jää oksien lukumäärän vaikutus karsimisaikaan kokonaan huomioon ottamatta. Asia ei ole kuitenkaan varsin tärkeä, sillä oksien lukumäärä näyttää olevan keskimäärin verraten samanlainen eri metsiköissä. Eri tutkimusmetsiköissä keskimääräiset oksien lukumäärät karsitulla osalla osoittavat tämän seikan. Ne olivat seuraavat: Vesijaolla 65 kpl ja Ruotsinkylässä 58 kpl. Erot ovat kuitenkin niin suuret, että ne saattavat jossain määrin vaikuttaa karsimisajan suuruuteen. Käytännölliseltä merkitykseltään tämä vaikutus on joka tapauksessa erittäin vähäinen.

4 332. Varsinainen karsimisaika rungon d 1.3-luokittain

Puun läpimitan näennäinen vaikutus varsinaiseen karsimisaikaan on esitetty tilastollisina tunnuslukuina taulukossa 11 (ks. liite 3). Korrelaatiokertoimet osoittavat, että läpimitan ja karsimisajan välinen korrelaatio on varsin selvä mutta kuitenkin heikompi kuin suurimman oksan ja oksien lukumäärän sekä karsimisajan välinen korrelaatio. Tämä onkin odotettavissa, sillä niinkuin mainittiin, läpimitan ja suurimman oksan välinen korrelaatio ei ole aivan täydellinen.

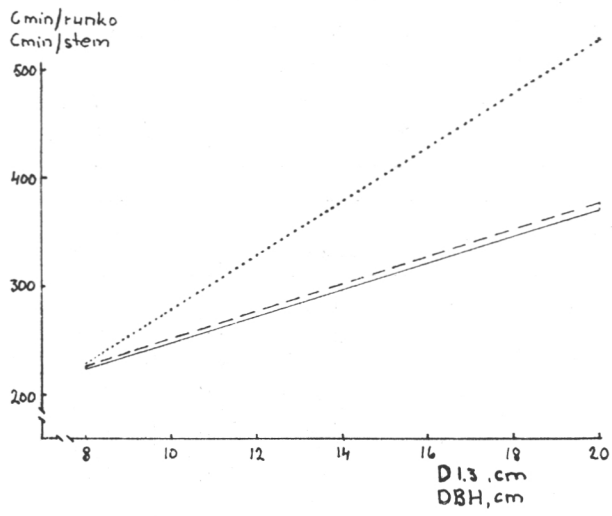
Metriä kohden laskettujen varsinaisten karsimisaikojen riippuvuutta puiden rinnankorkeusläpimitasta kuvaavat tilastolliset tunnusluvut nähdään taulukosta 12.

Puun läpimitta sellaisenaan ei vaikuta lainkaan karsimisaikaan ainakaan niin, että sen vuoksi työaika lisääntyisi puun läpimitan lisääntyessä. Se nähdään hyvin osittaiskorrelaatiokertoimista, jotka saivat eri tutkimuspaikoissa seuraavat arvot koko karsitun osan varsinaisesta karsimisajasta kyseen ollen.

Punkaharju	+0.01
Vesijako	+0.04
Ruotsinkylä	+0.06

Läpimitalla saattaa olla sitä vastoin päinvastainen vaikutus karsimisaikaan. Tutkimuksia maastossa suoritettaessa nimittäin havaittiin, että pienimpien puiden karsiminen saattaa olla puiden heilumisen ja taipumisen vuoksi vaikeampaakin kuin suurten puiden karsiminen. Tämä vaikutus ei kuitenkaan näy tutkimuksen tuloksista.

Läpimittaa voidaan joka tapauksessa käyttää karsimisajan suuruutta kuvaavana tunnuksena. Piirrokseen 5 onkin kuvattu eri työntekijöiden tasoitetut keskimääräiset karsimisajat läpimittaluokittain. Nämä luvut perustuvat siis keskimäärin 6.0—6.1 metrin karsimiskorkeuteen ja muihin



Piirros 5. Varsinaisen karsimisajan riippuvuus rinnankorkeusläpimitasta eri tutkimuspaikoilla. (vrt. piirros 1)
Fig. 5. Dependence of the actual pruning time on the breast height diameter at the different places of study. (cf. fig. 1)

keskimääräisiin olosuhteisiin tutkimusmetsiköissä, jotka on esitetty mm. taulukossa 3. Kysymyksessä ovat siis eräänlaiset käytännöstä saadut esimerkit varsinaisen karsimisajan suuruudesta puun läpimittaluokittain. Ne eivät kuitenkaan sovi sellaisenaan esittämään suhteellista työvaikeutta eri tapauksissa.

Kuten jo aiemmin on todettu saattaa karsitun osan pituus vaihdella jonkin verran eri tapauksissa. Myös se, että läpimitta kuvaa oksaisuutta eri tavoin eri metsiköissä, on edellä jo esitetty. Onkin laskettavissa keskimääräiset varsinaiset olettamalla olosuhteet kaikissa metsiköissä samanlaisiksi ja vastaamaan tutkimusmetsikköjen keskiarvoja. Nämä laskentaperusteet ovat seuraavat.

Oksaton osa, m	0.5
Alaosa, m	3.9
Yläosa, m	1.6

Samoin on varsinaiset karsimisajat muunnettu vastaamaan sivulla 32 esitettyjä suurimpia oksia. Näin saadaan taulukossa 13 esitetyt keskimääräiset työajat eri tutkimuspaikoille. Taulukkoon on laskettu myös suhteelliset työajat merkitsemällä keskimääräisen rinnankorkeudelta 13 cm vahvuisen puun karsimisaikaa luvulla 100. Kaikkien metsien keskiarvoiset suhdeluvut osoittavat varsinaiseen karsimistyöhön kuluvan ajan keskimääräistä riippuvuutta rungon koosta tämän tutkimuksen mukaisena.

Taulukko 13. Varsinainen karsimisaika muunnettuna vastaamaan kaikissa metsiköissä samanlaisia olosuhteita karsitun osan pituuden ja oksien paksuuden osalta.

Table 13. The actual pruning time converted to correspond to equal conditions in all stands in respect to the pruned part and the thickness of branches.

D 1.3, cm *DBH, cm*	Punkaharju		Vesijako		Ruotsinkylä		Keskim. suhdeluku *Average ratio*
	min/runko *min/stem*	suhdeluku *ratio*	min/runko *min/stem*	suhdeluku *ratio*	min/runko *min/stem*	suhdeluku *ratio*	
8	2.51	79.7	2.22	80.7	2.39	70.9	77.1
9	2.62	83.2	2.32	84.4	2.58	76.6	81.4
10	2.75	87.3	2.43	88.4	2.78	82.5	86.1
11	2.87	91.1	2.54	92.4	2.98	88.4	90.6
12	3.01	95.6	2.65	96.4	3.19	94.7	95.6
13	3.15	100.0	2.75	100.0	3.37	100.0	100.0
14	3.27	103.8	2.87	104.4	3.58	106.2	104.8
15	3.40	107.9	2.98	108.4	3.77	111.9	109.4
16	3.51	111.4	3.07	111.6	3.96	117.5	113.5
17	3.65	115.9	3.19	116.0	4.17	123.7	118.5
18	3.78	120.0	3.30	120.0	4.37	129.7	123.2
19	3.90	123.8	3.41	124.0	4.56	135.3	127.7
20	4.02	127.6	3.51	127.6	4.76	141.2	132.1

Varsinainen karsimisaika muuttuu siis n. 4—5 %:lla läpimitan suuretessa tai pienetessä yhdellä senttimetrillä.

44. Karsimisen työmaa-aika

Suoritettujen aikatutkimusten mukaan karsimisen työmaa-aika oli eri metsiköissä keskimäärin seuraavan asetelman mukainen. Myös tässä yhteydessä luetellaan metsiköt työmaa-ajan pituusjärjestyksessä alkaen metsiköstä, jossa työmaa-aika on ollut lyhin.

Metsikkö *Stand*			Työmaa-aika min/runko *Working time min/stem*
Punkaharju	n:o	2	3.25
Punkaharju	»	3	3.41
Vesijako	»	1	3.62
Punkaharju	»	1	3.77
Ruotsinkylä	»	3	3.89
Vesijako	»	2	3.94
Ruotsinkylä	»	1	4.11
Ruotsinkylä	»	2	4.87

Tutkimuspaikoittain olivat keskimääräiset työmaa-ajat taas seuraavat: Punkaharjulla 3.39 min/runko, Vesijoella 3.80 min/runko ja Ruotsinkylässä 4.25 min/runko. Koko aineiston keskiarvona saadaan karsimisen työmaa-ajaksi 3.78 min runkoa kohden. Saadut tulokset vastaavat verraten hyvin amerikkalaisten tutkimusten tuloksia, mutta ottaen huomioon karsimiskorkeuden suuruuden osoittavat kuitenkin työmaa-ajan pienemmäksi kuin USA:ssa. Saksalaisissa tutkimuksissa karsimisaika on saatu huomattavasti suuremmaksi kuin tässä tutkimuksessa (ks. s. 8—9).

Työmaa-aika vaihtelee johtuen monista tekijöistä, joista edellä on ollut puhetta siirtymisaikaa sekä varsinaisista karsimisaikaa käsiteltäessä. Työmaa-ajan riippuvuus tärkeimmästä karsimisvaikeuden tunnuksesta, rungon läpimitasta on esitetty taulukossa 14. Sen laskentaperusteet ovat samat kuin taulukoiden 7 ja 13. Lisäksi on laskennassa käytetty lepoajan suuruutena 10 % työmaa-ajasta ja hukka-ajan suuruutena 2 % työmaa-ajasta. Taulukkoon on laskettu myös karsimisen työmaa-aikaa vastaavat suhdeluvut, jotka kuvaavat siis läpimitan vaikutusta karsimisen työmaa-aikaan karsimiskorkeuden ollessa 6.0 metriä ja runkojen lukumäärän 600 kpl hehtaarilla.

Taulukko 14. Karsimisen muunnetut työmaa-ajat eri tutkimuspaikoilla.
Table 14. The converted working times for pruning at the different sites of study.

D 1.3 cm *DBH, cm*	Punkaharju		Vesijako		Ruotsinkylä		Keskim. suhdeluku *Average ratio*
	min/runko *min/stem*	suhdeluku *ratio*	min/runko *min/stem*	suhdeluku *ratio*	min/runko *min/stem*	suhdeluku *ratio*	
8	3.21	81.9	2.86	82.4	3.09	73.4	79.2
9	3.34	85.2	2.98	85.9	3.29	78.1	83.1
10	3.48	88.8	3.10	89.3	3.52	83.6	87.2
11	3.62	92.3	3.23	93.1	3.75	89.1	91.5
12	3.77	96.2	3.35	96.5	3.98	94.5	95.7
13	3.92	100.0	3.47	100.0	4.21	100.0	100.0
14	4.07	103.8	3.60	103.7	4.43	105.2	104.2
15	4.22	107.7	3.72	107.2	4.65	110.5	108.5
16	4.36	111.2	3.84	110.7	4.87	115.7	112.5
17	4.51	115.1	3.96	114.1	5.10	121.1	116.8
18	4.66	118.9	4.09	117.9	5.33	126.6	121.1
19	4.79	122.2	4.21	121.3	5.55	131.8	125.1
20	4.94	126.0	4.33	124.8	5.77	137.1	129.3

Kun karsimiskorkeus on 5.5 metriä ja rungot muutoin samanlaisia kuin tämän tutkimuksen keskipuu, ovat karsimisen työmaa-ajat esimerkiksi 13 cm:n rinnankorkeusläpimittaluokassa n. 0.2 minuuttia taulukossa 14 esitettyjä lyhemmät.

Karsimisen työmaa-aikaan vaikuttavat myös monet muut tekijät, joita ei kuitenkaan ole voitu ottaa huomioon työvaikeustaulukkoa laskettaessa. Niiden vaikutus ei tosin yleensä ole varsin suuri, mutta siitä huolimatta on nämä tekijät syytä vielä toistaa.

Siirtymisaika riippuu ensi sijassa karsittavien runkojen lukumäärästä pinta-alayksikköä kohden (ks. taulukko 7). Muista tekijöistä mainittakoon maaston laatu, erityisesti hakkuutähteiden määrä ja se, karsitaanko metsikön kaikki rungot vai ei. Myös metsikön tiheys saattaa vaikuttaa siirtymisaikaan samoin kuin varsinaiseen karsimisaikaankin. Siirtymisajan pituus vaihtelee myös työmenetelmien mukaa. Esitetyt tulokset kuvaavat kaksivaiheista karsimistyötä. Kolmivaiheisessa työssä kuluu siirtymisiin n. 30 % enemmän aikaa.

Varsinaiseen karsimisaikaan vaikuttavista tekijöistä, joita taulukossa 14 ei ole otettu huomioon, on mainittava seuraavat: oksien lukumäärä, elävien oksien lukumäärä, karsittavan osan pituus, josta aiemmin jo mainittiin, sekä karsittavien oksien korkeus maasta. Eritoten viimeksimainittu tekijä on huomion arvoinen, mikäli karsimiskorkeus poikkeaa hyvin paljon tämän tutkimuksen keskimääräisestä karsimiskorkeudesta. Työmenetelmä saattaa myös vaikuttaa varsinaisen karsimisajan suuruuteen, mutta sitä ei ole nyt lainkaan selvitelty.

Kaikkien työvaiheiden suorittamisen vaatimaan aikaan vaikuttaa kuitenkin eniten työntekijä, mikä seikka ilmenee selvästi esitellyistä tutkimustuloksista. Ei voidakaan olla varmoja, vastaavatko saadut keskimääräiset työajat laajemman aineiston keskiarvoja. Senvuoksi onkin pidettävä vain työvaikeussuhteita lopullisina tuloksina, ja työajan menekkiä on syytä tarkastella lähemmin.

45. Työtulokset karsimistyössä

Esitetyt keskimääräiset työmaa-ajat vastaavat seuraavia keskimääräisiä työtuloksia tuntia kohden: Punkaharjulla 17.7 runkoa, Vesijaolla 15.8 runkoa ja Ruotsinkylässä 14.1 runkoa sekä keskimäärin 15.9 runkoa.

Taulukon 14 korjatuista työmaa-ajoista saadaan keskimääräistä 13 cm:n runkoa vastaaviksi työtuloksiksi eri tutkimuspaikoilla: Punkaharjulla 15.3 runkoa/tunti, Vesijaolla 17.3 runkoa/tunti ja Ruotsinkylässä 14.3 runkoa/tunti. Eri pituisina työpäivinä saadaan näiden lukujen perusteella työtuloksiksi raja-arvoineen seuraavat.

Työpäivä, tuntia *Working day, hours*	Työtulos, runkoa *Pruned stems, per day*	
6	95	(86—104)
7	111	(100—121)
8	127	(114—138)

Työtulokset ovat hieman suuremmat kuin Heikinheimon (1938) ilmoittama 100 runkoa 8 tunnin työpäivänä. Myöhemmin Heikinheimo (1956) on arvioinut työtuloksen vielä pienemmäksi vain 75—100 rungoksi päivässä.

Taulukko 15. Karsimisen työtuloksia tilastojen mukaan eri kokeilualueissa 1930-luvulla.

Table 15. Working results for pruning according to statistics in various experimentation areas in the 1930's.

Kokeilualue *Experimental forest*	Runkoja, kpl *Number of stems*	Keskim. D 1.3 *DBH, average*	Työtulos, runkoa/pv *Pruned stems/day*
Kymölä	150	15—30	50
Raivola	43 827	16—30	98
Solböle	87	12	44
Veikkola	18 000	12—15	100
Vilppula	1 476	11—13	92
Yhteensä	63 540	11—30	98

Metsäntutkimuslaitoksen kokeilualueosaston tilastoista kerätyt päivätyötulokset karsimistyössä ovat käytännöllisesti katsoen samat kuin Heikinheimon ilmoittamat eli 98 runkoa työpäivässä. Tämän 63 540 rungon karsimiseen vv:lta 1935—39 sisältävän tilaston tulokset on esitetty kokeilualueittain eriteltynä taulukossa 15.

Siitä havaitaan, että työtulokset ovat vaihdelleet melko laajoissa rajoissa, mikä saattaa kuitenkin johtua osittain myös tilaston keruun epätarkkuudesta. Se on näet alunperin tarkoitettu tutkimuslaitoksen vuosikertomusta varten. Läpimitat ovat siinä varsin ylimalkaisia, mutta varmuudella kuitenkin suuremmat kuin aikatutkimuksissa. Työajan pituudesta ei myöskään ole tarkkaa tietoa. Työpäivä on tosin ollut 8 tuntinen, mutta koko tätä aikaa ei ole varmastikaan oltu karsittavissa metsiköissä, vaan osa ajoista on käytetty työmaalle kulkemiseen. Tilastoon on myös ilmeisesti sisältynyt työpäiviä, joiden aikana on jouduttu pitämään pitkiäkin taukoja esim. sateen vuoksi. Myös lauantaipäiviä on ilmeisesti mukana. Tuntuu näin ollen todennäköiseltä, että aikatutkimusten työmaa-aikaan verrattava työpäivän pituus on ollut korkeintaan 7—7½ tuntia, joista alempi arvo vaikuttaa todennäköisemmältä. Mainittakoon, että aikatutkimusten mukaan täysien työpäivien pituus oli 6 t 22 min, joka kuitenkin lienee tutkimustöistä johtuen normaalia lyhyempi.

Vertailtaessa tilaston mukaista työtulosta aikatutkimuksista saatuun seitsemän tunnin työtulokseen, havaitaan jälkimmäinen n. 13 % suuremmaksi. Kun otetaan huomioon erot runkojen suuruudessa, voidaan pitää kuitenkin todennäköisenä, että ero on korkeintaan 10 prosentin suuruusluokkaa. Tässä aikatutkimuksessa ovat työntekijät siis pitäneet jonkin verran tavallista nopeampaa työtahtia. Em. päätelmien mukaisesti voidaan todeta keskimääräisen työtuloksen olevan käytännössä todennäköisesti vain n. 100 runkoa työpäivänä. Asia pitäisi kuitenkin tutkia tarkemmin järjestelmällisesti kerättävien työtilastojen avulla.

Työmaa-ajat, joita on edellä esitetty, ovat siis myös todennäköisesti käytäntöä ajatellen liian alhaiset. Käytännössä työmaa-aika lienee n. 10 % korkeampi eli n. 4.2 minuuttia runkoa kohden.

46. Yhdistelmä

Kolmessa tutkimuspaikassa maan eteläpuoliskossa suoritetut aikatutkimukset, joissa tutkittiin kolmen työntekijän työtä yhteensä 1 775 rungon karsimisessa, ovat antaneet mm. seuraavat tärkeimmät tulokset.

1. Työmaa-ajasta muodostaa varsinainen karsimisaika 76—81 %, siirtymisaika 8—10 %, lepoaika 7—15 % ja hukka-aika 1—3 %.

2. Siirtymisaika on yläosaa karsittaessa pitempi kuin alaosaa karsittaessa. Kokonaissiirtymisaika karsittaessa 600 runkoa hehtaarilta on 0.30—0.32 min. runkoa kohden kaksivaiheisessa työssä.

3. Varsinainen karsimisaika, joka vaihteli eri metsiköissä 2.61 minuutista 3.90 minuuttiin, riippuu oksien paksuudesta ja lukumäärästä, elävien oksien lukumäärästä ja karsimiskorkeudesta.

4. Rungon läpimitta kuvaa varsin hyvin karsitun osan suurinta oksaa, ja se sopiikin käytännössä tunnukseksi karsimisvaikeutta määritettässä. Läpimitalla ei sen sijaan itsellään ole vaikutusta varsinaisen karsimisajan suuruuteen.

5. Lasketut varsinaiset karsimisajat vaihtelivat keskimääräisen 13 cm:n vahvuisen rungon karsimisessa eri tutkimuspaikoilla 2.75 minuutista 3.37 minuuttiin. Yhden sentin lisäys tai vähennys rungon läpimitassa aiheuttaa 4—5 % muutoksen varsinaisessa karsimisajassa.

6. Karsimisen työmaa-aika vaihteli eri työpaikoilla 3.25 minuutista 4.87 minuuttiin runkoa kohden. Muunnetut keskimääräiset työmaa-ajat 13 cm:n rungon karsimisessa olivat 3.47 min. — 4.21 min.

7. Keskimääräiset muunnetut työtulokset olivat tuntia kohden vastaavasti eri tutkimuspaikoilla: 14.3, 15.3 ja 17.3 sekä keskimäärin 15.9 runkoa.

8. Erään 1930-luvun karsimistöistä kerätyn tilaston mukaan keskimääräinen päivätyötulos on 98 mäntyrunkoa päivässä, jonka perusteella on päätelty nyt suoritettujen aikatutkimusten antaneen mahdollisesti n. 10 % liian korkeita työtuloksia ja vastaavasti normaalia lyhempiä työaikoja.

Kirjallisuutta

Almqvist, Gösta. 1945. Några synpunkter på tidstudierna och deras användning inom skogsbruket. Norrl. Skogsvårdsförb. Tidskr. 1, ss. 23—46.

Aro, Paavo. 1954. Uusi ehdotus työn ja työajan jaottelun yhdenmukaistamiseksi metsätyön tutkimuksissa. Metsäntutkimusl. julk. 44.

Blomqvist, A. G. 1879. Om uppqvistning af träd. Finska Forstfören. Medd. 1 Bd.

Bull, Henry. 1937. Tools and labor requirements for pruning longleaf pine. Jour. For., ss. 359—364.

Cuno, John B. 1935. Power pruning. Jour. For., ss. 753—754.

Fuchs, O. 1931. Der Zuschlag bei der Zeitstudie. Forstarchiv. ss. 370—373.

Geddes, J. C., Erickson, A. G. 1939. The use of the two-hand pruning shear in forest pruning. Jour. For., ss. 519—521.

Gläser, H. 1950. Die Ästung. Der Forstbetriebsdienst. s. 453.

Hegel, D. v. 1951. Neue Untersuchungsergebnisse zur Planung und Technik der Fichtenästung. Forst und Holz, ss. 142—145.

Heikinheimo, Olli. 1938. Metsäpuiden karsimisesta. Tapion kirjasia. Helsinki.

—»— 1956. Puiden karsiminen, Tapion taskukirja. ss. 131—132.

Heiskanen, Veijo. 1954. Tutkimuksia mäntytukkipuiden laatuluokitustavoista ja niiden tarkkuudesta. Metsäntutkimusl. julk. 44.

Hilf, H. H., Platzer, H. B. 1939. Das Ästen der Kiefer II. Die Arbeit des Ästens. Merkbl. f. d. Dt. Waldarb. 42.

Ilvey, B. E. 1950. The profit in pruning. The Timberman, Sept.

Klem, Gustav G. 1934. Undersøkelser av granvirkets kvalitet. Medd. Norske Skovforsøksv. Bind V ss. 197—348.

Mattoon, Wilburs R. 1942. Pruning southern pines. U.S. Dept. of Agr. Farm. Bull. N:o 1892.

Mayer — Wegelin, H. 1952. Das Aufästen der Waldbäume. Hannover.

Mayer, William H. 1940. Pruning natural pine stands. Jour. For. ss. 413—414.

Mencke. 1949. Hochästung von Douglasien. Forst und Holz, s. 350.

Moss, A. E. 1937. Pruning second growth hardwoods in Connecticut. Jour. For. ss. 823—828.

Müller, R. und Müller, Thomas, H. 1951. Durchforstung und Ästung. Das Pappelbuch. Bonn. s. 142.

Paul, Benson H. 1933. Pruning forest trees. Jour. For. ss. 563—566.

—»— 1938. Knots in second-growth pine and its desirability of pruning. U. S. Dept Agr., Misc. Publ. n:o 307.

Shaw, Elmer W., Staebler, George R. 1950. Financial aspects in pruning. U. S. Dept. of Agr. Pac. NW. For Exp. Sta.

Shaw, Elmer W. 1951. Artifical pruning of douglas-fir at the Voigth Creek Experimental Forest. (Konekirjoite).

STUDIES ON PRUNING OF PINE

TIME STUDIES CONCERNED WITH THE PRUNING WORK

Summary

Introduction

Studies on the pruning of pine, the working time required by it, its influence on the quality of trees, and its profitableness have been carried on by the Forest Research Institute in the last few years. The present publication, the object where of is to analyse the length of the working time for pruning and the factors influencing it, is the first of that series of studies of pine.

Time studies were carried out in eight different stands covering the pruning of a total of 1 775 stems (Tables 2 and 3). The method was that of two-phase work, which means that the lower part of each stem was first pruned by means of a pruning saw provided with a shaft about 2 meters long and then the upper part with a saw whose shaft was approximately 4.5 meters long. Table 4 shows the weather conditions in the course of the study period.

The working time was divided into groups as follows: the actual pruning time, the moving time, the resting time, and the unproductive time (cf. Aro 1954). Resetting counters were being used in the studies. The differences in time between the sum total of the part-times and the total time were so small that no correction was required with regard to the measured times. (Table 1).

Distribution of the working time

The relative distribution of the working time between the different phases is shown by Table 5. By far the greatest part of the working time consists of the actual pruning time whose share is nearly 80 per cent. The share of the resting time averages 10 per cent and that of the unproductive time about 2 per cent. The moving time has consumed nearly 9 per cent the working time.

Moving time

Consideration of the moving time shows that considerably more time is consumed by moving while pruning upper part of stem than in pruning the lower part in stands where all stems are not pruned (Tabulation on p. 17). However, the moving time is influenced most by the distance between trees, as Table 6 shows. Table 7 shows the moving times as dependent on the number of trees to be pruned. On an average, the moving time, when pruning 600 stems per hectare, is 0.32 minutes per stem in two-phase work. In three-phase work (e.g. Shaw and Staebler 1950), the moving time appears to be longer by about onethird, i.e. 0.45 min. per stem.

Actual pruning time by branchiness classes

In different stands, the actual pruning time varied, per stem, from 2.61 mins. to 3.90 mins., averaging 2.95 minutes, as shown by the tabulation on p. 20. The variations are influenced by several factors of which, besides the influence of labor, under consideration will be taken the thickness, quality, and number of branches.

The thickest branch of the pruned part has been used in the studies as representative of the thickness of branches (cg. Heiskanen 1954). The fact is that the biggest branch characterizes the actual pruning time well, as Table 8 shows. The correlation is rectilinear when the branches vary in diameter from 1 to 3 cms. and are dry to an extent of 95 per cent. Further it should be noted that the pruning times have been calculated for the entire stem and not for individual branches. Fig. 1 shows average actual pruning times in different stands. They are based on the average pruning heights and their distribution, shown on p. 25.

The length of the part to be pruned may, however, vary quite considerably. Table 9 has been provided with the characteristics indicating the dependence of the actual pruning time per meter on the biggest branch. Fig. 2 shows the levelled actual pruning times per meter. As a rule, considerably less time is consumed by the pruning of the lower part per linear unit than by the pruning of the upper part containing branches of equal size. Besides, the biggest branch of the upper part is, on an average, decidedly bigger than the biggest branch of the lower part (Tabulation on p. 25).

The influence of the height of the branch to be pruned is comparatively apparent, as seen from the comparison of the pruning times for the lower and the upper part, respectively (cf. Paul 1933, Moss 1937). The pruning height varying from 5.5 to 6.2 meters, as was the case in the stands studied, no variations may be observed, however, in the pruning time calculated per linear unit of the upper part. If the pruning height deviates much from this, either up or down, the height of the branches to be pruned makes itself felt in the working times, too.

The influence of the branch quality becomes apparent in that considerably more time is consumed by green pruning than by dry pruning. An example of the influence of the number of growing branches is presented on p. 28.

The number of branches also influences comparatively the pruning time, as Table 10 shows. Fig 3 shows the levelled actual pruning times as a function of the number of branches. They correspond, on both sites of study, to the average biggest branch of approximately 19 mm.

The thickness and the number of branches, however, affect the actual pruning time simultaneously. This correlation is shown in the following equations of regression.

Vesijako ..... $x = 0.151\,y + 0.043\,z - 0.410$
Ruotsinkylä ..... $x = 0.093\,y + 0.022\,z - 1.910$

In the equations, x is the actual pruning time, y the diameter of the biggest branch, and z the number of branches.

Actual pruning time by DBH classes

In practice, however, the thickness and the number of branches are not suitable for characterizing the difficulty of work. The best characteristic, i.e. the one easiest to measure, in this respect is the diameter breast high on which the biggest branch is quite apparently dependent. It also is apparent from the coefficients of correlation

shown on p. 31 (cf. Fig. 4). On different sites certain diameter is representative of the thickest branch of varying size, but the ratios are practically the same on all sites. The average biggest branches are shown in the tabulation on p. 32 as means for the different sites of study.

No significant correlation was observed between the diameter of stem and the number of branches, as shown by the coefficients of correlation on p. 32.

The diameter of stem as such does not affect the pruning time at all. This is shown by the low values of the partial coefficients of correlation and the great mean errors shown on p. 34. The seeming influence, which is shown in Tables 11 and 12, on the other hand, is rather apparent, Fig. 5 shows the average pruning times for the different workers by DBH classes.

Table 13 consists of the calculations of the average actual pruning times on different sites presuming the conditions to be equal on all the sites. Normal conditions have been considered the average conditions prevailing in all the stands studied.

The working time for pruning

The working time for pruning varied in the stands from 3.25 mins. to 4.87 mins. per stem, and averaged 3.78 minutes. The dependence of the time on the DBH of tree is shown in Table 14, which has been prepared on the basis of Tables 7 and 13. The resting time has been taken as comprising 10 per cent and the unproductive time as 2 per cent of the working time. The table also includes the calculated ratios characterizing the pruning difficulty. They indicate the difficulty of the work when the conditions are the same as in the study stands on the average and the number of stems to be pruned is 600 stems per hectare. The working method is two-phase.

Working results in pruning

The corrected working times correspond to the following results of work per stem of 13 cms. in diameter, on an average: Punkaharju 15.3 stems per hour; Vesijako 17.3 stems per hour; and Ruotsinkylä 14.3 stems per hour. In a six-hour working day the average result of work is 95 stems, in a seven-hour day 111 stems, and in an eight-hour day 127 stems.

A statistics of work collected in the 1930's shows the working result per working day to have been 98 stems (Table 15). There is no indication of the length of working day, but surely not more than 7 hours has been spent in actual pruning. In the time study the length of full working day was 6 hours and 22 minutes, which corresponds to the working result of about 100 stems. This time, however, is no doubt shorter than normal owing to the inconveniences caused by the studies. Therefore it seems that in the time studies the working speed has been somewhat faster than usual. The difference probably is somewhere around 10 per cent.

Liite 1. Korrelaatiotaulukko varsinaisen karsimisajan ja paksuimman oksan läpimitan välisestä riippuvuudesta. Punkaharju.

Appendix 1. Correlation table showing the interdependence between the actual pruning time and the diameter of the thickest branch.

Varsinainen karsimisaika, cmin — *Actual pruning time cmin*	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	
645													1		1
615													1		1
585															
555								1							1
525									1						1
495									1		1				2
465													1		1
435						1	2	4	2					1	10
405			1		4	5	5	3	2	1	1				22
375					8	11	5	4	3	1		1			33
345			1	8	19	15	9	5	2	2	1				62
315			8	14	19	22	16	4	3						86
285		3	14	29	36	25	5	8	2	1	1	1			125
255		2	28	38	42	19	5	5	1						140
225		11	35	34	28	11	3	2							124
195		11	26	10	9	4		1							61
165		4	14	4	3										25
135		2	2	1											5
105	1				1										2
75		1													1
	1	34	129	138	169	113	50	37	17	5	4	2	3	1	703

Paksuin oksa, mm — *Thickest branch, mm*

Liite 2. Korrelaatiotaulukko varsinaisen karsimisajan ja oksien lukumäärän välisestä riippuvuudesta. Vesijako 1 ja 2.

Appendix 2. Correlation table showing interdependence between the actual pruning time and the number of branches.

Varsinainen karsimisaika, cmin — *Actual pruning time, cmin*	25	35	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	
675														1				1
645																		
615																		
585								1										1
555								1		1		1						3
525																		
495										1								1
465							2				1			1				4
435					1	1	2	1	2	3	1		1					12
405					1		1		2	8	1	3	1		1	1		19
375						1	3	7	3	2	2	3	1	1				23
345			1			3	3	8	16	7	10	7	5	2			1	63
315						4	3	13	15	12	11	7	3	1				69
285	1	1	1		5	5	10	19	21	16	8	10						97
255			1	2	4	7	12	17	16	10	6	6	1					82
225		1	2	1	10	13	21	17	10	7	3							85
195				5	6	4	3	3	3	1								25
165		1	2	1	2	3	2											11
135	1	1																2
105	1																	1
	3	4	7	9	29	41	62	87	88	68	43	37	12	6	1	1	1	499

Oksien lukumäärä — *Number of branches*

Liite 3. Korrelaatiotaulukko varsinaisen karsimisajan ja rinnankorkeusläpimitan välisestä riippuvuudesta. Ruotsinkylä.

Appendix 3. Correlation table showing the interdependence between the actual pruning time and the breast height diameter.

Varsinainen karsimisaika, cmin — *Actual pruning time, cmin*	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
735												1	1
705							1						1
675										1			1
645						1	2	1					4
615							1	1	1				3
585						1	1	2		1	1		6
555						1			1				2
525				1	1	2	4	3	2	4			17
495			1			2	4	6	4	4	1		22
465				1	5	8	2	1	1	1	1	1	21
435				1	6	9	7	11	3	1	1		39
405			2	4	9	9	7	2		1	2		36
375		2	1	5	6	16	12	1	3	1			47
345		3	7	14	13	10	6	4	4		1		62
315		3	8	15	12	10	9	5	6				68
285	1	4	10	7	11	14	9	6	1		2		65
255	1	9	17	11	13	21	2	4	2	2			82
225	2	8	10	11	4	8	1	4	1				49
195	2	2	7	10	6	4	3	1					35
165	1	1	3	1	1		2			1			10
135			1										1
	7	32	67	81	87	116	73	52	29	17	9	2	572

D1.3, cm *DBH cm*

RELASKOOPPIMENETELMÄN TARKKUUDESTA PUUSTON ARVIOINNISSA

YRJÖ VUOKILA

ON THE ACCURACY OF THE RELASCOPE METHOD OF CRUISING

SUMMARY IN ENGLISH

HELSINKI 1959

Helsinki 1959. Valtioneuvoston kirjapaino

Alkusanat

Relaskooppimenetelmän kehittäminen oman maamme oloihin soveltuvaksi käytännölliseksi metsänarvioimismenetelmäksi on kuulunut metsäntutkimuslaitoksen metsänarvioimisen osaston tutkimusohjelmaan useiden vuosien ajan. Jo v. 1954 ilmestyi Nyyssösen tutkimus, joka selvitteli kyseisen menetelmän tarkkuutta lähinnä metsikön puuston arvioinnissa ja jossa esitettiin puulajeittain keskimääräiset kuutioimistaulukot relaskooppiarviointeja varten. Käsillä oleva tutkimus, joka rakentuu näin luoduille edellytyksille, pyrkii täydentämään relaskooppimenetelmän käyttökelpoisuudesta tähän mennessä saatavissa olevaa kuvaa selvittelemällä lähinnä metsäalueen puuston arvioinnissa esiintyviä ongelmia ja saavutettavaa tarkkuutta.

Tutkimuksen kuluessa olen saanut apua ja neuvoja lukuisilta henkilöiltä. Heistä haluan ensiksi mainita esimieheni, Suomen Akatemian jäsenen, prof. Yrjö Ilvessalon, jonka monet neuvot varsinkin tutkimuksen käsikirjoitusvaiheessa ovat olleet arvokkaita. Minulle on ollut suuri etu, että olen saanut tutkimuksen kaikissa vaiheissa turvautua myös prof. Aarne Nyyssösen asiantuntemukseen ja hänen auliisti esittämiinsä mielipiteisiin. Heidän lisäkseen on käsikirjoituksen lukenut prof. Risto Sarvas. Maasto- ja laskentatöissä on avustanut ennen muita metsäteknikko Veikko Puurtinen, jonka perehtyneisyys varsinkin tarkkuutta vaativiin vertailumittauksiin on ollut tutkimuksen kannalta korvaamatonta. Kuvat on piirtänyt rouva Irma Nylander ja konekirjoitustyön suorittanut neiti Kaisu Annila. Heille kaikille pyydän lausua parhaat kiitokseni.

Agr. Vilho Naskilan ja maanviljelijä Teuvo Uusitalon myötämielinen suhtautuminen on tehnyt mahdolliseksi tutkimusten suorittamisen maatilametsissä. Heille samoin kuin maastomittauksissa toimineille apumiehille haluan täten esittää kiitokseni.

Helsinki, tammikuussa 1959.

Yrjö Vuokila

Sisällysluettelo

Sivu

Johdanto 5
Tutkimuksessa käytetyt relaskoopit 7
Tutkimusmenetelmä ja kenttätyöt 10
Tutkimuksen perusmenetelmä 10
Tutkittava relaskooppimenetelmä 11
Tutkimusalueet 15
Relaskooppimenetelmän tarkkuus 18
Pohjapinta-ala 18
Keskipituus 24
Kuutiomäärä 27
Runkolukusarja 37
Puulajisuhteet 42
Kasvu 42
Kasvusadannes 42
Kuorisadannes 47
Kuutiokasvu 48
Aikatutkimukset ja taloudelliset päätelmät 50
Tutkimustulosten lyhennelmä 53
Kirjallisuusluettelo 56
Summary in English 59

Johdanto

Metsän arvioimisen alalla toisen maailmansodan jälkeen esitetyistä uusista menetelmistä on merkittävimpiä itävaltalaisen Bitterlichin (1948) kehittämä relaskooppimenetelmä. Tästä on eräänä osoituksena kyseistä menetelmää koskeva vilkas tutkimustoiminta eri puolilla maailmaa (esim. Keen 1950; Ferguson 1951; Grosenbaugh 1952; Seip 1952; West-Nielsen 1952; Cromer 1954; Nyyssönen 1954; Smith ja Bondeson 1954; Güde 1955; Hirata 1955; Strand 1957). Myös käytännön metsänarvioimismiehet ovat esim. Suomessa olleet varsin kiinnostuneita menetelmästä ja sen kehittämisestä metsänarvioimistehtäviin sopivaksi (vrt. esim. Appelroth 1956; Korhonen 1957; Keskievari 1957). Tähän mielenkiintoon ovat pääasiallisina syinä olleet menetelmän soveltamisessa tarvittavien kojeiden halpuus ja varsinkin se nopeus, jolla sekä kenttä- että laskentatyöt voidaan suorittaa. Todettakoon kuitenkin, ettei relaskoopin osakseen saama vastaanotto ole ollut poikkeuksetta suosiollinen (vrt. esim. Viney 1956).

Kuten tunnettua, relaskoopilla saadaan metsikön puuston pohjapinta-ala neliömetreinä hehtaaria kohden, joka jo sellaisenaan on esim. puuston tiheyden arvioinnissa parhaita tunnuksia. Mutta erityisesti on pyritty selvittämään, missä määrin ja millä tavoin menetelmää voitaisiin soveltaa metsikön ja metsäalueen puuston kuutiomäärän arvioinnissa. Pohjapinta-alan lisäksi on tällöin tunnettava puuston pituus- ja muototekijät. Puuston pituutta koskevat tiedot ovat saatavissa maastossa suoritettujen mittausten perusteella. Sitä vastoin ei ole toistaiseksi kehitetty nopeaa menetelmää, jonka avulla puuston runkomuodon vaihtelut voitaisiin ottaa kiistattomasti huomioon relaskooppimenetelmän yhteydessä, vaikka on esitetty keinoja tietynlaisen rungon keskiprofiilin (Bitterlich 1955) ja keskimääräisen muotoluokan (Gockerell 1957) arvioimiseksi relaskoopilla. Sen vuoksi on turvauduttu esim. sellaiseen likimääräiseen menetelmään, että luvulla 0.5 kerrotaan neliömetreinä ilmaistun pohjapinta-alan ja metreinä lasketun keskipituuden tulo, jolloin saadaan kuutiomäärä kuutiometreinä (vrt. esim. Senda ja Maezawa 1955). Strand (1957 a) taas on esittänyt erään suhteellisen monimutkaisen ratkaisun samaan ongelmaan. Näitä luotettavampiin tuloksiin johtanevat kuitenkin kokemusperäiset kuutioimistaulukot pohjapinta-alan ja keskipituuden ollessa perustekijöinä. Suomessa on tunne-

tusti käytetty juuri viimeksi mainittua periaatetta (Nyyssönen 1954; vrt. myös Briscoe 1957).

Relaskooppiperiaate on nyttemmin tunnettu käytännön metsämiesten keskuudessa, ja sen soveltaminen alkaa käydä yhä yleisemmäksi. Siitä huolimatta on todettava, ettei ko. menetelmän tarkkuudesta ja käyttökelpoisuudesta nimenomaan metsäalueen puuston arvioinnissa ole suomalaisiin tutkimuksiin perustuvaa tietoutta. Lisäksi on selvittämättä, voitaisiinko ja millä tavalla kasvun arviointi kytkeä edullisesti relaskooppiarvioinnin yhteyteen siten, että tulosten tarkkuus vastaisi käytännön metsänarvioimistehtävien vaatimuksia ja että kasvun arviointi myös maastotöitä paljon hidastamatta soveltuisi liitettäväksi nopeaan arvioimismenetelmään. Tarkkuuden ohella olisi selvitettävä relaskooppimenetelmän kustannukset metsäalueen puuston arvioinnissa verrattuina muihin menetelmiin, ennen kaikkea suuressa määrässä käytettyyn ympyräarviointiin. Kun nämä seikat ovat tulleet selvitetyiksi, voidaan tehdä päätelmät menetelmän soveltuvuudesta käytännön metsänarvioimistehtäviin.

Käsillä olevan tutkimuksen tarkoituksena on tuoda selvitystä edellä esitettyihin ongelmiin. Päähuomio kiinnitetään relaskooppimenetelmän tarkkuuteen metsäalueen puuston arvioinnissa Nyyssösen (1954) tätä tarkoitusta varten laatimia kuutioimistaulukoita sovellettaessa. Pyrkimyksenä on lisäksi kehittää menetelmä kasvun arvioinnin kytkemiseksi relaskooppimenetelmän yhteyteen. Vihdoin tarkastellaan aikatutkimuksiin nojautuen relaskooppimenetelmän kustannuksien suhdetta ympyräarvioinnin kustannuksiin täydentävän kokonaiskuvan saamiseksi menetelmän käyttökelpoisuudesta.

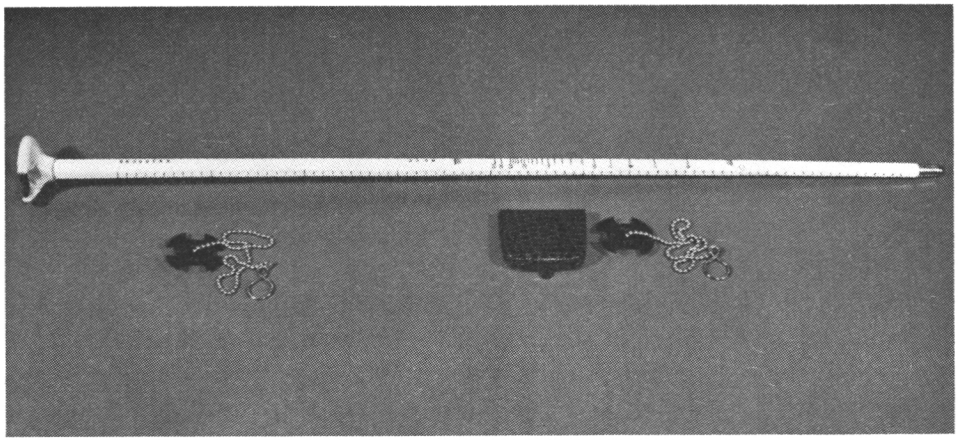
Tutkimuksessa käytetyt relaskoopit

Vaikka nyt kysymyksessä olevan arvioimismenetelmän keksimisestä on kulunut vasta vuosikymmen, relaskooppeja on esim. Finchin (1957) kuvauksen mukaan ehditty kehittää suuri määrä. Niitä suunniteltaessa on usein ollut tavoitteena kojeen yksinkertaisuus ja halpuus, jolloin tuloksena on ollut tietynlaisella tähtäysaukolla varustettu levy, joka voidaan tilapäisesti tai pysyvästi kiinnittää määrämittaisen kepin päähän. Milloin em. yksinkertaisuus- ja halpuusnäkökohtiin ei ole kiinnitetty yhtä paljon huomiota, kojeesta on tullut monimutkaisempi, joskus suorastaan sellainen, ettei sitä voida ajatella käytännöllisiin metsänarvioimistehtäviin käytettäväksi. Tarkoituksena on toistuvasti ollut myös moniin erilaisiin arvioimistehtäviin soveltuvan kojeen aikaansaaminen. Erityisesti puun pituuden mittausasteikko on pyritty käytännöllisistä syistä sisällyttämään relaskooppikojeeseen. On olemassa suunnitelmia sellaisenkin relaskooppilaitteen valmistamisesta, jonka avulla myös puiden läpimittojen optinen arviointi olisi koealan keskipisteestä käsin mahdollista (Bitterlich 1954).

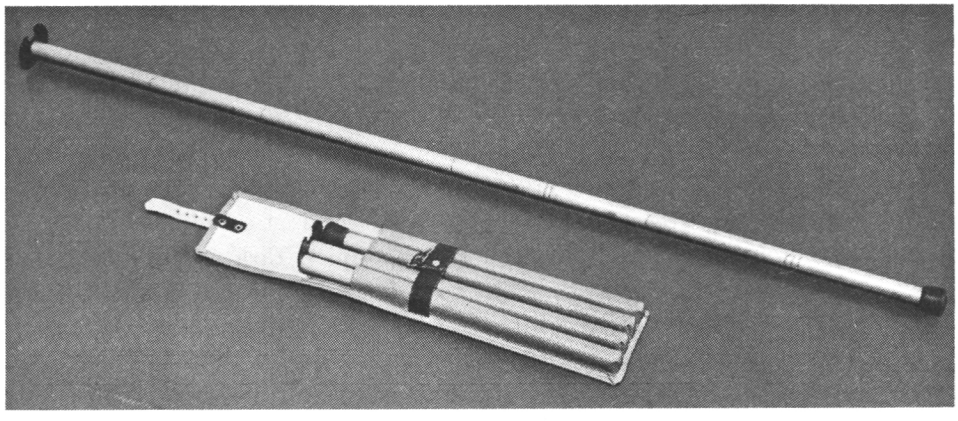
Äsken mainittujen monilukuisten relaskooppien tarkkuus on merkittävästi erilainen. Tästä syystä on ollut tarpeen suorittaa esitutkimuksia sen seikan selvittämiseksi, mitkä saatavissa olevista kojeista ovat tarkimpia ja käyttökelpoisimpia.

Mainittuja esikokeita kirjoittaja on selostanut toisessa yhteydessä (Vuokila 1958). Todettakoon tässä ainoastaan, että tarkimmaksi kokeen suoritushetkellä saatavissa olleista kojeista osoittautui ruotsalainen relaskooppi »skogstax» (Nytt ..... 1955; vrt. Vuokila 1956). Tämä koje nähdään kuvassa 1.

Tässä yhteydessä on kuitenkin syytä tuoda vielä esille yksi esikokeissa havaittu näkökohta. Relaskooppikojeen tarkkuuden kannalta on ilmeisesti ratkaisevan tärkeää, että arviomies voi vapaasti tarkastella ympäristöään. Optiset laitteet, kuten peilirelaskooppi (Bitterlich 1952) ja putkirelaskooppi (Müller 1953), jotka rajoittavat havainnoitsijan näkökenttää, ovat rasittavia, ja niiden haittana on usein valovoiman puute, varsinkin pimeinä, sateisina päivinä. Optisia kojeita käytettäessä on myös rinnankorkeuden arvioiminen työlästä. Alikasvoskin haittaa tähtäystä eniten juuri viimeksi mainittuja laitteita käytettäessä. Vielä ansaitsee tulla mainituksi, että levyrelaskoopille on eduksi, jos levy on läpinäkyvä ja mieluimmin



Kuva 1. Ruotsalainen relaskooppi »skogstax». Kuvassa näkyy myös taskussa kuljetettava ketjullinen malli.
Fig. 1. Swedish relascope »skogstax». The picture also shows the corresponding pocket-size instrument.



Kuva 2. Kirjoittajan suunnittelema katkorelaskooppi toimintavalmiina ja laukkuun sijoitettuna.
Fig. 2. A new relascope designed by the author ready for operation and assembled in bag for transportation.

punainen, kuten skogstaxissa. Läpinäkymättömyys heikentää esim. kotimaisen levyrelaskoopin (N y y s s ö n e n 1956) käyttökelpoisuutta merkittävästi sen vuoksi, että ns. rajatapausten oikea sijoittelu tuottaa ainakin aloittelijalle vaikeuksia.

Skogstaxin rinnalla käytettiin tutkimuksen loppuvaiheessa kirjoittajan suunnittelemaa uutta relaskooppimallia, jolle sen toimintaperiaatteen mukaisesti annettiin nimi k a t k o r e l a s k o o p p i (kuva 2). Tätä kojetta suunniteltaessa pidettiin päämääränä, että tarkkuudesta tinkimättä saataisiin laite, jota olisi helpompi kuljettaa ja joka maksaisi vähemmän kuin skogstax.

Katkorelaskoopissa on läpinäkyvä, punainen tähtäyslevy. Skogstaxin neljän aukon asemesta on nyt kuitenkin vain yksi vakioaukko. Erilaiset tähtäyssuhteet saadaan kojeen varren pituutta säätelemällä. Näin varsi voidaan »katkoa» sopivan mittaisiksi pätkiksi, jotka on helppo kuljettaa työn aikana ja sen päätyttyä varta vasten suunnitellussa valmiuslaukussa.

Ennen kuin katkorelaskooppi hyväksyttiin vertailukojeeksi, suoritettiin sen tarkkuuden selvittämiseksi kokeita (vrt. myös V u o k i l a 1958 a). Kaikkiaan 58:ssa puustoltaan vaihtelevassa metsikössä suoritettiin rinnan havaintoja skogstaxilla ja katkorelaskoopilla. Nämä kokeet osoittivat, että niin hyvin käyttöominaisuuksiensa kuin tarkkuutensakin puolesta kojeet ovat samanarvoisia. Niinpä todettiin, että kun vain havaintovirhe otettiin huomioon, kummallakin kojeella pohjapinta-alan arvion virhe oli 1 m^2 tai vähemmän 78 tapauksessa 100:sta ja että virhe oli suurempi kuin 2 m^2 vain 6 %:ssa koealoista.

Nämä sadannekset ovat jonkin verran parempia kuin aiemmin (V u o k i l a 1958) skogstaxilla suoritetut kokeet ovat osoittaneet ja merkittävästi edullisempia kuin samassa yhteydessä muilla relaskooppilaitteilla saavutetut. Näin ollen skogstaxin ja katkorelaskoopin käyttö rinnan kenttätyövälineinä on näyttänyt perustellulta.

Tutkimusmenetelmä ja kenttätyöt

Tutkimuksen perusmenetelmä

Tietyn metsänarvioimismenetelmän tarkkuuden tutkiminen tapahtuu yleensä luotettavimmin metsäluonnossa tehtävien kokeiden avulla. Suorittamalla metsäalueen arviointi myös jotakin jo ennestään riittävän luotettavaksi tunnettua menetelmää käyttäen on mahdollisuus muodostaa käsitys tutkittavan uuden menetelmän tarkkuudesta.

Usein on tällaisena vertailumenetelmänä käytetty ympyräarviointia (vrt. esim. West-Nielsen 1952; Shanks 1954). Mainitulla menetelmällä onkin esim. linja-arviointiin verrattuna se etu, että nyt tutkittava menetelmä ja vertailumenetelmä perustuvat samaan näytteen valintatekniikkaan, mistä tuloksia vertailtaessa on ilmeistä hyötyä. Edustavilla menetelmillä on kuitenkin se yhteinen heikkous, että niiden tulokset eivät ole kuin sattumalta ehdottoman oikeita, jopa niihin voi, kuten tilastollisen todennäköisyyden rajat osoittavat, sisältyä huomattaviakin virheitä. Esim. Ilvessalon (1956) esittämiä, käytännön arvioimistehtäviä varten tarkoitettuja havaintotiheyksiä sovellettaessa ympyräarvioinnin keskikuutiomäärän virhe voi nousta 10 %:een, jopa poikkeustapauksissa ylittääkin sen (vrt. Ilvessalo 1935). Edustavien menetelmien heikkous tuli selvästi ilmi myös käsillä olevan tutkimuksen alkuvaiheissa, kun vertailumenetelmänä käytettiin ympyräarviointia. Päätelmiin ei saatu riittävää tukea siitä syystä, että vertailupohja ei ollut riittävän tarkka.

Tarkimpiin tuloksiin metsäalueen puuston arvioinnissa päästään tunnetusti suorittamalla täydellinen puiden luku. Edustavuusvirhettä ei tällöin esiinny lainkaan runkolukusarjassa ja pohjapinta-alassa. Kun työssä käytetään sekä kenttä- että laskentavaiheessa harjaantuneita henkilöitä, kun mittaukset suoritetaan tarkkoja kojeita käyttäen ja kun aputaulukot ovat luotettavia, kuutiomäärätulokseen liittyvä virhe on todennäköisesti niin pieni, ettei sitä tarvitse ottaa päätelmissä huomioon.

Tutkimuksen loppuvaiheessa käytettiin tästä syystä ympyräarvioinnin sijasta vertailumenetelmänä yksin puin lukua (vrt. myös West-Nielsen 1952; Cromer 1954; Avery 1955; Husch 1955). Varsinaiset päätelmät suoritetaan tämän aineiston osan pohjalla, kun taas ympyräarviointiin verrattuja relaskooppiarvioinnin tuloksia käytetään ainoastaan eräänlaisena tukiaineistona.

Ympyräarviointia ja yksin puin lukua ei ole aiheellista selostaa, koska niiden maasto- ja laskentamenetelmät ovat yleisesti tunnettuja ja koska niiden suoritukseen voidaan tutustua mm. Ilvessalon kirjoituksista (esim. 1956). Mainittakoon ainoastaan, että ympyräarvioinnissa mitattiin 5 aarin koealoja ja että yksin puin luettaessa pituus- ja kapenemismittauksia tehtiin yleensä joka 10. puusta, vähimmin esiintyvissä läpimittaluokissa kuitenkin useampia, jopa joka toisestakin puusta.

Tutkittava relaskooppimenetelmä

Näytteiden valinta metsäalueen puustoa arvioitaessa voi tapahtua lukuisilla tavoilla, kuten esim. subjektiivisen harkinnan, systemaattisen järjestelmän tai puhtaan sattuman mukaan. Käytännössä koealojen systemaattinen valinta lienee kuitenkin yleensä taloudellisinta.

Käsillä olevassa tutkimuksessa kiinnitetään päähuomio metsäalueiden systemaattisen relaskooppiarvioinnin tarkkuuteen. Tällöin koealojen paikat valitaan, kuten ympyräarvioinnissa, tietyn etukäteen määrätyn linja- ja koealaetäisyyden perusteella. Sen lisäksi käsitellään kuitenkin aineiston asettamissa rajoissa myös metsikön eri tunnusten arvioimistarkkuutta edellyttäen, että havaintopisteet määräytyvät sattumanvaraisesti. Metsiköittäistä arviointia subjektiivisesti valittujen havaintopisteiden pohjalla, jota ennen muita Smith ja Bondeson (1954) ovat suositelleet, ei sitä vastoin tulla lainkaan koskettelemaan.

Jokaisella relaskooppikoealalla[1]) suoritettiin aluksi pohjapinta-alan arviointi, osaksi vain skogstax-relaskoopilla (vrt. kuva 3), osaksi sen lisäksi katkorelaskoopilla. Yleensä käytettiin tähtäyssuhdetta 1 : 50, jolloin relaskooppikoealan puiden lukumäärä on sama kuin puuston pohjapinta-ala neliömetreinä hehtaaria kohden. Kaikkein järeäpuustoisimmissa metsiköissä oli näytealaa kuitenkin supistettava havaintotarkkuuden parantamiseksi; tällöin käytettiin suhdetta 1 : 35 (kerroin 2). Taimistoissa katsottiin havaintopiirin laajentaminen välttämättömäksi edustavuuden parantamiseksi käyttämällä tähtäyssuhdetta 1 : 71 (kerroin 0.5). Laajempia tähtäyskulmia, joita varsinkin Husch (1955) on suositellut, ei pidetty tarpeellisina havaintotarkkuuden kannalta, kun taas mainittuja pienemmät kulmat olisivat ilmeisesti suurentaneet havaintovirhettä enentyneestä työmäärästä huolimatta. Joskus oli kuitenkin pakko poiketa esitetyistä periaatteista, jotta relaskooppikoeala olisi voitu esim. alikasvoksen häiritsevän vaikutuksen vuoksi arvioida tarkasti. Tällöin käytettiin harvennusvaiheessa olevissa metsiköissäkin tähtäyssuhdetta 1 : 35.

[1]) Relaskooppikoealalla tarkoitetaan tässä niiden puiden muodostamaa kokonaisuutta, jotka relaskoopilla tietystä maastopisteestä käsin tähdättäessä otetaan huomioon.



Kuva 3. Pohjapinta-alan arviointi skogstaxilla käynnissä.
Fig. 3. Estimation of basal area by means of the skogstax relascope.

Jokainen relaskooppikoealaan kuuluva puu mitattiin rinnankorkeudelta ja merkittiin lukupöytäkirjaan puulajeittain. Jos metsikkö oli selvästi kaksijaksoinen, puut jaettiin kahteen pituusryhmään.

Jos jonkin puun havaittiin olevan sen edessä olevan puun peittämä, otettiin askel tai pari sivulle, mistä tähtäys suoritettiin tavalliseen tapaan. Etäisyys puuhun pyrittiin tällöin säilyttämään niin muuttumattomana kuin mahdollista. Sivuaskelin voitiin vähentää myös alikasvoksen tähtäystä estävää vaikutusta. Usein oli kuitenkin välttämätöntä taivuttaa käsin läheistä alikasvosyksilöä. Kuten äsken mainittiin, joskus tähtäyskulman suurentaminen oli tarpeen alikasvoksen vuoksi. Kaiken kaikkiaan on todettava, että alikasvoksen esiintyminen tosin vaikeuttaa, mutta ei ole esteenä relaskooppimenetelmän soveltamiselle suomalaisessa metsämaastossa, päinvastoin kuin esim. tropiikissa (vrt. Ferguson 1951), missä alikasvillisuus on usein niin runsasta, ettei relaskoopin käyttö ilmeisesti ole mahdollista.

Relaskooppikoealaa arvioitaessa puiden rinnankorkeus määritettiin silmävaraisesti. Kun rungon läpimitan mittaus tapahtui välittömästi, silmävaraiseen arviointiin saatiin kuitenkin heti tarkistus. Vaikka tarkistusmahdollisuus puuttuisi, on kuitenkin ilmeistä, ettei rinnankorkeuden arvioinnissa syntyvä systemaattinen virhe ole tavallisesti merkittävä (vrt. Vuo-

kila 1952), jos relaskooppina käytetään sellaisia kojeita, jotka eivät rajoita näkökenttää (vrt. s. 7), kuten esim. skogstaxia tai katkorelaskooppia.

Pohjapinta-alan arviointiin liittyvän havaintovirheen toteamiseksi suoritettiin säännöllisin välimatkoin (joka 5.—10. relaskooppikoealalla) tarkistusmittauksia. Näillä koealoilla mitattiin tarkka etäisyys jokaiseen epävarmaan puuhun ja määritettiin millimetrin tarkkuudella puun läpimitta rinnankorkeudella. Mikäli puun läpimitta kerrottuna kysymyksessä olevaa tähtäyssuhdetta vastaavalla kertoimella (35, 50 tai 71) antoi tuloksi suuremman luvun kuin mitattu etäisyys, puu olisi pitänyt jättää ottamatta huomioon pohjapinta-alaa arvioitaessa (vrt. Nyyssönen 1954; Vuokila 1958).

Jokainen relaskooppikoealalla mitattu puu edustaa joko yhtä pohjapinta-alan neliömetriä tai täsmälleen samansuuruista neliömetrin osaa. Sen vuoksi puuston keskipituus voidaan arvioida ns. mediaanipuun perusteella, kuten esim. Nyyssönen (1954) on todennut. Tämä on lukupöytäkirjan keskimmäinen puu. Mikäli metsikkö on kaksijaksoinen, kummallekin on valittava oma keskipuunsa. Hirata (1955) on tosin esittänyt erään toisen, varsin käyttökelpoisen ratkaisun keskipituuden arvioimiseksi (vrt. myös Bitterlich 1955; Essed 1955; Vestjordet 1958). Hänen menetelmänsä mukaan keskipituus voidaan laskea tietyllä kaavalla, kun tunnetaan runkoluku hehtaaria kohden ja niiden puiden lukumäärä, jotka vaakatasosta n. 60°:n kulmassa oleva tähtäyssäde leikkaa. Kun näin määritetty keskipituus poikkeaa kuitenkin Nyyssösen (mt.) kuutioimistaulukoiden pohjana olevan keskipituuden käsitteestä, mainittua menetelmää ei voitu soveltaa.

Esitetyn periaatteen mukaisesti mitattiin tutkimuksen alkuvaiheessa kahdella tutkimusalueella molemmissa jaksoissa pituus ensimmäisestä tavatusta mediaanipuun kanssa samaan läpimittaluokkaan kuuluvasta puusta, mikäli se ei ollut ilmeisen poikkeuksellinen, kuten kuoleva, poikkilatvainen tms., missä tapauksessa mitattiin seuraava puu. Milloin metsikössä esiintyi useita puulajeja, pituus mitattiin johdonmukaisesti vallitsevasta puulajista. Ennen pitkää kävi kuitenkin ilmeiseksi, että eri puulajien erilaisen pituuskehityksen vuoksi näin menetellen saattaa syntyä systemaattista virhettä sekametsiköissä. Jatkotutkimuksissa mitattiin sen vuoksi kaikilla koealoilla aina kahden puun pituus, jolloin sekametsiköissä (vierasta puulajia vähintään n. 20 %) toinen edusti tärkeintä sekapuulajia. Pituudet mitattiin Blumen—Leissin korkeusmittarilla.

Ennen keskipituuden mittaamista ryhmänjohtaja arvioi yhdellä metsäalueella silmävaraisesti jokaisen relaskooppikoealan vallitsevan jakson keskipuun pituuden. Näin saavutettujen tulosten käyttökelpoisuutta heikentää kuitenkin se tosiseikka, että suoritettuaan—välittömästi silmävaraisen arvioinnin jälkeen — pituuden mittauksen arviomies sai heti tarkistuksen

arviolleen, millä seikalla varmaankin on ollut hänen arvioimiskykyään maastotöiden kuluessa parantava vaikutus.

Joka kolmas relaskooppikoealaan kuuluva puu merkittiin lukutoimituksen yhteydessä kasvukoepuuksi kahdella tutkimusalueella. Näistä puista tehtiin Ilvessalon (1948) kasvunlaskentataulukoiden edellyttämät, kasvusadanneksen määritykseen tähtäävät mittaukset ja arvioinnit. Sädekasvu, kuoren paksuus ja puun pituus mitattiin; muut tunnukset, niiden mukana rungon kapeneminen, arvioitiin.

Relaskooppikoealan arvioinnin päätteeksi merkittiin aina muistiin metsätyyppi, puuston ikä 20 vuoden luokkina silmävaraisen arvioinnin perusteella, puuston sanallinen kuvaus, maaston arvioitu kaltevuuskulma ja käytetty tähtäyssuhde.

Ympyrä- ja relaskooppiarvioinneissa koealan keskipistettä ei missään olosuhteissa siirretty. Milloin havaintokohta sattui kahden kuvion rajavyöhykkeelle, mitattiin ainoastaan se ympyrän sektori, yleensä 90°, 120° tai 180°, joka kuului keskipisteen kanssa samaan kuvioon (vrt. Grosenbaugh 1955).

Tutkimusalueet

Tutkimus perustuu neljältä erilliseltä, yhteensä 407.7 ha käsittävältä metsäalueelta kerättyyn aineistoon. Eräät tiedot näistä alueista käyvät ilmi seuraavasta asetelmasta.

	Pinta-ala ha	Pitäjä	Omistaja	Tutkimuksen vertailumenetelmä	Relaskooppi-koealoja
Alue 1	46.0	Orimattila	T. Uusitalo	yksin puin luku	187
Alue 2	9.7	Tuusula	valtio	»	109
Alue 3	57.4	Hausjärvi	V. Naskila	ympyräarviointi	128
Alue 4	294.6	Kuorevesi	valtio	»	637

Yksin puin on luettu 55.7 ha. Ympyräarvioinneissa, joita on suoritettu 352 ha:n alueella, on mitattu 276 ympyräkoealaa. Tutkimuksessa on arvioitu 1 061 relaskooppikoealaa. Maatilametsiä sisältyy aineistoon 103.4 ha. Muu osa, 304.3 ha, kuuluu metsäntutkimuslaitoksen Ruotsinkylän ja Vilppulan kokeilualueisiin.

Tutkimuksessa suoritettavat päätelmät perustuvat lähinnä alueisiin 1 ja 2, koska vertailumenetelmä on niillä luotettavin. Näillä alueilla kerättyä aineistoa kutsutaan seuraavassa pääaineistoksi. Alueet 3 ja 4 muodostavat tukiaineiston ja lisäävät samalla tulosten kantavuutta Alue 1 on tarkastelussa jaettu lisäksi eri suuriin osiin.

Tutkittujen metsäalueiden puustojen taksatoriset tunnukset, kuten keskikuutiomäärä ja puulajisuhteet, esitetään jäljempänä tarkasteltaessa relaskooppimenetelmän tarkkuutta alueittain. Näin ollen ei ole aihetta nyt puuttua puuston kuvaukseen. Tarpeen on vain yleispiirteinen selostus alueiden erikoispiirteistä ja siitä, minkälaisia metsiä kukin alue edustaa aineistossa.

A l u e 1 edustaa aineistossa maatilametsälöitä. Se on valittu tutkimuskohteeksi Itä-Hämeen metsänhoitolautakunnan ja paikallisen metsänhoitoyhdistyksen edustajien suosituksesta. Suoritetun tutkimuksen kannalta on tärkeää, että tämä metsäalue on puustoltaan erittäin vaihtelevaa. Siihen kuuluu taimistoja ja vanhoja metsiköitä, jopa kookas paljaaksi hakattu, äskettäin kylvetty aluekin. Pääosa metsiköistä on kuitenkin keski-ikäisiä, kuten maan eteläpuoliskossa yleensä (vrt. I l v e s s a l o 1956 a). Kasvu-

paikkojen laatu on niin ikään varsin vaihteleva. Kivennäismailla esiintyy eri metsätyyppejä kanervatyypistä käenkaali-mustikkatyyppiin. Niiden lisäksi on kallioalueita, korpia ja pienehköjä rämeitä. Kasvupaikkojen erilaisuudet aiheuttavat sen, että puuston vaihtelut ovat myös ikäluokkien puitteissa huomattavia. Maasto on kumpuilevaa, joten maanpinnan kaltevuudesta aiheutuva virhetekijä on kokeessa mukana. Alikasvosta esiintyy paikka paikoin runsaasti, mikä relaskooppimenetelmän tarkkuutta tutkittaessa on lisäetu. Alue 1 on siis puustoltaan ja muilta ominaisuuksiltaan sellaista, että se soveltuu erinomaisesti käsillä olevan tutkimuksen aineiston keräysalueeksi. Nimenomaan on korostettava, ettei ole kysymys relaskooppimenetelmän kannalta helposta alueesta, vaan päinvastoin sellaisesta, jossa menetelmä asetetaan verraten kovalle koetukselle.

Maatilametsälöt eivät ole kuitenkaan läheskään aina sellaisia kuin edellä selostettu alue. Usein niille on tyypillistä, että puusto on jatkuvan harsinnan vuoksi kautta koko metsäalueen suurin piirtein samanlaista. Vaikka metsälöissä ei enää nykyisin ole viimeaikaisten alaharvennusten luonteisten hakkuiden ansiosta ainakaan selvää harsintarakennetta, puuston samankaltaisuus kautta metsälön on toistaiseksi säilynyt. Tällaisia maatilametsälöitä edustaa a l u e 3. Vaikka myös tällä metsäalueella on puuston ikävaihtelua, on pienialaisia taimistoja, jopa aukkojakin, niin puuston yleispiirteenä on suuri samankaltaisuus pääosassa aluetta. Puusto on etupäässä vanhahkoa, alussa luultavasti täysin luonnontilaisena kehittynyttä, sittemmin harsintahakkuin käsiteltyä ja vihdoin viime aikoina alhaalta käsin suoritetuin toimenpitein kunnostettua. Alikasvosta esiintyy tälläkin alueella, vaikka se ei yleensä ole tiheää. Maasto on kumpuilevaa. Alue ei ole arvioimismenetelmän tarkkuutta kokeiltaessa erikoisen vaikea kohde puuston vähäisen vaihtelun vuoksi, mutta se on, kuten äsken todettiin, lukuisia maatilametsälöitä edustava.

A l u e e s t a 2 voitaisiin käyttää nimitystä mallimetsä siinä mielessä, että se on pitkään hoidettu metsäalue metsäntutkimuslaitoksen Ruotsinkylän kokeilualueessa. Merkille pantava piirre on taimistojen ja nuorten metsiköiden runsaus, joskin myös yli 100-vuotiaita metsiköitä esiintyy. Kivennäismaiden kasvupaikat vaihtelevat kanervatyypistä käenkaali-mustikkatyyppiin, ja niiden lisäksi on ojitettuja korpi- ja rämekuvioita. Taimistoista eräät ovat tiheikköjä, joissa perkaus on vielä suorittamatta, toiset taas hakkuin kunnostettuja. Varttuneista metsiköistä useimmat ovat vielä kasvatusvaiheessa, mutta eräs laajahko männikkökuvio on saatettu jo suojuspuuasentoon. Näin ollen alueella on niin hyvin puuston iän ja tiheyden kuin kasvupaikkojen vaihtelu poikkeuksellisen suuri. Tästä syystä se on arvioimisteknillisesti keskimääräistä vaikeampi metsäalue. Alikasvosta ei tosin esiinny, mutta tiheiköissä havaintovaikeudet ovat sitä suuremmat. Maasto on miltei täysin tasaista.

Alue 4 on äsken selostetun täydellinen vastakohta. Sen metsiköt ovat saaneet viime vuosiin asti kehittyä täysin luonnontilaisina. Merkittävä osa on vielä arvioimishetkelläkin ollut hakkuin käsittelemätöntä, ylitiheää, järeää luonnonmetsää. Tällaisena alueen voidaan katsoa edustavan etenkin syrjäisissä seuduissa sijaitsevissa valtion metsissä usein tavattavia olosuhteita. Niillehän on ominaista vanhojen metsiköiden vallitsevuus, puuston järeys ja vasta äskettäin aloitettu hakkuutoiminta. Kun näihin lisätään metsiköiden ylitiheys, usein tiheän alikasvoksen esiintyminen, maaston vaihtelevuus ja sekametsiköiden runsaus, on todettava, että myös alue 4 on tutkimuskohde, joka asettaa tutkittavan menetelmän kovalle koetukselle. — Maastotöissä alue jaettiin kolmeen osaan, jotka peittivät osaksi toisensa ja joilla jokaisella oli oma koealatiheytensä, mutta tulokset esitetään vain koko alueelle.

Tutkimusaineisto käsittää siis kaksi maatilametsälöihin kuuluvaa erilaista metsäaluetta sekä yhden pitkään hoitaen käsitellyn ja yhden viime aikoihin asti hakkuutoiminnan ulkopuolella olleen valtion metsäalueen. Sellaisena aineisto tarjoaa verraten monipuoliset mahdollisuudet relaskooppimenetelmän tarkkuuden selvittämiselle, kenties kuitenkin olosuhteissa, jotka ovat keskimääräistä vaikeammat.

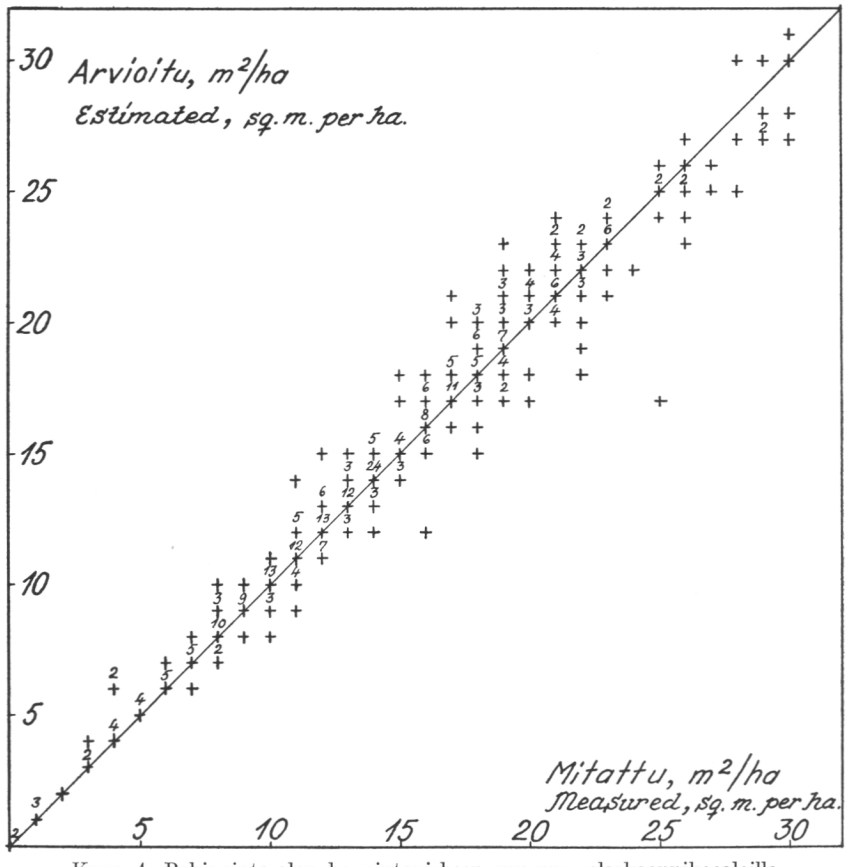
Relaskooppimenetelmän tarkkuus

Metsän arvioinnin päätarkoituksena on tavallisimmin puuston kuutiomäärän ja rakenteen selvittäminen. Relaskooppimenetelmän tarkkuutta on sen vuoksi arvosteltava lähinnä sen perusteella, kuinka tarkkoihin tuloksiin menetelmän avulla päästään puuston kuutiomäärän arvioinnissa. Jotta voitaisiin selvittää ne virhelähteet, joita relaskooppimenetelmään tässä mielessä kytkeytyy, on syytä kuitenkin tarkastella myös sellaisten perustunnusten kuin pohjapinta-alan ja keskipituuden arviointitarkkuutta relaskooppia käytettäessä. Puuston rakenteen selvittäminen ja kasvun arviointi ovat lisäksi tehtäviä, joiden riittävän tarkka ratkaiseminen on välttämätöntä, ennen kuin menetelmä voidaan todeta laajassa mitassa käyttökelpoiseksi käytännöllisissä metsänarvioimistehtävissä.

Pohjapinta-ala

Jokaiseen metsänarvioimismenetelmään liittyy havaintovirheitä. Relaskooppimenetelmässä ne johtuvat pohjapinta-alan osalta arviointia suorittavan henkilön havaintokyvyn puutteellisuuksista ja kojeen epätarkkuudesta. Kun vain osa metsäalueesta joutuu arvioinnin tai mittauksen kohteeksi, esiintyy yleensä myös edustavuusvirhettä. Relaskooppimenetelmässä tämä koostuu jonkin verran erilaisista osatekijöistä kuin esim. ympyräarvioinnissa, sillä ensiksi mainittua menetelmää sovellettaessa on otettava huomioon myös ns. puuston epätasaisuudesta aiheutuva virhe. Kun näet eri läpimittaluokkien puut luetaan erisuuruisilta alueilta, sisältyy tähän samalla olettamus, että kunkin läpimittaluokan puut esiintyvät yhtä runsaina koko havaintoalueella ja sillä alalla, jolta ne on luettu. Näinhän ei ole läheskään aina asian laita. Seuraavassa on tarkoitus pyrkiä selvittämään, mikä osuus esitetyillä virhetekijöillä on relaskooppiarvioinnissa kokonaisvirheen muodostumisessa. Aluksi keskitytään menetelmän käyttökelpoisuuden kannalta pahimman virhetekijän, havaintovirheen, tarkasteluun.

Pohjapinta-alan arvioinnin havaintovirheen suuruutta esittää kuva 4. Se perustuu 343 tarkistusmittaukseen, joiden suoritusperiaatetta edellä selostettiin (s. 13). Niihin sisältyy kuitenkin käsillä olevaa tutkimusta varten tehtyjen mittausten lisäksi metsäntutkimuslaitoksen arvioimis-



Kuva 4. Pohjapinta-alan havaintovirheen suuruus relaskooppikoealoilla.
Fig. 4. Observation error of basal area in relascope plots.

osaston toimesta maatalouden kirjanpitotilojen metsien arvioinnissa suoritettuja vastaavia mittauksia, jotka on hyväntahtoisesti annettu tässä tutkimuksessa käytettäväkseni. Näin on vertailu tullut monipuolisemmaksi, sillä se perustuu nyt kolmen henkilön kahdella relaskooppilaitteella suorittamiin arviointeihin, joista pääosa, n. 5/6, on tehty skogstaxilla ja n. 1/6 katkorelaskoopilla.

Hyvä riippuvuussuhde relaskoopilla arvioitujen ja mittauksin tarkistettujen pohjapinta-alojen välillä ilmenee erityisesti korkeasta korrelaatiokertoimesta, joka on 0.981 ± 0.053. Toinen tärkeä piirre on, että käsillä olevan aineiston mukaan suuret pohjapinta-alat tulevat arvioiduiksi suuremmalla suhteellisella tarkkuudella kuin pienet, vaikka absoluuttinen virhe on edellisten kohdalla tietenkin suurempi kuin jälkimmäisten.

Jotta saataisiin parempi käsitys pohjapinta-alan arviointiin liittyvästä havaintovirheestä, suoritettiin eräitä laskelmia kuvassa esitetystä aineistosta. Aluksi laskettiin, kuinka monella sadanneksella koealoista arvioitu pohja-

pinta-ala hehtaaria kohden poikkeaa tietyn neliömetrimäärän koealan mitatusta pohjapinta-alasta. Tulokset on esitetty seuraavassa asetelmassa.

Havaintovirhe	% koealoista
0—1 m^2	85
2 m^2	10
yli 2 m^2	5

Asetelma osoittaa, että 85 %:lla koealoista tottunut arviomies joko ei aiheuta lainkaan havaintovirhettä tai erehtyy ainoastaan 1 puun (= 1 m^2) osalta. Nämä sadannekset ovat jonkin verran parempia kuin esikokeissa saavutetut (vrt. s. 9; myös Vuokila 1958), mikä on entistä varmempi osoitus nimenomaan käytettyjen relaskooppien tarkkuudesta.

Jos samat virheet lasketaan sadanneksina, saadaan seuraava asetelma.

Havaintovirhe, %	% koealoista
yli +30.0	0.8
+20.1—30.0	1.4
+10.1—20.0	5.7
+ 0.1—10.0	17.6
0	50.4
— 0.1—10.0	18.7
—10.1—20.0	4.8
—20.1—30.0	0.3
yli —30.0	0.3

Kun arviomiehet ovat työhönsä tottuneita ja kun käytetään hyviä relaskooppikojeita, noin puolella koealoista havaintovirhettä ei esiinny lainkaan. Kaikkiaan 86.7 %:ssa tapauksista virhe on pienempi kuin 10 % ja 97.2 %:ssa alle 20 %:n. Vain poikkeustapauksessa virhe on suurempi kuin 30 %. Tämä tapahtuu useimmiten vähäpuustoisilla koealoilla, joilla erehtyminen vain yhden puun suhteen aiheuttaa esim. 100 %:n, 50 %:n tai 33.3 %:n virheen. Joskus kuitenkin kehnot sääolosuhteet saattavat aiheuttaa mainittua suuruusluokkaa olevan virheen tiheissäkin metsiköissä.

Løvengreenin (1950) mukaan on mahdollista, että huonon näkyvyyden, arviomiehen henkilökohtaisten ominaisuuksien ja valaistussuhteiden (vrt. myös West-Nielsen 1952) johdosta syntyy merkittävä systemaattinen havaintovirhe silloin, kun arviomies on puutteellisesti perehtynyt relaskoopin käyttöön. Yleensä on tutkimuksissa kuitenkin tultu siihen tulokseen, että menetelmään ja kojeeseen perehtyneen arviomiehen systemaattinen havaintovirhe metsäalueen puuston pohjapinta-alaa arvioitaessa on pienempi kuin 1 % (vrt. Keen 1950; West-Nielsen

1952). Systemaattinen havaintovirhe on myös käsillä olevassa tutkimuksessa osoittautunut erittäin pieneksi. Yliarviointiin on näet johtanut 25.5 % koealoista, ja aliarviointia on todettu 24.1 %:ssa tapauksista. Tämä merkitsee, että 343 koealan aineistossa esiintyy vain +0.1 %:n systemaattinen havaintovirhe. Jos mitattujen ja arvioitujen pohjapinta-alojen keskiarvot pyöristetään lähimpään 0.1 m^2:iin, virhettä ei sitä paitsi voida lainkaan todeta. Tämä on huomion arvoinen näkökohta, sillä usein juuri systemaattinen havaintovirhe on metsänarvioimistehtävissä vaarallisin. Kuten jäljempänä (s. 32) havaitaan, suppeissa aineistoissa systemaattinen virhe voi kuitenkin olla edellä esitettyä merkitsevämpi.

Edellisiin verrattuna yleispätevämpi mitta relaskooppimenetelmän havaintotarkkuudelle saadaan kuitenkin ns. arvion keskimääräisen virheen ja varsinkin arvion keskivirheen avulla (vrt. Bruce ja Schumacher 1950). Näistä edellinen ilmaisee arvioitujen pohjapinta-alojen keskimääräisen poikkeaman mitatuista, etumerkkiä huomioon ottamatta, jälkimmäinen tarkoittaa mainittujen poikkeamien hajontaa. Molemmat esitetään seuraavassa suhteellisina lukuina arvioidusta pohjapinta-alasta.

Arvion keskimääräinen havaintovirhe on tutkimuksen aineiston mukaan 4.5 %. Tämä sadannesluku tarkoittaa, että aritmeettisena keskiarvona laskien ja suuntaa huomioon ottamatta virhe on keskimäärin sen suuruinen. Arvion keskivirhe on suurempi kuin keskimääräinen virhe, nim. tämän aineiston mukaan ± 8 %. Tämä sadannes puolestaan ilmaisee, että suoritettaessa pohjapinta-alan arviointi relaskoopilla on todennäköistä, että 68 tapauksessa 100:sta havaintovirhe on enintään ± 8 % arvioidusta pohjapinta-alasta, 95 %:ssa alle ± 16 %:n ja käytännöllisesti katsoen aina pienempi kuin ± 24 %.

Metsikön pohjapinta-alaa relaskoopilla arvioitaessa havaintovirhe ei ole kuitenkaan merkittävin. Niinpä Keenin (1950) mukaan havaintovirhe on ainoastaan ± 4—6 %, mutta edustavuusvirhe, johon liittyy osana puuston epätasaisuudesta aiheutuva virhe, ± 13 %. Tällaista suhdetta havainto- ja edustavuusvirheiden välillä tuskin kuitenkaan voidaan yleistää. Jos kuitenkin oletetaan, että hänen arvionsa edustavuusvirheen suuruudesta soveltuu myös keskimääräisiin suomalaisiin metsiin, ja lisätään siihen äsken esitetty havaintovirhe, ± 8 %, saadaan tulokseksi n. ± 15 %. Kuten äsken, tämäkin sadannes tarkoittaa, että 68 tapauksessa 100:sta relaskooppikoealalla suoritettu pohjapinta-alan määritys poikkeaa korkeintaan ± 15 % keskimääräisen metsikön todellisesta pohjapinta-alasta, 95 tapauksessa enintään ± 30 %, eikä ylitä kuin poikkeustapauksessa ± 45 %:n virherajaa.

Lähes samaan virhesadannekseen, ± 16 %, on päätynyt myös Nyyssönen (1954), tosin aivan toisenlaista menetelmää käyttäen. Eräät

Ruotsissa ja Norjassa suoritetut tutkimukset ovat taas johtaneet edellä esitetyn kanssa täysin yhtäpitävään virhearvioon. Esim. Seipin (1952) mukaan tiheissä metsiköissä pohjapinta-alan arvion keskivirhe on n. ± 10 %, mutta keskimääräisissä vaihteluolosuhteissa ± 15 %. Smith ja Bondeson (1954) ovat puolestaan todenneet, että heidän aineistonsa tukee Seipin virhearviota. Näyttää sen vuoksi todennäköiseltä, että keskimääräisissä metsiköissä, ainakin Suomen, Ruotsin ja Norjan metsissä, relaskoopilla suoritettuun pohjapinta-alan arviointiin liittyy ± 15—16 %:n keskivirhe. Poikkeuksellisen epätasaisissa metsiköissä keskivirhe on tietenkin esitettyä suurempi, tasaisissa, hoidetuissa metsiköissä kenties merkittävästikin pienempi. Alle ± 8 %:n keskivirhe ei voi yleensä kuitenkaan laskea, sillä havaintovirheen suuruuteen metsikön tasaisuudella ei ole todennäköisesti vaikutusta.

Lähtien ± 15—16 %:n keskivirhearviosta voidaan päätellä, että arvioitaessa 3 relaskooppikoealaa metsikköä kohden ja laskettaessa näistä keskiarvo saadun pohjapinta-alan arvion keskivirhe on niukasti alle ± 10 %:n. Tarvitaan sitä vastoin 10 umpimähkäistä koealaa metsikköä kohden arvion keskivirheen laskemiseksi alle ± 5 %:n (vrt. myös Seip 1952).

Tähän mennessä tarkastelu on koskenut metsikön pohjapinta-alan arvioimistarkkuutta relaskooppia käytettäessä. Kun on kysymys metsäalueen puuston arvioinnista, tarkastelun tausta muuttuu kokonaan. Tällöin ei ole kysymys yksittäisten koealojen edustavuudesta, vaan tärkeintä on päästä selvyyteen siitä, sisältyykö menetelmään systemaattisen virheen mahdollisuus ja kuinka suuri tämä virhe on.

Kuten esim. Keen (1950) on huomauttanut, itse relaskooppiperiaatteeseen liittyy pieni systemaattinen virhe. Arviomies ei nim. tähdätessään voi nähdä todellista puun rungon läpimittaa, vaan ainoastaan sen jänteen, joka jää tähtäyskulman ja puun rungon sivuamispisteiden väliin. Tästä aiheutuva virhe on mainitun tutkijan mukaan kuitenkin vain 0.01 % ja siten pelkästään teoreettinen. Toinen ilmeinen systemaattinen virhelähde johtuu maaston kaltevuudesta, mutta sen vaikutus on helposti korjattavissa yksinkertaisten kertoimien avulla (vrt. Nyyssönen 1954). Pohjapinta-alan osalta korjausta ei tosin suoritettu, mutta yleensä meikäläisessä metsämaastossa kaltevuus on niin vähäinen, ettei se vaikuta keskiarvoina ilmaistuihin lopputuloksiin. Systemaattisen havaintovirheen todettiin edellä (s. 21) olevan suuren aineiston keskiarvona merkityksettömän pieni, + 0.1 %, mutta suppeissa aineistoissa havaintovirhe lienee tätä merkityksellisempi. Pääasiallisena syynä metsäalueella syntyvään virheeseen on yleensä kuitenkin puuston vaihtelusta johtuva aineiston edustavuuden puute, johon relaskooppimenetelmässä liittyy puuston epätasaisuudesta ainakin teoreettisesti aiheutuva virhe (vrt. s. 18).

Kahdella tutkimusalueella (1 ja 2) puuston pohjapinta-ala tunnetaan suurella tarkkuudella varta vasten huolellisesti suoritetun yksin puin luvun perusteella. Relaskooppimenetelmän tarkkuutta metsäalueen puuston keskipohjapinta-alan arvioinnissa voidaan siten parhaiten käsitellä tämän aineiston osan pohjalla. Tarkastelu kohdistuu vain tiheimpään relaskooppikoealojen verkkoon, sillä tällöin varsinainen puuston vaihtelusta aiheutuva edustavuusvirhe on pienimmillään. Tulokset nähdään seuraavasta asetelmasta.

Yksin puin mitattu keskipohjapinta-ala, m^2/ha	Relaskoopilla arvioitu keskipohjapinta-ala, m^2/ha	Ero, %
alue 1 (pinta-ala 46.0 ha, havaintotiheys 50 × 50 m)		
16.4	Arviomies A 16.6	+1.2
	» B 16.3	—0.6
alue 2 (pinta-ala 9.7 ha, havaintotiheys 30 × 30 m)		
16.7	Arviomies A 17.2	+3.0
	» B 16.9	+1.2

Kun asetelmassa esitettyihin relaskooppiarvioihin sisältyy kaikesta huolimatta tietyn suuruinen edustavuusvirhe ja kun myös täydellisessä puunluvussa pienehkö virhe on mahdollinen, on vaikeaa päätellä, minkä verran ko. alueilla on syntynyt virhettä pelkästään siitä syystä, että on käytetty relaskooppia, ts. havaintovirheenä ja puuston epätasaisuudesta aiheutuvana epätarkkuutena. Havaintovirheen, tosin hyvin pienen, olemassaolon ilmaisee se tosiseikka, että kaksi arviomiestä on saanut hieman erilaisen tuloksen täsmälleen samoista keskipisteistä käsin suoritettujen arviointien pohjalla.

Vaikka asetelmassa esitetyt virhesadannekset olisivat yksinomaan relaskoopin käytöstä johtuvia, relaskooppimenetelmän tarkkuutta olisi pidettävä varsin tyydyttävänä. Kun edustavuusvirhe on kuitenkin osaltaan syynä epätarkkuuksiin, voidaan relaskooppimenetelmän soveltuvuudesta metsäalueen puuston keskipohjapinta-alan arviointiin muodostaa käsillä olevan aineiston pohjalla erittäin myönteinen käsitys. Ei jää epäilystä siitä, etteikö relaskooppimenetelmä pohjapinta-alan arvioinnin osalta olisi riittävän tarkka. Keskimäärin on tutkituilla alueilla syntynyt näet vain + 1.2 %:n virhe.

Kun tutkitut alueet ovat puustoltaan erittäin vaihtelevia (vrt. s. 16), on todennäköistä, että esitetyt virheluvut eivät ole maan metsiä keskimäärin ajatellen pieniä, vaan pikemminkin keskimääräistä vaikeammissa olosuhteissa syntyneitä. Niiden saavuttaminen edellyttää kuitenkin, että arviomies on täysin perehtynyt menetelmän kaikkiin yksityiskohtiin ja relaskooppikojeeseen[1]). Ennen kenttätyökauden alkua on arviomiehen

[1]) Arviomies A on käyttänyt skogstaxia ja B katkorelaskooppia; viimeksi mainittu koje on siis osoittautunut tässä koearvioinnissa ehkä jonkin verran edellistä tarkemmaksi, mikäli arviomiesten oletetaan olevan yhtä päteviä.

tarkistettava havaintokykyään sellaisten mittausten avulla, joita edellä selostettiin (s. 13). Tottumaton henkilö, varsinkin jos hän käyttää puutteellista kojetta, voi aikaansaada esitettyihin verrattuna moninkertaisen virheen. Tästä syystä on myös väärin arvostella relaskooppimenetelmän tarkkuutta muutamien hätäisesti ja puutteellisella taidolla suoritettujen kokeilujen jälkeen, kuten on valitettavan usein tapahtunut.

Jos tulkittaisiin käsite »relaskooppimenetelmä» ahtaasti, ts. sen alkuperäisessä merkityksessä vain pohjapinta-alan arviointimenetelmänä, edellinen riittäisi todistamaan sen tarkkuuden. Kun siirrytään pohjapinta-alasta keskipituuden kautta kuutiomäärän arviointiin, on kysymys vain relaskooppiperiaatteen soveltamisesta erääseen käytännön metsätalouden kannalta tärkeään tarkoitukseen. Tämä on tehtävä selväksi jo siitäkin syystä, että relaskoopin periaatetta voidaan käyttää paitsi pystypuuston pohjapinta-alan myös esim. pinotiheyden arviointiin (Bitterlich 1957; vrt. Vuokila 1958 b). Kun siis puhutaan relaskooppimenetelmästä kuutiomäärän arvioinnin yhteydessä, on samalla pidettävä mielessä, että tällä termillä on oikeastaan alunperin suppeampi merkitys.

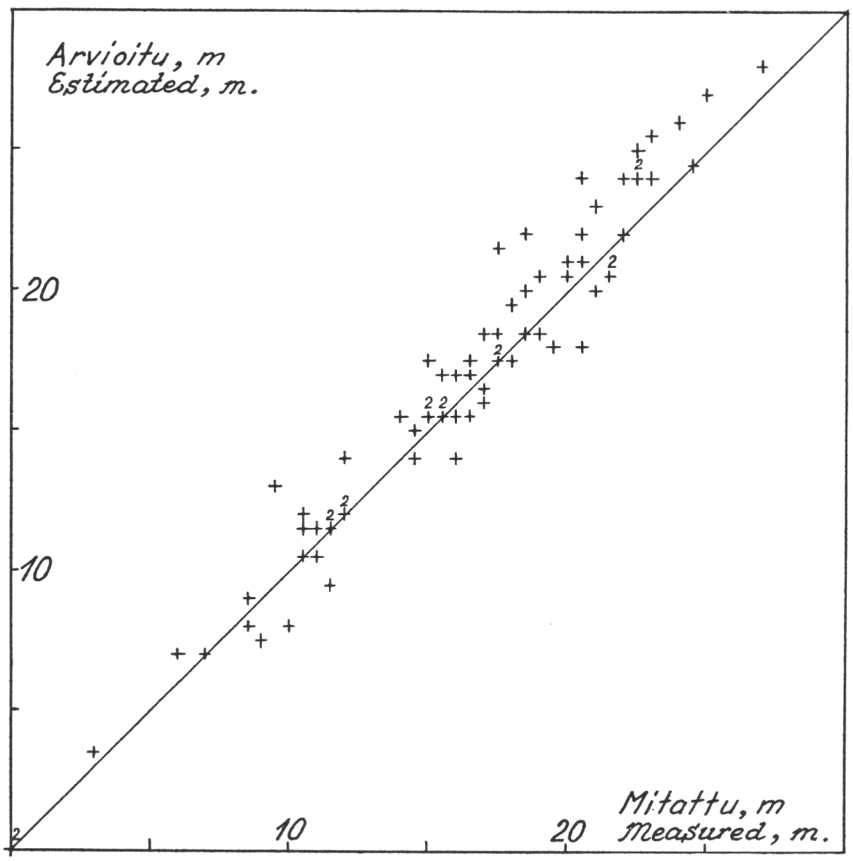
Keskipituus

Keskipituuden määrittäminen ei edellytä laskentatöitä, kun kentällä suoritetaan, kuten seuraavassa aluksi selostettavissa kokeissa alueilla 3 ja 4, vain yhden mediaanipuun mittaus kummassakin pituusjaksossa (vrt. s. 13). Mediaanipuun pituus on sellaisenaan jakson keskipituusarvio kyseisellä relaskooppikoealalla. Seuraavassa pyritään selvittämään, millä tarkkuudella keskipituus saadaan arvioiduksi tällä yksinkertaisella menetelmällä.

Keskipituusluvut, joihin relaskooppikoealojen keskipituuksia verrataan, ovat läpimittaluokkien pohjapinta-aloilla punnittuja keskiarvoja vastaavilta ympyräkoealoilta. Kysymys on alueella 4 suoritetusta 72 ympyräkoealan mittauksesta. Niiden käyttäminen vertailuperusteena ei ole tosin kiistatonta, sillä ympyrä- ja relaskooppikoealat eivät vastaa täysin toisiaan. Tämä näyttää kuitenkin ainoalta tavalta saada valaistusta nyt kysymyksessä olevaan ongelmaan.

Kuten kuva 5 osoittaa, relaskooppikoealoille mediaanimenetelmällä arvioitujen ja vastaaville ympyräkoealoille äsken mainitulla tavalla laskettujen keskipituuksien välillä vallitsee kiinteä riippuvuussuhde. Siitä on osoituksena tätä suhdetta kuvaava korrelaatiokerroin 0.969 ± 0.113. Silmävaraisestikin voidaan kuitenkin todeta, että mediaanimenetelmä on antanut systemaattisesti hieman liian korkean keskipituusarvion koealoilla, joiden keskipituus on yli 22 m.

Tarkasteltaessa nyt kysymyksessä olevan eron absoluuttista suuruutta havaitaan, että 61.6 % mediaanimenetelmällä saaduista keskipituuksista



Kuva 5. Riippuvuussuhde ympyräkoealoilla mitattujen ja vastaavilla relaskooppikoealoilla yhteen pituusmittaukseen nojautuen arvioitujen keskipituuksien välillä.
Fig. 5. Relationship between the mean heights measured in the circular sample plots and those estimated in the corresponding relascope plots by the median tree method, based on one height measurement per plot.

on enintään 1 m:n ympyräkoealojen keskipituuksista poikkeavia. Ero on 2 m tai sitä pienempi 89 %:ssa tapauksista ja enemmän kuin 2 m 11 %:lla koealoista.

Eron suhteellista suuruutta ja suuntaa kuvaa seuraava asetelma.

Ero, %	% koealoista
yli +30.0	1.4
+20.1—30.0	1.4
+10.1—20.0	13.7
+ 0.1—10.0	38.3
0	20.5
— 0.1—10.0	19.2
—10.1—20.0	5.5

Tarkasteltavana olevan aineiston mukaan 20.5 % mediaanimenetelmällä saaduista keskipituuksista johtaa ympyräkoealojen kanssa yhtäpitävään tulokseen. Keskipituusarvioista 78.0 % on 10 %:n virherajan sisäpuolella, ja 20 %:ta pienempi virhe syntyy 97.2 %:ssa tapauksista, kun ympyräkoealojen keskipituudet oletetaan oikeiksi. Vain poikkeuksellisesti virhe on suurempi kuin 30 %. Kun verrataan näitä sadanneksia pohjapinta-alan havaintovirheen tarkastelun yhteydessä esitettyihin lukuihin, havaitaan suurta samankaltaisuutta. Niinpä 20 %:n virherajan sisäpuolelle jää molemmissa tapauksissa käsillä olevassa aineistossa sama sadannesmäärä, 97.2 % koealoista. Tämä on merkille pantava piirre arvosteltaessa mediaanimenetelmän soveltuvuutta relaskooppimenetelmän yhteyteen.

Aiemmin selostetulla (s. 21) periaatteella laskettu arvion keskivirhe on keskipituuden osalta ± 9 %, siis jonkin verran suurempi kuin pohjapinta-alan havaintovirhe. Tämän eron aiheuttaa lähinnä systemaattinen virhe, joka sisältyy ko. keskivirhearvioon. Mikäli tämä virhe saataisiin poistetuksi, arvion keskivirhe olisi todennäköisesti kummassakin tapauksessa likimäärin yhtä suuri.

Systemaattisen virheen suuruudesta antaa käsityksen jo se, että 54.8 % mediaanimenetelmällä saaduista keskipituusarvioista on suurempia ja vain 24.7 % pienempiä kuin ympyräkoealojen perusteella lasketut vertailuluvut. Keskimäärin yliarviointi on +3.1 % ympyräkoealojen keskipituuksista laskettuna. Sellaisena se ei ole erikoisen suuri, mutta kuitenkin niin merkittävä, että sen syyt on tutkittava ja löydettävä keinot sen välttämiseksi.

Pääasiallinen syy havaittuun systemaattiseen virheeseen on todennäköisesti siinä, että ko. aineiston osan maastotöissä mitattiin vallitsevasta jaksosta vain yhden puun pituus ja se aina pääpuulajista. Sekametsiköissä näin syntyy systemaattista virhettä puulajien erilaisen pituuskehityksen vuoksi. Mittaamalla tärkeimmälle sekapuulajille oma keskipuunsa systemaattinen virhe voidaan todennäköisesti välttää. Kuten kenttätöitä selostettaessa mainittiin (s. 13), tutkimuksen loppuvaiheessa tärkeimpiä alueita, 1 ja 2, arvioitaessa sovellettiin tätä periaatetta keskipituuden määrittämisessä. Mainituilla alueilla keskipituusarvioissa ei sen vuoksi todennäköisesti esiinny merkittävää systemaattista virhettä. Arvion keskivirhekin on niillä samasta syystä suurin piirtein yhtä suuri kuin pohjapinta-alan havaintovirheen tarkastelussa on esitetty, siis n. ± 8 %. Siihen viittaa myös jäljempänä silmävaraiselle arvioinnille laskettu arvion keskivirhe.

Keskipuun pituuden silmävarainen arviointi on tässä aineistossa johtanut yllättäen keskimäärin lähemmäksi ympyräkoealojen keskipituuksia kuin korkeusmittarilla suoritetut pituusmittaukset. Systemaattinen virhe on näet vain + 1.9 % ja arvion keskivirhe ± 8 %. Tämä tulos ei kuitenkaan merkitse sitä, että silmävarainen arviointi olisi yleensä näin tarkkaa, sillä nyt on ensiksikin kysymys vain yhden, tämänkaltaisiin tehtäviin tottuneen

henkilön suorittamista havainnoista. Muistettava on lisäksi, että arviomies itse mittasi puun pituuden heti silmävaraisen arvioinnin jälkeen, joten hän sai aina välittömästi tarkistuksen arviolleen.

Tärkeintä saavutettua yllättävää tulosta tulkittaessa on kuitenkin se, että nyt kysymyksessä olevassa tapauksessa arviomiehen henkilökohtaisista ominaisuuksista johtuva systemaattinen virhe ja mediaanimenetelmän systemaattinen virhe ovat vaikuttaneet vastakkaisiin suuntiin. Kyseinen arviomies on näet lievästi aliarvioivaa tyyppiä, kun taas äsken todettiin mediaanimenetelmän johtaneen korkeusmittaria käytettäessä systemaattisesti keskimäärin n. + 3 %:n virheeseen samalla alueella. Jos arviomies olisi sattunut olemaan yliarvioivaa tyyppiä, olisi saatu vähemmän harhauttava kuva silmävaraisen arvioinnin tarkkuudesta, ts. sen systemaattinen virhe olisi todettu suuremmaksi kuin äsken mainittu + 3 %:n virhe, joka on syntynyt korkeusmittarilla suoritettujen keskipituusmääritysten kohdalla. Missään tapauksessa esitetty tulos ei siis merkitse sitä, että korkeusmittarin käyttö olisi epätarkkaa ja tarpeetonta. Vain tottunut arviomies kykenee suorittamaan keskipituuden määrittämisen silmävaraisesti mediaanipuun avulla riittävän tarkasti. Sama koskee epäilemättä myös Nyyssösen (1954) ehdottamaa keskipituuden arvioimismenetelmää, joka perustuu metsikön pisimpien puiden pituudesta tehtävään arviovähennykseen. Tottumaton voi sitä vastoin aiheuttaa silmävaraisella arvioinnillaan tuntuvan systemaattisen virheen molemmilla menetelmillä.

Tiivistelmänä voidaan esittää, että mediaanimenetelmä keskipituuden arvioinnissa soveltuu varsin kitkattomasti relaskooppimenetelmän yhteyteen. Se on nopea ja pohjapinta-alan arviointitarkkuutta vertailuperusteena käytettäessä riittävän tarkka. Tämä edellyttää kuitenkin, että puut jaetaan tarvittaessa kahteen pituusjaksoon ja että vallitsevasta jaksosta mitataan kahden mediaanipuun pituus, tarpeen vaatiessa näistä toinen sekapuulajista. Silmävarainen mediaanipuun pituuden arviointi, samoin kuin äsken mainittu Nyyssösen menetelmä, voi olla riittävän tarkka, jos arviomies on taitava ja pitkäaikaisen kokemuksen omaava. Yleensäkin silmävaraista arviointia voitaneen käyttää alikasvosjakson keskipuun pituuden toteamiseen.

Kuutiomäärä

Aiemmin esitetyn perusteella on muodostunut käsitys siitä, minkälaiseen tarkkuuteen päästään metsikön pohjapinta-alan ja keskipituuden arvioinnissa relaskooppimenetelmää käytettäessä. On todettu, että pohjapinta-alaa arvioitaessa pelkästään havaintovaikeuksista aiheutuva arvion keskivirhe on ± 8 %. Kun vallitsevassa jaksossa mitataan aina kahden puun pituus, mediaanimenetelmällä määritetyn keskipituuden keskivirheeksi on arvioitu niin ikään ± 8 %.

Tämän jälkeen on mahdollista muodostaa käsitys metsikön kuutiomäärän arvioinnissa saavutettavasta tarkkuudesta relaskooppimenetelmää sovellettaessa. Nyyssösen (1954) kuutioimistaulukoiden avulla voidaan laskea, että 8 %:n virhe pohjapinta-alassa aiheuttaa samansuuruisen virheen kuutiomäärässä. Havaitun suuruinen keskipituuden virhe tuo taas mukanaan n. 6 %:n virheen kuutiomäärään. Lisätekijänä kuutiomäärän arvioimistarkkuutta tarkasteltaessa on otettava huomioon kuutioimistaulukoiden pohjana olleen aineiston hajonta, ts. kuutioimistaulukoista johtuva kuutiomääräarvion keskivirhe, joka niiden laatijan mukaan on ± 4—5 %.

Kun kaikki nämä virhetekijät yhdistetään, päädytään metsikön kuutiomääräarvion keskivirheeseen relaskooppimenetelmää sovellettaessa edellyttäen, että pohjapinta-alan osalta otetaan huomioon ainoastaan havaintovirhe. Laskelma on seuraava:

$$\pm \sqrt{8^2 + 6^2 + 5^2} \approx \pm 11\ \%.$$

On syytä toistaa vielä tämän virhesadanneksen merkitys: Kun pohjapinta-alan osalta vain havaintovirhe otetaan huomioon, yhteen relaskooppikoealaan perustuva metsikön kuutiomääräarvio on 68 %:n todennäköisyydellä ± 11 %:n virherajan sisäpuolella, 95 %:ssa tapauksista virhe on pienempi kuin ± 22 % ja käytännöllisesti katsoen aina alle ± 33 %:n.

Kun on kysymys erittäin tasaisista metsiköistä, esitetty keskivirhesadannes ei olennaisesti muutu, vaikka mukaan otetaan myös pohjapinta-alan edustavuusvirhe. Jos tämän virheen oletetaan olevan ± 5 % (vrt. Proda n 1953; Nyyssönen 1954), metsikön kuutiomääräarvion keskivirhe on kaikki vaihtelutekijät huomioon ottaen ± 12 %. Kun keskivirhe on kääntäen verrannollinen koealojen lukumäärän neliöjuureen, tasaisissa metsiköissä tarvitaan vain 2 relaskooppikoealaa arvion keskivirheen pienentämiseksi ± 10 %:n alapuolelle. Jos suoritetaan 6 relaskooppikoealan arviointi metsikköä kohden, kuutiomääräarvion keskivirhe on pienempi kuin ± 5 %.

Keskimääräistä puuston vaihtelua vastaavissa olosuhteissa edustavuusvirhe on kuitenkin edellistä painollisempi. Aiemmin todettiin (s. 21) metsikön pohjapinta-alan arvion keskivirheeksi ± 15 %. Kun tähän lisätään keskipituuden arvioinnista aiheutuva virhe sekä kuutioimistaulukoiden aineiston hajonnasta johtuva epävarmuus, saadaan metsikön kuutiomääräarvion keskivirheeksi keskimääräisissä puuston vaihteluolosuhteissa ± 17 %, joka siis osoittaa yhden relaskooppialan keskimääräistä edustavuutta metsikön kuutiomäärän osoittajana. Suoritettu laskelma kuvaa myös pohjapinta-alan painollista asemaa kuutiomäärän virheen muodostumisessa. Loppujen lopuksi keskipituuden arvioinnista aiheutuva virhe ei metsiköittäisessä arvioinnissa vaikuta kuin pieneltä osalta kuutiomäärän virheen syntymiseen.

Metsikön kuutiomäärän arviointiin liittyy siten varsin huomattava virhemahdollisuus relaskooppimenetelmää sovellettaessa. On aivan ilmeistä, ettei yksi koeala metsikköä kohden ole riittävä, mikäli tiedot halutaan myös metsiköittäin. Näin on asian laita kuitenkin vain silloin, kun havainnot suoritetaan täysin sattumanvaraisesti. Niin kuin esim. S m i t h ja B o n d e s o n (1954) ovat todenneet, päästään näet subjektiivisesti valitun metsikön keskimääräisen kohdan perusteella huomattavasti tarkempiin tuloksiin kuin sattumanvaraisella havainnolla. Heidän mukaansa yhden subjektiivisesti valitun relaskooppikoealan tarkkuus vastaa suurin piirtein kolmen sattumanvaraisen koealan luotettavuutta.

Esitettyyn keskivirhelaskelmaan nojautuen voidaan päätellä, että tarvitaan 3 umpimähkäisesti valittua relaskooppikoealaa metsikköä kohden, ennen kuin voidaan väittää 68 %:n todennäköisyydellä, että virhe on pienempi kuin $\pm$ 10 %. Äsken mainitun tutkimuksen (S m i t h ja B o n d e s o n 1954) mukaan sama luotettavuus saavutetaan kuitenkin subjektiivisesti valitun metsikön keskimääräiskohdan perusteella. Vastaava 5 %:n virhetaso edellyttää 12 sattumanvaraista relaskooppikoealaa metsikköä kohden. Keskimääräisissä metsiköissä koealojen lukumäärän täytyy siis olla kaksinkertainen tasaisiin metsikköihin verrattuna saman luotettavuuden saavuttamiseksi (vrt. s. 28). Tietenkin lukuisissa tapauksissa metsikkökuvion pienuuden vuoksi ei voida arvioida näin monta koealaa. Tässä onkin kysymys teoreettisesta laskelmasta, joka soveltuu kuinka laajoihin kuvioihin tahansa, mutta jonka seuraaminen ei pienillä kuvioilla ole edes arvioimisteknillisesti mahdollista.

Käytännön metsänarvioimistehtävissä ei olla aina kiinnostuneita yksittäisten metsiköiden puuston määrän selvittämisestä. Pääasia on yleensä, että m e t s ä a l u e e n puuston kokonaismäärä ja rakenne saadaan riittävän tarkasti selville. Tästä syystä päämielenkiinto relaskooppimenetelmän luotettavuutta pohdittaessa kohdistuu kysymykseen, syntyykö metsäalueita arvioitaessa systemaattista virhettä, ja jos syntyy, kuinka suureksi se voi muodostua. Tätä tarkastelua varten viitataan aluksi taulukkoon 1.

Taulukossa 1 on esitetty kaikkien tutkimusalueiden relaskoopilla arvioidut keskikuutiot hehtaaria kohden vertailumenetelmällä saatujen kanssa rinnan. Aluksi keskitytään pääaineistoon, alueisiin 1 ja 2, joilla vertailumenetelmä on varsin tarkka ja joilta on käytettävissä kahden henkilön relaskooppiarvioinnin tuloksia. Tarkastelu perustuu tiheisiin relaskooppikoealojen verkkoihin. Jäljempänä otetaan tarkasteltavaksi, voidaanko kenties sama tarkkuus saavuttaa niitä pienemmillä havaintotiheyksillä.

Kun yksin puin luvun tulokset oletetaan oikeiksi, a l u e e l l a 1 on relaskooppimenetelmällä syntynyt negatiivista systemaattista virhettä. Arviomies A on päässyt lähemmäksi oikeana pidettyä tulosta kuin B. Ensiksi mainitun »virhe» on näet —3.5 % oikeasta kuutiomäärästä ja jälkimmäisen

Taulukko 1. Puuston keskikuutiomäärä arviointialueilla.

Table 1. Mean cubic volume of the growing stock in different survey areas.

Arv. alue *Survey area*	Ala, ha *Area, ha.*	Koealojen etäisyys, m *Distance between plots, m.*	Koealojen lukumäärä *Number of plots*	Arviomies *Observer*	Keskikuutiomäärä, k-m³/ha *Mean cubic volume per ha.,cu.m.*		
					Relaskooppimenetelmä *Relascope method*	Vertailumenetelmä *Control method*	Erotus, % jälkimmäisestä *Difference, % of the latter*
Vertailumenetelmä: yksin puin luku — *Control method: complete enumeration*							
1	46.0	50×50	187	A	136	141	— 3.5
				B	134	141	— 5.0
2	9.7	30×30	109	A	122	118	+ 3.4
				B	120	118	+ 1.7
Vertailumenetelmä: ympyräarviointi — *Control method: circular plot survey*							
3	57.4	50×100	128	A	115	—	— 0.9*)
		100×100	64	A	121	116	+ 4.3
4	294.6	100×100	276	A	182	—	+16.7*)
		200×200	72	A	169	156	+ 8.3

*) Relaskooppiarvioinnin tulosta verrattu harvempaan ympyräkoealojen verkostoon — *Result of the relascope cruise compared with that of a circular plot survey of lesser intensity.*

Taulukko 2. Puuston keskikuutiomäärä arviointialueen 1 osilla.

Table 2. Mean cubic volume in different sub-areas within survey area 1.

Osa *Sub-area*	Pinta-ala, ha *Area, ha.*	Relaskooppikoealojen lukumäärä *Number of relascope plots*	Arviomies *Observer*	Keskikuutiomäärä, k-m³/ha *Mean volume per ha., cu. m.*		
				Relaskooppimenetelmä *Relascope method*	Yksin puin luku *Complete enumeration*	Erotus, % jälkimmäisestä *Difference, % of the latter*
1 A	23.9	96	A	141	137	+ 2.9
			B	138	137	+ 0.7
1 B	22.1	91	A	132	145	— 9.0
			B	129	145	—11.0
1 AA	14.1	58	A	154	148	+ 4.1
			B	150	148	+ 1.4
1 AB	9.8	38	A	122	120	+ 1.7
			B	120	120	0
1 BA	6.1	26	A	135	154	—12.3
			B	130	154	—15.6
1 BB	6.6	27	A	130	141	— 7.8
			B	129	141	— 8.5
1 BC	9.4	38	A	130	142	— 8.5
			B	127	142	—10.6

—5.0 %. Alueella 2 virhe on päinvastainen. Arviomies B on nyt saanut tarkemman tuloksen, sillä hänen virheensä on vain +1.7 %, kun A:n kuutiomääräarvio poikkeaa +3.4 % oikeasta. Näin tarkastellen systemaattinen virhe on pääaineiston mukaan siis enintään 5 % tiheää koealaverkkoa käytettäessä.

Jos alue 1 jaetaan osiin, joille jokaiselle lasketaan keskikuutiomäärät molemmilla menetelmillä, päädytään kuitenkin hieman toisenlaiseen tulokseen kuin aluetta kokonaisuutena tarkasteltaessa. Tämän osoittaa taulukko 2.

Aluksi alue jaettiin umpimähkäisesti kahteen suurin piirtein yhtä suureen osaan. Näin muodostuneella A-osalla virhe on pieni ja positiivinen molemmilla arviomiehillä, nim. 2.9 ja 0.7 %. B-osalla on sitä vastoin syntynyt varsin merkittävä negatiivinen virhe, 9—11 %. Kun A- ja B-alueet jaettiin edelleen pienempiin osiin, todettiin, että A-osan lohkoilla AA ja AB virhe on jälleen yleensä positiivinen ja suhteellisen pieni, 0—4.1 %, ja B-osan lohkoilla BA, BB ja BC negatiivinen ja erittäin merkittävä, 7.8—15.6 %.

Alueella 3 (taul. 1) relaskooppiarviointi on antanut tulokseksi 4.3 % korkeamman keskikuutiomäärän kuin samoin keskipistein suoritettu ympyräarviointi. Kaksinkertaistamalla relaskooppihavaintojen lukumäärä tämä ero on kuitenkin pienentynyt —0.9 %:een. Kun ympyräarvioinnin perusteella lasketun keskikuutiomäärän keskivirhe on tässä tapauksessa n. ± 6 %, ero relaskooppimenetelmällä ja ympyräarvioinnilla saatujen keskikuutiomäärien välillä ei ole kummassakaan tapauksessa tilastomatemaattisesti merkitsevä.

Alueella 4 relaskooppiarvioinnin keskikuutiomäärä poikkeaa vertailumenetelmän vastaavasta tuloksesta huomattavasti enemmän kuin alueella 3, samalla koealatiheydellä + 8.3 % ja kaksinkertaista relaskooppikoealojen määrää sovellettaessa yllättävästi + 16.7 %. Pääasiallisena syynä tällaiseen tulokseen täytyy olla ympyräarvioinnin keskikuutiomäärän virheellisyys, minkä todennäköiseen suuruuteen viittaa sen laskettu keskivirhe, ± 7 %. Tästä syystä alueilla 3 ja 4 on tarkastelussa annettava päähuomio samoilla kohdilla suoritetuille vertaileville havainnoille, koska edustavuusvirhe on tällöin todennäköisesti likimäärin samansuuruinen sekä tutkittavassa menetelmässä että vertailumenetelmässä. Kun alue 4 on monessa suhteessa poikkeuksellinen koko maan metsiä ajatellen, sen puitteissa syntyvää virhettä tuskin voidaan yleistää.

Mistä sitten johtuu havaittu, usein huomattavan suuri virhe? On selvää, että se voidaan katsoa osaksi pohjapinta-alan ja keskipituuden arvioinneissa syntyneistä virheistä johtuvaksi, sillä muutenhan ei ole selitettävissä, että kaksi arviomiestä saa erilaisen tuloksen. Kun näiden virheiden aiemmin todettiin ainakin laajahkoilla alueilla ja suurissa aineistoissa (vrt. s. 21) olevan pieniä, täytyy merkittävämpänä tekijänä

kuitenkin olla tämäntapaisille arvioimismenetelmille ominainen edustavuusvirhe, johon nyt kysymyksessä olevassa tapauksessa liittyy vielä ns. puuston epätasaisuudesta aiheutuva virhe. Ei ole myöskään unohdettava kuutioimistaulukoista, lähinnä runkomuodon keskimääräisolettamuksesta aiheutuvaa virhetekijää. Näiden eri tekijäin suuruussuhteiden selvittämiseksi esitetään aluksi asetelma, johon on laskettu alueen 1 kahden osan keskipohjapinta-alan virheet, erikseen kummankin arviomiehen tuloksille, ja johon on merkitty myös aiemmin (s. 23) esitetyt vastaavat tiedot koko alueesta 1 ja alueesta 2.

	Alue 1	1 A	1 B	2
	Keskipohjapinta-alan virhe, %			
Arviomies A	+1.2	+6.6	—4.1	+3.0
» B	—0.6	+4.4	—5.9	+1.2

Asetelma esittää pohjapinta-alan arvioinnin havaintovirheen ja edustavuusvirheen yhteisvaikutuksen, josta pääosaan lienee aiempien päätelmien mukaan yleensä syynä mainittu edustavuusvirhe. Kun keskipituuden havainto- ja edustavuusvirheet ovat todennäköisesti vähäisiä, asetelma osoittaa samalla arviointien maastovaiheessa syntyneen virheen, joka on yleensä merkittävästi pienempi kuin kokonaisvirhe. Vaikka maastovirheen erittelyssä ei käytettävissä olevan aineiston pohjalla päästä tämän pitemmälle, voidaan kuitenkin päätellä, että pelkästään relaskoopin käytöstä tuskin syntyy merkittävää virhettä maastotyövaiheessa. Alueilla 1 A ja 1 B, joilla virhe on suurehko, koealojen lukumäärä on nim. sellainen, että asetelmassa esitetty sadannesmäärä voi olla pelkästään edustavuusvirhettä. Edustavuusvirhe, joka on yhtä ominainen kaikille edustaville arvioimismenetelmille, on taas pienennettävissä ainoastaan relaskooppikoealojen lukumäärää lisäämällä.

Jäljelle jäävä osa taulukoissa 1 ja 2 esitetyistä virheistä syntyy laskentavaiheessa siitä syystä, että käytetään keskimääräisiä kuutioimistaulukoita. Oikeastaan tällöin on kysymys eräänlaisesta runkomuodon edustavuusvirheestä, jonka olemassaolo on jo etukäteen tiedossa, mutta jonka välttäminen ei nykyisten kuutioimistaulukoiden puitteissa ole mahdollista. Seuraava asetelma osoittaa kuutioimistaulukoiden keskimääräisyydestä aiheutuvan virheen samoilla arviointialueilla.

	Alue 1	1 A	1 B	2
	Lähinnä kuutioimistaulukoista aiheutuva virhe, %			
Arviomies A	—4.7	—3.7	—4.9	+0.4
» B	—4.4	—3.7	—5.1	+0.5

Sen että kysymyksessä on todella kuutioimistaulukoista johtuva virhe, osoittanee se tosiseikka, että virhesadannekset ovat molemmilla arvio-

miehillä lähes samansuuruiset. Keskimääräisistä kuutioimistaulukoista aiheutuva virhe on siis alueilla 1, 1 A ja 1 B poikkeuksetta negatiivinen, ts. puusto on niillä runkomuodoltaan keskimääräistä parempaa. Tämä vastaa hyvin sitä käsitystä, jonka alueiden silmävaraisesta tarkastelustakin saa. Asetelman ei siis missään tapauksessa voida katsoa merkitsevän sitä, että käytetyt kuutioimistaulukot antaisivat edes yleensä negatiivisen virheen. Toisilla metsäalueilla, kuten alueella 2, virhe on epäilemättä usein päinvastainen.

Vihdoin on vastattava kysymykseen, onko relaskooppimenetelmä riittävän tarkka kuutiomäärän arviointiin käytännön metsänarvioimistehtävissä. Vastaus riippuu ilmeisesti siitä, mitä käsitteellä »riittävän tarkka» tarkoitetaan. Mikäli sillä viitataan 5 %:n maksimivirheeseen, relaskooppimenetelmä sen nykyisessä kehitysvaiheessa ei ole suppeilla metsäalueilla todennäköisesti riittävän tarkka, ei niinkään paljon itse relaskoopin käytön kuin edustavuusvirheen ja kuutioimistaulukoiden keskimääräisyyden vuoksi. Mikäli nim. kaikki virhetekijät vaikuttavat samaan suuntaan, kuten alueella 1 B, virhe saattaa nousta 10 %:een, jopa joskus sen ylikin. Laajoilla metsäalueilla voidaan kuitenkin päästä jo nykyisin edellytyksin yleensä alle 5 %:n virheeseen siitä syystä, että puuston runkomuodon vaihtelut tällöin tasoittavat paremmin toisensa kuin pienillä metsäalueilla.

Yleisimmin pidettäneen kuitenkin 10 %:n enimmäisvirhettä sallittuna käytännön metsänarvioimistehtävissä (vrt. Ilvessalo 1935). Näin edellyttäen voitaneen äsken esitetyn perusteella ja aiemmin tehtyihin päätelmiin nojautuen todeta, että relaskooppimenetelmä on yleensä riittävän tarkka käytännön metsänarvioimistehtäviin. Jälleen on kuitenkin korostettava, että tällainen päätelmä on paikallaan vain sillä ehdolla, että työn suorittaja on kaikin puolin selvillä menetelmän tarkkuuteen vaikuttavista tekijöistä ja että hän on tehtävään tottunut ja tarkistaa havaintokykyään säännöllisesti.

Nykyisessä muodossaankin relaskooppimenetelmä on täten arvokas lisä niukkalukuisiin arvioimismenetelmiin. Tätä ei kuitenkaan pidä tulkita siten, että menetelmä olisi nyt loppuun harkittu ja kehitetty. Päinvastoin, kuten edellä esitetystä käy ilmi, relaskooppimenetelmän tarkkuutta voidaan parantaa huomattavasti mm. laatimalla kuutioimistaulukot, joissa myös runkomuodon vaihtelut otetaan huomioon. Sellaisten taulukoiden avulla paranee nimenomaan suppeiden metsäalueiden arviointitarkkuus.

Runkomuodon huomioon ottaminen siten, ettei se lisäisi huomattavasti työtä, näyttää kuitenkin vaikealta. Esim. Gockerell (1957) on esittänyt erään menetelmän (vrt. s. 5), joka ei kuitenkaan hitautensa enempää kuin perusteittensakaan vuoksi tunnu sovellutuskelpoiselta Suomessa. Näyttäisi siltä, että elävän latvuksen alareunan korkeus, jota Ruotsissa

nykyisin käytetään pystypuiden kuutioinnissa muotoa kuvaavana tekijänä, tarjoaisi parhaat mahdollisuudet runkomuodon nopeaan ja tehokkaaseen määritykseen myös relaskooppimenetelmän yhteydessä. Latvuksen alareunan korkeuden mittaaminen kävisi näet maastossa kätevästi ja tuskin paljonkaan aikaa vaativana päinsä keskipuun pituuden mittauksen yhteydessä. Kun Suomessa tätä tunnusta ei ole lainkaan tähän mennessä sovellettu, uusien kuutioimistaulukoiden laadinta edellyttäisi varsin työläitä koealamittauksia, mutta samalla se saattaisi viedä relaskooppimenetelmän käyttökelpoisuutta merkittävästi eteenpäin.

Ulkomailla suoritetuissa tutkimuksissa on usein tultu suurin piirtein samankaltaisiin päätelmiin relaskooppimenetelmän tarkkuudesta kuin edellä on esitetty. Esim. Strand (1957) päättelee, että virhe on yleensä alle 10 %:n metsäalueen kuutiomäärää arvioitaessa. Avery (1955) on puolestaan todennut, että 6 erillisessä arvioinnissa 8:sta relaskooppiarvioinnin kuutiomääräarvio on ollut vähemmän kuin 10 % virheellinen ja kaikki 8 arviointitulosta 20 %:n virherajojen sisäpuolella. Eräissä toisissa tutkimuksissa tarkkuus on kuitenkin todettu äsken mainittuja paremmaksi. Niinpä Baumann (1955) on havainnut vain +1.6 %:n virheen kuutiomäärässä. Cromer (1954) on puolestaan selostanut koetta, jossa todettiin —2.4 ja —2.7 %:n virheet kuutiomääräarvioissa.

Tähänastiset tulokset ovat siten ainakin näennäisesti ristiriitaisia. Niitä vertailtaessa on kuitenkin pidettävä mielessä, että ne perustuvat hyvin erilaisille edellytyksille, kojeet ja taulukot ovat erilaisia ja arviomiesten kokemus vaihteleva. Kuten myös tämän tutkimuksen tulokset osoittavat, relaskooppiarviointi voi sitä paitsi yksittäisissä tapauksissa johtaa jopa samaan keskikuutiomäärään kuin yksin puin luku, joten Baumannin ja Cromerin tutkimusten tulosten ei välttämättä tarvitse olla ristiriidassa nyt esitettyjen tulosten kanssa. Strandin ja Averyn tulokset, jotka perustuvat edellisiä laajempiin aineistoihin, tukevat taas tässä tutkimuksessa esitettyjä tuloksia painokkaasti. Tärkeintähän ei ole, mihin tarkkuuteen voidaan yksittäisissä tapauksissa päästä, vaan minkä enimmäisrajojen sisällä virhe yleensä on.

Käytännölliseltä kannalta on tärkeää käsitellä vielä kysymystä, mikä on suositeltava koealojen välinen etäisyys relaskooppiarvioinneissa. Mainittakoon tarkastelun taustaksi, että esim. West-Nielsen (1952) ja Baumann (1955) ovat suositelleet ympyräarviointiin verrattuna kaksinkertaista relaskooppikoealojen lukumäärää metsäalueen arvioinnissa.

Esitetyn suosituksen täytynee perustua olettamukseen, että relaskooppiarvioinnissa koealojen kuutiomäärien hajonta on, lähinnä havaintovirheen ja puuston epätasaisuudesta aiheutuvan virheen vuoksi, merkittävästi suurempi kuin vastaavassa ympyräarvioinnissa. Kun koealojen lukumäärä

on sama, määrää näet keskiarvon keskivirheen suuruuden hajonta yksinkertaista keskivirheen laskentatapaa käytettäessä. Systemaattisen virheen suuruuteen ei havaintojen lisääminen voi vaikuttaa, mikäli se johtuu kojeesta tai arviomiehestä. Sen vuoksi onkin syytä ensin tarkastella kuutiomäärien hajontaa ja variaatiokerrointa rinnan relaskooppi- ja ympyräarvioinnissa. Tähän tarjoutuu tilaisuus alueilla 3 ja 4, joilla vertailumenetelmänä on ympyräarviointi.

Seuraavassa asetelmassa esitetään alueiden 3 ja 4 puustojen keskikuutiomäärät, koealojen kuutiomäärien hajonnat ja variaatiokertoimet molemmille arviointimenetelmille.

Alue	Ympyräarviointi k-m³/ha ± hajonta (var. kerr.)	Relaskooppiarviointi k-m³/ha ± hajonta (var. kerr.)
3	116 ± 55 (47)	121 ± 61 (50)
4	156 ± 91 (58)	169 ± 104 (62)

Molemmilla tutkimusalueilla on samaa koealamäärää käytettäessä relaskooppiarvioinnin kuutiomääräarvioiden hajonta suurempi kuin ympyräarvioinnin. Kun keskiarvot ovat relaskooppiarvioinnin systemaattisen virheen vuoksi eri suuret, soveltuvat kuitenkin variaatiokertoimet paremmin vertailtaviksi. Alueella 3 relaskooppiarvioinnin variaatiokerroin on absoluuttisesti 3 % ja alueella 4 taas 4 % suurempi kuin ympyräarvioinnin. Suhteellisesti ero on 6—7 % ympyräarvioinnin variaatiokertoimesta. Sama suhteellinen ero esiintyy myös hajonnan perusteella laskettavissa keskivirheissä. Ero on siis varsin pieni ja velvoittaa korkeintaan 6—7 % ympyräarviointia tiheämmän koealaverkon käyttämiseen relaskooppiarvioinnissa (vrt. Strand 1957). Ympyräarviointiin verrattuna kaksinkertainen koealojen lukumäärä ei ainakaan tämän tarkastelun perusteella tunnu tarpeelliselta.

Tukea viimeksi esitetylle päätelmälle saadaan edelleen tarkastelemalla alueilla 1 ja 2 erilaisin koealamäärin syntyviä virheitä, jotka on esitetty taulukossa 3. Vertailupohjana on tässä tarkastelussa pidettävä Ilvessalon (1956) suosittelemia ympyräarviointien koealatiheyksiä, jotka edellyttävät korkeintaan 10 %:n todennäköistä virhettä (vrt. Ilvessalo 1935). Mikäli relaskooppiarvioinnin tuloksen virhe on tämän rajan alapuolella vastaavia koealamääriä käytettäessä, voitaneen se tulkita osoitukseksi siitä, että relaskooppiarvioinnissakin riittävät näiden suositusten mukaiset koealamäärät. Ilvessalo on suositellut alle 25 ha:n alueille (alue 2) 50—70 m:n ja 40—50 ha:n suuruisille (alue 1) 100 m:n välimatkaa linjojen ja koealojen välillä.

Alueelta 1 on voitu kertyneen aineiston perusteella suorittaa 100 × 100 m:n koealatiheyttä käyttäen 8 erillistä keskikuutiomäärälaskelmaa. Tulosten virhe on kaikissa tapauksissa ollut pienempi kuin 10 %. Alueella 2 taas vain 1 arviointi 8:sta on johtanut niukasti yli 10 %:n virheeseen 60 × 60 m:n

Taulukko 3. Relaskooppimenetelmän tarkkuus erilaisin havaintotiheyksin alueilla 1 ja 2.

Table 3. Accuracy of the relascope method based on different observation densities in areas 1 and 2.

Havaintotiheys, m *Observation density, m.*	Arviomies *Observer*	Kuutiomääräarvio, k-m³/ha *Cubic volume estimate per ha., cu.m.*	Virhe, % oikeasta kuutiomäärästä *Error, % of true cubic volume*
Alue 1 (oikea kuutiomäärä 141 k-m³/ha) — *Area 1 (true cubic vol. 141 cu.m.)*			
50×50	A	136	—3.5
	B	134	—5.0
50×100	A	136, 137	—3.5; —2.8
	B	134, 134	—5.0; —5.0
100×100	A	134, 138, 134, 139	—5.0; —2.1; —5.0; —1.4
	B	130, 137, 130, 137	—7.8; —2.8; —7.8; —2.8
Alue 2 (oikea kuutiomäärä 118 k-m³/ha) — *Area 2 (true cubic vol. 118 cu.m.)*			
30×30	A	122	+3.4
	B	120	+1.7
30×60	A	125, 119	+5.9; +0.8
	B	123, 118	+4.2; 0
60×60	A	126, 117, 116, 130	+6.8; —0.8; —1.7; +10.2
	B	124, 114, 116, 127	+5.1; —3.4; —1.7; + 7.6

koealaverkolla. Näin ollen siis 16 erillisen, kahdella metsäalueella suoritetun arvioinnin perusteella, edellä taulukossa 2 esitettyjen tulosten tukemana, voidaan päätellä, että Ilvessalon ympyräarviointia koskevia havaintotiheyssuosituksia sovellettaessa relaskooppiarvioinnin virhe on yleensä alle 10 %:n.

Tällainen päätelmä tuntuu ehkä yllättävältä. Onhan aiemmin todettu (s. 18), että relaskooppiarvioinnissa esiintyy havaintovirheen lisäksi eräs toinenkin vaihtelutekijä, puuston epätasaisuudesta aiheutuva, jota ei ympyräarvioinnissa ole lainkaan samassa mielessä. Itse asiassa on kyllä totta, että nämä tekijät tuovat lisävaihtelua relaskooppiarvioinnin kuutiomääräarvioihin. Kyseisessä arvioimismenetelmässä on kuitenkin piirre, joka heikentää ja nähtävästi usein kokonaan kumoaa muiden virheiden vaikutuksen. Samaa koealatiheyttä käytettäessä relaskooppiarviointi näet peittää ohuimpien läpimittaluokkien osalta tosin vain mitättömän suppean alan, mutta järeimpien osalta merkittävästi laajemman alan kuin ympyräarviointi. Otettakoon esimerkiksi alue 2. Jos tällä alueella olisi suoritettu ympyräarviointi 60 × 60 m:n välimatkoin 5 aarin koealoin, arviointisadannes olisi ollut 13.9 %; 3 aarin koealoja käytettäessä vastaava sadannes olisi ollut 8.4 %. Kun käytetään tähtäyssuhdetta 1 : 50, relaskooppiarvioinnissa vastaava sadannes on eräissä läpimittaluokissa seuraava:

d 1.3 cm	arviointi-%
3	0.2
9	1.8
19	7.9
29	18.4
39	33.3

Kun kuutiomäärän pääosa koostuu tukkipuuluokista, on todennäköistä, että esitetty piirre ehkä huomattavastikin pienentää muista virhetekijöistä aiheutuvaa relaskooppiarvioinnin kuutiomääräarvioiden hajontaa. Tätä taustaa vasten on myös ymmärrettävissä, että ympyräarvioinnissa ja relaskooppiarvioinnissa voidaan käyttää samaa havaintotiheyttä.

Runkolukusarja

Runkolukusarjan määrittämiseksi relaskooppimenetelmän avulla on ehdotettu erilaisia menetelmiä. Niistä Seipin (1952) ehdottama pienen koealan mittaus on tuskin käyttökelpoinen nopean arvioimismenetelmän yhteydessä. Itse asiassa se merkitsisi, että relaskooppiarvioinnin lisäksi suoritettaisiin samanaikaisesti ympyräarviointi, ts. tehtäisiin ainakin kaksinkertainen maastotyö. Baumannin (1955) ehdottama periaate, että mitataan sattumanvaraisesti puiden läpimittoja kullakin relaskooppikoealalla, on varmasti käytännöllisempi ratkaisu samaan ongelmaan. Myös Wanner (1948) on soveltanut tätä periaatetta keskiläpimitan laskennassa. Työ tulee kuitenkin tätäkin yksinkertaisemmaksi, kun kaikkien relaskooppikoealaan kuuluvien puiden läpimitat mitataan rinnankorkeudelta (vrt. Burkart 1949; Senda ja Maezawa 1955). Esim. Suomen metsissä sisältyy relaskooppikoealaan yleensä keskimäärin 15 puuta, mikä on vähemmän kuin Baumannin ehdottama määrä umpimähkäisiä mittauksia. Kuten kenttätöitä selostettaessa mainittiin, tässä tutkimuksessa mitattiin kaikkien relaskooppikoealaan kuuluvien puiden läpimitat rinnankorkeudelta.

Runkolukusarjan määrittäminen voidaan aloittaa esim. laskemalla läpimittaluokittain keskimääräiset runkoluvut relaskooppikoealaa kohden samaan tapaan kuin Senda ja Maezawa (1955) ovat tehneet. Tässä tutkimuksessa käytetään kuitenkin menetelmää, joka muistuttaa läpimittaluokittaista ympyräarviointia. Laskenta, jota havainnollistaa taulukko 4, aloitetaan määrittämällä sen vakioympyrän pinta-ala, jonka sisäpuolelta kunkin läpimittaluokan puut luetaan maastossa relaskooppiarviointia suoritettaessa edellyttäen, että käytetään relaskoopin suhdetta 1 : 50 (ympyrän säde = 50 kertaa puun läpimitta). Kun maastossa kuitenkin eri syistä käytetään myös muita tähtäyskulmia, seuraavan laskentavaiheen

Taulukko 4. Runkolukusarjan laskentaesimerkki relaskooppimenetelmää käytettäessä (alue 1; pinta-ala 46.0 ha; 187 relaskooppikoealaa).

Table 4. An example on the calculation procedure of the stem distribution series in connection with the relascope method (area 1; 46.0 ha.; 187 relascope plots).

D 1.3, cm *Dbh., cm.*	Havaintoalue aukolla 1 : 50, m² *Area covered by angle 1 : 50, sq.m.* a	Muunnettu koealojen lukumäärä *Converted number of plots* b	Tutkittu kokonaisala, m² *Total area covered by cruise, sq.m.* c = a.b	Arviointikerroin *Cruising coefficient* $d = \frac{46.0}{c}$	Luettu puita maastossa, kpl *Number of trees tallied in the field* e	Metsäalueella puita, kpl *Number of trees within the woodlot* f = d.e
11 — 21	95.8	172.75	16 549.4	27.80	178	4 948
21 — 31	347.0	»	59 944.2	7.67	357	2 738
31 —	755.2	»	130 460.8	3.53	52	184

tarkoituksena on muuntaa koealojen lukumäärä mainittua peruskulmaa vastaavaksi. Kysymyksessä on lyhyt laskutoimitus, sillä eri tähtäyskulmien edellyttämät pinta-alat ovat toistensa yksinkertaisia kerrannaisia (1 : 35/1 : 50/1 : 71 = 0.5 : 1 : 2). Mikäli kuvioiden rajavyöhykkeillä mitataan osaympyröitä (esim. 180°), monimutkaistaa se jonkin verran muuntotehtävää (vrt. s. 14). Kertomalla yksikköala koealojen muunnetulla lukumäärällä päädytään siihen pinta-alaan, jolta tietyn läpimittaluokan puut on mitattu relaskooppiarvioinnin aikana maastossa. Kun metsäalueen pinta-ala tunnetaan, jokaiselle läpimittaluokalle saadaan oma arviointikertoimensa. Maastossa mitattujen puiden lukumäärä kerrottuna tällä kertoimella antaa tulokseksi luokan runkoluvun arvioitavalla metsäalueella. Laskelma on taulukossa 4 suoritettu kaikille puulajeille yhteisesti. Mikäli puulajit halutaan erottaa, se voidaan suorittaa laskennan e- ja f-vaiheissa.

Ennen kuin käydään tarkastelemaan tutkimuksen tuloksia, on kuitenkin syytä puuttua edellä selostetun menetelmän erääseen yksityiskohtaan, joka voi aiheuttaa ohuissa läpimittaluokissa asiasta tietämättömälle jopa yli 10 %:n virheen. Läpimittaluokkien havaintopinta-aloja laskettaessa ei ole käytettävä luokan keskipistettä vastaavaa ympyrän pinta-alaa, vaan rajaarvoja vastaavien ympyröiden keskiarvoa. Esimerkki valaissee parhaiten, mistä on kysymys. Oletetaan, että on laskettava 2 cm:n tasaavaa luokitusta käytettäessä 11 cm:n läpimittaluokan havaintoalue tähtäyssuhteella 1 : 50. Luokan keskipistettä laskelmassa käyttäen ympyrän pinta-ala on

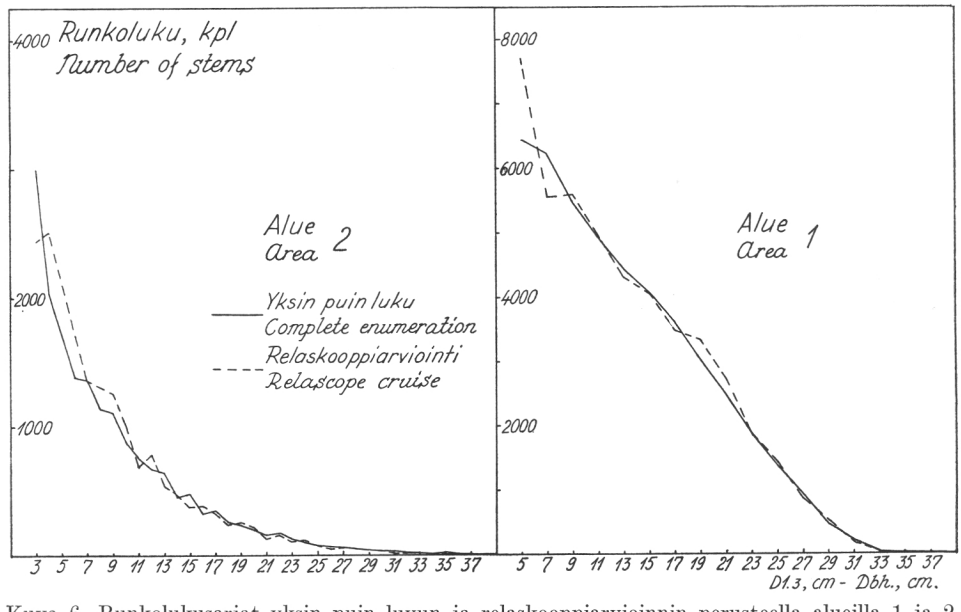
$$3.14 \times (50 \times 0.11)^2 = 95.0 \text{ m}^2.$$

Alarajan edellyttämä ympyrän pinta-ala on samankaltaisen laskutoimituksen mukaan 78.5 m², ylärajaa vastaava 113.0 m² ja näiden keskiarvo 95.8 m². Tämä luokan keskipisteen epäkeskisestä asemasta johtuva virhe on tässä

tapauksessa tosin enää vain 0.8 % ja esim. 31 cm:n luokassa 0.1 %, mutta nimenomaan ohuimpien läpimittaluokkien vuoksi korjaus on paikallaan. Tätä taustaa vasten on myös ymmärrettävää, että yksikköalat ovat erilaiset 2 cm:n ja 1 cm:n samannimisille läpimittaluokille.

Relaskooppimenetelmän tarkkuutta runkolukusarjan arvioinnissa esittävät kuva 6 ja taulukko 5. Edellinen kuvaa graafisesti alueiden 1 ja 2 puustojen jakaantumista maastomittauksissa käytettyihin läpimittaluokkiin. Jälkimmäisessä on esitetty eräiden laajojen läpimittaryhmien keskimääräiset runkoluvut hehtaaria kohden samoilla alueilla. Kysymyksessä ovat arviomies A:n havaintoihin perustuvat runkolukusarjat.

B a u m a n n i n (1955) esittämät relaskooppimenetelmän tarkkuutta koskevat myönteiset tulokset saavat tukea myös tämän tutkimuksen aineistosta. Kuvaa tarkasteltaessa voidaan näet jo silmävaraisesti panna merkille suuri yhdenmukaisuus yksin puin lukien määritettyjen ja relaskoopilla arvioitujen runkolukusarjojen välillä. Poikkeamia tosin on, mutta ne eivät ole systemaattisia, vaan virheen suunta vaihtelee läpimittaluokasta toiseen siirryttäessä. Virhe on absoluuttisesti yleensä pieni niissä läpimittaluokissa, joilla on taloudellista merkitystä. Suurehkoja absoluuttisia virheitä havaitaan ainoastaan ohuimmissa, alle 9 cm:n läpimittaluokissa, joiden taloudellinen arvo on vähäinen. Suhteellisesti ei virhe ohuimmissa läpimittaluokissakaan ole kuitenkaan kovin suuri.



Kuva 6. Runkolukusarjat yksin puin luvun ja relaskooppiarvioinnin perusteella alueilla 1 ja 2.
Fig. 6. Stem distrubution series according to the complete enumeration method and relascope cruise in areas 1 and 2.

Taulukko 5. Puiden jakaantuminen läpimittaryhmiin yksin puin luvun ja relaskooppiarvioinnin mukaan.

Table 5. Distribution of trees into diameter groups according to complete enumeration and relascope cruise.

Arv. alue *Survey area*	Ala, ha *Area, ha.*	Havaintotiheys, m *Observation density, m.*	Arviointimenetelmä *Survey method*	D 1.3-ryhmä — *Dbh. group*					
				—9	11—19	21—29	31—39	41 +	Yht. *Sum*
				Puita, kpl/ha—*Number of stems per ha.*					
1	46.0	50×50	Yksin puin luku *Complete enumeration*	394	436	154	6	—	990
			Relaskooppiarviointi *Relascope survey*	410	437	160	6	—	1 013
2	9.7	30×30	Yksin puin luku	1 209	517	108	17	1	1 852
			Relaskooppiarviointi	1 311	520	102	12	1	1 946

Virheen suhteellisesta suuruudesta saadaan parempi käsitys taulukon 5 avulla. Alle 9 cm:n läpimittaryhmässä virheen havaitaan olevan molemmilla alueilla positiivinen, +4.1 ja +8.4 %. Tarkin arvio on läpimittaryhmässä 11—19 cm, missä virhettä on vain +0.2 ja +0.6 %. Läpimittaryhmässä 21—29 relaskooppimenetelmän tarkkuus on edelleen tyydyttävä, sillä runkoluku on +3.9 ja +5.6 % virheellinen. Sitä seuraavassa ryhmässä tarkkuus on niin vaihteleva, että alueella 1 relaskooppimenetelmän tulos on sama kuin yksi puin lukien saavutettu, kun taas alueella 2 virhettä on peräti —29.4 %. Järeimmässä läpimittaryhmässä alueella 2 on tulos molemmilla menetelmillä sama, 1 puu/ha. Kokonaisrunkoluvussa alueella 1 esiintyy +2.3 %:n ja alueella 2 taas +5.1 %:n virhe. Kokonaisuutena ottaen ja läpimittaryhmittäin tarkasteltuna systemaattista virhettä positiiviseen suuntaan on siis kuitenkin olemassa, vaikka graafisen esityksen mukaan ei siltä näytä.

Syyt havaittuihin tarkkuuseroihin läpimittaluokkien välillä ovat moninaiset. Ohuimpien läpimittaluokkien osalta pääasiallinen syy virheeseen on epäilemättä aineiston pienuus, ts. alhainen arviointisadannes. Kun esim. 5 cm:n läpimittaluokassa arviointisadannes on 0.8 %, kuten alueella 1, edustavuusvirheen mahdollisuus on suuri.

Läpimittaluokkien 11—29 cm runkoluvun arvioinnin tarkkuuteen lienee pääsyynä riittävän näytteen ohella se seikka, että nämä puut sijaitsevat eräänlaisella optimaalilla tähtäysetäisyydellä arviomiehestä. Havaintovirheen mahdollisuus on mainituissa läpimittaluokissa sen vuoksi ilmeisesti pienimmillään. Mikäli käytetään tähtäyssuhdetta 1 : 50, läpimittaryhmän 31—39 cm puut ovat sitä vastoin ehkä tämän tarkkaan havaintoon johtavan etäisyyden ulkopuolella. Kun nim. arviointisadannes on näiden järeiden puiden osalta suuri, syynä alueella 2 havaittuun huomattavaan virheeseen

lienevät havaintovaikeudet. Tämä viittaa siihen suuntaan, että milloin metsikössä esiintyy 30 cm:iä paksumpia puita, on syytä käyttää tähtäyssuhdetta 1 : 35. Näin saadaan myös järeimmät puut tuon oletetun optimaalin tähtäysetäisyyden piiriin. Niin ei alueella 2 ilmeisesti ole tehty, vaikka kaikkein järeimmissä metsiköissä olikin tarkoitus käyttää suhdetta 1 : 35.

Kokonaisuutena ottaen relaskooppimenetelmä edustaa varsin järkevää lähtökohtaa runkolukusarjan arvioinnissa. Läpimittaluokat, joiden merkitys on vähäinen, saavat myös merkitystään vastaavasti vähäisen huomion ja työmäärän osakseen. Sitä mukaa kuin puun taloudellinen merkitys kasvaa, lisääntyy myös havaintoalue, ja ainakin teoreettisesti myös tulosten tarkkuus paranee. Samahan on tavoite silloin, kun ympyräarvioinnissa pienet puut luetaan esim. 1 aarin alalta, samalla kun muut puut mitataan vaikkapa 5 aarin alalta. Ympyräarvioinnin puitteissa mainittua periaatetta on vaikea soveltaa sen perusteellisemmin, mutta relaskooppiarvioinnissa riippuu vain läpimittaluokan laajuudesta, kuinka monta sisäkkäistä ympyrää relaskooppikoealalla erotetaan.

Ne yleensä alle 10 %:n virheet, joita edellä on todettu puuston kuutiomäärään olennaisesti vaikuttavien läpimittaluokkien runkoluvuissa relaskooppiarvioinneissa, ovat sen suuruisia, että ne voidaan sallia käytännöllisissä metsänarvioimistehtävissä. Tulokset ovat varmaankin yhtä tarkkoja kuin esim. ympyräarvioinneissa saavutettavat, ehkä tukkipuuluokkien osalta tarkempiakin merkittävästi suuremman arviointisadanneksen vuoksi. Viimeksi mainittua väittämää ei pyritä tässä todistamaan, eikä se ole tarpeenkaan. Riittää, kun todetaan, että relaskooppiarvioinnin käyttökelpoisuutta käytännön tehtävissä todistaa myös se tarkkuus, joka saavutetaan runkolukusarjan arvioinnissa.

Käytännöllisissä arviointitehtävissä, esim. maatilametsälöiden taloussuunnitelmia laadittaessa, on usein tarpeen muodostaa koeleimauksiin nojautuen käsitys suositeltavasta hakkuumäärästä tulevan talouskauden aikana. Tämän tehtävän tarkkuuden selvittämiseksi relaskooppiarvioinnin yhteydessä ei tehty erillistutkimuksia. On kuitenkin selvää, että edellä esitettyä periaatetta voidaan soveltaa myös poistuman runkolukusarjan arvioinnissa. Tarvitsee ainoastaan lukea ja merkitä kirjoihin erikseen leimatut puut. Mikäli pyritään selvittämään myös poistuman kuutiomäärä, on olemassa kaksi mahdollisuutta. Ensiksikin voidaan menetellä niin, että poistopuusto erotetaan omaksi jaksokseen keskipuineen, jolloin poistuman kokonaismäärä saadaan kuutioimistaulukkoja käyttäen. Vaihtoehtoisesti tai ensiksi mainitun menetelmän täydennyksenä voidaan myös menetellä siten, että arvioidaan silmävaraisesti keskipuiden pituusmittauksiin vertaillen jokaisella koealalla muutamien umpimähkäisesti valittujen poistettavien puiden pituuksia ja kapenemislukuja. Poistuman runkolukusarjan kuutioiminen voidaan tällöin suorittaa pystypuiden kuutioimistaulukoiden avulla.

Puulajisuhteet

Puulajisuhteiden laskenta voi tapahtua usealla eri tavalla relaskooppimenetelmän yhteydessä. Eräs likimääräinen menetelmä edellyttää ainoastaan maastossa mitattujen puiden lukumäärien suhteiden laskemista, jolloin saadaan puulajien osuudet pohjapinta-alasta. Mikäli maastossa on käytetty johdonmukaisesti tähtäyssuhdetta 1 : 50, niin näin päästään yllättävän tarkkaan tulokseen.

Useimmiten halutaan kuitenkin tietää kuutiomäärän jakaantuminen puulajien kesken. Yksinkertaisimmin voidaan nämä osuudet laskea todennäköisesti siten, että kuutiomäärälaskelmien yhteydessä määritetään kunkin puulajin keskikuutiomäärä metsäalueen hehtaaria kohden ja ilmaistaan ne suhteellisina lukuina koko puuston keskikuutiomäärästä. Täten on saatu myös taulukossa 6 esitetyt sadannekset.

Puulajisuhteiden arviointi tapahtuu relaskoopin avulla varsin tarkasti. Tätä tutkimusta varten suoritetuissa relaskooppiarvioinneissa on 2 alueella 4:stä puulajien osuuksiksi saatu samat sadannekset kuin vertailumenetelmillä. Yhdellä alueella männyn ja kuusen osuus on absoluuttisesti 1 %:n ja toisella 3 % vertailumenetelmällä saadusta poikkeava. Merkille pantavaa on lisäksi, että koivun osuus on tullut kaikilla alueilla tarkalleen määritetyksi.

Ryhtymättä tämän perusteellisemmin käsittelemään ko. tulosta todettakoon ainoastaan, että puulajisuhteiden tarkastelu on antanut myönteisen käsityksen relaskooppimenetelmän käyttökelpoisuudesta. Mainittakoon lisäksi, että myös Baumann (1955) on saavuttanut edellä esitetyn kanssa yhtäpitäviä tuloksia.

Kasvu

Kasvusadannes

Puustoa arvioitaessa nousee yleensä tarve myös kasvua koskevien tulosten hankkimiseen. Sen vuoksi tässä tutkimuksessa pyrittiin löytämään keino kasvun arvioinnin kytkemiseksi relaskooppiarvioinnin yhteyteen. Tietyn tarkkuuden lisäksi menetelmälle on asetettava vaatimukseksi mahdollisimman suuri nopeus, jottei siitä muodostuisi liian hidastavaa tekijää, enempää maasto- kuin sisätyövaiheessakaan, muuten nopeasti etenevässä arvioinnissa.

Sadannesmenetelmä, jota metsän arvioinneissa nykyisin yleensä sovelletaan maassamme, tarjoaa ilmeisesti käyttökelpoisimman lähtökohdan myös nyt kysymyksessä olevassa tehtävässä. Tätä menetelmää käytettäessä tarvitsee ainoastaan laskea maastossa kairattujen koepuiden (vrt. s. 14) kuutiokasvusadannekset Ilvessalon (1948) taulukoiden avulla, ryhmi-

Taulukko 6. Puulajisuhteiden arviointitarkkuus relaskooppimenetelmällä.
Table 6. Accuracy of the relascope method in estimating the tree species relations.

Arviointialue *Survey area*	Ala, ha *Area, ha.*	Havaintotiheys, m *Observation density, m.*	Vertailumenetelmä *Control method*			Relaskooppimenetelmä *Relascope method*		
			mänty *pine*	kuusi *spruce*	koivu *birch*	mänty *pine*	kuusi *spruce*	koivu *birch*
			% kuutiomäärästä—% *of cubic volume*					
1	46.0	50×50	53	41	6	53	41	6
2	9.7	30×30	57	35	8	60	32	8
3	57.4	100×100	66	33	1	65	34	1
4	294.6	200×200	49	40	11	49	40	11

tellä ne tiettyjen tunnusten mukaan ja laskea näin muodostuneille ryhmille keskimääräiset kasvusadannekset. Koko metsäalueen keskimääräinen kasvusadannes saadaan tämän jälkeen tietyllä tavalla painottamalla.

S t r a n d i n (1957) mukaan tämäntapainen laskelma olisi suoritettava läpimittaluokittain. Tässä tutkimuksessa päädyttiin kuitenkin perusteellisen harkinnan jälkeen metsiköittäiseen ryhmittelyyn, mikä huomattavasti yksinkertaistaa laskelmia ja on joustavasti sovellettavissa vaihteleviin olosuhteisiin.

Ensimmäisenä tehtävänä oli niiden tekijän löytäminen, jotka vaikuttavat kuutiokasvusadanneksen suuruuteen. Tässä tarkastelussa pyrittiin pitämään koko ajan mielessä, että kasvutekijäin määrän supistaminen minimiinsä on omiaan helpottamaan menetelmän soveltuvuutta käytännön palvelukseen.

Suoritetun tarkastelun perusteella todettiin, että ne kolme tekijää, nim. kasvupaikka, puuston tiheys ja ikä, jotka esim. I l v e s s a l o (1939) on esittänyt, on syytä aina ottaa huomioon kasvukoepuita ryhmiteltäessä.

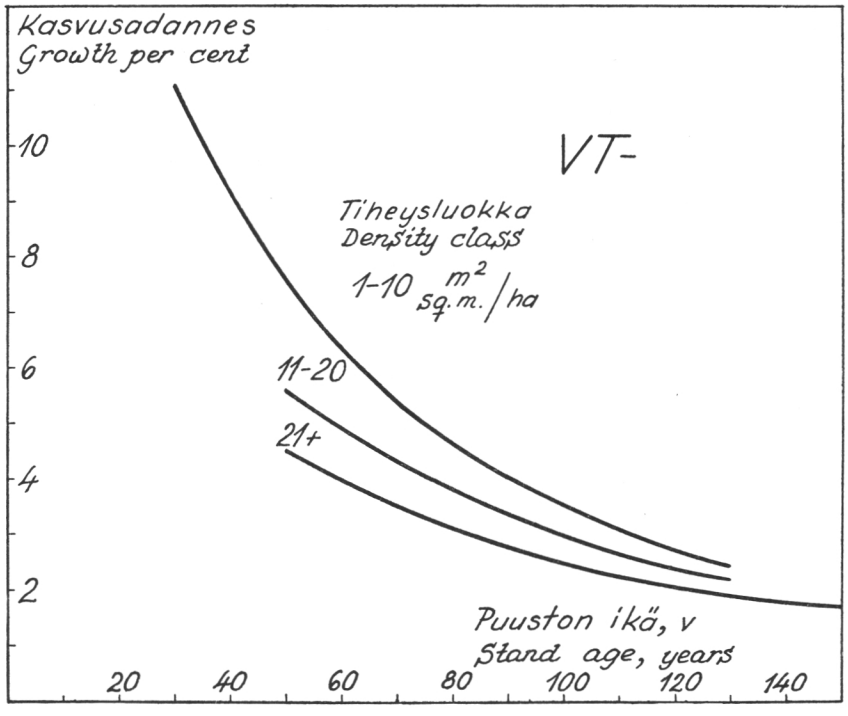
Kovanmaan k a s v u p a i k a t jaettiin kahteen ryhmään: 1) puolukkatyyppi ja sitä huonommat ja 2) mustikkatyyppi ja sitä paremmat. Kasvulliset korvet ja rämeet (3) sekä huonokasvuiset metsämaat (4) käsiteltiin lisäksi omina ryhminään.

Puuston t i h e y d e n ilmaisemiseen käytettiin tässä tutkimuksessa pohjapinta-alaa hehtaaria kohden, joka arvioidaan kullakin relaskooppikoealalla. Tärkein ongelma on, kuinka monta tiheysluokkaa olisi erotettava. Tämän tutkimuksen yhteydessä katsottiin tarpeelliseksi ainoastaan kolmen tiheysluokan erottaminen. Luokkien pohjapinta-alojen raja-arvot olivat:

I.... 1—10 m^2/ha
II.... 11—20 »
III.... 21+ »

Tiheysluokkaa määritettäessä otettiin huomioon vain puuston vallitseva jakso, sillä alikasvos ei vaikuta koko puuston kasvuun lähimainkaan pohjapinta-alansa edellyttämässä suhteessa. Suotuisissa kasvuolosuhteissa luokkien lukumäärää on syytä lisätä siten, että luokkalaajuutena säilytetään 10 m², siis 21—30, 31—40 jne. Nyt kysymyksessä olevissa laskelmissa tiheysluokat olivat samat kaikissa ikäluokissa, sillä nuoria ikäluokkia oli niukalti. Mikäli nuoria metsiköitä esiintyy runsaasti, niille on todennäköisesti syytä käyttää erilaisia tiheysluokkia kuin vanhemmille. Kaiken kaikkiaan on korostettava, että menetelmää on pyrittävä noudattamaan siten, että se mahdollisimman joustavasti sopeutuu kulloinkin kysymyksessä olevaan tapaukseen. Erityisesti on huomattava, että tiheysluokat on muodostettava vasta sitten, kun maastotyöt on saatu päätökseen, jolloin aineisto itse osoittaa sopivimman luokkien laajuuden ja lukumäärän.

Kolmas ja kaikkein ilmeisin kuutiokasvusadanneksen suuruuteen vaikuttava tekijä on puuston i k ä. Maastossa tavanomaiseen tapaan arvioidut 20-vuotiset ikäluokat säilytettiin aineiston käsittelyssä ennallaan. Voidaan käyttää myös taloudellista ikää, mikäli esim. ojitettuja soita esiintyy runsaasti.



Kuva 7. Kasvusadanneksen riippuvuus puuston tiheydestä ja iästä kivennäismaiden huonommassa kasvupaikkaluokassa.

Fig. 7. Dependence of the growth percent on the density and age of the growing stock in the poorer site class of mineral soils.

Kuva 7 esittää kuutiokasvusadanneksen riippuvuuden puuston iästä ja tiheydestä kovien maiden huonommassa kasvupaikkaluokassa. Nähdään, että esitetyt metsikkötunnukset todella vaikuttavat merkittävästi sadanneksen suuruuteen.

Aluksi laskettiin esitettyjen perusteiden mukaan erotettujen metsikköluokkien keskimääräiset kuutiokasvusadannekset aritmeettisina keskiarvoina. Koealojen jakaantumista luokkiin ja niiden keskikuutiomääriä koskevien laskelmien perusteella saatiin luokkien kuorelliset kokonaiskuutiomäärät, joita käytettiin painolukuina metsäalueen keskimääräistä kasvusadannesta laskettaessa. Pääjakso ja alikasvos käsiteltiin erikseen, mutta lopuksi yhdistettiin samaan punnittuun keskiarvoon. Taulukko 7 esittää näin suoritettujen laskelmien tulokset alueilla 3 ja 4, joilla ko. maastotyöt suoritettiin. Aluksi kiinnitetään huomio vain taulukon kasvusadannesta koskeviin tuloksiin. Vertailuluvut ovat vastaavien ympyräarviointien tuloksia. Kun jokaisella ympyräkoealalla kairattiin vähintään 10 koepuuta, vertailupohjaa on pidettävä varsin luotettavana.

Taulukon mukaan selostettu menetelmä johtaa yllättävän yhtäpitäviin tuloksiin ympyräarvioinnin kasvusadanneslaskelmien kanssa. Kun kaikki maastossa kairatut puut (joka kolmas puu) otetaan tarkastelussa huomioon, suhteelliseksi eroksi näiden kahden menetelmän tulosten välillä saadaan vain —1.7 ja +3.3 %, jos ympyräarvioinnin tulosta pidetään vertailu-

Taulukko 7. Keskimääräinen kasvusadannes, keskimääräinen kuorisadannes ja keskikasvu hehtaaria kohden ympyräarvioinnin ja relaskooppiarvioinnin mukaan.

Table 7. Mean annual volume growth percent, mean bark percent and mean annual volume growth per ha. according to circular sample plot and relascope methods.

Arviointialue *Survey area*	Ala, ha *Area, ha.*	Havaintotiheys, m *Observation density, m.*	Ympyräkoealojen mukaan *According to circular sample plots*	Relaskooppikoealojen mukaan *According to relascope plots*		
				Jos joka 3. puu kairataan *If every third tree is bored*	Jos vain yksi puu kairataan joka koealalla *If only one tree is bored on each plot*	
					3. puu *Third tree*	6. puu *Sixth tree*
			Kasvusadannes — *Growth percent*			
3	57.4	100 × 100	3.58	3.52	3.50	3.52
4	294.6	200 × 200	2.43	2.51	2.38	2.56
			Kuorisadannes — *Bark percent*			
3	57.4	100 × 100	14.1	14.5	14.5	14.5
4	294.6	200 × 200	13.9	13.2	13.0	13.2
			Keskikasvu, k-m³/ha — *Mean volume growth, cu.m. per ha.*			
3	57.4	100 × 100	3.6	3.6	3.6	3.6
4	294.6	200 × 200	3.3	3.7	3.5	3.8

perusteena. Tämä osoittanee, että tässä tutkimuksessa hahmoteltu menetelmä on terveellä pohjalla ja todennäköisesti riittävän tarkka käytännön metsänarvioimistehtäviin. Korostettakoon kuitenkin, että menetelmä ei ole tietenkään sidottu vain relaskooppiarviointiin, vaan sitä voidaan käyttää ja lienee jossain muodossa käytettykin myös ympyräarvioinnin kasvulaskelmissa.

Joka kolmannen puun kairaaminen on kuitenkin työlästä, sillä tällöin joudutaan tutkimaan keskimäärin n. 4—5 puuta relaskooppikoealaa kohden. Olisi sen vuoksi toivottavaa, että kairattavien puiden lukumäärää voitaisiin vähentää, mikäli se on mahdollista tulosten tarkkuutta olennaisesti heikentämättä. Tämän seikan selvittämiseksi käsillä olevasta aineistosta suoritettiin runsaasti erilaisia laskelmia.

Mainittujen laskelmien perusteella päädyttiin sellaiseen yllättävään tulokseen, että koepuiden lukumäärä voidaan rajoittaa minimiin, yhteen puuhun relaskooppikoealaa kohden, tulosten tarkkuutta merkittävästi heikentämättä. Tästä antaa käsityksen niin ikään taulukko 7, jossa on kummankin arviointialueen kohdalla kaksi yhden puun periaatteella suoritettua sattumanvaraista kasvusadanneslaskelmaa. Molemmat edustavat systemaattista näytteen valintaa; toisessa on otettu huomioon kolmas ja toisessa kuudes kutakin relaskooppikoealaa arvioitaessa mukaan tullut puu.

Ympyräarvioinnin tuloksiin verrattaessa suhteellinen ero yhden kasvukoepuun periaatetta sovellettaessa on taulukossa esitetyissä tapauksissa —2.2, —1.7, —2.0 ja +5.3 %. On ilmeistä, että tällainen tarkkuus on usein riittävä. Enempään kuin kahden puun kairaukseen koealaa kohden on ilmeisesti syytä ryhtyä vain poikkeuksellisen vaihtelevalla metsäalueella, sillä sen jälkeen saavutettava tarkkuuslisä on suhteettoman pieni aiheutuviin kustannuksiin verrattuna.

Mikäli ainoastaan yksi tai kaksi puuta kairataan kullakin relaskooppikoealalla, työ voidaan järjestää siten, että kasvun arviointi aiheuttaa vain vähäisen lisän kustannuksiin. Kun mediaanipuu tai kaksi sellaista valitaan joka koealalla keskipituuden arvioimista varten, kasvuhavainnot voidaan käytännöllisimmin suorittaa samoista puista. Siitä syystä että edellä päädyttiin (s. 27) kahden mediaanipuun suositukseen, lienee paikallaan maastossa kairata molemmat puut. Sillä aikaa kun ryhmänjohtaja mittaa tai arvioi keskipituutta, apumies on vapaa suorittamaan kasvun kairauksen ja kuoren mittauksen siten lyhentäen vain omaa joutoaikaansa. Ainoa ajankäyttöä lisäävä tehtävä kohdistuu latvakasvaimen ja rungon kapenemisen silmävaraiseen arviointiin, mikä tottuneelta mieheltä ei kestä kauan. Keskittämällä havainnot mediaanipuihin voidaan eliminoida paljon turhaa vaihtelua tarkkuutta heikentämättä. Koko tarkastelun tausta muuttuu kuitenkin, mikäli halutaan yksityiskohtaisia tietoja erikokoisten puiden kasvusta. Sellaisessa tapauksessa ei voida rajoittua mediaanipuihin, vaan

havaintoja on suoritettava koko runkolukusarjan alueella. Edellä esitetty pätee siis vain silloin, kun koko metsäalueen ja esim. kasvullisen ja huonokasvuisen metsämaan metsiköiden keskimääräinen kasvuluku on arvioinnin päätavoite.

Alikasvoksesta ei ole syytä kairata keskipuuta kaikilla koealoilla. Yleensä voitaneen alikasvokselle käyttää jopa pääjakson kasvusadanneksia. Tästä aiheutuva virhe näkyy yleensä vasta kasvuluvun toisessa desimaalissa, mikä kasvun arvioinnin yleistä luotettavuutta ajatellen ei ole enää merkitsevä.

Kuorisadannes

Kuorisadannesta koskevat laskelmat suoritettiin täysin samoin ryhmittelyperustein ja rinnan kasvusadanneksen kanssa koepuista tehtyjen maastomittausten pohjalla Ilvessalon (1948) taulukoiden avulla.

Myös kuorisadanneksen arviointitarkkuudesta saadaan käsitys taulukosta 7 (s. 45). Taulukkoa tarkasteltaessa havaitaan, että kun vertailuperusteena pidetään jälleen ympyräarvioinnin tulosta, kuorisadanneksen »virhe» on jonkin verran suurempi kuin kasvusadanneksen. Absoluuttinen ero ympyräarvioinnilla ja relaskooppimenetelmällä saatujen keskimääräisten kuorisadannesten välillä on 0.4 ja 0.7 %, jotka vastaavat suhteellisesti +2.8 ja —5.0 %:n eroavuuksia. Merkille pantavaa on kuitenkin, että ero ei juuri suurene, vaikka joka kolmannen puun sijasta tutkitaan vain yksi puu koealaa kohden. Päätulos on siis täysin sama kuin kasvusadannesta tarkasteltaessa.

Milloin kuorisadannesta käytetään ainoastaan kasvun laskennassa, sen virheen merkitys on suhteellisen vähäinen. Esim. 10 %:n virhe kuorisadanneksessa aiheuttaa vain vajaan 2 %:n virheen keskikasvuun. Tästä syystä voitaneen käytännön metsänarvioimistehtävissä useimmiten käyttää keskimääräisiä taulukoita (esim. Ilvessalo 1956). Mikäli arviomies joutuu toistuvasti suorittamaan arviointitehtäviä saman suppean alueen sisäpuolella, on myös mahdollista laatia paikalliset kuoritaulukot. Tällaiset taulukot voidaan laatia niitä periaatteita soveltaen, joita edellä selostettiin (s. 43), muutamien metsäalueiden arviointien perusteella. Kun aineistoa on kertynyt riittävästi, myöhemmissä arvioinneissa ei tarvitse suorittaa kuoren mittauksia lainkaan. Paikalliset taulukot ovat suositeltavia sen vuoksi, että ne suppeilla alueilla antavat todennäköisesti tarkemman tuloksen kuin esim. maan eteläpuoliskolle lasketut keskimääräiset luvut.

Tässä yhteydessä on syytä todeta, että paikalliset taulukot voitaisiin luonnollisesti laatia myös kasvusadanneksen arviointia varten, jolloin kasvun kairaukset kävisivät tarpeettomiksi. Kasvun osalta tehtävä on kuitenkin

äskeistä vaikeampi, sillä esim. ilmastollisista vaihteluista aiheutuva korjaus olisi kyettävä suorittamaan sadannestaulukoita laadittaessa ja myös niitä käytettäessä.

Kuutiokasvu

Puuston keskikasvu metsäalueen hehtaaria kohden laskettiin kuorellisen keskikuutiomäärän, keskimääräisen kuorisadanneksen ja keskimääräisen kasvusadanneksen avulla. Tulokset on esitetty taulukossa 7 (s. 45).

Kuorettomina kiintokuutiometreinä ilmaistun keskikasvuluvun tarkkuus riippuu äsken mainittujen perustekijäin arvioinnin luotettavuudesta. Mikäli niiden virheet käyvät kaikki samaan suuntaan, seurauksena saattaa olla varsin merkittävä kasvuarvion virhe. Tästä on esimerkkinä alue 4, jolla aiemmin todettiin relaskooppiarvioinnin johtaneen 8.3 % korkeampaan keskikuutiomäärään kuin ympyräarviointi. Keskikasvussa, kun joka kolmas puu kairataan, eroa on kuitenkin +12.1 %. Pääsyynä kasvuluvun virheellisyyteen on siis keskikuutiomäärän epätarkkuus, mikä puolestaan johtunee etupäässä kyseisen metsäalueen puuston suuresta vaihtelusta. Osaltaan ovat virheen syntymiseen vaikuttaneet kuitenkin myös kasvu- ja kuorisadannesten virheet, jotka molemmat ovat lisänneet kasvuluvun positiivista epätarkkuutta.

Päinvastainen sattuma on tapahtunut alueella 3. Keskikuutiomäärän suhteellisen suuresta »virheestä» huolimatta (ympyräarviointiin verrattuna +4.3 %), relaskooppiarvioinnin keskikasvuluku on sama kuin ympyräarvioinnin. Tällä kerralla kuori- ja kasvusadannesten virheet ovat negatiivisia ja kumoavat siten kuutiomääräarvion virheen vaikutuksen. Merkitystä on varmaankin myös sillä seikalla, että alue 3 on puustoltaan vähän vaihteleva, kuten aiemmin todettiin (s. 16).

Niihin päätelmiin nojautuen, joita keskikuutiomäärän arviointitarkkuutta kosketellessa esitettiin, sekä äskeisten kuori- ja kasvusadanneksen luotettavuuslaskelmien perusteella näyttää ilmeiseltä, että kuutiokasvuarvion virhe nyt kysymyksessä olevalla menetelmällä laskettuna on yleensä alle 10 %:n. Poikkeuksellisen vaihtelevilla metsäalueilla, kuten alueella 4, virhe saatta kuitenkin olla tätä suurempi.

Vihdoin on paikallaan korostaa, että kaikki toimenpiteet, jotka tähtäävät kuutiomääräarvion tarkkuuden parantamiseen, kuten nykyistä monipuolisempien kuutioimistaulukoiden laatiminen (vrt. s. 33), koituvat samalla myös kasvuluvun tarkkuuden hyväksi.

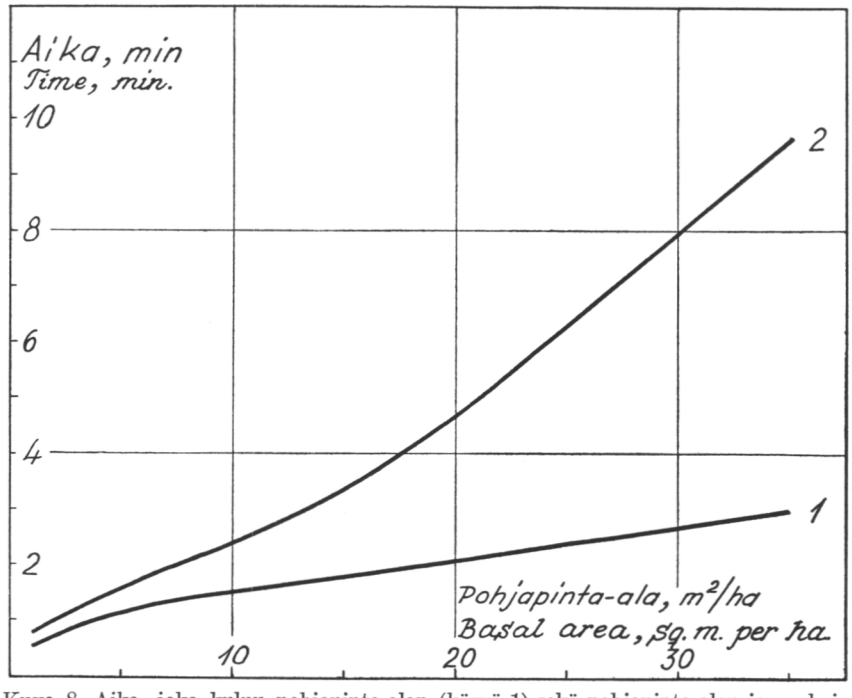
Kokonaisuutena selostettu menetelmä on ilmeisesti vakavan huomion arvoinen ja ratkaisee varsin kätevästi kasvun arvioinnin ongelman relaskooppiarvioinnissa, ainakin jos tämä rajoittuu vain keskikasvulukuun. Kokenut arviomies tosin voinee yleensä saavuttaa riittävän tarkkoja tulok-

sia myös silmävaraisen metsikkötunnusten arvioinnin ja keskimääräisten sadannestaulukoiden avulla. Siihen viittaavat ainakin Nyyssösen (1951) esittämät tulokset.

Aikatutkimukset ja taloudelliset päätelmät

Relaskooppimenetelmä on edellä eri tunnusten käsittelyn yhteydessä osoittanut varsin tyydyttävää tarkkuutta. Yksistään tästä syystä sen käyttämistä esim. ympyräarvioinnin asemesta tuskin voidaan kuitenkaan monissa tapauksissa perustella. Relaskooppimenetelmän laajan käytön edellytyksenä on sen vuoksi, että siten saadaan aikaan — tyydyttävien tulosten rinnalla — merkittävä ajan ja kustannusten säästö.

Kun seuraavassa käydään selostamaan aikatutkimusten ja kustannuslaskelmien tuloksia rinnan relaskooppi- ja ympyräarvioinnissa, on edellytyksenä, että molemmissa tapauksissa sovelletaan samaa koealatiheyttä, mihin aiempaan tarkasteluun (s. 35) nojautuen on täysi peruste. Laskelmia



Kuva 8. Aika, joka kuluu pohjapinta-alan (käyrä 1) sekä pohjapinta-alan ja runkojakaantumisen (käyrä 2) selvittämiseen relaskooppikoealoilla.

Fig. 8. Time required by basal area estimation (curve 1) and basal area estimation plus calipering (curve 2) in relascope plots.

suoritettaessa pyrittiin ottamaan huomioon myös kussakin tapauksessa vaadittava työntekijän ammattitaito ja siitä aiheutuvat palkkaerot metsäntutkimuslaitoksen tämäntapaista työtä suorittavien henkilöiden palkkatason perusteella. Tällainen jossain määrin harkintaan perustuva palkkavertailu ei kuitenkaan vaikuta ratkaisevasti laskelmien tulokseen relaskooppiarvioinnin eduksi.

Aikatutkimusten eräitä tuloksia on esitetty graafisesti kuvassa 8. Käyrä 1 kuvaa siinä pohjapinta-alan arviointiin kuluvaa aikaa relaskooppikoealalla, kun tähtäyksessä käytetään suhdetta, 1 : 50.

Käyrä tuo selvästi ilmi pohjapinta-alan arvioinnin nopeuden ja tarvittavan ajan käytön hitaan lisääntymisen pohjapinta-alan suuretessa. Minimihavaintoaika näyttää olevan n. 30 s, jos koealalla on puita. Tästä perusajasta käyrä nousee hitaasti ja saavuttaa 3 min metsikössä, jonka pohjapinta-ala on 35 m^2/ha. Mikäli 15 m^2/ha pidetään keskimääräisenä, pohjapinta-alan arviointiin kuluu aikaa keskimäärin 1 min 45 s. On syytä korostaa tässä yhteydessä, että esitetyt ajat eivät ole poikkeuksellisen nopeita ja optimistisia, sillä tutkimuksia suoritettaessa pyrittiin kaikin tavoin sellaiseen nopeuteen, jota voidaan jatkaa koko työpäivän ajan. Tulokset ovat suurin piirtein yhtäpitäviä eräiden muiden tutkimusten kanssa (S t o f f e l s 1954; N y y s s ö n e n 1954). Mainittakoon kuitenkin, että B a u m a n n (1955) on väittänyt pohjapinta-alan määritykseen kuluvan aikaa 4—8 min. Tällöin lienee kysymys erittäin puisevista ja vaikeasti arvioitavista metsiköistä.

Kun yksinäinen arviomies suorittaa pohjapinta-alan määrityksen lisäksi keskipituuden arvioinnin silmävaraisesti, aikaa kuluu keskimäärin vain 2 min 40 s koealaa kohden. Tähän aikaan sisältyy myös valmistautuminen työn suoritukseen ja koealalta lähtöön, muttei koealalta toiselle siirtymiseen kuluvaa aikaa.

Kun käytettävissä on yksi apumies, joka lukee puut rinnankorkeudelta, relaskooppikoealan arviointi vie aikaa keskimäärin 6 min. Tällöin edellytetään, että mitataan kahden mediaanipuun pituus. Jos mediaanipuut lisäksi kairataan, ajan kulutus lisääntyy 7 min:ksi.

Relaskooppimenetelmä saa maastossa aikaan suurimman ajan säästön silloin, kun arvioinnin tarkoituksena on ainoastaan kuutiomäärää koskevien tietojen hankkiminen. Suoritetuissa aikatutkimuksissa todettiin näet, että mikäli pyritään vain kuutiomäärän selvittämiseen, 5 aarin ympyräkoealan mittaus vie aikaa keskimäärin 10 min. Tällöin saadaan tosin samalla myös runkojakaantuminen selvitetyksi. Kun ympyräkoealoillakin kairataan kaksi puuta samaan tapaan kuin relaskooppikoealoilla, aikaa kuluu n. 12 min.

Suurin ajan säästö relaskooppimenetelmällä saavutetaan kuitenkin vasta laskentavaiheessa. Kuluu ainoastaan keskimäärin 2 min 40 s relaskooppikoealan kuutiomäärän selvittämiseen. Kaksi kasvukoepuuta lisää ajan

käytön 4 min 20 s:ksi, minkä jälkeen koeala on valmis lopullista käsittelyä varten kuutiomäärän, kasvun ja runkolukusarjan selvittämiseksi. Tämän työn voi sitä paitsi suorittaa myös henkilö, jolla ei ole aikaisempaa metsäalan tuntemusta. Jos kasvun laskenta suoritetaan samaan tapaan kuin relaskooppiarvioinnissa kahden koepuun perusteella koealaa kohden, ympyräkoealojen laskenta kestää keskimäärin n. 40 min.

Kun maasto- ja sisätyövaiheet yhdistetään taloudellisin laskelmin, tullaan päätelmiin, jotka ovat relaskooppiarvioinnille edullisia. Mikäli pyritään vain kuutiomääräarvioon, mikä tosin harvoin tulee kysymykseen, yhden miehen arviointi»ryhmällä» suoritetun relaskooppiarvioinnin kustannukset ovat 10 % ympyräarvioinnin kustannuksista. Kun jälkimmäisessä saadaan runkojakaantuminen ilman lisäkustannuksia, tämä täydennys arviointitehtävään korottaa mainitun kustannussuhteen 22 %:ksi. Jos lisäksi kasvu tutkitaan molemmissa arvioinneissa samalla menetelmällä, kahden kairauksen perusteella koealaa kohden, relaskooppiarviointi voidaan suorittaa 25 %:lla niistä kustannuksista, jotka vastaava ympyräarviointi aiheuttaa.

Nämä suhdeluvut kuvastavat lähinnä muutamien kymmenien hehtaarien metsäalueiden arviointeja. Suurimittaisissa arviointitehtävissä, joissa koealojen välimatkojen kulkemiseen kuluu merkittävä osa ajasta, kustannussuhde ei ole aivan näin edullinen relaskooppiarvioinnin kannalta.

Relaskooppiarvioinnin kustannukset ovat siis yleensä korkeintaan 25 % ympyräarvioinnin kustannuksista. Jo yksistään tämä kustannusnäkökohta on niin painava, että sen pitäisi johtaa yhä laajempaan relaskooppiarvioinnin soveltamiseen, kun kerran menetelmän tarkkuus on useimpiin tarkoituksiin riittävä. Kustannusnäkökohtien rinnalla varsin painavana tekijänä relaskooppimenetelmää arvosteltaessa on huomattava ajan säästö ympyräarviointiin verrattuna, seikka, millä on suuri merkitys silloin, kun arvioimishenkilökuntaa on niukalti. On tosin myönnettävä, että esim. silmävarainen arviointi on vielä relaskooppiarviointiakin nopeampi ja että pitkäaikaisen kokemuksen omaava arviomies voi suorittaa metsäalueen arvioinnin riittävän tarkasti ilman kojeita ja vain keskimääräisiin aputaulukkoihin nojautuen. Kuten mainittiin, tällaiseen kykenee kuitenkin vain erityisen taitava ja tehtävään perehtynyt henkilö. Relaskooppimenetelmä sitä vastoin ei vaadi pitkälle kehitettyä ammattitaitoa, vaan se on lyhyen harjoittelun jälkeen miltei kenen tahansa opittavissa. Relaskooppimenetelmä merkitsee siis myös sitä, että arviointitehtäviin kykenevien lukumäärä merkittävästi lisääntyy, mikä on omiaan jouduttamaan ja tehostamaan pyrkimyksiä metsiemme tilan parantamiseksi.

Tutkimustulosten lyhennelmä

Tässä tutkimuksessa on pyritty selvittämään relaskooppimenetelmän tarkkuutta ja käyttökelpoisuutta metsäalueen ja osaksi myös metsikön puuston arvioinnissa. Päämäärän saavuttamiseksi on suoritettu neljän metsäalueen arviointi relaskooppimenetelmällä systemaattista näytteen valintatekniikkaa käyttäen, ts. täysin samoin perustein kuin tavallisesti ympyräarviointi. Vertailumenetelmänä on kahdella metsäalueella ollut yksin puin luku ja kahdella muulla ympyräarviointi (vrt. s. 15).

Alustavissa kokeissa on havaittu, että ruotsalainen relaskooppimalli »skogstax» ja kirjoittajan suunnittelema katkorelaskooppi (kuvat 1 ja 2, s. 8) ovat tarkimpia ja kätevimpiä nykyisin saatavissa olevista kojeista. Siitä syystä tutkimuksen maastotöissä on käytetty näitä relaskooppeja.

M e t s ä a l u e e n p u u s t o n k e s k i p o h j a p i n t a - a l a tulee varsin tarkasti arvioiduksi relaskoopilla. Kun on käytetty varsin tiheää koealaverkkoa, on keskipohjapinta-alan maksimivirhe ollut vain +3.0 % ja keskimääräinen virhe +1.2 % kahden arviomiehen suorittamissa relaskooppiarvioinneissa (vrt. s. 23). Suppeilla metsäalueilla ja harvahkoja koealatiheyksiä käytettäessä keskipohjapinta-alan virhe muodostuu kuitenkin jonkin verran edellä mainittua merkitsevämmäksi (vrt. s. 32). M e t s i k ö n pohjapinta-alan arvioinnissa relaskoopin avulla on yksinomaan kojeen käytöstä ja havainnon suorittajasta johtuva arvion keskivirhe ± 8 % (vrt. myös kuva 4, s. 19). Kun tähän lisätään metsikön puuston keskimääräisestä vaihtelusta aiheutuva virhetekijä, saadaan tulokseksi, että yhden relaskooppikoealan antamaan metsikön pohjapinta-alan arvioon sisältyy ± 15 %:n keskivirhe. Tämä merkitsee, samoin kuin edellä oleva ja jäljempänä esitettävät keskivirhelaskelmat, että 68 tapauksessa 100:sta relaskooppikoealan pohjapinta-alan arvion virhe metsiköittäisessä arvioinnissa on pienempi kuin ko. keskivirhesadannes, 95 tapauksessa pienempi kuin kaksi kertaa sama luku ja vihdoin käytännöllisesti katsoen aina alle kolminkertaisen keskivirheen. — Systemaattinen havaintovirhe on laajassa aineistossa todettu vähäiseksi, vain +0.1 %:ksi.

Kun käytetään ns. mediaanimenetelmää (vrt. s. 13) ja kun puusto jaetaan tarvittaessa kahteen pituusjaksoon, puuston k e s k i p i t u u s tulee arvioiduksi pohjapinta-alaan verrattuna hyvällä tarkkuudella (vrt. myös kuva 5, s. 25). Tosin keskipituusarvion keskivirheeksi on saatu ± 9 %

ja systemaattiseksi yliarvioinniksi +3.1 %, kun vain yhden mediaanipuun pituus mitataan vallitsevassa jaksossa. Mittaamalla kaksi mediaanipuuta vallitsevassa jaksossa koealaa kohden, toinen niistä tarpeen mukaan sekapuulajista, systemaattisen virheen on oletettu supistuvan merkityksettömäksi ja arvion keskivirheen ± 8 %:ksi. Kaiken kaikkiaan mediaanimenetelmä soveltuu nopeutensa ja tarkkuutensa puolesta relaskooppimenetelmän yhteyteen.

K u u t i o m ä ä r ä n arviointiin sisältyy, käytettäessä N y y s s ö s e n (1954) taulukoita, edellä mainittujen lisäksi kuutioimistaulukoiden pohjana olleen aineiston hajonnasta aiheutuva virhetekijä. M e t s ä a l u e e n systemaattisessa relaskooppiarvioinnissa virhe on yleensä alle 10 %:n. Mikäli koealaverkko on riittävän tiheä (vrt. taul. 1 ja 2, s. 30), päästäneen laajahkoilla metsäalueilla, joihin keskimääräistä runkomuotoa edellyttävät kuutioimistaulukot parhaiten soveltuvat, useimmiten kuitenkin alle 5 %:n enimmäisvirheeseen. Kun 10 %:n virhettä pidettäneen yleisesti sallittuna ylärajana käytännöllisissä metsänarvioimistehtävissä (vrt. I l v e s s a l o 1935), relaskooppimenetelmä on riittävän tarkka useimpiin käytännössä esiintyviin metsänarvioimistarkoituksiin. Tällainen päätelmä olisi vieläkin perustellumpi, jos saataisiin nykyistä monipuolisemmat kuutioimistaulukot, joissa myös runkomuodon vaihtelut olisi otettu huomioon. Kaiken edellä sanotun edellytyksenä on kuitenkin, että arviointityössä käytetään tarkkoja työvälineitä, tehokkaita menetelmiä ja tehtävään perehtyneitä henkilöitä. Kun pohjapinta-alan osalta otetaan vain havaintovirhe huomioon, kuutiomääräarvion keskivirheeksi m e t s i k ö n puuston kuutiomäärää arvioitaessa saadaan ± 11 %. Mikäli myös pohjapinta-alan edustavuusvirhe yhdistetään esitettyyn virhearvioon, kuutiomääräarvion keskivirheeksi saadaan ± 17 %.

Puuston kuutiomäärän arviointitarkkuutta tarkastelemalla on tultu päätelmään, että relaskooppiarvioinnissa ei ole syytä soveltaa tiheämpää havaintoverkkoa kuin ympyräarvioinnissakaan (vrt. taul. 3, s. 36).

Metsäalueen puuston r u n k o l u k u s a r j a n arvioimisessa relaskooppimenetelmä edustaa periaatteeltaan järkevää ratkaisua. Menetelmää sovellettaessa tulee pääpaino taloudellisesti merkityksellisille läpimittaluokille, kun taas ohuemmat luokat saavat niiden merkitystä vastaavasti vähäisemmän huomion (vrt. taul. 4, s. 38). Samasta syystä vaihtelee tulosten tarkkuus runkolukusarjan eri osissa. Ohuiden läpimittaluokkien runkoluvut saadaan usein suhteellisen epätarkasti, mutta taloudellisesti merkitsevien puiden lukumäärä tulee arvioiduksi tarkkuudella, joka vastaa hyvin käytännön tarpeiden vaatimuksia (vrt. taul. 5, s. 40 ja kuva 6, s. 39).

P u u l a j i e n s u h t e e l l i s e t o s u u d e t metsäalueen puuston kuutiomäärästä saadaan relaskooppimenetelmällä riittävällä tarkkuudella (vrt. taul. 6, s. 43).

K a s v u n laskentaa varten koepuut ryhmitellään kasvupaikan, puuston tiheyden ja iän perusteella ryhmiin (vrt. kuva 7, s. 44). Näin muodostuneille metsikköryhmille lasketaan ensin niitä edustavien koepuiden kasvusadannesten keskiarvot, joista ryhmän kokonaiskuutiomäärillä painotettuna päädytään metsäalueen keskimääräiseen kasvusadannekseen.

Metsäalueen keskimääräinen k u u t i o k a s v u s a d a n n e s (vrt. taul. 7, s. 45) saadaan yllättävän hyvällä tarkkuudella, vaikka vain yksi puu kairataan joka relaskooppikoealalla. Optimaali kasvukoepuiden lukumäärä näyttää olevan kuitenkin kaksi puuta koealaa kohden. Näiksi on kätevintä valita mediaanipuut, joiden perusteella myös keskipituus määritetään.

Metsäalueen keskimääräinen k u o r i s a d a n n e s, joka lasketaan täysin samoin ryhmittelyperustein kuin kasvusadannes, saadaan jonkin verran heikommalla tarkkuudella kuin kasvusadannes. Kun kuorisadanneksen virhe vaikuttaa kuitenkin vain pieneltä osalta kuutiokasvuarvion virheen muodostumiseen, saavutettavaa tarkkuutta on pidettävä riittävänä. Kuori voitaneen jättää usein mittaamattakin, jolloin käytetään keskimääräisiä kuorisadanneksia maan eteläpuoliskolle laadituista tai mahdollisesti paikallisesti käytettävissä olevista taulukoista.

Metsäalueen kuutiometreinä ilmaistussa k e s k i k a s v u s s a heijastuvat paitsi kuutiokasvu- ja kuorisadanneksen arvioinnissa syntyneet virheet ennen kaikkea kuutiomääräarvion epätarkkuus. Mikäli kahden ensiksi mainitun tekijän vaikutus on kuutiomääräarvion virheelle vastakkainen, keskikasvuluku on vähemmän virheellinen kuin keskikuutiomäärä ja päinvastoin. Virhe on yleensä alle 10 %:n.

A i k a t u t k i m u s t e n perusteella on todettu, että pohjapinta-alan arviointiin kuluu aikaa keskimäärin 1 min 45 s (vrt. kuva 8, s. 50). Jos keskipituus arvioidaan silmävaraisesti, tarvitsee arviomies kuutiomäärän määrittämiseen aikaa keskimäärin 2 min 40 s. Kun puut luetaan rinnankorkeudelta ja suoritetaan molempien mediaanipuiden kasvun kairaus ja pituuden mittaus, relaskooppikoealan arviointiin kuluu aikaa keskimäärin n. 7 min. Kun maasto- ja laskentavaiheet yhdistetään taloudellisten laskelmien pohjalla, havaitaan, että relaskooppiarvioinnin kustannukset ovat korkeintaan 25 % ympyräarvioinnin kustannuksista.

Relaskooppimenetelmä on siis useimpiin käytännön arvioimistehtäviin riittävän tarkka, nopea ja halpa arvioimismenetelmä, joka on yksinkertaisuutensa vuoksi miltei kenen tahansa hallittavissa. Sellaisena se on arvokas lisä metsän arvioimisen käytännöllisiin menetelmiin.

Kirjallisuusluettelo

Appelroth, E. 1956. Relaskopet — ett var mans instrument vid skogsuppskattning. — Skogsbruket, s. 168—175.

Avery, T. E. 1955. Gross volume estimation using »plotless cruising» in Southeast Arkansas. — Jour. For., s. 206—207.

Baumann, H. 1955. Rationelle Stichprobenverfahren in der Forsteinrichtung. — Allg. Forst- u. Jagdztg., s. 11—22.

Bitterlich, W. 1948. Die Winkelzählprobe. — Allg. Forst- u. Holzwirtsch. Ztg., s. 4—5.

—»— 1952. Das Spiegel-Relaskop. — Österr. Forst- u. Holzwirtsch., s. 3—7.

—»— 1954. Optische Baumesskluppe. — Ibid., s. 296—297.

—»— 1955. Die Weiterentwicklung der optischen Zählmässung in der Bestandsaufnahme. — Allg. Forstztg., s. 185—186.

—»— 1957. Vom Raummass zum Festmass. Genauere Umrechnungsfaktoren durch Winkelzählprobe. — Holz-Kurier, Nr. 42.

Briscoe, C. B. 1957. Calculation of local volume factors for relascope cruising. — L.S.U. For. Note 16, La. Agric. Exp. Sta.

Bruce, D. ja Schumacher, F. 1950. Forest mensuration. Third ed. New York—Toronto—London.

Burkart, E. 1949. Zur Frage der Höhenbestimmung bei der Winkelzählprobe. — Allg. Forst- u. Holzwirtsch. Ztg.

Cajander, A. K. 1909. Ueber Waldtypen. — Acta For. Fenn. 1.

Carow, J. 1953. Quick cruising with the Bitterlich angle-count method and a cumulative tally sheet. — Mich. For., No. 1.

Cromer, D. A. N. 1954. Techniques and instruments for the determination of basal area and volume per acre. — Austr. For. 18, s. 86—92.

Essed, F. E. 1955. De kegelmethode voor de bepaling van de gemiddelde hoogte in eensortige bosopstanden. — Ned. Boschb.—Tijdschr. 27, s. 285—287.

Ferguson, J. H. A. 1951. Optische grondvlakbepaling volgens de methode Bitterlich. — Tectona 41, s. 56—62.

Finch, H. D. S. 1957. Plotless enumeration with angle gauges. — Forestry 30, s. 173—192.

Gockerell, E. C. 1957. Determination of form class of standing trees with an angle gauge. — Jour. For., s. 656—659.

Grosenbaugh, L. R. 1952. Plotless timber estimates — new, fast, easy. — Ibid., s. 32—37.

—»— 1955. Comments on »Results of an investigation of the variable plot method of cruising». — Ibid., s. 734.

Güde, H. 1955. Anleitung zur Aufnahme von Bitterlich-Proben. — Allg. Forstztg., s. 306—308.

Hirata, T. 1955. Height estimation through Bitterlich's method — vertical angle count sampling. — Jour. Jap. For. Soc., s. 479—480.

Husch, B. 1955. Results of an investigation of the variable plot method of cruising. — Jour. For., s. 570—574.

Ilvessalo, Y. 1935. Käytännöllisistä metsänarvioimistavoista. Referat: Über die praktische Forsttaxationsmethoden. — Silva Fennica 39.

—»— 1939. Metsikön kasvun arvioiminen. Referat: Die Abschätzung des Bestandeszuwachses. — Ibid. 52.

—»— 1948. Pystypuiden kuutioimis- ja kasvunlaskentataulukot. Keskusmetsäseura Tapio. Helsinki.

—»— 1956. Metsän arvioiminen. — Tapion taskukirja, 13. p. Helsinki.

—»— 1956 a. Suomen metsät vuosista 1921—24 vuosiin 1951—53. Kolmeen valtakunnan metsien inventointiin perustuva tutkimus. Summary: The forests of Finland and their development from 1921—24 to 1951—53. A survey badse on three national forest inventories. — Comm. Inst. For. Fenn. 47.1.

Keen, E. A. 1950. The relascope. — Emp. For. Rev. 29, s. 253—264.

Keskievari, J. 1957. Metsiköstä saatavan erilaisen puutavaran määrääminen relaskoopilla. — Metsämies, s. 49—51.

Korhonen, O. 1957. Relaskooppikokemuksia. — Ibid., s. 2—3.

Løvengreen, J. A. 1950. Taksationsspeijl til afsaetning af cirkulaere prøveflader samt grundfladetaelling afprøvet af Statens forstlige Forsøgsvaesen. — Dansk Skovfor. Tidsskr. 35, s. 509—527.

Müller, G. 1953. Das Baumzählrohr.—Allg. Forstztg., s. 249—251.

Nyyssönen, A. 1951. Havaintoja metsikön kasvun arvioimistavoista. Summary: Observations on the methods of estimating the growth of a stand.—Metsätal. Aikakausl., s. 167—171.

—»— 1954. Metsikön kuutiomäärän arvioiminen relaskoopin avulla. Summary: Estimation of stand volume by means of the relascope. — Comm. Inst. For. Fenn. 44.6.

—»— 1956. Kuutiomäärän arvioiminen relaskoopin avulla. — Tapion taskukirja, 13. p. Helsinki.

Nytt relaskop. 1955. — Skogen, s. 413.

Prodan, M. 1953. Genauigkeit der Winkelzählprobe nach Bitterlich. — Allg. Forstztg., s. 96—100.

Rice, E. L. ja Penfound, W. T. 1955. An evaluation of the variable-radius and paired-tree methods in the Blackjack-Post oak forest. — Ecology 36, s. 315—320.

Seip, H. K. 1952. Relaskopet. — Tidsskr. Skogsbruk 60, s. 22—26.

Senda, M. ja Maezawa, K. 1955. On the measurement of stand basal area by the Bitterlich method. — Translation No. 14., Univ. British Columbia, from Miscellaneous Information Report No. 10, Tokyo Univ. For.

Shanks, R. E. 1954. Plotless sampling trials in Appalachian forest types. — Ecology 35, s. 237—244.

Smith, N. ja Bondeson, V. 1954. Bestämning av virkesförråd med tillhjälp av relaskop. — Skogen, s. 77—78.

Stoffels, A. 1954. L'exactitude de la détermination de la surface terrière par hectare à l'aide de la méthode de Bitterlich. — Ned. Boschb.— Tijdschr. 26, s. 256—258.

Strand, L. 1957. Litt om bruken av relaskopet. — Summary: Some notes on the use of the relascope. — Norsk Skogbruk, s. 255—257.

—»— 1957 a. »Relaskopisk» høyde- og kubikkmassebestemmelse. — Ibid., s. 535—538.

Wanner, J. 1948. Die »Probefläche ohne Probefläche». — Allg. Forst- u. Holzwirsch. Ztg., s. 97—98.

West-Nielsen, G. 1952. En grundflademåler. — Hedeselsk. Tidsskr. 73, s. 271—274.

Vestjordet, E. 1958. Relaskopmåling og de forskjellige bestandsfaktorer. — Norsk Skogbruk, s. 687—688.

Viney, R. 1956. Les objections à la méthode de Bitterlich. — Rev. For. Franc. 8, s. 185—188.

Vuokila, Y. 1952. Havaintoja puiden luvussa syntyvistä virheellisyyksistä. Summary: Observations on inaccuracies in the calipering of trees. — Metsätal. Aikakausl., s. 357—358.

—»— 1956. Uusi metsänarvioimisväline. — Metsälehti, N:o 7.

—»— 1958. Hieman relaskooppikojeiden tarkkuudesta. — Metsätal. Aikakausl., s. 263—265.

—»— 1958 a. Relaskooppikojeista ja niiden tarkkuudesta. — Metsämies, s. 158—160.

—»— 1958 b. Pinotiheyden arviointi relaskooppiperiaatteella. — Metsälehti, N:o 12.

ON THE ACCURACY OF THE RELASCOPE METHOD OF CRUISING

Summary in English

One of the major achievements in the field of forest survey during the past decade has undoubtedly been the invention of the »Winkelzählprobe» by Bitterlich (1948) referred to in English by a number of terms (cf. Husch 1955; Rice and Penfound 1955; Grosenbaugh 1952; Carow 1953). In order to study the accuracy of this survey method, here called the relascope method, four forest areas totalling 407.7 hectares were surveyed for the purposes of the present paper. The conclusions were drawn by comparing the results of the relascope cruises with those obtained by the complete enumeration method or by the circular sample plot method.

Survey area 1 is a private woodlot under rational management covering 46 hectares of forest land. It shows marked differences in the age and dimensions of the growing stock and is, therefore, a rather difficult area from the point of view of survey. The same is true of area 2, which consists of 9.7 ha. of State forest. In areas 1 and 2 control method used was that of complete enumeration. Consequently, these areas form the most reliable material for the present purpose. Area 3 is a fairly easy target for a forest survey owing to the small variation in the growing stock. It covers 57.4 ha. of area in a private forest. Area 4, 294.6 ha., is a State-forest area dominated by old, dense, mixed stands which have developed undisturbed. Again the area puts the survey method to a hard test. In areas 3 and 4 the results of the relascope cruise were checked against the circular sample plot method.

In the preliminary tests it was found that the Swedish relascope »skogstax» (cf. Fig. 1, p. 8) and a new relascope designed by the author (cf. Fig. 2, p. 8) proved most accurate and convenient for the field work covered by the present paper. It was further discovered that relascope instruments that allow a free view of the surroundings and are equipped with a transparent red relascope plate are superior to others, particularly to optical ones, in which the lack of light is often a handicap and which put a strain on the observer.

The field work on a relascope plot, located in a systematic pattern, was started by estimating the basal area per ha. of the growing stock by means of the relascope using mostly an angle of 68′ 46″ (relationship 1:50, 2-cm. opening at the end of 1-m. rod, for example) giving the basal area per ha. in square metres without any conversion. Simultaneously the helper measured the diameters and tallied by tree species and height stories each tree included in the relascope sweep (cf. Fig. 3, p. 12). From the tally sheet the central tree was subsequently chosen in each of the two height stories for height measurement representing an approximation of the mean height of the growing stock. In areas 1 and 2, however, two such measurements were made in the dominating story, one of them of the main mixed species, in addition to the one measured in the advance growth story. Every third tree was marked for studies of growth, based on the growth calculation tables of Ilvessalo (1948), in areas 3 and 4. In this way an average of 4—5 trees were bored in each plot. Finally

the forest site type of Cajander (1909), stand age in 20-year classes, slope gradient and the relascope angle used were recorded. Time studies were carried out separately.

The results of the investigation indicate that the relascope method of cruising is a valuable contribution to forest survey technique. It is a rapid, economical method which is accurate enough for most purposes required for forest surveys in Finland.

The standard error of basal area estimate carried out by means of the relascope was found to be ± 8 % taking into consideration personal and instrument errors of observation only (cf. also Fig. 4, p. 19). If all sources of variation are included, the standard error estimate of the stand under average conditions of growing stock variability is ± 15 % according to the present material. This presupposes, however, that the surveyor is experienced and has the benefit of the best possible instrument. In the material of 343 check plots a systematic observation error of only +0.1 % was detected when the observations of three surveyors with two relascope instruments were pooled. In survey areas 1 and 2 the maximum error encountered in the estimation of the mean basal area per ha. was +3.0 %, the average error being +1.2 %.

The standard error of the mean height estimate based on one height measurement per sample plot according to the median tree principle was found to be ± 9 %, while the systematic error amounted to +3.1 % (cf. Fig. 5, p. 25). However, if two median tree measurements are carried out in the dominating story, one of them for the main mixed species, the systematic error can apparently be avoided and the standard error of estimate reduced to ± 8 %. Consequently, if two measurements are made in the field, the mean height is estimated with sufficient accuracy when compared with that of the basal area. The median tree principle is thus very suitable for mean height determinations in connection with the relascope method of cruising.

The standard error of cubic volume estimate of a stand was calculated at ± 17 % under conditions of average variability. Hence, 3 relascope plots are required per stand to bring the standard error of estimate down to ± 10 % and 12 plots to reduce the same to ± 5 %. When cruising forest areas with the aid of the relascope and the stand volume tables of Nyyssönen (1954), the error may amount to 10 %, even exceed it occasionally, in limited areas. Within more extensive areas, however, the error is usually less than 5 % (cf. Tables 1 and 2, p. 30). This error is not attributable to the relascope to any appreciable extent but is mostly due to the sampling error and to the stand volume tables applied, which are based on two stand characteristics only, the basal area per ha. and mean height. The accuracy of the small area cruises would presumably be substantially improved if stand volume tables, that also take into account the variation of the stem form, were available. The stem form would possibly be best considered by applying the lower limit of the live crown as a criterion.

In practical cruises, an equal plot pattern can be recommended for both relascope and circular sample plot methods. This conclusion is based on the standard deviation and the coefficient of variation of the cubic volume estimates in relascope cruises compared with those of the circular sample plot surveys. The coefficient of variation of the former is only slightly greater than that of the latter (cf. p. 35). The same conclusion is supported by studying the error in mean cubic volume when applying different observation densities (cf. Table 3, p. 36).

In estimating the stem distribution series the relascope method is probably the most rational approach since the large dbh. classes are given major

attention. In the present paper the calculation of the stem distribution has been carried out by dbh. classes in a manner closely resembling the circular sample plot principle (for calculation procedure see Table 4, p. 38). The accuracy of the stem distribution series thus obtained has been found to be very satisfactory in those dbh. classes which have commercial value (cf. Fig. 6, p. 39 and Table 5, p. 40). In small dbh. classes, —9 cm., the accuracy may, however, be rather modest due to the low percentage of the area covered by the cruise.

T r e e s p e c i e s r e l a t i o n s are estimated with surprising accuracy by the relascope. In two areas out of four in the present investigation the tree species relations obtained were exactly correct (cf. Table 6, p. 43) and in the other two areas the error was rather small. The percentages of the different tree species were calculated in the present case by first determining the mean volumes per ha. of each species and by expressing them as percentages of the total mean volume per ha. (Table 1, p. 30).

The g r o w t h calculation was started by grouping sample trees bored in the field according to certain stand characteristics, i.e. site, density and age. Two site classes were differentiated on firm forest soils: Vaccinium type and poorer, Myrtillus type and better. The density classes had the following basal area limits: 1—10, 11—10, 21 + sq.m. per ha. 20-year age classes were applied, 1—20, 21—40 etc. By the stand groups thus created the mean volume growth percentages based on I l v e s s a l o's tables (1948) were first calculated as arithmetic means, separately for the dominating story and the advance growth (cf. Fig. 7, p. 44). The mean volume growth percent for the forest area in question was subsequently determined by weighting these partial means by the corresponding total cubic volumes including bark. The results of the growth calculations appear in Table 7, p. 45.

The m e a n g r o w t h p e r c e n t is obtained with a fair degree of accuracy by this method, even if only one tree is bored on each plot. In practice, two growth sample trees are the optimum per relascope plot. These samples can be most advantageously taken from the median trees chosen for mean height determination. In this way no appreciable loss of time is involved because of the growth studies.

The m e a n b a r k p e r c e n t calculated by the same principles is obtained with rather less accuracy than the growth percent. However, in practical cruises the degree of accuracy obtained is usually adequate. Even average bark tables may suffice in many instances. Local bark-percent tables are advisable.

The accuracy of the m e a n v o l u m e g r o w t h calculated by means of the cubic volume incl. bark per ha., mean bark percent and mean volume growth percent is dependent on the accuracy obtained in estimating the basic factors referred to, particularly the mean cubic volume per ha. As a rule, the error is less than 10 %, however.

A considerable saving of t i m e and c o s t is obtained by the relascope method (cf. Fig. 8, p. 50) when compared with the circular sample plot method. It takes only 1 min. 45 sec. to estimate the basal area of an average stand, 2 min. 40 sec. to carry out observations for the estimation of cubic volume per ha., if the mean height is ocularly estimated, and 6 min., if two median tree heights are measured with an instrument and all trees calipered at breast height. If the median trees are also bored the estimation of an average relascope plot requires 7 min.

Considering both the field and office phases the cost of the relascope cruise is 10—25 % of that required for a circular sample plot survey of the same intensity, depending on the information needed. The greatest saving is encountered under conditions when the cubic volume estimate only is the ultimate aim of the cruise.

To sum up, the relascope method speeds up surveying, brings down the costs, improves the working capacity and efficiency of the survey groups and increases the number of persons capable of surveying, thus contributing to the better care and knowledge of the forest on which we depend.

NIPPUJEN KUUTIOTAULUKOT 2m JA 4m KUUSIPAPERIPUILLE

PAAVO ARO

KUBIKTABELLEN FÜR BÜNDEL VON 2m UND 4m FICHTENZELLSTOFFHOLZ

DEUTSCHES REFERAT

HELSINKI 1959

Helsinki 1959. Valtioneuvoston kirjapaino

Alkusanat

Pinopuutavaran nippukuljetus uittoväylillämme on jo vakiintunut kuljetusmuoto. Maakuljetuksissakin on viime vuosina yhä suuremmassa määrässä siirrytty nippukuljetukseen, vieläpä niin, että puutavara jo metsästä lähtien kuljetetaan nippuina edelleen. Tällä tavalla puutavaranipusta on tullut käsittely-yksikkö, jonka puumäärän määrittäminen on tullut ajankohtaiseksi. Pienpuualan toimikunnan toivomuksesta metsäntutkimuslaitoksen metsäteknologian tutkimusosasto ryhtyikin vuoden 1958 alkupuolella suorittamaan tutkimuksia sellaisen yksinkertaisen mittaustavan kehittämiseksi, jolla erilaiset puutavaraniput voitaisiin kuutioida. Pienpuualan toimikunta varasi tutkimusta varten 950 000 markan apurahan. Kun mittauksissa tarvittavista apulaisista ei aiheutunut mitään kustannuksia ja kun aineiston käsittelyssäkin tarvittiin vain vähän vierasta työvoimaa jäivät tutkimuksen kustannukset 500 000 markkaan.

Tutkimuksia suoritettiin seuraavien metsäteollisuusyhtiöiden puutavaravarastoilla: Nokia Osakeyhtiö, Oy Kaukas Ab, Metsäliiton Selluloosa Oy, Veitsiluoto Osakeyhtiö, A. Ahlström Osakeyhtiö ja Enso-Gutzeit Osakeyhtiö. Yhtiöt ovat kiitosta ansaitsevalla tavalla osallistuneet tutkimuksien järjestämiseen sekä palkanneet mittauksissa tarvittavat apulaiset, mistä suureksi osaksi johtuukin, että kustannukset ovat jääneet huomattavasti laskettuja pienemmiksi.

A. Ahlström Osakeyhtiön puutavaravarastolla Kuopion maalaiskunnassa sekä Nokia Osakeyhtiön puutavaravarastolla Orivedellä tutkimukseen liittyvät mittaukset suoritti metsätieteen ylioppilas M a r t t i P ä l v e ja kaikki muut mittaukset metsänhoitaja T a p i o K o r p e l a, joka on myöskin käsitellyt tutkimusaineiston ja laatinut alustavan selostuksen tutkimuksen tuloksista.

Helsingissä maaliskuun 2 p:nä 1959.

Paavo Aro

Sisällysluettelo

	Sivu
Johdanto	5
Tutkimusmenetelmä	7
Nipun mittaaminen	7
Nipun pinomitan määrittäminen	9
Nipun kiintomitan määrittäminen	10
Työtapa mittauksissa	10
Tutkimuspaikat ja -ajat sekä aineistojen suuruus ja laatu	12
Tutkimustulokset	16
Nipun pinokuutio	16
Nipun kiintokuutio	17
Nippujen kuutiotaulukot	25
Kirjallisuutta	32
Deutsches Referat	33
Liitetaulukot: Nippujen kuutiotaulukot	39

Johdanto

Pinopuutavaran mittausyksikkönä sekä luovutus- että työmittauksessa on puutavaran mittaussäännön ja työmittausasetuksen mukaan pinokuutiometri. Tämä merkitsee sitä, että pinopuutavara on mitattava joko pinossa tai sitten yksin kappalein kuutioitaessa muunnettava hyväksytyillä muuntoluvuilla pinokuutiometreiksi.

Kun viime vuosina varsinkin palstatien varteen hakkuiden yhteydessä pinopuutavaraa on ryhdytty ajamaan suoraan metsästä ristikoilta tai kasoilta jäälle tai muille varastopaikoille moottoriajoneuvoilla ja niputettu näissä kuljetusvälineissä sekä varastoitu varastopaikoille nippuina, on jouduttu sen tosiasian eteen, että nippuina kuljetetut puutavaramäärät tulisi saada selville ilman että nippuja täytyy hajoittaa ja uudelleen pinota tai yksin puin kuutioida. Käsillä olevan tutkimuksen tarkoituksena onkin ollut löytää sellainen nippujen mittausmenetelmä, jolla mahdollisimman yksinkertaisilla mittausvälineillä ja vähillä mittauksilla saataisiin selville jo mittauspaikalla nipun puumäärä, jota sitten voitaisiin käyttää sekä työ- että luovutusmittauksissa.

Nippujen mittauskysymys on askarruttanut myöskin käytännön miehiä erikoisesti puutavaran vaihtotoimitusten yhteydessä. L a h t i (1953) mm. on Enso-Gutzeit Osakeyhtiön toimesta tutkinut nostolaitteen vaijerissa riippuvien ja vedessä kelluvien nippujen mittausta.

Koska vedessä olevien nippujen kuutioimismenetelmiä on tarkoitus edelleen selvitellä eräitten toisten tutkijain toimesta, käsittää käsillä oleva tutkimus vain vapaasti kiinteälle alustalle sijoitettujen nippujen mittauksia. Aineistoa on saatu kerätyksi vain 2 ja 4 metrin pituista, puolipuhdasta kuusipaperipuuta, eräässä tapauksessa 2 metrin pituista, puolipuhdasta mäntypaperipuuta sisältävistä nipuista. Koska tutkimusvaiheessa ei ollut tietoa menetelmän onnistumisesta, rajoitettiin tutkimus käsittämään vain nämä yleisimmin esiintyvät puutavaramitat. Muun mittaista tavaraa sisältäviä nippuja ei sitä paitsi ollut riittävästi löydettävissä.

Tutkimuksien tuloksina on 2 ja 4 metrin pituista puolipuhdasta kuusipaperipuuta sisältäville nipuille voitu laatia kuutiotaulukot, joista nipun pino- ja kiintokuutiometrimäärä käy selville, kun tunnetaan tutkimuksessa esitetyt, nipusta mitattavat suureet. Muun pituista tavaraa sisältäville nipuille voidaan laatia vastaavanlaiset kuutiotaulukot keräämällä niistä

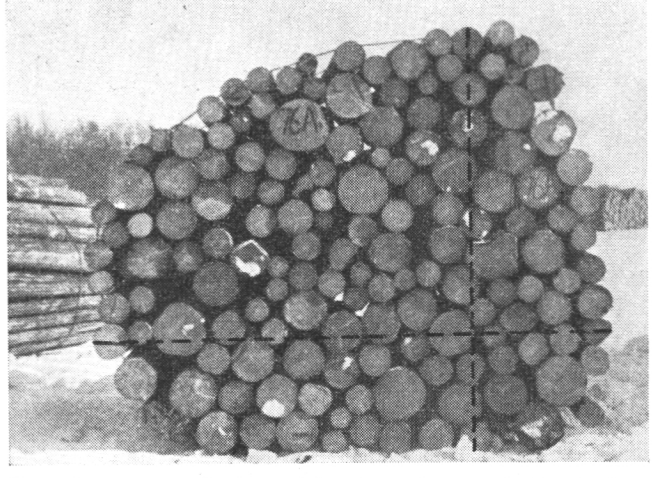
aineistot ja käsittelemällä ne samalla tavalla kuin tässäkin tutkimuksessa on tehty.

Tutkimuksen yhteydessä on herännyt ajatus siitä, että nippukuljetuksien ja nippumittauksien rationalisoimisen kannalta olisi edullista, jos nipussa kuljetettava ja mitattava tavara kaikkialla tehtäisiin vain määrätyille mitoille, esim. 2 ja 4 metrin pituiseksi.

Tutkimusmenetelmä

Nipun mittaaminen

Tutkimustyöhön ryhdyttäessä otettiin ensimmäiseksi tarkasteltavaksi, olisiko puutavaranipun tilavuus määrättävissä joidenkin nipusta mitattavien suureiden avulla. Voitiin kuitenkin todeta, että vaikka nippu muodoltaan muistuttaakin kierto- eli rotaatiokappaletta, eivät sen pääpinnat edusta mitään säännöllisiä geometrisiä kuvioita. Näin ollen ei nipun päiden todellisiin pinta-aloihin eikä myöskään sen kokonaistilavuuteen katsottu voitavan päästä sijoittamalla nipusta mitatut suureet tunnettujen kuvioiden, esim. ellipsin laskentakaavoihin, vaan tätä tarkoitusta varten nipun pölkyt ladottiin pinoon (vrt. s. 9).

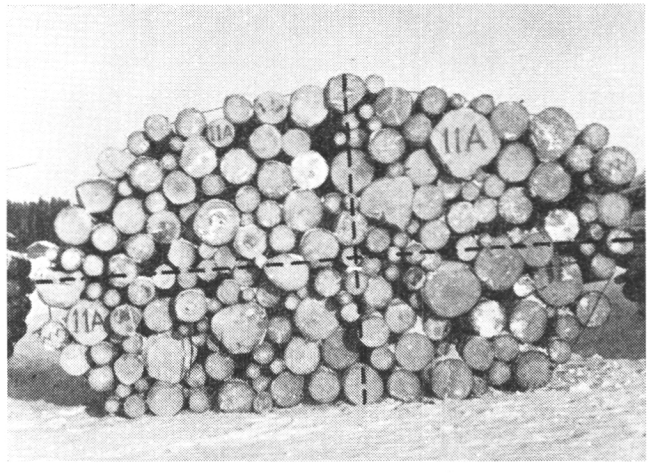


Kuva 1. 2 m puolipuhdasta kuusipaperipuuta sisältävä nippu. Suurin vaakasuora leveys 200 cm, suurin pystysuora korkeus 165 cm. Pölkkyjen keskimääräinen läpimitta keskeltä 12.9 cm. Kuutiomäärä 5.55 p-m³. Pinotiheysluku 0.71. — Orivesi.

Abb. 1. Bündel von halbentrindetem 2 m Fichtenzellstoffholz. Grösste horizontale Breite 200 cm, grösste vertikale Höhe 165 cm. Mittlerer Mittendurchmesser der Blöcke 12.9 cm. Raumgehalt 5.55 rm. Umrechnungszahl 0.71. — Orivesi.

Nipun kokoa ja muotoa karakterisoimaan tarvittiin nipusta mittaamalla saatuja mittasuureita, joita vastaavat pinta-ala- ja tilavuusarvot määritettiin nipun pölkyistä tehdyn pinon mittojen avulla. Tutkimuksen päämäärää silmällä pidettäessä oli valittava nipussa mittauskohteiksi sellaiset suureet, joiden paikan määrittäminen silmämääräisesti on helppoa ja joista saataviin mittaustuloksiin ei mittaajan harkinta pääse vaikuttamaan. Nämä seikat katsottiin tulevan huomioon otetuiksi parhaiten mittaamalla mittakepillä nipun molemmista päistä kohtisuorasti nipun pituus-suuntaa vastaan suurin leveys vaakasuorassa suunnassa ja suurin korkeus pystysuorassa suunnassa. Muitakin leveyden ja korkeuden mittauskohtia kokeiltiin, mutta niiden määrittäminen vaati joko suorittamaan ylimääräisiä mittauksia tai muodostui epävarmaksi, mittaajan harkinnan varaiseksi asiaksi.

Läpimittojen mittaukset suoritettiin 3 metriä pitkällä mittakepillä aleneville senttimetreille.



Kuva 2. 4 m puolipuhdasta kuusipaperipuuta sisältävä nippu. Suurin vaakasuora leveys 343 cm, suurin pystysuora korkeus 186 cm. Pölkkyjen keskimääräinen läpimitta keskeltä 15.7 cm. Kuutiomäärä 20.85 p-m³. Pinotiheysluku 0.68. — Kuopion mlk.

Abb. 2. Bündel von halbentrindetem 4 m Fichtenzellstoffholz. Grösste horizontale Breite 343 cm, grösste vertikale Höhe 186 cm. Mittlerer Mittendurchmeser der Blöcke 15.7 cm. Raumgehalt 20.85 rm. Umrechnungszahl 0.68. — Landgemeinde Kuopio.

L a h t i (1953) mittasi riippunipuista sidelankojen kohdalta ympärysmitan ja vesinipuista samoilta kohdilta pystysuoran ja vaakasuoran läpimitan tarkoitusta varten valmistetulla, cm-jaoituksella varustetulla kulmarimalla ja apurimalla. Laskettuaan poikkileikkauspinta-alat riippunipuissa ympyränä ja vesinipuissa ellipsinä hän vertasi koordinaatistossa, jossa x-akselilla oli ympärysmitta tai läpimittain tulo ja y-akselilla pinta-ala, pinoista

saatuja pinta-aloja ympyrän ja ellipsin aloihin Eri pituisia puita sisältäville nipuille hän piirsi sitten poikkileikkauspinta-alojen tasoituskäyrät, joita käytettiin vaihtotoimituksissa nippuja kuutioitaessa. Kun Lahden mittaustavat eivät sovi maalla oleville nipuille, päädyttiin käsillä olevassa tutkimuksessa edellä selostettuun mittaustapaan.

Nipun pinomitan määrittäminen

Nippuun kuuluvat pölkyt ladottiin pinoon joko ennen niputtamista tai nipun purkamisen jälkeen ja pinokuutiomäärä laskettiin pinon mittojen perusteella (vrt. s. 10). Latomispaikan ja -tilan mukaan vaihtelivat pinojen korkeudet 1—2 m ja pituudet 2 m paperipuilla 1.5—3 m sekä 4 m paperipuilla 3—5 m. Kun pölkyt olivat pinossa samansuuntaisesti kuin nipussakin, vastasivat pinon sivujen pinta-alat nipun vastaavien päiden pinta-aloja. Pölkyt oli usein ladottu nippuun niin, että tyvileikkauksia oli nipun toisessa päässä paljon enemmän kuin toisessa, mistä oli seurauksena, että nipun toisesta päästä otetut leveys- ja korkeusmitat samoin kuin vastaava pinon sivun pinta-ala olivat joskus huomattavastikin toisen pään mittoja ja pinon toisen sivun pinta-alaa suuremmat.

Pinot mitattiin puutavaranmittaussäännön mukaisesti paitsi, että pituus mitattiin senttimetrin tarkkuudella ja korkeus puolen metrin välimatkoin.



Kuva 3. 2 m kuusipaperipuiden läpimitan mittaus sekä mittakehys, jossa pinomitta määritettiin. — Orivesi.

Abb. 3. Ermittlung des Durchmessers von 2 m Fichtenzellstoffholz sowie Messrahmen, in dem der Raumgehalt bestimmt wurde. — Orivesi.

Nipun kiintomitan määrittäminen

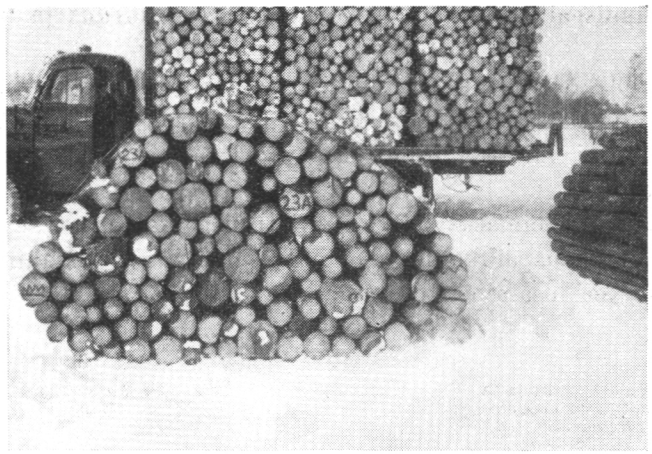
Jokaisen nipun kiintokuutiomäärä määritettiin mittaamalla pölkkyjen läpimitta keskeltä tasaavaa senttimetriluokitusta käyttäen. 2 m pölkyistä läpimitta mitattiin eteen sattuvalta puolelta ja 4 m pölkyistä ristiinmittauksella ottamalla läpimitaksi kahden toisiaan vastaan kohtisuoran läpimitan keskiarvo. Ristiinmittausta käytettiin sentähden, että 4 m pituisilla pölkyillä oli taipumus lenkouden takia asettua aluspuulla ollessaan määrättyyn suuntaan, minkä vuoksi yhdeltä puolelta suoritettu mittaus olisi saattanut tulla järjestelmällisesti joko aina pölkyn paksuimmalta tai ohuimmalta puolelta suoritetuksi.



Kuva 4. 4 m kuusipaperipuita traktorireessä, jossa niiden pinomitta määritettiin ennen nipuksi sitomista. — Kuopion mlk.
Abb. 4. 4 m Fichtenzellstoffholzblöcke im Schleppersschlitten, wo der Raumgehalt vor dem Bündeln bestimmt wurde. — Landgemeinde Kuopio.

Työtapa mittauksissa

Kesällä ja syksyllä tapahtuivat mittaukset seuraavalla tavalla. Kun nippu oli vedestä nostettu kokonaisena vaakasuorassa olevien aluspuiden päälle, suoritettiin suurimman leveyden ja suurimman korkeuden mittaukset nipun molemmista päistä. Tämän jälkeen avattiin sidelangat ja mitattiin yksitellen pölkkyjen läpimitat keskeltä. Mittauksen jälkeen pölkyt ladottiin pinomitan määrittämistä varten mittakehyksiin. Imatralla kuitenkin 4 m pituinen tavara pinottiin vahvoille aluspuille peräkkäin asettamalla vain pystytolpat kunkin nipun pölkkyjen väliin.



Kuva 5. 2 m kuusipaperipuita kuorma-auton lavalla, jossa niiden pinomitta määritettiin ennen nipuksi sitomista. — Orivesi.
Abb. 5. 2 m Fichtenzellstoffholz auf dem Lastkraftwagen, wo der Raumgehalt vor dem Bündeln bestimmt wurde. — Orivesi.

Talvikuukausina mittausjärjestys oli edellisistä poikkeava. Kuopion maalaiskunnassa mitattiin metsässä traktoritien varressa ensin pölkkyjen läpimitat ja kuormattiin sitten traktorirekeen, jossa määritettiin pinomitta. Kuorma sidottiin reessä nipuksi, ajettiin varastopaikalle ja pudotettiin jäälle, jossa mitattiin päiden leveys ja korkeus. Orivedellä mittaus ja työtapa oli muuten samanlainen paitsi, että pino tehtiin auton lavalla oleviin niputusrautoihin. Kummassakin paikassa osa nippu- ja pinomittauksista suoritettiin kokonaan jäällä.



Kuva 6. 4 m kuusipaperipuita jäällä pinossa, jossa niiden pinomitta määritettiin nipun purkamisen jälkeen. — Kuopion mlk.
Abb. 6. 4 m Fichtenzellstoffholz auf dem Eis aufgesetzt, wo der Raumgehalt nach dem Auflösen des Bündels bestimmt wurde. — Landgemeinde Kuopio.

Tutkimuspaikat ja -ajat sekä aineistojen suuruus ja laatu

Kuten edellä on jo mainittu käsittää tutkimusaineisto nippuja, jotka sisältävät 2 m ja 4 m pituista puolipuhdasta kuusipaperipuuta. Vain Oulussa vertailuaineistoksi mitatut niput sisältävät 2 m pituista puolipuhdasta mäntypaperipuuta.

Seuraavasta asetelmasta nähdään mittauspaikat ja -ajat sekä puiden omistajat ja mittauspaikkakunnat, joiden mukaan muissakin asetelmissa ja taulukoissa eri osa-aineistot on erotettu toisistaan.

Puiden omistaja ja mittauspaikkakunta *Holzbesitzer und Messort*	Mittausaika *Messzeit*	
2 m kuusipaperipuu — *2 m Fichtenzellstoffholz*		
Nokia Osakeyhtiö, Orivesi	maaliskuu — *März*	1958
Metsäliiton Selluloosa Oy, Äänekoski	elokuu — *August*	»
Veitsiluoto Osakeyhtiö, Kemi	syyskuu — *September*	»
Nokia Osakeyhtiö, Nokia	lokakuu — *Oktober*	»
Oy Kaukas Ab, Lauritsala	kesäkuu — *Juni*	»
2 m mäntypaperipuu — *2 m Kiefernzellstoffholz*		
Oulu Osakeyhtiö, Oulu	lokakuu — *Oktober*	»
4 m kuusipaperipuu — *4 m Fichtenzellstoffholz*		
A. Ahlström Osakeyhtiö, Kuopion mlk.	helmikuu — *Februar*	»
Enso-Gutzeit Osakeyhtiö, Imatra	heinäkuu — *Juli*	»

Mitattujen nippujen lukumäärät ja pinokuutiomäärät ilmenevät seuraavasta asetelmasta.

Mittauspaikkakunta *Messort*	Nippuja, kpl *Bündelzahl*	Kuutiomäärä, p-m³ *Kubikinhalt, rm*
Orivesi	95	506.5
Äänekoski	46	244.4
Kemi	30	148.1
Nokia	42	222.3
Lauritsala	30	235.4
Oulu	30	152.9
Imatra	30	512.4
Kuopion mlk.	30	522.1
Yhteensä — *Insgesamt*	333	2 544.1

Kaikki muut mitatut niput ovat eteläsuomalaista puuta, paitsi Kemissä ja Oulussa mitatut, jotka ovat Pohjois-Suomesta hankittua tavaraa.

Lopullisen 2 m kuusipaperipuunippujen mittausta selvittävän aineiston muodostavat Orivedellä, Äänekoskella ja Kemissä mitatut niput. 4 m kuusipaperipuuaineiston muodostavat Imatralla ja Kuopion mlk:ssa mitatut niput. Nokian, Lauritsalan ja Oulun aineistoja ei voitu ottaa lopullisissa laskelmissa huomioon seuraavista syistä.

Nokian aineisto käsitti osan Orivedellä mitatuista nipuista, jotka oli kuljetettu lautassa sieltä Nokialle. Niput olivat olleet vedessä huhtikuusta lokakuuhun. Kun niput tällöin nostettiin maalle, otettiin leveys- ja korkeusmitat uudelleen 42 nipusta. Tarkoituksena oli tutkia, missä määrin niiden mitat olivat muuttuneet kuljetuksen aikana. Mittauksen yhteydessä todettiin, että niput olivat kuljetuksen aikana hankautuneet kiviin sekä toisiinsa ja pölkyt olivat siirtyneet melkoisesti paikoiltaan sekä suurin joukoin luisuneet pois nipusta. Kuoren irtaantumisen ja pölkkyjen karkaamisen vuoksi kaikkien nippujen mitat olivat pienentyneet. Kun nippujen pino- ja kiintokuutiota ei uudelleen mitattu, ei todellista tilavuuden pienentymistä ole voitu laskea. Mutta kuutioimalla niput kuutioimistaulukoiden mukaan uusia leveys- ja korkeusmittoja käyttäen todettiin, että 42 nipun taulukon mukaisen pinokuution poikkeama alkuperäisestä todellisesta pinokuutiosta oli — 4.8 % ja kiintokuutiopoikkeama vastaavasti — 4.2 %. Orivedellä suoritetussa mittauksessa näiden nippujen vastaavat kuutioiden poikkeamat olivat — 0.5 % ja + 1.3 %. Tämä vertailu osoittaa, että nippujen tilavuus on edellämainituista syistä kuljetuksen aikana muuttunut, minkä takia Nokian aineistoa ei olekaan laskelmissa käytetty.

Lauritsalan aineisto on myöskin poikkeuksellinen. Siihen kuuluvat niput oli tehty siten, että 4 m pölkkyjä sisältävät, noin 20 p-m^3 suuruiset niput oli katkaistu keskeltä poikki. Niput olivat siten tavallisia 2 m nippuja suurempia. Lisäksi niitä ei voitu nostopaikalla purkaa, eikä niiden pinokuutiomääriä määrittää pinossa. Kiintokuutio määritettiin upottamalla nippu kokonaisena erikoisesti konstruoituun mittausaltaaseen, jonka mittalaitteista kuutio saatiin 0.005 m^3 tarkkuudella. Kun muuta tämänlaatuista aineistoa ei ollut käytettävissä, täytyi tämäkin aineisto jättää laskelmien ulkopuolelle.

Oulun aineisto käsittää vain 2 m mäntypaperipuunippuja. Siitä saatuja tuloksia on tarkasteltu 2 m kuusipaperipuista saatujen tulosten rinnalla, ja voitu todeta, että mäntypaperipuuniput mitta- ja kuutiosuhteiltaan ovat suurin piirtein kuusipaperipuunippujen kaltaisia. Kun muuta samanlaista mäntypaperipuuaineistoa ei ollut käytettävissä, on Oulun mäntypaperipuuaineistoa voitu käyttää vain vertailuaineistona.

Seuraavassa asetelmassa on esitetty erilaisia nipun pään mittoja vastaavain havaintojen lukumäärä 2 m kuusipaperipuuaineistossa:

2 m kuusipaperipuut — *2 m Fichtenzellstoffholz*

Nipun suurin vaakasuora leveys, cm *Grösste horizontale Breite des Bündels,cm*	Nipun suurin pystysuora korkeus, cm *Grösste vertikale Höhe des Bündels, cm*									
	86—95	96—105	106—115	116—125	126—135	136—145	146—155	156—165	166—175	176—185
	Havaintojen lukumäärä — *Anzahl der Beobachtungen*									
156—165				1						
166—175					1					
176—185							2	1		
186—195		1		1	1	2	6	5	2	
196—205	1			2	2	2	12	11	5	
206—215				3	3	11	19	20	6	
216—225		1		3	15	14	17	9	3	
226—235			1	7	11	9	4	6	1	
236—245			2	1	17	17	7	5	2	1
246—255				2	12	27	5	3	2	
256—265					2	7	6		1	
266—275					1	1				

Nipun mittoina ovat sen suurin leveys ja suurin pystysuora korkeus. Leveys- ja korkeusarvot on jaettu 10 cm luokkiin. Seuraavasta asetelmasta, josta nähdään nippujen (171 kpl) jakautuminen pinokuutiometriluokkiin, voidaan todeta, että nippujen koko on vaihdellut 3 p-m³:stä 7 p-m³:iin pienimmän nipun ollessa tarkalleen 3.01 p-m³ ja suurimman nipun 7.06 p-m³. Kaikkien nippujen keskimääräiseksi suuruudeksi on saatu aineistosta 5.26 p-m³.

Nipun koko, p-m³									
Grösse des Bündels, rm	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0
Nippuja, kpl — *Bündelzahl* .	1	2	6	12	52	83	11	1	3

Seuraavasta asetelmasta nähdään 4 m kuusipaperipuuaineiston havaintojen lukumäärä erilaisissa nipun pään mittaluokissa:

4 m kuusipaperipuut — *4 m Fichtenzellstoffholz*

Nipun suurin vaakasuora leveys, cm *Grösste horizontale Breite des Bündels, cm*	Nipun suurin pystysuora korkeus, cm *Grösste vertikale Höhe des Bündels, cm*							
	136—145	146—155	156—165	166—175	176—185	186—195	196—205	206—215
	Havaintojen lukumäärä — *Anzahl der Beobachtungen*							
236—245				1	1			
246—255								
256—265		2					1	1
266—275			2	1	2	1	3	
276—285		1	6	3	3	1	2	
286—295				4	5		1	
296—305	1	2	2	6	1	3	2	
306—315		2	1	5	8	3	1	
316—325		1		2	4	1	1	1
326—335				1	4	3	1	2
336—345			1	2	1	3		
346—355					1	4		
356—365					2	1		
366—375					1	2		
376—385								
386—395								
396—405						1		
406—415		1		1				

Tässä aineistossa, joka käsitti yhteensä 60 nippua, pienimmän nipun koko oli 12.80 p-m³, suurimman nipun 22.74 p-m³ ja keskinipun 17.24 p-m³. Seuraavassa asetelmassa esitetään nippujen jakautuminen pinokuutiometriluokkiin.

Nipun koko, p-m³ *Grösse des Bündels, rm*	13.0	14.0	15.0	16.0	17.0	18.0	19.0	20.0	21.0	22.0	23.0
Nippuja, kpl *Bündelzahl*	1	6	6	9	15	9	3	3	7	—	1

Pinotiheystuloksia sisältävässä taulukossa 3 s. 22 on esitetty pölkkyjen jakautuminen keskeltä mitatun läpimitan perusteella läpimittaluokkiin eri pinotiheysluokissa. Taulukosta huomataan, että pääosa pölkyistä kaikissa osa-aineistoissa on ollut alle 16 cm paksuisia. Pohjois-suomalaisessa 2 m tavarassa samoinkuin 4 m tavarassa on kuitenkin ollut vähemmän pieniä pölkkyjä ja vastaavasti enemmän paksuja pölkkyjä. Pienien pölkkyjen enemmyys eteläsuomalaisessa aineistossa johtuu siitä, että ne on katkaistu ainakin 1 cm pienempään minimimittaan kuin pohjois-suomalaiset

pölkyt. Tästä onkin ollut seurauksena, että eteläsuomalaisen 2 m kuusipaperipuun keskipölkyn läpimitta on jäänyt pohjois-suomalaisen 2 m kuusipaperipuun ja varsinkin 2 m mäntypaperipuun sekä 4 m kuusipaperipuun keskipölkyn läpimittaa pienemmäksi. Tämän ei katsottu kuitenkaan olevan esteenä Kemin aineiston ja Oriveden sekä Äänekosken aineistojen käsittelemiseen yhtenä 2 m kuusipaperipuuaineistona, koska etelä-suomalaistenkin aineistojen välillä oli tässä suhteessa eroavaisuuksia.

Tutkimustulokset

Nipun pinokuutio

Edellä on jo osoitettu, että nipun päistä otettuja leveys- ja korkeusmittoja ei voitu käyttää nipun päiden pinta-alojen eikä myöskään nipun tilavuuden laskemiseen, vaan tapahtui pinta-alojen ja tilavuuden määrittäminen siten, että nipussa olleet pölkyt ladottiin pinoon, ja pinosta vasta määritettiin nipun päitä vastaavat pinta-alat ja näiden perusteella sitten nipun tilavuus pinokuutiometreinä. Tutkimuksen tehtävänä olikin nyt selvittää, onko nipusta otettujen leveys- ja korkeusmittojen sekä niitä pinossa vastaavien pinta-alojen ja tilavuuden kesken määrätynlaista riippuvuussuhdetta. Tämän selvittäminen tapahtui graafisesti. Kun nipun päiden korkeusmitat oli jaettu 10 cm luokkiin tarkasteltiin koordinaatistossa, jonka x-akselilla oli nipun suurin vaakasuora leveys ja y-akselilla pinta-alaluvut, millä tavalla kussakin korkeusluokassa pinta-ala muuttuu vaakasuoran leveyden kasvaessa. Piirtämällä korkeusmittaluokkain tasoituskäyrät samaan koordinaatistoon havaittiin, että niistä toiset olivat melkoisesti ylöspäin kaarevia, toisten ollessa melkein suoria. Niiden kaltevuus toisiinsa nähden oli samoin vaihteleva. Tämän takia suoritettiin eri käyrien kesken tasoitus siten, että koordinaatistoon, jonka x-akselilla nyt oli nipun suurin pystysuora korkeus ja y-akselilla pinta-alaluvut, merkittiin edellisistä tasoituskäyristä saadut kunkin korkeusluokan pinta-ala-arvot leveysluokittain, jotka tasoitettiin käsivaraisesti. Tässä tasoituksessa saaduilla luvuilla korjattiin edelliset tasoituskäyrät ja niistä luettiin vaakasuoraa leveyttä 5 cm luokissa sekä pystysuoraa korkeutta 10 cm luokissa vastaavat pinta-ala-arvot. Korkeuksien pinta-ala-arvot 5 cm luokissa saatiin interpoloimalla. Kertomalla 2 m kuusipaperipuuaineiston pinta-ala-arvot 2:lla ja 4 m kuusipaperipuuaineiston pinta-ala-arvot 4:llä saatiin vastaavat pinokuutioarvot.

Nipun päiden pinta-alojen muuttuminen leveys- ja korkeusmittojen tulon vaihdellessa olisi voitu selvittää myöskin graafisesti, kuten L a h t i (1953) on tehnyt. Kun nipun kuutioimistoimitus tahdottiin saada mahdollisimman yksinkertaiseksi, pidettiin suoraan nipun mittoihin perustuvia kuutiolukuja tarkoituksenmukaisimpina. Kun lisäksi erikseen tutkittiin

nipun mittojen mukaisen ellipsin avulla saatujen kuutioiden ja pinokuutioiden suhdetta, tuli mittojen tulon ja pinokuutioiden riippuvuuskin selvitetyksi (vrt s. 29).

Nipun kiintokuutio

Kiintokuutiomäärän suuruus nipussa ja sitä vastaavassa pinossa riippuu hyvin monesta tekijästä. Tätä riippuvuutta kuvaamassa käytetään tavallisesti pinotiheyslukua.

Kun jokaisen nipun pinokuutio määritettiin pinossa ja kiintokuutio kuutioimalla jokainen pölkky keskeltä mitatun läpimitan perusteella saatiin lasketuksi pinon ja sitä vastaavan nipun pinotiheysluku. Kullekin osa-aineistolle lasketut keskimääräiset pinotiheysluvut ja niiden vaihtelu nähdään seuraavasta asetelmasta:

Mittauspaikkakunta *Messort*	Pinotiheysluku — *Umrechnungszahl* Keskimääräinen *Mittelwert*		Pienin *Niedrigste*	Suurin *Höchste*	Pienin % keskiarvosta *Niedrigste vom Mittelwert*, %	Suurin % keskiarvosta *Höchste vom Mittelwert*, %
Orivesi	0.707		0.651	0.747	92.1	105.7
Äänekoski	0.722	0.717	0.672	0.789	93.1	109.3
Kemi	0.722		0.678	0.749	93.9	103.7
Oulu	0.715		0.670	0.771	93.7	107.8
Imatra	0.699	0.689	0.661	0.733	94.6	104.9
Kuopion mlk.	0.678		0.637	0.719	94.0	106.0

Asetelma osoittaa, että vaikka eri aineistojen keskimääräiset pinotiheysluvut eivät kovin paljon poikkeakaan toisistaan ja yleensä ovat samaa suuruusluokkaa saman mittaisia pölkkyjä sisältävissä aineistoissa, pinotiheyslukujen vaihtelu kuitenkin on kussakin osa-aineistossa sangen suuri. Pienimmän ja suurimman pinotiheysluvun ero saattaa olla 0.100 tai hiukan ylikin, ja suurin poikkeama keskiarvosta on yli 9 %. Vaihtelu näyttää yleensä olevan saman suuruinen kuin se on aikaisemmissakin tutkimuksissa ollut. Aikaisemmassa tutkimuksessani (A r o 1931) 2 m puhtaaksikuorittujen kuusipaperipuiden pinotiheys vaihteli 0.6735—0.7684. Pohjois-Suomen 2 m puolipuhtaiden kuusipaperipuiden pinotiheys vaihteli 0.69—0.77 ja 2 m kuorellisten mäntypaperipuiden pinotiheyden vaihtelu oli 0.70—0.77 (A r o 1958). Ensin mainitussa tutkimuksessa suurimman pinotiheyden poikkeama keskiarvosta oli 5 % ja pienimmän poikkeama keskiarvosta 7 %.

Seuraavasta asetelmasta, johon on laskettu eri aineistojen pinotiheyshavaintojen poikkeamasadanneksien keskihajonta kyseessä olevan aineiston

keskiarvosta, nähdään, että aineistot ovat pinotiheysvaihteluiltaan suurin piirtein saman arvoisia, koska hajontaluvut ovat suunnilleen saman suuruisia.

Mittauspaikkakunta *Messort*	Poikkeamasadanneksien keskihajonta *Mittelstreuung der Abweichungsprozente*
Orivesi	2.9
Äänekoski	4.1
Kemi	2.4
Oulu	3.5
Imatra	2.7
Kuopion mlk.	3.1

Kun osa-aineistojen keskimääräiset pinotiheysluvut kuitenkin jossakin määrin poikkeavat toisistaan ja myöskin yleisesti käytännössä olevista ja aikaisemmissa tutkimuksissa saaduista luvuista, on syytä tarkastella, mistä seikoista tällaiset eroavaisuudet johtuvat.

Vaikka käytännön miesten keskuudessa yleensä ollaan sitä mieltä, että suurissa pinoissa pinotiheys on suurempi kuin pienissä pinoissa, on tutkimuksissa kuitenkin yleensä tultu siihen tulokseen, ettei pinon koko vaikuta pinotiheyteen (vrt. J a l a v a 1929, ss. 11—14, A r o 1931, s. 12 ja 90). Tämän seikan selvittämiseksi on tutkituissa aineistoissa tarkasteltu pinotiheyden riippuvuutta nipun koosta. Seuraavassa asetelmassa nähdään aineistosta saatuja eri kokoisia nippuja vastaavat keskimääräiset pinotiheysluvut sekä eri kokoisten nippujen keskimääräiset keskipölkyn läpimitat.

2 m kuusipaperipuu — *2 m Fichtenzellstoffholz*

Nipun koko, p-m³ *Grösse des Bündels, rm*	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0
Nippuja, kpl *Bündelzahl*	1	2	6	12	52	83	11	1	3
Keskipölkyn läpim. cm *Mittlerer Blockdurchmesser, cm*	13.9	13.6	13.4	13.5	12.9	12.6	13.6	12.2	12.6
Pinotiheysluku *Umrechnungszahl*	0.676	0.720	0.725	0.722	0.718	0.714	0.714	0.704	0.706

4 m kuusipaperipuu — *4 m Fichtenzellstoffholz*

Nipun koko, p-m³ *Grösse des Bündels, rm*	13.0	14.0	15.0	16.0	17.0	18.0	19.0	20.0	21.0	22.0	23.0
Nippuja, kpl *Bündelzahl* .	1	6	6	9	15	9	3	3	7	-	1
Keskipölkyn läpim. cm *Mittlerer Blockdurchmesser, cm* ..	14.3	13.4	14.0	15.6	14.4	13.0	15.3	13.8	14.2	-	13.3
Pinotiheysluku *Umrechnungszahl*	0.690	0.695	0.693	0.684	0.702	0.680	0.674	0.675	0.680	-	0.682

Asetelma osoittaa, että mitään selvää riippuvuutta nipun koon ja pinotiheyden välillä ei voida havaita. Asetelmasta nähdään myöskin, että keskipölkyn läpimitallakaan ei ole tässä tapauksessa mitään erikoista vaikutusta pinotiheyteen.

Samaa asiaa valaisevat vielä taulukot 1 ja 2, joihin on laskettu tutkimuksessa käytetyillä mittasuureilla määritettyjen nippukokojen pinotiheysluvut sekä niitä vastaavat keskipölkyn läpimitat. Nämäkin taulukot osoittavat, että mitään selvää riippuvuutta nipun koon ja pinotiheyden välillä ei ole havaittavissa.

Koska yleisesti tunnetaan, että pölkkyjen läpimitalla on vaikutusta pinotiheyteen, on seuraavassa taulukossa 3 tarkasteltu kysymystä tältä pohjalta. Jokaisessa osa-aineistossa on pinotiheysluvut jaoiteltu luokkiin 0.040 luokkavälein ja kussakin pinotiheysluokassa taas on nippujen sisältämät pölkyt jaoiteltu läpimittansa mukaan 5 cm luokkiin ja laskettu kaikkien pölkkyjen keskimääräinen läpimitta. Taulukon luvut osoittavat, että pinotiheysluokan suuretessa myöskin pölkyn läpimitta suurenee. Eri osa-aineistoissa keskipölkyn läpimitat ovat kuitenkin vastaavissa pinotiheysluokissa eri suuruisia. Lisäksi on huomattava, että keskipölkyn läpimittojen erot ovat varsin pieniä eri pinotiheysluokkien välillä. Enemmän kuin keskipölkyn suuruus vaikuttaakin pinotiheyteen se, missä suhteessa eri kokoisia

Taulukko 1. Mitattujen nippujen keskipölkyn läpimitta ja keskimääräinen pinotiheys 2 m kuusipaperipuilla.

Tabelle 1. Der mittlere Blockdurchmesser und die mittlere Umrechnungszahl der gemessenen Bündel bei 2 m Fichtenzellstoffholz.

Nipun suurin vaakasuora leveys, cm *Grösste horizontale Breite des Bündels, cm*	Nipun suurin pystysuora korkeus, cm *Grösste vertikale Höhe des Bündels, cm*									
	86—95	96—105	106—115	116—125	126—135	136—145	146—155	156—165	166—175	176—185
	Keskipölkyn läpimitta, cm —*Mittlerer Blockdurchmesser, cm* Pinotiheysluku — *Umrechnungszahl*									
156—165	— —	— —	— —	14.4 0.721	— —	— —	— —	— —	— —	— —
166—175	— —	— —	— —	— —	14.4 0.721	— —	— —	— —	— —	— —
176—185	— —	— —	— —	— —	— —	— —	15.4 0.690	12.6 0.711	— —	— —
186—195	— —	13.9 0.676	— —	13.5 0.713	13.5 0.713	12.5 0.718	12.9 0.709	12.2 0.727	13.3 0.749	— —
196—205	13.9 0.676	— —	— —	12.4 0.717	14.1 0.708	13.8 0.730	12.7 0.728	13.1 0.705	13.2 0.720	— —
206—215	— —	— —	— —	13.4 0.725	12.8 0.701	13.2 0.733	12.9 0.719	12.9 0.713	13.0 0.727	— —
216—225	— —	13.6 0.724	— —	13.6 0.729	13.5 0.726	12.9 0.714	12.8 0.721	13.1 0.714	13.1 0.725	— —
226—235	— —	— —	13.0 0.727	13.0 0.717	12.5 0.702	12.6 0.716	14.1 0.732	13.8 0.726	13.3 0.789	— —
236—245	— —	— —	13.6 0.700	12.1 0.651	12.6 0.713	12.4 0.704	13.6 0.725	13.5 0.720	12.8 0.726	13.7 0.704
246—255	— —	— —	— —	13.0 0.727	12.6 0.720	12.2 0.709	12.2 0.719	13.4 0.710	11.5 0.695	— —
256—266	— —	— —	— —	— —	11.6 0.710	11.9 0.708	12.3 0.712	— —	13.7 0.704	— —
266—275	— —	— —	— —	— —	11.3 0.683	14.2 0.709	— —	— —	— —	— —

pölkkyjä on nipussa, kuitenkin niin, että pienien pölkkyjen luvun lisääntyessä nipun pinotiheys pienenee. Tämä johtuu pienien pölkkyjen suuremmasta mutkaisuudesta ja muusta epäsäännöllisyydestä (vrt. A r o 1931 s. 16—18). Kun pääosa nipun pölkyistä sisältyy kahteen alimpaan läpimittaluokkaan, kuvastuvat keskipölkyn vähäisistä läpimittavaihteluista myöskin pienimpien pölkkyjen määrien vaihtelut samoin kuin niitä seuraavat tiheyden vaihtelutkin.

Lisävalaistusta kysymykseen antaa vielä seuraava asetelma, jossa kunkin osa-aineiston niput on jaettu kahteen osaan, ensinnäkin sellaisiin, joissa nipun keskipölkyn läpimitta on aineiston keskimäärää suurempi ja toiseksi sellaisiin, joissa se on keskimäärää pienempi, ja laskettu näille erikseen keskimääräinen pinotiheys.

Taulukko 2. Mitattujen nippujen keskipölkyn läpimitta ja keskimääräinen pinotiheys 4 m kuusipaperipuulla.

Tabelle 2. Der mittlere Blockdurchmesser und die mittlere Umrechnungszahl der gemessenen Bündel bei 4 m Fichtenzellstoffholz.

Nipun suurin vaakasuora leveys, cm *Grösste horizontale Breite des Bündels, cm*	Nipun suurin pystysuora korkeus, cm *Grösste vertikale Höhe des Bündels, cm*							
	136—145	146—155	156—165	166—175	176—185	186—195	196—205	206—215
	Keskipölkyn läpimitta, cm —*Mittlerer Blockdurchmesser, cm* Pinotiheysluku — *Umrechnungszahl*							
236—245	—	—	—	12.8	12.8	—	—	—
	—	—	—	0.692	0.692	—	—	—
256—265	—	14.3	—	—	—	—	20.9	12.0
	—	0.690	—	—	—	—	0.686	0.658
266—275	—	—	14.8	13.9	13.5	20.9	11.4	—
	—	—	0.681	0.694	0.723	0.686	0.687	—
276—285	—	12.8	14.0	14.8	15.1	17.8	15.9	—
	—	0.661	0.682	0.696	0.694	0.683	0.696	—
286—295	—	—	—	15.9	14.7	—	14.0	—
	—	—	—	0.691	0.695	—	0.719	—
296—305	13.5	12.9	14.8	13.4	16.0	15.2	15.6	—
	0.682	0.702	0.690	0.686	0.697	0.695	0.717	—
306—315	—	13.4	13.2	13.7	13.8	14.5	11.5	—
	—	0.689	0.695	0.701	0.702	0.695	0.648	—
316—325	—	13.7	—	13.2	13.8	15.2	13.6	14.6
	—	0.702	—	0.683	0.680	0.698	0.646	0.645
326—335	—	—	—	13.9	13.7	14.5	15.1	15.1
	—	—	—	0.694	0.681	0.664	0.690	0.688
336—345	—	—	14.1	13.0	13.6	14.5	—	—
	—	—	0.666	0.692	0.646	0.690	—	—
346—355	—	—	—	—	17.5	14.5	—	—
	—	—	—	—	0.718	0.675	—	—
356—365	—	—	—	—	14.7	13.3	—	—
	—	—	—	—	0.682	0.682	—	—
366—375	—	—	—	—	12.8	13.0	—	—
	—	—	—	—	0.682	0.686	—	—
396—405	—	—	—	—	—	12.3	—	—
	—	—	—	—	—	0.678	—	—
406—415	—	14.5	—	12.3	—	—	—	—
	—	0.733	—	0.678	—	—	—	—

Mittauspaikkakunta *Messort*	Nippujen keskipölkyn läpimitta, cm *Mittelblockdurchmesser der Bündel, cm*	Pinotiheysluku nipuissa, joiden keskipölkky on kaikkien nippujen keskipölkkyä *Umrechnungszahl bei Bündeln, deren Mittelblock grösser oder kleiner ist als der Mittelblock sämtlicher Bündel*			
		suurempi *grösser*		pienempi *kleiner*	
Orivesi	12.4	0.715		0.700	
Äänekoski	13.1	0.727	0.722	0.717	0.712
Kemi	13.6	0.724		0.719	
Oulu	14.6	0.727		0.705	
Imatra	14.0	0.704		0.697	
Kuopio mlk.	14.4	0.679	0.692	0.677	0.687

Taulukko 3. Nippujen jakautuminen pinotiheysluokkiin ja pölkkyjen jakautuminen läpimittaluokkiin.

Tabelle 3. Einteilung der Bündel in Umrechnungszahlklassen und Einteilung der Blöcke in Durchmesserklassen.

Mittauspaikkakunta *Messort*	Nippuja, kpl *Bündelzahl*	Pinotiheysluokka *Umrechnungszahlklasse*	Pölkkyjen läpimitta keskeltä, cm *Mittendurchmesser der Blöcke, cm*					Keskipölkyn läpim. cm *Mittlerer Blockdurchmesser, cm,*
			—10	11—15	16—20	21—25	26—	
			Pölkkyjä % kpl-määrästä *Blockmenge in % der Stückzahl*					
			2 m kuusipaperipuu *2 m Fichtenzellstoffholz*					
Orivesi	2	0.621 — 0.660	48.2	41.4	9.0	1.4	..	11.7
	17	0.661 — 0.700	41.1	45.1	11.9	1.8	0.1	12.1
	33	0.701 — 0.740	35.0	49.9	12.8	2.1	0.2	12.7
	1	0.741 — 0.780	29.6	56.8	13.0	0.6	..	12.6
Yht./keskim. *Insges./Im Mittel*	53	0.707	37.3	48.2	12.4	2.0	0.1	12.4
Äänekoski	10	0.661 — 0.700	43.9	41.9	12.3	1.7	0.2	12.2
	23	0.701 — 0.740	32.2	47.1	18.4	2.1	0.2	13.1
	10	0.741 — 0.780	31.4	44.7	18.0	4.5	1.4	13.7
	2	0.781 — 0.820	29.5	32.8	23.9	10.9	2.9	15.1
Yht./keskim. *Insges./Im Mittel*	45	0.722	34.5	44.8	17.2	2.9	0.6	13.1
Kemi	4	0.661 — 0.700	25.5	51.3	20.3	2.6	0.3	13.5
	20	0.701 — 0.740	22.2	56.6	18.7	2.4	0.1	13.5
	6	0.741 — 0.780	21.9	52.9	20.6	4.2	0.4	13.8
Yht./keskim. *Insges./Im Mittel*	30	0.722	22.6	55.2	19.3	2.7	0.2	13.6
Orivesi +	2	0.621 — 0.660	48.2	41.4	9.0	1.4	..	11.7
Äänekoski +	31	0.661 — 0.700	40.0	44.8	13.1	1.9	0.2	12.3
Kemi	76	0.701 — 0.740	30.8	50.8	16.0	2.2	0.2	13.0
	17	0.741 — 0.780	27.9	48.3	18.6	4.2	1.0	13.7
	2	0.781 — 0.820	29.5	32.8	23.9	10.9	2.9	15.1
Yht./keskim. *Insges./Im Mittel*	128	0.717	32.9	48.6	15.7	2.5	0.3	12.9
			2 m mäntypaperipuu *2 m Kiefernzellstoffholz*					
Oulu	8	0.661 — 0.700	17.9	53.8	24.2	3.5	0.6	14.2
	19	0.701 — 0.740	16.0	54.1	24.1	4.3	1.5	14.7
	3	0.741 — 0.780	15.1	54.6	23.7	4.8	1.8	14.9
Yht./keskim. *Insges./Im Mittel*	30	0.715	16.3	53.9	24.1	4.2	1.5	14.6
			4 m kuusipaperipuu *4 m Fichtenzellstoffholz*					
Imatra	17	0.661 — 0.700	19.6	56.6	20.3	2.8	0.7	13.7
	13	0.701 — 0.740	13.9	56.7	23.2	4.7	1.5	14.5
Yht./keskim. *Insges./Im Mittel*	30	0.699	17.1	56.7	21.6	3.6	1.0	14.0
Kuopion mlk.	8	0.621 — 0.640	32.9	45.7	13.6	6.2	1.6	13.4
	18	0.661 — 0.700	24.6	41.5	18.6	11.6	3.7	15.0
	4	0.701 — 0.740	35.7	40.1	14.2	7.7	2.3	13.7
Yht./keskim. *Insges./Im Mittel*	30	0.678	28.3	42.5	16.6	9.6	3.0	14.4
Imatra +	8	0.621 — 0.660	32.9	45.7	13.6	6.2	1.6	13.4
Kuopion mlk.	35	0.661 — 0.700	22.2	48.9	19.4	7.3	2.2	14.4
	17	0.701 — 0.740	19.0	52.8	21.1	5.4	1.7	14.3
Yht./keskim. *Insges./Im Mittel*	60	0.689	22.7	49.6	19.1	6.6	2.0	14.2

Taulukko 4. Kuusipaperipuunippujen jakautuminen keskipölkyn suuruuden mukaan läpimittaluokkiin ja pinotiheys läpimittaluokissa.

Tabelle 4. Einteilung der Fichtenzellstoffholzbündel in Durchmesserklassen nach der Grösse des Mittelblocks und Umrechnungszahl in Durchmesserklassen.

Keskipölkyn läpimittaluokka, cm *Duchmesserklasse des Mittelblocks, cm*	2 m kuusipaperipuu *2 m Fichtenzellstoffholz*				4 m kuusipaperipuu *4 m Fichtenzellstoffholz*			
	Nippuja, kpl *Bündelzahl*	Pinotiheysluku *Umrechnungszahl*			Nippuja, kpl *Bündelzahl*	Pinotiheysluku *Umrechnungszahl*		
		Keskim. *Mittlere*	Pienin *Niedrigste*	Suurin *Höchste*		Keskim. *Mittlere*	Pienin *Niedrigste*	Suurin *Höchste*
10	2	0.675	0.672	0.677	—	—	—	—
11	19	0.704	0.656	0.741	2	0.675	0.648	0.702
12	27	0.707	0.651	0.748	5	0.667	0.643	0.692
13	41	0.723	0.678	0.789	16	0.687	0.637	0.732
14	28	0.718	0.676	0.749	16	0.703	0.646	0.733
15	7	0.717	0.664	0.768	10	0.681	0.645	0.719
16	3	0.739	0.721	0.753	7	0.686	0.659	0.713
17	1	0.784	0.784	0.784	2	0.712	0.705	0.718
18	—	—	—	—	1	0.683	0.683	0.683
19	—	—	—	—	—	—	—	—
20	—	—	—	—	—	—	—	—
21	—	—	—	—	1	0.686	0.686	0.686

Vaikka edellä esitetystä voidaankin tehdä se johtopäätös, että varsinkin 2 m paperipuilla pinotiheys on riippuvainen nipun pölkkyjen koosta, on kuitenkin vaikeata näiden aineistojen perusteella määrittää, miten suuret nipun keskipölkyn koon muutokset voivat aiheuttaa pinotiheydessä muutoksia. Vaikeus johtuu ennen kaikkea siitä, että suurin osa nipuista keskittyy 2 m kuusipaperipuissa vain neljään keskipölkyn läpimittaluokkaan ja 4 m kuusipaperipuissa kolmeen läpimittaluokkaan. Jos tarkastellaan taas nippujen jakautumista pinotiheysluokkiin niin 2 m kuusipaperipuilla niput keskittyvät pääasiassa viiteen pinotiheysluokkaan ja 4 m paperipuilla vain kahteen pinotiheysluokkaan, Tässä yhteydessä on syytä huomauttaa, että ainoana pinotiheyteen vaikuttavana tekijänä ei ole suinkaan yksinomaan pölkkyjen suuruus, vaan monet muut tekijät. Tällaisista tekijöistä on mainittava ensinnäkin pölkkyjen muoto, mutta ehkä vielä tärkeämpänä latominen, joka todennäköisesti juuri eniten näihin pinotiheyden vaihteluihin vaikuttaa. Taulukosta 4 nähdään nippujen jakaantuminen keskipölkyn suuruuden mukaan läpimittaluokkiin sekä niitä vastaavat pinotiheydet. Taulukko 5 taas osoittaa nippujen jakautumisen pinotiheysluokkiin ja niitä vastaavat keskipölkyn läpimitat.

Vaikka edellä esitetyistäkin taulukoista jonkinlaista riippuvuutta pinotiheyden ja keskipölkyn läpimitan välillä voidaan havaita, on se kuitenkin niissä läpimitta- ja pinotiheysluokissa, joihin aineisto pääasiassa keskittyy, siksi epämääräinen, että sen perusteella ei voida varmasti päätellä, mitkä

Taulukko 5. Kuusipaperipuunippujen jakautuminen pinotiheysluokkiin ja keskipölkyn läpimitta pinotiheysluokissa.

Tabelle 5. Einteilung der Fichtenzellstoffholzbündel in Umrechnungszahlklassen und Mittelblockdurchmesser in Umrechnungszahlklassen.

Pinotiheysluokka *Umrechnungszahlklasse*	2 m kuusipaperipuu *2 m Fichtenzellstoffholz*				4 m kuusipaperipuu *4 m Fichtenzellstoffholz*			
	Nippuja, kpl *Bündelzahl*	Keskipölkyn läpim. cm *Mittelblockdurchmesser, cm*			Nippuja, kpl *Bündelzahl*	Keskipölkyn läpim. cm *Mittelblockdurchmesser, cm*		
		Keskim. *Mittlere*	Pienin *Niedrigste*	Suurin *Höchste*		Keskim. *Mittlere*	Pienin *Niedrigste*	Suurin *Höchste*
0.79	1	13.3	13.3	13.3	—	—	—	—
0.78	2	15.1	13.4	16.8	—	—	—	—
0.77	1	15.1	15.1	15.1	—	—	—	—
0.76	2	13.0	12.9	13.0	—	—	—	—
0.75	7	13.5	11.9	16.5	—	—	—	—
0.74	13	13.4	10.9	16.0	—	—	—	—
0.73	15	12.8	10.6	13.7	4	13.9	13.3	14.5
0.72	22	13.5	11.0	15.7	3	15.6	14.0	17.5
0.71	23	12.9	11.0	15.2	8	14.5	12.9	17.4
0.70	23	12.5	10.8	15.4	7	13.7	11.1	16.0
0.69	7	12.2	10.6	13.6	14	14.6	12.1	20.9
0.68	8	12.3	9.7	14.1	11	14.5	12.3	17.8
0.67	1	10.2	10.2	10.2	3	14.3	13.5	15.4
0.66	2	13.3	11.3	15.2	5	13.6	12.0	15.6
0.65	1	12.1	12.1	12.1	3	13.2	11.5	14.6
0.64	—	—	—	—	2	12.4	11.9	12.9

pinotiheysluvut kutakin keskipölkyn läpimittaa vastaavat. Koko edellä suoritetun tarkastelun lopputulokseksi jääkin, että kaikille samanpituisia kuusipaperipuita sisältäville nipuille on käytettävä vain yhtä keskimääräistä pinotiheyslukua samoin kuin vastaaville kuusipaperipuupinoillekin tähän asti on käytetty. Keskimääräiseksi pinotiheysluvuksi saadaan näiden aineistojen perusteella 2 m kuusipaperipuunipuille Oriveden, Äänekosken ja Kemin aineistojen antama keskiarvo 0.717 eli 0.72 ja 4 m kuusipaperipuille Imatran ja Kuopion mlk. keskiarvo 0.689 eli 0.69. Näitä keskiarvolukuja käytettäessä pinotiheyksien poikkeamat voivat vaihdella 2 m ja 4 m kuusipaperipuilla 7 %:iin asti.

2 m kuusipaperipuille saatu keskimääräinen pinotiheysluku on 0.01 pienempi kuin yleisesti käytännössä oleva aikaisemmassa tutkimuksessa (A r o 1931) saamani pinotiheysluku 0.73. Tämä ero johtuu siitä, että siinä tutkimuksessa keskipölkyn läpimitta oli 14.2 cm, mutta käsillä olevassa aineistossa vain 12.9 cm. Oulussa mitatun 2 m mäntypaperipuun keskimääräinen pinotiheysluku 0.715 on keskipölkyn paksuuden ollessa 14.6 cm vain 0.005 suurempi kuin yleisesti käytännössä oleva 0.71. Tämäkin johtunee keskipölkyn läpimittojen erosta. 4 m kuusipaperipuulle saatu keskimääräinen pinotiheysluku 0.690 on yhtä suuri kuin käytännössä oleva 4 m

kuusipaperipuiden pinotiheysluku, mutta näiden aineistojen keskipölkyn paksuus (14.2 cm) vastaa myös miltei täsmälleen sitä keskipölkyn paksuutta, joka on edellytetty pölkyllä olevan silloin, kun pinotiheysluku on mainitun suuruinen, Tämä luku, joka perustuu Saaren, Keltikankaan ja Wuotin (1939) suorittamiin tutkimuksiin edellyttää, että pölkkyjen keskimääräinen läpimitta puolivälistä on 13—15 cm ja että pölkkyjä, joiden läpimitta latvasta kuoren alta on alle 10 cm, on korkeintaan 20 % pölkkyjen lukumäärästä. Käsillä olevassa 4 m kuusipaperipuuaineistossa vastaava luku oli 22.5 % 10 cm paksuiset pölkyt mukaan lukien.

Nippujen kuutiotaulukot

Kun nippujen epämuotoisuuden takia ei ollut mahdollista yksinkertaisilla mittauksilla saada nipuista sellaisia mittasuureita, joiden perusteella nipun tilavuus voitaisiin määrittää, jäi ainoaksi keinoksi nippujen kuutioimismenetelmän helpottamiseksi laatia nipuille kuutiotaulukot. Edellä selostetulla tasoitusmenetelmällä saaduista pinokuutioarvoista tehtiin kuutiotaulukko, josta saadaan nipun pinokuutiomäärä 0.1 m^3 tarkkuudella, kun tunnetaan sen päiden suurimpien vaakasuorien leveysmittojen ja suurimpien pystysuorien korkeusmittojen keskiarvo 5 cm tarkkuudella tasaavaa luokitusta käyttäen (Liitetaulukot 1 ja 3).

Vastaavat kiintokuutiotaulukot saatiin siten, että liitetaulukossa 1 olevat 2 m kuusipaperipuiden pinokuutioluvut kerrottiin keskimääräisellä pinotiheysluvulla 0.72 ja liitetaulukossa 3 olevat 4 m kuusipaperipuiden pinokuutioluvut keskimääräisellä pinotiheysluvulla 0.69 (Liitetaulukot 2 ja 4).

Kun eräitä nippukokoja aineistossa oli vain muutamia ja toisia kokoja puuttui kokonaan, on niiden pinokuutioluvut saatu tasoituskäyristä jatkamalla niitä todennäköistä suuntaa noudattaen vain muutamien havaintopisteiden avulla. Taulukoihin on piirretty suorakaiteet, joiden sisällä olevia kuutiolukuja voidaan pitää sikäli oikeina, että ne nojautuvat suoraan yhtenäisiin havaintosarjoihin, kun taas ulkopuolelle jääviä lukuja voidaan pitää oikeina vain, mikäli todennäköinen tasoitus on osunut oikeaan pinokuutiota määritettäessä.

Lisäksi on tärkeätä pitää mielessä kiintokuutiotaulukkoja käytettäessä, että niissä olevat luvut ovat käyttökelpoisia vain tietyin edellytyksin. Taulukkojen mukaan kuutioitavissa nipuissa pölkkyjen keskimääräisen keskeltä mitatun läpimitan tulee olla 2 m kuusipaperipuilla noin 13.0 cm ja 4 m kuusipaperipuilla noin 14.0 cm, jolloin keskimääräinen pinotiheys on vastaavasti 0.72 (0.717) ja 0.69 (0.689).

Kuutiotaulukoiden käyttö edellyttää myös, että nipun suurin leveys ja korkeus mitataan nipun molemmista päistä ja mittauksien keskiarvot ote-

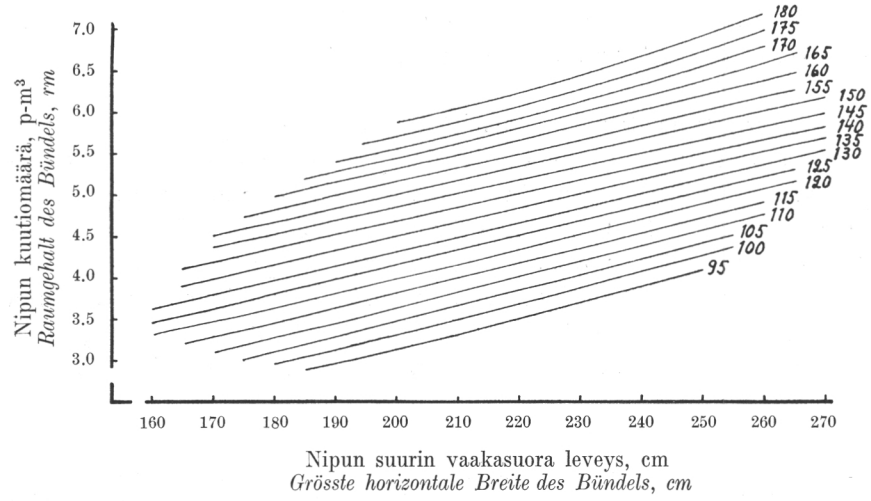
Taulukko 6. Nipun yhden pään mittojen perusteella kuutioimistaulukosta saatujen pinokuutioiden poikkeamat vastaavien nippujen pinokuutioista.

Tabelle 6. Abweichungen der auf Grund der Abmessung eines Bündelendes aus der Kubiktabelle erhaltenen Raumgehalte von den Raumgehalte der entsprechenden Bündel.

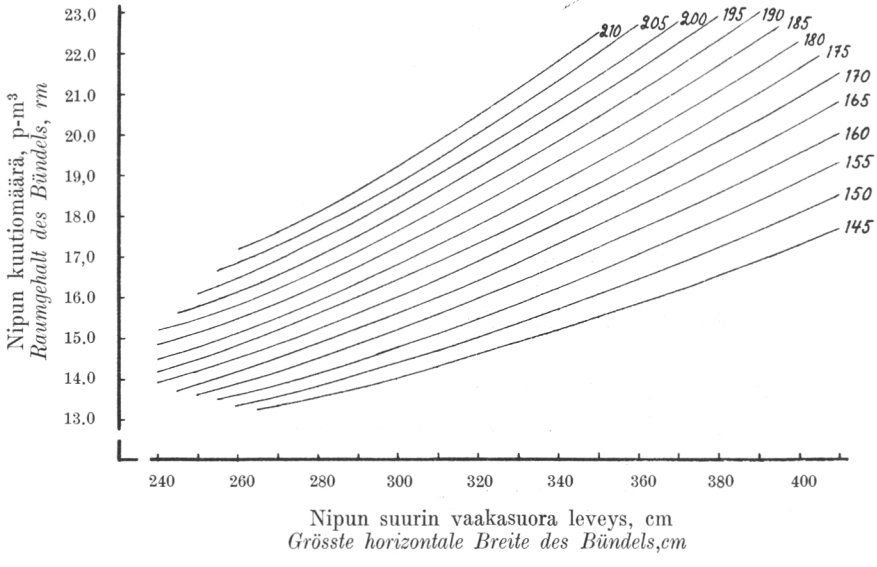
Mittauspaikkakunta *Messort*	Mitattujen nippujen pinokuutiomäärät p-m³ *Die Raumgehalte der gemessenen Bündel, rm*	Ensiksi mitatun pään mittojen perusteella kuutioitu *Auf Grund der Masse des erst gemessenen Endes kubiert*			Suurimman pään mittojen perusteella kuutioitu *Auf Grund der Masse des grössten Endes kubiert*		
		Poikkeamat *Abweichungen*					
		koko aineistossa, p-m³ *im gesamten Material, rm*	nippua kohti, p-m³ *je Bündel, rm*	%	koko aineistossa, p-m³ *im gesamten Material, rm*	nippua kohti, p-m³ *je Bündel, rm*	%
Orivesi	506.49	2.1	0.02	—0.4	6.8	0.07	+1.3
Äänekoski	244.37	1.1	0.02	—0.4	4.4	0.10	+1.8
Kemi	148.07	0.4	0.01	+0.3	3.1	0.10	+2.1
Oulu	152.85	2.4	0.08	—1.6	3.6	0.12	+2.3
Imatra	512.43	3.4	0.11	—0.7	15.6	0.52	+3.0
Kuopion mlk. ..	522.14	1.3	0.04	+0.3	11.9	0.40	+2.3

taan nipun mitoiksi, koska nipun päät ovat usein eri kokoisia. Mittaukset muodostuisivat yksinkertaisemmiksi, jos vain yhdestä päästä otetut mitat johtaisivat riittävän tarkkoihin tuloksiin. Kysymystä on selvitelty eri osa-aineistoissa siten, että niput on kuutioitu taulukon mukaan ensiksi niiden mittojen perusteella, jotka koemittauksissa on saatu ensiksi mitatusta nipun päästä, ja toiseksi niiden mittojen perusteella, jotka on saatu nipun suurimmasta päästä. Tämän jälkeen on laskettu näin saatujen kuutioiden poikkeamat kummankin pään mittaukseen perustuvien mittojen keskiarvon mukaan taulukoista saaduista kuutioista. Taulukosta 6 nähdään saadut tulokset.

Saadut luvut osoittavat, että ottamalla mitat nipuista eteen sattuvalta puolelta ja käyttämällä taulukon mukaan kuutioimisessa näitä mittoja, jäävät poikkeamat kaikille kuusipaperipuunipuille alle 1 %. Nipun suurimman pään mittojen perusteella kuutioitaessa poikkeamat vaihtelevat jo 1—3 %:iin. Nippua kohti virhe edellisessä tapauksessa nousi vain Imatran aineistossa 0.1 p-m³:iin, kun se jälkimmäisessä tapauksessa samassa aineistossa nousi jo hieman yli 0.5 p-m³:in. Mainitut tulokset viittaavat siihen, että ainakin useita nippuja käsittävissä mittauserissä mittoja otettaessa nipun päistä sekä pienimmät että suurimmat päät vuorottelevat siksi tasaisesti, että eteen sattuvien nipun päiden mittojen perusteella saatu kokonaiskuutiotulos ei poikkea yhtäkään sadannesta nipun molemmista päistä otettujen mittojen keskiarvon perusteella määritetystä kokonaiskuutiosta. Suuria nippueriä kuutioitaessa voidaan siis tyytyä vain nipun yhden



Piirros 1. 2 m pituisten kuusipaperipuunippujen pinokuutioita osoittavat käyrät. Luvut 95—180 osoittavat nipun suurimman pystysuoran korkeuden cm:eissä.
Zeichnung 1. Raumgehalte der 2 m langen Fichtenzellstoffholzbündel zeigende Kurven. Die Zahlen 95—180 zeigen die grösste vertikale Höhe des Bündels in cm.



Piirros 2. 4 m pituisten kuusipaperipuunippujen pinokuutioita osoittavat käyrät. Luvut 145—210 osoittavat nipun suurimman pystysuoran korkeuden cm:eissä.
Zeichnung 2. Raumgehalte der 4 m langen Fichtenzellstoffholzbündel zeigende Kurven. Die Zahlen 145—210 zeigen die grösste vertikale Höhe des Bündels in cm.

pään mittoihin, kun vain huolehditaan siitä, ettei suoriteta mitään valintaa mitattavaa päätä määrättäessä vaan annetaan sattuman määrätä mitattava pää.

Taulukkokuutioita vastaavat kuutiokäyrät on esitetty piirroksissa 1 ja 2.

Kun taulukkoluvut edustavat taulukkojen laatimisessa käytettyjen aineistojen tasoitettuja keskiarvoja, herää kysymys, millä tarkkuudella yksityiset niput tulevat taulukkoja käyttäen kuutioiduiksi. Kysymystä on tarkasteltu selvittämällä, kuinka suuret ovat erot prosenteissa eri osa-aineistojen nippujen pino- ja kiintokuutiotaulukon kuutioiden ja todellisten pino- ja kiintokuutioiden välillä. Nämä erot on jaettu 2 % luokkiin ja seuraavasta asetelmasta nähdään, miten osa-aineistojen niput jokaantuvat niihin.

Mittauspaikkakunta *Messort*	Taulukkokuutioiden ero todellisista kuutioista, % *Abweichung der Tabellenkubikzahlen von dem wirklichen Kubikzahlen*													
	0—2.0		2.1—4.0		4.1—6.0		6.1—8.0		8.1—10.0		10.1—12.0		12.1—14.0	
	p	k	p	k	p	k	p	k	p	k	p	k	p	k
	Nippuja, kpl ja % — *Bündel, St.u. %*													
	2 m kuusipaperipuu — *2 m Fichtenzellstoffholz*													
Orivesi	49	38	31	32	13	16	2	8	—	1	—	—	—	—
	51	*40*	*33*	*34*	*14*	*17*	*2*	*8*	—	*1*	—	—	—	—
Äänekoski .	16	14	14	15	13	8	3	5	—	3	—	—	—	1
	35	*30*	*30*	*33*	*28*	*17*	*7*	*11*	—	*7*	—	—	—	*2*
Kemi	12	13	8	8	3	3	4	1	—	3	1	1	2	1
	40	*44*	*27*	*27*	*10*	*10*	*13*	*3*	—	*10*	*3*	*3*	*7*	*3*
	2 m mäntypaperipuu — *2 m Kiefernzellstoffholz*													
Oulu	11	9	11	10	4	5	3	3	1	2	—	1	—	—
	37	*30*	*37*	*33*	*13*	*17*	*10*	*10*	*3*	*7*	—	*3*	—	—
	4 m kuusipaperipuu — *4 m Fichtenzellstoffholz*													
Imatra	8	11	6	8	10	6	5	3	1	2	—	—	—	—
	27	*36*	*20*	*27*	*33*	*20*	*17*	*10*	*3*	*7*	—	—	—	—
Kuopion	13	11	8	9	8	8	1	—	—	—	—	2	—	—
mlk.	*43*	*36*	*27*	*30*	*27*	*27*	*3*	—	—	—	—	*7*	—	—

p = pinokuutioiden ero — *Abweichung der Raumgehalte*
k = kiintokuutioiden ero — *Abweichung der Festgehalte*

Asetelma osoittaa, että niput jakaantuvat sekä pinokuutioeroja että kiintokuutioeroja osoittaviin luokkiin jotakuinkin saman tapaisesti. Suurempia kiintokuutioeroja osoittavissa luokissa on suhteellisesti jonkin ver-

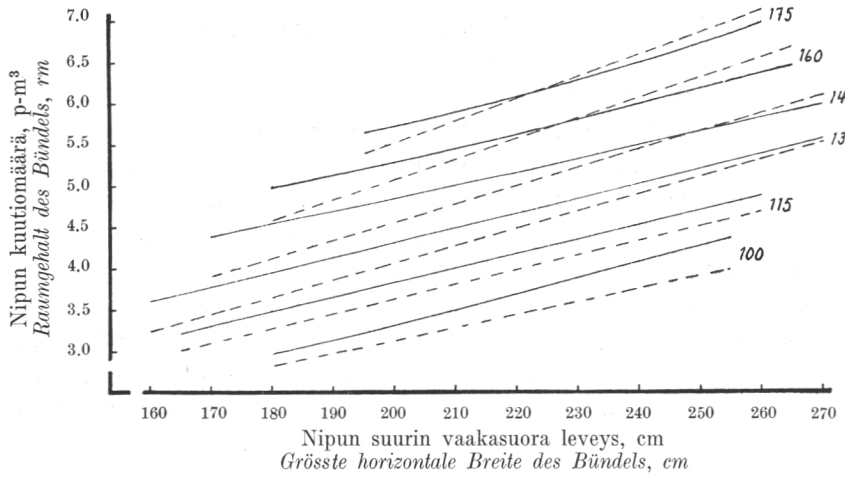
ran enemmän nippuja kuin vastaavia pinokuutioeroja osoittavissa luokissa. Pinokuutioissa erot yleensä jäävät alle 8 % ja kiintokuutioissa alle 10 %, nousten joissakin harvoissa yksityistapauksissa 14 %:iin. Nippujen lukumäärästä 2/3:ssa ero on vaihdellut 0—4 %. 4 m kuusipaperipuilla kuutioimistarkkuus on jossakin määrin huonompi, varsinkin Imatran aineistossa. Siinäkin 80 %:ssa nipuista ero on jäänyt alle 6 %. Selvän kuvan pinokuutiotaulukoiden ja kiintokuutiotaulukoiden antamien kuutioerojen keskinäisestä suhteesta antavat taulukkojen kuutioimisvirhesadannesten keskihajontaa esittävät luvut, jotka eri aineistoille ovat seuraavat: Orivesi p.2.6, k.3.3, Äänekoski p.3.7, k.4.7, Kemi p.4.7, k.4.8, Imatra p.4.6, k.4.1 ja Kuopion mlk. p.3.3, k.4.2. Kiintokuutiotaulukon mukaiset kuutiovirheet ovat Oriveden, Äänekosken ja Kuopion mlk. aineistoissa suurempia kuin pinokuutiotaulukon mukaiset kuutiovirheet, mutta yhtä suuria Kemin ja pienempiä Imatran aineistossa.

Asetelmaa laadittaessa voitiin todeta, että kuutiotaulukot antoivat toisen kerran todellista suurempia, toisen kerran todellista pienempiä kuutioarvoja. Sen seikan selvittämiseksi, kummat arvot eri osa-aineistoissa olivat suuntaa antavina, laskettiin kullekin osa-aineistolle kaikkien nippujen taulukkojen mukaiset kuutiot ja niitä vastaavat todelliset kuutiot. Taulukkokuutioiden poikkeamat prosentteina todellisista kuutioista muodostuivat seuraaviksi: Orivesi p.+0.1, k. +1.2, Äänekoski p. —1.0, k. —1.2, Kemi p. +1.6, k. +1.1, Oulu p. +2.1, k. +2.0, Imatra p. +0.6, k. —0.8, Kuopion mlk. p. —0.8, k. +1.1.

Nämä luvut osoittavat, että taulukkokuutioiden poikkeamat todellisista kuutioista ovat koko aineistoissa vaihdelleet eri tavalla, mutta yleensä pysytelleet 2 % rajoissa.

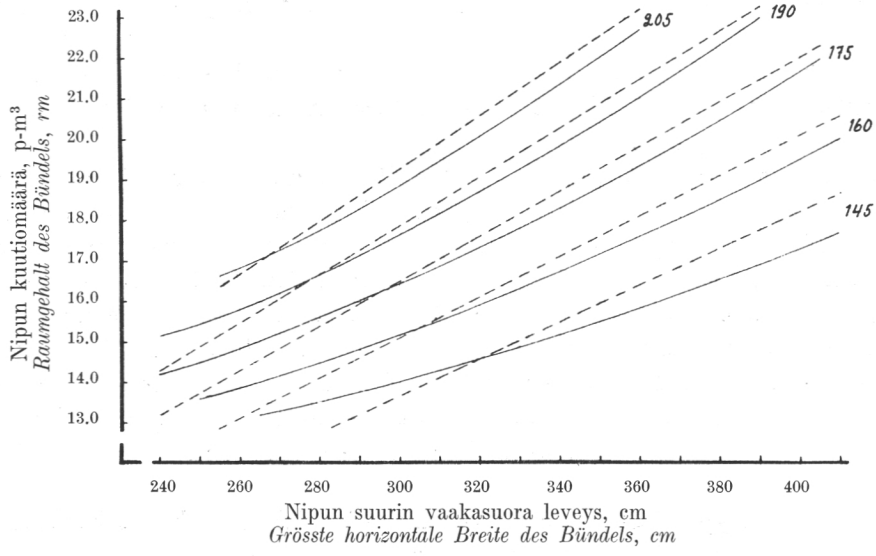
Taulukon antamia kuutioita eri kokoisille nipuille on vertailtu myöskin niihin kuutioarvoihin, jotka saadaan, kun niput kuutioidaan käyttämällä nipun poikkileikkauspinta-alana leveys- ja korkeusmittojen mukaista ellipsiä. Tämän vertailun tulokset nähdään piirroksista 3 ja 4. Nämä osoittavat, että 2 m kuusipaperipuilla taulukkokuutiot ovat yleensä suurempia kuin ellipsin avulla lasketut kuutiot lukuunottamatta hyvin leveitä ja korkeita nippuja. 4 m kuusipaperipuilla taulukkokuutiot päinvastoin ovat yleensä pienempiä. Kapeissa nipuissa ne ovat kuitenkin suurempia. Lahden (1953) tulokset ovat saman suuntaisia niiltä osilta kuin ne ovat verrattavissa.

Edellä esitettyjen laskelmien ja tarkastelujen johdosta herää kysymys, onko taulukkokuutioille saatu tarkkuus riittävä puutavaran mittauksessa. Puutavaran mittauksesta annetuissa laeissa ja asetuksissa sekä maatalous- ja sosiaaliministeriön päätöksissä ei ole suoraan esitetty mitään kuutioimistarkkuuslukuja, mutta joissakin tapauksissa kuitenkin on epäsuorasti tultu eräisiin tarkkuusmäärityksiin. Niinpä puutavaran mittaussäännön sisäl-



Piirros 3. Yhtenäiset viivat osoittavat 2 m pituisten kuusipaperipuunippujen kuutioimistaulukon mukaisia kuutiomääriä ja katkoviivat vastaaville nippumitoille ellipsin avulla laskettuja kuutiomääriä. Luvut 100—175 osoittavat nipun suurimman pystysuoran korkeuden cm:iessä.

Zeichnung 3. Kontinuierliche Linien zeigen nach der Kubiktabelle ermittelte Kubikmassen der 2 m langen Fichtenzellstoffholzbündel, gestrichelte Linien für entsprechende Bündelabmessungen mittels einer Ellipse berechnete Kubikmassen. Die Zahlen 100—175 zeigen die grösste vertikale Höhe des Bündels in cm.



Piirros 4. Yhtenäiset viivat osoittavat 4 m pituisten kuusipaperipuunippujen kuutioimistaulukon mukaisia kuutiomääriä ja katkoviivat vastaaville nippumitoille ellipsin avulla laskettuja kuutiomääriä. Luvut 145—205 osoittavat nipun suurimman pystysuoran korkeuden cm:iessä.

Zeichnung 4. Kontinuierliche Linien zeigen nach der Kubiktabelle ermittelte Kubikmassen der 4 m langen Fichtenzellstoffholzbündel, gestrichelte Linien für entsprechende Bündelabmessungen mittels einer Ellipse berechnete Kubikmassen. Die Zahlen 145—205 zeigen die grösste vertikale Höhe des Bündels in cm.

tävän asetuksen (395/38) 7 a §:ssä (lisätty 19. 2. 1943, 167/43) on seuraava kohta. »Jos pyöreä havupuutavara, jonka hinta on määrätty pinomittayksiköltä, on tarpeen mitata ilman, että puut sitä varten pinotaan, mitataan tavara kiintokuutiomäärän toteamiseksi, kuten 4 §:ssä määrätään ja saatu kiintokuutiomäärä muunnetaan pinokuutiomääräksi laskemalla, että yksi kiintomittayksikkö vastaa pinomitassa alla olevan taulukon B-sarakkeissa olevia määriä ....». Tässä tapauksessa rankoina myydyn pinotavaran kiintokuution tarkkuus on kytketty mainitun taulukon lukuihin, jotka puolestaan perustuvat yleisesti käytännössä oleviin erimittaisten puutavarain pinotiheyslukuihin. Edellä on jo osoitettu, että ainakin eräissä niistä tutkimuksista, joiden tuloksia nämä yleisesti käytännössä olevat pinotiheysluvut ovat, pinotiheyden vaihtelu on ollut samaa suuruusluokkaa kuin esillä olevassa tutkimuksessakin.

Toisena puutavaran mittauslakiin liittyvänä esimerkkinä voidaan mainita maatalousministeriön päätös (147/52), joka sisältää havupuurankojen kuutiotaulukon. Tämän taulukon tarkkuutta tutkiessaan Heiskanen (1954) on osoittanut, että keskimääräiset erot taulukon antaman kuutiomäärän ja todellisen kuutiomäärän välillä taulukon laatimiseen käytetyissä aineistoissa ovat olleet seuraavat: mäntyrangat 36 mittauserää 7.9 % ja kuusirangat 79 mittauserää 7.4 %. Yksityisten rankaerien taulukon mukaisen ja todellisen kuutiomäärän erot olivat joissakin tapauksissa huomattavasti suurempia, mikä ilmenee seuraavasta asetelmasta.

	Ero, %			
	0—7.9	8.0—15.9	16.0—23.9	24.0—31.9
Mäntyrankaerät, % erien kpl-määrästä	57.6	27.3	15.1	—
Kuusirankaerät, % erien kpl-määrästä	65.8	24.1	6.3	3.8

Lähes 60 %:ssa mäntyrankaeristä ja yli 60 %:ssa kuusirankaeristä erot kuutioiden välillä ovat vaihdelleet 0—7.9 %:iin. Yli neljänneksissä mäntyrankaeristä ja vajaassa neljänneksessä kuusirankaeristä kuutioerot ovat vielä vaihdelleet 8—15.9 %:iin, nousten muutamissa erissä vieläkin suuremmiksi.

Nämä mainitut esimerkit osoittavat, että kuutioiminen käsillä olevassa tutkimuksessa laadittuja kuutiotaulukkoja käyttäen voidaan suorittaa ainakin yhtä suurella, ehkä vielä suuremmallakin tarkkuudella kuin puutavaranmittauksesta annettuihin määräyksiin sisältyviä lukuja ja taulukkoja käyttäen.

Kirjallisuutta

Aro, Paavo. 1931. Tavallisimpien suomalaisten pinopuutavarain pinotiheys. — Referat: Über den Festgehalt der wichtigsten finnischen Schichtholzsortimente. Metsätieteellisen tutkimuslaitoksen julkaisuja 14. 5. Helsinki.

—»— ja Nisula, Pentti. 1958. Kuusi- ja mäntypaperipuurankojen kuutio- ja mittaustaulukoita. — Referat: Kubik- und Aufnahmetabellen für Fichten- und Kiefern-Faserlangholz. Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuja 49. 8. Helsinki.

Heiskanen, Veijo. 1954. Paperipuurankojen mittauksen tarkkuudesta Perä-Pohjolassa. — Summary: On the accuracy of measurements of pulpwood boles in North Finland. Acta forestalia fennica 61. 18. Helsinki.

Jalava, Matti. 1929. Pyöreän pinotavaran mittaamisesta. — Summary: The measuring of round, piled woodgoods. Metsätieteellisen tutkimuslaitoksen Julkaisu 13. Helsinki.

Lahti, Torsti. 1953. Paperipuun nippukuution määrittämisestä. — Summary: The measurement of the contents of bundled pulpwood. Metsätaloudellinen Aikakauslehti n:o 5, ss. 149—152.

Saari, E., Keltikangas, V. ja Wuoti, E. 1939. Kuusi- ja mäntypaperipuitten pinotiheys ja kuorimishukka. Metsätaloudellinen Aikakauslehti n:o 1, ss. 19—21.

Kubiktabellen für Bündel von 2 m und 4 m Fichtenzellstoffholz

Referat

Einleitung

Da das Holzbündel in den letzten Jahren auch bei Landtransporten zu einer Hantierungseinheit und die Bestimmung seiner Masse daher aktuell geworden ist, leitete die forsttechnologische Forschungsabteilung der Forstlichen Forschungsanstalt auf Anregung des Kleinholzkomitees Anfang 1958 Untersuchungen zum Entdecken eines Messverfahrens ein, das die Masse des Bündels mit möglichst einfachen Messgeräten und wenigen Messungen bereits am Messort ermitteln liesse, die dann sowohl bei Arbeits- als auch bei Abnahmemessungen benutzt werden könnte.

Als Ergebnis der Untersuchungen konnten für Bündel von 2 m und 4 m langem halbentrindetem Fichtenzellstoffholz Kubiktabellen ausgearbeitet werden, aus denen der Raumgehalt und der Festgehalt des Bündels hervorgehen, wenn die in den Untersuchungen angegebenen, am Bündel zu messenden Grössen bekannt sind.

Das Untersuchungsverfahren

Abmessen des Bündels

Weil die Endflächen des Bündels keine regelmässigen geometrischen Figuren darstellen, entschied man sich zum Charakterisieren der Grösse und der Form des Bündels für die an den Bündelenden rechtwinklich gegen die Längsrichtung des Bündels zu messende grösste Breite in horizontaler Richtung und die grösste Höhe in vertikaler Richtung. Das optische Bestimmen dieser Abmessungsstellen ist leicht, und eigene Ermessen des Messers spielt nicht ein.

Bestimmung des Raumgehalts des Bündels

Die Blöcke im Bündel wurden entweder vor dem Bündeln oder nach dem Auflösen des Bündels aufgesetzt und der Raumgehalt auf Grund der Abmessung des Stosses errechnet.

Die Stösse wurden nach der Holzmessanweisung gemessen, mit der Ausnahme, dass die Länge mit einer Genauigkeit von 1 cm und die Höhe nach jeden 50 cm gemessen wurde.

Bestimmung des Festgehalts des Bündels

Die feste Masse eines jeden Bündels wurde so bestimmt, dass der Mittendurchmesser der Blöcke unter Anwendung der abrundenden Zentimeterklassifizierung, bei 2 m Stücken durch einmaliges kluppen, wie der Block auf dem Boden liegt, bei 4 m Stücken durch zwei zueinander senkrecht stehende Messungen ermittelt wurde.

Arbeitsweise bei der Messung

Im Sommer und im Herbst wurden zuerst die Messungen der Bündelenden durchgeführt, wonach das Bündel aufgelöst und nach der Ermittlung des Mittendurchmessers der Blöcke aufgesetzt wurde. In den Wintermonaten wurden zuerst die Durchmesser der Blöcke ermittelt und diese auf einen Schlepperschlitten oder Lastkraftwagen geladen, wo der Raumgehalt bestimmt wurde. Anschliessend wurde die Ladung gebündelt, zum Lagerplatz gefahren und auf das Eis geschüttet, wo die Breite und die Höhe der Bündelenden gemessen wurden.

Untersuchungsorte und -zeiten sowie Umfang und Beschaffenheit des Materials

Bündelmessungen wurden an den Holzlagerplätzen der Firmen Nokia Osakeyhtiö Oy Kaukas Ab, Metsäliiton Selluloosa Oy, Veitsiluoto Osakeyhtiö, Ahlström Osakeyhtiö und Enso-Gutzeit Osakeyhtiö durchgeführt. Das Untersuchungsmaterial umfasst 2 m und 4 m langes halbentrindetes Fichtenzellstoffholz und als Vergleichsmaterial 2 m langes halbentrindetes Kiefernzellstoffholz.

Die Anzahlen und Raumgehalte der gemessenen Bündel sowie die Messzeiten sind aus der nachstehenden Aufstellung zu ersehen:

Messort	Bündelzahl	Kubikinhalt, rm	Messzeit	
Orivesi	95	506.5	März	1958
Äänekoski	46	244.4	August	»
Kemi	30	148.1	Sept.	»
Oulu	30	152.9	Okt.	»
Kuopio — Landgem.	30	522.1	Februar	»
Imatra	30	512.4	Juli	»

Das endgültige, über die Messung von 2 m Fichtenzellstoffholzbündeln Aufschluss gebende Material bilden also die in Orivesi, Äänekoski und Kemi gemessenen Bündel. Das Material für 4 m Fichtenzellstoffholz besteht aus den in Imatra und in der Landgemeinde Kuopio gemessenen Bündel. Das in Nokia und Lauritsala gemessene Material ist nicht hier aufgenommen, weil es aus mehreren Gründen nicht in den endgültigen Berechnungen berücksichtigt werden konnte. Das Kiefernzellstoffholzmaterial aus Oulu konnte lediglich als Vergleichsmaterial verwertet werden, weil sonst kein ähnliches Fichtenzellstoffmaterial zur Verfügung stand. Im Material für 2 m Fichtenzellstoffholz sind 171 Bündel enthalten, deren Grösse von 3 rm bis 7 rm wechselt, während das kleinste Bündel genau 3.01 rm und das grösste Bündel 7.06 rm beträgt. Die mittlere Grösse sämtlicher Bündel war 5.26 rm. Das Material für 4 m Fichtenzellstoffholz bestand aus 60 Bündeln. Die Grösse des kleinsten Bündels betrug 12.80 rm, die des grössten Bündels 22.74 rm, die mittlere Grösse 17.24 rm. Die Grösse der Bündel wechselte von 13,0 rm bis 23.0 rm. In den Bündeln von 2 m Fichtenzellstoffholz waren mehr als 80 % der Blöcke unter 15 cm stark, in denen von 4 m Fichtenzellstoffholz mehr als 70 %.

Untersuchungsergebnisse

Raumgehalt des Bündels

Die Untersuchung hatte den Zweck, aufzuklären, ob zwischen den am Bündel abgenommenen Breiten- und Höhenmassen und den diesen beim Stoss entsprechenden Flächen- und Raumgehaltwerten eine gewisse Korrelation besteht. Die Aufklärung dieses Verhältnisses erfolgte gesondert für das Material von 2 m und für das von 4 m Fichtrnzellstoffholz, indem die flächeninhaltlichen Änderungen bei zunehmenden Breiten- und Höhenmassen graphisch an dem Koordinatensystem untersucht wurden. Diese Änderungen zeigten eine derartige Regelmässigkeit, dass die den Breiten- und Höhenmassen entsprechenden Flächeninhaltwerte aus freier Hand ausgeglichen werden konnten. Entsprechende Raumgehaltwerte wurden ermittelt, indem die durch die Ausleichungskurven gelieferten Flächeninhaltwerte der Massklassen des Materials von 2 m Fichtenzellstoffholz mit 2 und diejenigen des Materials von 4 m Fichtenzellstoffholz mit 4 multipliziert wurden.

Festgehalt des Bündels

Da der Betrag des Festgehalts des Bündels und des diesem entsprechenden Stosses von der Dichte des Stosses abhängt, wurden bei der Untersuchung die Umrechnungszahlen des Materials und die auf diese einwirkenden Faktoren weitgehend berücksichtigt. Erstens konnte beobachtet werden, dass die Umrechnungszahl im Material dieser Untersuchung ungefähr in gleicher Weise wie bei den früheren Untersuchungen schwankt. Zweitens kann man zwischen der Grösse und der Umrechnungszahl des Bündels keine klare Wechselbeziehung beobachten. Obgleich man auf Grund der Untersuchungen die Schlussfolgerung ziehen kann, dass besonders bei 2 m Zellstoffholz die Umrechnungszahl von der Grösse der Blöcke im Bündel abhängt, ist es dennoch schwer, an Hand dieses Materials zu bestimmen, wie grosse Änderungen in der mittleren Blockgrösse Änderungen in der Umrechnungszahl herbeiführen können. Denn in den Durchmesser- und Umrechnungszahlklassen, die im Material hauptsächlich vertreten sind, ist die Wechselbeziehung zwischen der Umrechnungszahl und dem mittleren Blockdurchmesser bis zu dem Grad unbestimmt, dass sich daraus nicht mlt Sicherheit schliessen lässt, welche Umrechnungszahlen dem mittleren Blockdurchmesser jeweilig entsprechen. So ist zum Schlussergebnis geworden, dass für alle Bündel von Fichtenzellstoffholz gleicher Länge nur eine mittlere Umrechnungszahl anzuwenden ist, wie sie auch für entsprechende Fichtenzellstoffstösse bisher angewendet wurde. Für Bündel von 2 m Fichtenzellstoffholz ergab sich die Umrechnungszahl 0.717 oder 0.72, für solche von 4 m Fichtenzellstoff 0.689 oder 0.69. Bei der Anwenung dieser mittleren Zahlen können die Abweichungen der Festgehalte bei 2 m Fichtenzellstoffholz zwischen 6 ½ % und 7 %, bei 4 m Fichtenzellstoffholz zwischen 5 ½ % und 6 ½ % schwanken. Durch der Multiplikation der für 2 m Fichtenzellstoffholzbündel erhaltenen rm-Werte mit 0,72 und der für 4 m Fichtenzellstoffholzbündel erhaltenen rm-Werte mit 0.69 wurden die entsprechenden fm-Werte der Bündel ermittelt.

Kubiktabellen für Bündel

Da es wegen der Unförmigkeit der Bündel nicht möglich war, für diese mittels einer einfachen Messung solche Massgrössen zu bestimmen, auf Grund derer sich der Kubikinhalt eines Bündels feststellen liesse, blieb als einziges Mittel zum Erleichtern des Verfahrens zum Kubieren von Bündeln das Ausarbeiten von Bündelkubierungstabellen

übrig. An Hand der Raumgehaltwerte, die nach dem oben beschriebenen Ausgleichungsverfahren ermittel worden waren, wurde eine Kubiktabelle ausgearbeitet, aus der sich der Raumgehalt des Bündels mit einer Genauigkeit von 0.1 rm ergibt, wenn der Mittelwert der an seinen beiden Enden gemessenen grössten horizontalen Breitenmasse und grössten vertikalen Höhenmasse auf 5 cm genau unter Anwendung der abrundenden Klassifizierung bekannt sind (Beilagetabellen 1 und 3). Entsprechende Festgehalttabellen erhielt man so, dass die in Beilagetabelle 1 enthaltenen Raumgehaltzahlen für 2 m Fichtenzellstoffholz mit der mittleren Umrechnungszahl 0.72 und die in Beilagetabelle 3 befindlichen Raumgehaltzahlen für 4 m Fichtenzellstoffholz mit der mittleren Umrechnungszahl 0.69 multipliziert wurden (Beilagetabellen 2 und 4).

Da gewisse Bündelgrössen im Material nur vereinzelt vertreten waren und einige völlig fehlten, bestimmte man für diese die Raumgehaltwerte, indem die Ausgleichungskurven in der wahrscheinlichen Richtung ohne Anlehnung an Beobachtungspunte verlängert wurden. In den Tabellen sind Rechtecke gezeichnet, von denen umschlossene Kubikzahlen insofern als richtig betrachtet werden können, als sie sich direkt auf einheitliche Beobachtungsserien gründen, während die ausserhalb bleibenden Zahlen nur als richtig betrachtet werden können, sofern die wahrscheinliche Ausgleichung bei der Bestimmung des Raumgehalts das Richtige getroffen hat. Ferner ist es wichtig, bei der Benutzung der Festgehalttabellen nicht zu vergessen, dass die darin enthaltenen Zahlen nur unter gewissen Voraussetzungen anwendbar sind. Bei den nach den Tabellen zu kubierenden Bündeln muss der mittlere Mittendurchmesser der Blöcke für 2 m Fichtenzellstoffholz etwa 13 cm, für 4 m Fichtenzellstoffholz etwa 14 cm betragen, wobei die mittlere Umrechnungszahl entsprechend 0.72 bezw. 0.69 beträgt.

Die Benutzung der Kubiktabellen setzt ferner voraus, dass die grösste Breite und Höhe des Bündels an beiden Enden des Bündels gemessen wird und die Mittelwerte der Messungen als Abmessung des Bündels verwendet werden. Man hat indessen feststellen können, dass wenigstens im Falle von grösseren Bündelpartien beim Messen der Bündelenden sowohl die kleinsten als grössten Enden dermassen gleichmässig abwechseln, dass der gesamte Kubikinhalt, der sich aus den Massen des jeweils sich bietenden Stossendes ergibt, nicht einmal um ein Hundertstel von dem auf Grund des mittleren Werts der an beiden Enden des Bündels abgenommenen Masse bestimmten gesamten Kubikinhalt abweicht. Nur ist darauf zu achten, dass man beim Bestimmen des messenden Endes keine Wahl vornimmt, sondern die Entscheidung dem Zufall überlässt.

Da die Tabellenzahlen die bei der Ausarbeitung der Tabellen verwertete ausgeglichene mittlere Werte repräsentieren, ist auch aufgeklärt worden, mit welcher Genauigkeit die einzelnen Bündel mit Hilfe der Tabellen kubiert werden können. In den Materialteilen, auf denen die Kubiktabellen für 2 m Fichtenzellstoffholz fussen, wechselte der Unterschied zwischen den Tabellenkubikzahlen und den tatsächlichen Kubikzahlen bei den meisten Bündeln von 0 bis 2 %. Bei 2/3 der Gesamtzahl der Bündel wechselte der Unterschied von 0 bis 4 %. Bei 4 m Fichtenzellstoffholz ist dieKubierungsgenauigkeit etwas schlechter, besonders im Material von Imatra. Auch hier blieb der Unterschied bei 80 % der Bündel unter 6 %.

Die Abweichungen der aus den Tabellen erhaltenen gesamten Kubikinhalte von den tatsächlichen gesamten Kubikinhalten waren in der Regel in den Grenzen von 2 % gehalten.

Beim Vergleich der Tabellenkubikinhalte den Kubikwerten, die sich ergeben, wenn die Bündel kubiert werden, indem man als Querfläche des Bündels die durch das

Breiten- und Höhenmass bestimmte Ellipse nimmt, konnte fesgestellt werden, dass bei 2 m Fichtenzellstoffholz die Tabellenkubikinhalte in der Regel grösser sind als die mittels der Ellipse errechneten Kubikinhalte, mit Ausnahme von sehr breiten und hohen Bündeln. Bei 4 m Fichtenzellstoffholz dagegen sind die Tabellenkubikinhalte in der Regel kleiner. Eine Ausnahme bilden nur die schmalen Bündel.

Endlich wurde untersucht, ob die Kubikzahlen der Kubiktabelle den Präzisionsanforderungen genügen, die in gewissen Fällen in Gesetzen und Verordnungen oder in den Beschlüssen der Ministerien über Holzmessung vorgeschrieben werden. Diese Betrachtung zeigt, dass die Kubierung an Hand der Kubiktabellen, die bei der vorliegenden Untersuchung ausgearbeitet worden sind, sich wenigstens mit gleich grosser, wenn nicht mit noch grösserer Genauigkeit durchführen lässt, wie mit Hilfe der in den Vorschriften über Holzmessung enthaltenen Zahlen und Tabellen.

Nippujen kuutiotaulukot

Kubiktabellen für Bündel

Liitetaulukko 1. 2 m pituisten kuusipaperipuunippujen pinokuutiotaulukko

Beilagetabelle 1. Raumgehalttabelle für 2 m lange Fichtenzellstoffholzbündel.

Nipun suurin vaakasuora leveys, cm *Grösste horizontale Breite des Bündels, cm*	Nipun suurin pystysuora korkeus, cm *Grösste vertikale Höhe des Bündels, cm*																	
	95	100	105	110	115	120	125	130	135	140	145	150	155	160	165	170	175	180
	Kuutiomäärä, p-m³ — *Raumgehalt, rm*																	
160	—	—	—	—	—	3.3	3.5	3.6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
165	—	—	—	—	3.2	3.4	3.5	3.7	3.9	4.1	—	—	—	—	—	—	—	—
170	—	—	—	3.1	3.3	3.5	3.6	3.8	4.0	4.2	4.4	4.5	—	—	—	—	—	—
175	—	—	3.0	3.2	3.4	3.5	3.7	3.9	4.1	4.3	4.4	4.6	4.7	—	—	—	—	—
180	—	3.0	3.1	3.3	3.5	3.6	3.8	4.0	4.2	4.4	4.5	4.7	4.8	5.0	—	—	—	—
185	2.9	3.0	3.2	3.4	3.5	3.7	3.9	4.0	4.2	4.4	4.6	4.8	4.9	5.1	5.2	—	—	—
190	3.0	3.1	3.3	3.5	3.6	3.8	4.0	4.1	4.3	4.5	4.7	4.8	5.0	5.2	5.3	5.4	—	—
195	3.1	3.2	3.4	3.6	3.7	3.9	4.0	4.2	4.4	4.6	4.8	4.9	5.1	5.2	5.4	5.5	5.7	—
200	3.1	3.3	3.5	3.6	3.8	4.0	4.1	4.3	4.5	4.7	4.8	5.0	5.2	5.3	5.4	5.6	5.7	5.9
205	3.2	3.4	3.6	3.7	3.9	4.1	4.2	4.4	4.6	4.8	4.9	5.1	5.2	5.4	5.5	5.7	5.8	6.0
210	3.3	3.5	3.7	3.8	4.0	4.2	4.3	4.5	4.7	4.9	5.0	5.2	5.3	5.5	5.6	5.7	5.9	6.0
215	3.4	3.6	3.7	3.9	4.1	4.2	4.4	4.6	4.8	4.9	5.1	5.3	5.4	5.6	5.7	5.8	6.0	6.1
220	3.5	3.7	3.8	4.0	4.2	4.3	4.5	4.7	4.8	5.0	5.2	5.3	5.5	5.6	5.8	5.9	6.1	6.2
225	3.6	3.8	3.9	4.1	4.3	4.4	4.6	4.8	4.9	5.1	5.3	5.4	5.6	5.7	5.9	6.0	6.2	6.3
230	3.7	3.9	4.0	4.2	4.4	4.5	4.7	4.8	5.0	5.2	5.4	5.5	5.7	5.8	6.0	6.1	6.3	6.4
235	3.8	4.0	4.1	4.3	4.5	4.6	4.8	4.9	5.1	5.3	5.4	5.6	5.8	5.9	6.1	6.2	6.4	6.6
240	3.9	4.1	4.2	4.4	4.5	4.7	4.8	5.0	5.2	5.4	5.5	5.7	5.8	6.0	6.2	6.3	6.5	6.7
245	4.0	4.2	4.3	4.5	4.6	4.8	4.9	5.1	5.3	5.4	5.6	5.8	5.9	6.1	6.3	6.5	6.6	6.8
250	4.1	4.3	4.4	4.6	4.7	4.9	5.0	5.2	5.4	5.5	5.7	5.8	6.0	6.2	6.4	6.6	6.7	6.9
255	—	4.4	4.5	4.7	4.8	5.0	5.1	5.3	5.4	5.6	5.8	5.9	6.1	6.3	6.5	6.7	6.9	7.0
260	—	—	—	4.8	4.9	5.1	5.2	5.4	5.5	5.7	5.8	6.0	6.2	6.4	6.6	6.8	7.0	7.2
265	—	—	—	—	—	5.2	5.3	5.5	5.6	5.8	5.9	6.1	6.3	6.5	6.7	—	—	—
270	—	—	—	—	—	—	—	5.6	5.7	5.8	6.0	6.2	—	—	—	—	—	—

Liitetaulukko 2. 2 m pituisten kuusipaperipuunippujen kiintokuutiotaulukko.

Beilagetabelle 2. Festgehalttabelle für 2 m lange Fichtenzellstoffholzbündel.

Nipun suurin vaakasuora leveys, cm *Grösste horizontale Breite des Bündels, cm*	Nipun suurin pystysuora korkeus, cm *Grösste vertikale Höhe des Bündels, cm*																	
	95	100	105	110	115	120	125	130	135	140	145	150	155	160	165	170	175	180
	Kuutiomäärä, k-m³ — *Festgehalt, fm*																	
160	—	—	—	—	—	2.4	2.5	2.6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
165	—	—	—	—	2.3	2.4	2.5	2.7	2.8	3.0	—	—	—	—	—	—	—	—
170	—	—	—	2.2	2.4	2.5	2.6	2.7	2.9	3.0	3.1	3.2	—	—	—	—	—	—
175	—	—	2.2	2.3	2.4	2.5	2.7	2.8	2.9	3.1	3.2	3.3	3.4	—	—	—	—	—
180	—	2.1	2.2	2.4	2.5	2.6	2.7	2.9	3.0	3.1	3.2	3.4	3.5	3.6	—	—	—	—
185	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.7	2.8	2.9	3.0	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	—	—	—
190	2.1	2.2	2.4	2.5	2.6	2.7	2.9	3.0	3.1	3.2	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8	3.9	—	—
195	2.2	2.3	2.4	2.6	2.7	2.8	2.9	3.0	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	3.9	4.0	4.1	—
200	2.2	2.4	2.5	2.6	2.7	2.9	3.0	3.1	3.2	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8	3.9	4.0	4.1	4.2
205	2.3	2.4	2.6	2.7	2.8	2.9	3.0	3.2	3.3	3.4	3.5	3.7	3.8	3.9	4.0	4.1	4.2	4.3
210	2.4	2.5	2.6	2.7	2.9	3.0	3.1	3.2	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8	3.9	4.0	4.1	4.2	4.3
215	2.4	2.6	2.7	2.8	2.9	3.0	3.2	3.3	3.4	3.5	3.7	3.8	3.9	4.0	4.1	4.2	4.3	4.4
220	2.5	2.6	2.7	2.9	3.0	3.1	3.2	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8	3.9	4.0	4.1	4.2	4.4	4.5
225	2.6	2.7	2.8	3.0	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.7	3.8	3.9	4.0	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5
230	2.7	2.8	2.9	3.0	3.1	3.2	3.4	3.5	3.6	3.7	3.9	4.0	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6
235	2.7	2.9	3.0	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.7	3.8	3.9	4.0	4.1	4.2	4.4	4.5	4.6	4.7
240	2.8	2.9	3.0	3.1	3.2	3.4	3.5	3.6	3.7	3.9	4.0	4.1	4.2	4.3	4.5	4.6	4.7	4.8
245	2.9	3.0	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.7	3.8	3.9	4.0	4.1	4.2	4.4	4.5	4.7	4.8	4.9
250	3.0	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	3.9	4.0	4.1	4.2	4.3	4.5	4.6	4.8	4.9	5.0
255	—	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8	3.9	4.0	4.1	4.2	4.4	4.5	4.7	4.8	5.0	5.1
260	—	—	—	3.4	3.5	3.6	3.7	3.9	4.0	4.1	4.2	4.3	4.5	4.6	4.8	4.9	5.0	5.2
265	—	—	—	—	—	3.7	3.8	3.9	4.0	4.1	4.2	4.4	4.5	4.7	4.8	—	—	—
270	—	—	—	—	—	—	—	4.0	4.1	4.2	4.3	4.5	—	—	—	—	—	—

Liitetaulukko 3. 4 m pituisten kuusipaperipuunippujen pinokuutiotaulukko.

Beilagetabelle 3. Raumgehalttabelle für 4 m lange Fichtenzellstoffholzbündel.

Nipun suurin pystysuora korkeus, cm
Grösste vertikale Höhe des Bündels, cm

Nipun suurin vaakasuora leveys cm *Grösste horizontale Breite des Bündels, cm*	145	150	155	160	165	170	175	180	185	190	195	200	205	210
	Kuutiomäärä, p-m³ — *Raumgehalt, rm*													
240	—	—	—	—	—	13.9	14.2	14.5	14.9	15.2	—	—	—	—
245	—	—	—	—	13.7	14.0	14.3	14.7	15.0	15.3	15.6	—	—	—
250	—	—	—	13.6	13.9	14.2	14.5	14.8	15.2	15.5	15.8	16.1	—	—
255	—	—	13.5	13.7	14.0	14.3	14.7	15.0	15.3	15.7	16.0	16.3	16.6	—
260	—	13.3	13.6	13.9	14.2	14.5	14.8	15.2	15.5	15.8	16.2	16.5	16.9	17.2
265	13.2	13.5	13.7	14.0	14.3	14.7	15.0	15.3	15.7	16.0	16.4	16.7	17.1	17.4
270	13.3	13.6	13.8	14.1	14.5	14.8	15.2	15.5	15.9	16.2	16.6	16.9	17.3	17.6
275	13.4	13.7	14.0	14.3	14.6	15.0	15.4	15.7	16.1	16.4	16.8	17.1	17.5	17.8
280	13.5	13.8	14.1	14.5	14.8	15.2	15.6	15.9	16.3	16.7	17.0	17.4	17.7	18.1
285	13.6	13.9	14.3	14.6	15.0	15.4	15.8	16.1	16.5	16.9	17.3	17.6	18.0	18.3
290	13.8	14.1	14.4	14.8	15.2	15.6	16.0	16.4	16.8	17.1	17.5	17.9	18.3	18.6
295	13.9	14.2	14.6	15.0	15.4	15.8	16.2	16.6	17.0	17.4	17.8	18.2	18.5	18.9
300	14.0	14.4	14.8	15.2	15.6	16.0	16.4	16.8	17.2	17.6	18.0	18.4	18.8	19.2
305	14.1	14.5	14.9	15.4	15.8	16.2	16.6	17.0	17.4	17.9	18.3	18.7	19.1	19.5
310	14.3	14.7	15.1	15.5	16.0	16.4	16.9	17.3	17.7	18.1	18.6	19.0	19.4	19.8
315	14.4	14.9	15.3	15.7	16.2	16.6	17.1	17.5	18.0	18.4	18.9	19.3	19.7	20.1
320	14.6	15.0	15.5	15.9	16.4	16.9	17.3	17.8	18.2	18.7	19.1	19.6	20.0	20.5
325	14.7	15.2	15.7	16.1	16.6	17.1	17.6	18.0	18.5	19.0	19.4	19.9	20.4	20.8
330	14.9	15.3	15.8	16.3	16.8	17.3	17.8	18.3	18.8	19.3	19.7	20.2	20.7	21.2
335	15.0	15.5	16.0	16.6	17.1	17.6	18.1	18.6	19.1	19.6	20.1	20.6	21.1	21.6
340	15.2	15.7	16.2	16.8	17.3	17.8	18.3	18.8	19.4	19.9	20.4	20.9	21.4	21.9
345	15.3	15.9	16.4	17.0	17.5	18.0	18.6	19.1	19.6	20.1	20.7	21.2	21.7	22.2
350	15.5	16.1	16.7	17.2	17.7	18.3	18.8	19.4	19.9	20.4	21.0	21.5	22.0	22.5
355	15.7	16.3	16.9	17.4	18.0	18.5	19.1	19.6	20.2	20.7	21.3	21.8	22.3	—
360	15.9	16.5	17.1	17.7	18.2	18.8	19.4	19.9	20.5	21.0	21.6	22.1	22.7	—
365	16.1	16.7	17.3	17.9	18.5	19.1	19.6	20.2	20.8	21.4	21.9	22.5	—	—
370	16.3	16.9	17.5	18.1	18.7	19.3	19.9	20.5	21.1	21.7	22.3	22.8	—	—
375	16.5	17.1	17.7	18.3	19.0	19.6	20.2	20.8	21.4	22.0	22.6	—	—	—
380	16.6	17.3	17.9	18.6	19.2	19.8	20.5	21.1	21.7	22.3	22.9	—	—	—
385	16.8	17.5	18.2	18.8	19.5	20.1	20.8	21.4	22.0	22.6	—	—	—	—
390	17.0	17.7	18.4	19.1	19.8	20.4	21.1	21.7	22.4	23.0	—	—	—	—
395	17.2	17.9	18.6	19.3	20.0	20.7	21.4	22.0	22.7	—	—	—	—	—
400	17.3	18.1	18.8	19.5	20.2	20.9	21.6	22.3	—	—	—	—	—	—
405	17.5	18.3	19.0	19.8	20.5	21.2	22.0	—	—	—	—	—	—	—
410	17.7	18.5	19.3	20.0	20.8	21.5	—	—	—	—	—	—	—	—

Liitetaulukko 4. 4 m pituisten kuusipaperipuunippujen kiintokuutiotaulukko.

Beilagetabelle 4. Festgehalttabelle für 4 m lange Fichtenzellstoffholzbündel.

Nipun suurin vaakasuora leveys, cm *Grösste horizontale Breite des Bündels, cm*	Nipun suurin pystysuora korkeus, cm *Grösste vertikale Höhe des Bündels, cm* — Kuutiomäärä, k-m — *Festgehalt, fm*													
	145	150	155	160	165	170	175	180	185	190	195	200	205	210
240	—	—	—	—	—	9.6	9.8	10.0	10.3	10.5	—	—	—	—
245	—	—	—	—	9.5	9.7	9.9	10.1	10.4	10.6	10.8	—	—	—
250	—	—	—	9.4	9.6	9.8	10.0	10.2	10.5	10.7	10.9	11.1	—	—
255	—	—	9.3	9.5	9.7	9.9	10.1	10.4	10.6	10.8	11.0	11.2	11.5	—
260	—	9.2	9.4	9.6	9.8	10.0	10.2	10.5	10.7	10.9	11.2	11.4	11.7	11.9
265	9.1	9.3	9.5	9.7	9.9	10.1	10.4	10.6	10.8	11.0	11.3	11.5	11.8	12.0
270	9.2	9.4	9.6	9.8	10.0	10.2	10.5	10.7	11.0	11.2	11.5	11.7	11.9	12.1
275	9.2	9.5	9.7	9.9	10.1	10.4	10.6	10.8	11.1	11.3	11.6	11.8	12.1	12.3
280	9.3	9.5	9.8	10.0	10.2	10.5	10.8	11.0	11.2	11.5	11.7	12.0	12.2	12.5
285	9.4	9.6	9.9	10.1	10.4	10.6	10.9	11.1	11.4	11.7	11.9	12.2	12.4	12.6
290	9.5	9.7	10.0	10.2	10.5	10.8	11.0	11.3	11.6	11.8	12.1	12.4	12.6	12.8
295	9.6	9.8	10.1	10.4	10.6	10.9	11.2	11.5	11.7	12.0	12.3	12.6	12.8	13.0
300	9.7	9.9	10.2	10.5	10.8	11.0	11.3	11.6	11.9	12.2	12.4	12.7	13.0	13.2
305	9.8	10.0	10.3	10.6	10.9	11.2	11.5	11.7	12.0	12.3	12.6	12.9	13.2	13.5
310	9.9	10.1	10.4	10.7	11.0	11.3	11.6	11.9	12.2	12.5	12.8	13.1	13.4	13.7
315	10.0	10.3	10.6	10.9	11.2	11.5	11.8	12.1	12.4	12.7	13.0	13.3	13.6	13.9
320	10.1	10.4	10.7	11.0	11.3	11.6	11.9	12.3	12.6	12.9	13.2	13.5	13.8	14.1
325	10.2	10.5	10.8	11.1	11.5	11.8	12.1	12.4	12.8	13.1	13.4	13.7	14.1	14.4
330	10.3	10.6	10.9	11.2	11.6	11.9	12.3	12.6	13.0	13.3	13.6	13.9	14.3	14.6
335	10.4	10.7	11.0	11.4	11.8	12.1	12.5	12.8	13.2	13.5	13.9	14.2	14.6	14.9
340	10.5	10.8	11.2	11.6	11.9	12.3	12.6	13.0	13.4	13.7	14.1	14.4	14.8	15.1
345	10.6	11.0	11.3	11.7	12.1	12.4	12.8	13.2	13.6	13.9	14.3	14.6	15.0	15.3
350	10.7	11.1	11.5	11.9	12.2	12.6	13.0	13.4	13.8	14.1	14.5	14.8	15.2	15.5
355	10.8	11.2	11.6	12.0	12.4	12.8	13.2	13.6	14.0	14.3	14.7	15.0	15.4	—
360	11.0	11.4	11.8	12.2	12.6	13.0	13.4	13.8	14.2	14.5	14.9	15.3	15.7	—
365	11.1	11.5	11.9	12.4	12.8	13.2	13.6	14.0	14.4	14.8	15.1	15.5	—	—
370	11.2	11.7	12.1	12.5	12.9	13.3	13.7	14.2	14.6	15.0	15.4	15.8	—	—
375	11.4	11.8	12.2	12.6	13.1	13.5	13.9	14.4	14.8	15.2	15.6	—	—	—
380	11.5	11.9	12.4	12.8	13.3	13.7	14.1	14.6	15.0	15.4	15.8	—	—	—
385	11.6	12.1	12.6	13.0	13.5	13.9	14.3	14.8	15.2	15.6	—	—	—	—
390	11.7	12.2	12.7	13.2	13.7	14.1	14.5	15.0	15.5	15.9	—	—	—	—
395	11.9	12.4	12.8	13.3	13.8	14.3	14.7	15.2	15.7	—	—	—	—	—
400	12.0	12.5	13.0	13.5	13.9	14.4	14.9	15.4	—	—	—	—	—	—
405	12.1	12.6	13.1	13.6	14.1	14.6	15.1	—	—	—	—	—	—	—
410	12.2	12.8	13.3	13.8	14.3	14.8	—	—	—	—	—	—	—	—

SUOMEN MAAN- JA METSÄNOMISTUSSUHTEET 1920—1950-LUVUILLA

MIKKO ILVESSALO

LAND- UND WALDBESITZVERHÄLTNISSE IN FINNLAND IN 1920—1950ERN JAHREN

DEUTSCHES REFERAT

HELSINKI 1959

Helsinki 1959. Valtioneuvoston kirjapaino

Alkusanat

Tutkimuksen olen saanut valmistaa Metsäntutkimuslaitoksen arvioimisosastossa, sen esimiehen professori Yrjö Ilvessalon johdon ja ohjauksen alaisena sekä osaston henkilökunnalta laskenta- ja konekirjoitusapua saaden, josta kaikesta tunnen suurta kiitollisuutta. Laskentatyössä saamastani avusta kiitän erityisesti osaston laskentatöiden johdossa avustavaa fil. maisteri Alli Salovaaraa, konekirjoituksesta neiti Kaisu Annilaa, samoin siitä ja piirrosten valmistamisesta rouva Irma Nylanderia. Työtoverini maatalous- ja metsät. lisensiaatit Paavo Tiihonen ja Veikko Mäkinen ovat ystävällisesti antaneet apuaan. Käsikirjoituksen ovat sen alkuperäisessä muodossa, lisensiaattityönä, tarkastaneet opettajani professori Eino Saari ja dosentti Lauri Heikinheimo, professori Saari edelleen käsikirjoituksen uudessa muodossa, molemmat arvokkaita neuvoja antaen, sekä lopullisen käsikirjoituksen vielä professori V. Pöntynen. Esitän heille kaikille parhaat kiitokseni. Suurta kiitollisuutta tunnen niitä valtion virastojen ja laitosten, Suomen Puunjalostusteollisuuden Keskusliiton sekä kuntien toimihenkilöitä kohtaan, jotka auliisti ovat antaneet apuaan tutkimuksen aineiston keräämisessä.

Helsingissä huhtikuussa 1959

Mikko Ilvessalo

Sisällysluettelo

Sivu

Johdanto 5
Maan- ja metsänomistussuhteiden selvittely 7
Maanomistussuhteiden selvittely 1920—1940-luvuilla 7
Maan- ja metsänomistussuhteiden selvittely 1950-luvulla 8
Omistajien ryhmitys 9
Omistajaryhmien kuvaus 9
Julkisoikeudellinen omistus 9
Valtio 9
Kunnat 11
Seurakunnat 12
Yksityisoikeudellinen omistus 12
Yhtiöt 12
Osuuskunnat yms. 13
Yksityiset 13
Aineistotietojen keräys 15
Julkisoikeudellinen omistus 15
Yksityisoikeudellinen omistus 17
Maanomistussuhteet 19
Maanomistussuhteet 1950-luvulla 19
Maanomistussuhteiden kehitys 1920—1950-luvuilla 25
Metsänomistussuhteet 31
Metsänomistussuhteet 1950-luvulla 31
Metsänomistussuhteiden kehitys 1920—1950-luvuilla 36
Metsien puuston omistussuhteet 41
Kirjallisuusluettelo 49
Referat 52
Taulukot 13, 14 ja 15 55

Johdanto

Suomessa on tehty aika ajoin maan- ja metsänomistuksesta selvityksiä, jotka ovat kohdistuneet tiettyyn omistajaryhmään, mutta vähäisessä määrässä sellaista suunnitelmallista ja yhtenäistä tutkimusta, joka kohdistuu yhtäaikaisesti kaikkiin omistajaryhmiin ja jossa tarkastellaan myös omistussuhteiden kehitystä ja siihen vaikuttaneita syitä. Maanomistussuhteiden kokonaisselvittelyjä on tarvittu pohjaksi erityisesti valtakunnan metsien inventointien omistajaryhmittäistä tulosten laskentaa varten. Niin paljon kuin toistuvat maatalouslaskennat ovatkin antaneet tietoja maanomistuksesta niiden tulokset eivät ole soveltuneet mainittuun tarkoitukseen. Tähän ovat olleet syynä etenkin maatalouslaskentojen ja valtakunnan metsien inventointien sattuminen eri ajankohtiin sekä maatalouslaskennan kokonaismaa-alassa ilmennyt ero valtakunnan kokonaismaapinta-alasta, joka esim. v. 1941 laskennassa oli 2.5 milj. ha ja v. 1950 2.0 milj. ha.

Valtakunnan metsien inventointeja varten on hankittu maanomistussuhteiden selvitys muulla tavalla ja nämä selvitykset ovatkin olleet ainoat inventointien suoritusaikaan kohdistuneet ja niiden tulosten laskentaan soveltuneet valtakunnan koko maapinta-alan käsittäneet maanomistussuhteiden selvitykset. Tässä tutkimuksessa otetaan ne ja eräitä niiden perusteella inventoinnissa laskettuja omistajaryhmittäisiä tuloksia Suomen maan- ja metsänomistussuhteiden tarkastelun perusteeksi. Tarkastelussa selvitellään myös omistussuhteiden kehitystä ja siihen vaikuttaneita syitä. Vuosikymmenittäin tehtävä esitys rajoitetaan lähtökohdassaan 1920-luvun alkupuoleen, jolloin I valtakunnan metsien inventointi toimeenpantiin, ja ulotetaan 1950-luvulle III:n valtakunnan metsien inventoinnin aikaan ja osaksi edelleen vuoden 1957 loppuun, vuosien 1957 ja 1958 vaihteeseen.

Tutkimuksen pääosan muodostaa maa- ja metsäpinta-alaan kohdistuva omistussuhteiden selvittely viimeksi, vv. 1951—53, toimeenpannun III:n valtakunnan metsien inventoinnin tulosten laskentaa varten sekä niiden jatkoselvittely vuosien 1957—58 vaihteeseen saakka. Se annettiin inventoinnissa arvioimisryhmän johtajana toimineen allekirjoittaneen tehtäväksi tulosten laskenta-aikana. Tämä omistussuhteiden selvittely teh-

tiin eri tavoilla kerättyjen aineistojen perusteella ja sen tarkoituksena oli mahdollisimman yhtenäisen tilaston laatiminen omistajaryhmittäin sekä kokonaismaapinta-alasta että vertailuja varten sen jakaantumisesta maankäyttölajeihin koko maassa sekä sen etelä- ja pohjoispuoliskoissa ja edelleen metsänhoitolautakuntien toiminta-alueittain. Suurten painatuskustannusten välttämiseksi, joita olisi aiheutunut erityisesti laadittujen hyvin lukuisien ja osaksi laajojen taulukoiden mukaan ottamisesta, tutkimus on supistettu tässä alkuperäisestä koostaan n. kolmannekseen mutta samalla eräiltä osilta täydennetty valtakunnan metsien inventointien julkaisuista saatujen tai niistä taikka varta vasten laskettujen tietojen perusteella.

Maan- ja metsänomistussuhteiden selvittely

Maanomistussuhteiden selvittely 1920—1940-luvuilla

1920- ja 1930-luvuilla toimeenpannuissa I:ssä ja II:ssa valtakunnan metsien inventoinnissa sekä 1940-luvulla sodan päätyttyä alueidenluovutuksen takia suoritetussa korjauslaskennassa perusteena käytetyt maanomistussuhteiden selvittelyt on selostettu inventointien julkaisuissa ja niissä viitatuissa julkaisuissa. Tästä syystä näistä esitetään tässä vain eräitä pääkohtia.

1 9 2 0 - l u v u l l a, vuosina 1921—24 toimeenpannussa I:ssä valtakunnan metsien inventoinnissa käytettiin omistajaryhmittäisessä tulosten laskennassa sitä maanomistussuhteiden selvitystä, jonka S a a r i (vrt. H e i k i n h e i m o - S a a r i 1922 s. 23 ja Y. I l v e s s a l o 1927 s. 44) silloin saatavissa olleitten lähteitten perusteella vuoteen 1922 kohdistuvasti oli tehnyt. Tätä omistussuhdetta osoittavat seuraavat luvut, joiden alle on merkitty vastaavat luvut sellaisina kuin ne linjapituuden jakaantumisen mukaisina oli saatu maastossa arvioimislinjoilla maakuvioittain tehtyjen omistajamerkintöjen perusteella:

	yksityiset	valtion maat varsinaiset	valtion maat virkatalot	yhtiöt	kunnat	seurakunnat	yhteensä
Saaren mukaan	52.11	38.82	0.88	6.45	0.77	0.97	100.0 %
inventoinnin mukaan	51.7	39.9	0.9	6.0	0.6	0.9	100.0 %

Inventoinnin mukaiset luvut poikkesivat siis yleisesti hyvin vähän S a a r e n luvuista, mikä osaltaan oli omiaan vahvistamaan käsitystä inventoinnin omistajaryhmittäisten tulosten luotettavuudesta. Suhteellisesti suurin ero oli kuntien luvuissa, mikä jäljempänä uusia inventointeja tarkasteltaessa havaitaan vielä suuremmaksi ja johtuu kuntien monesti useihin tiloihin ja eri palstoihin jakaantuvan maanomistuksen erottelun epävarmuudesta maastossa.

1 9 3 0 - l u v u l l a, vuosina 1936—38 toimeenpannun II:n valtakunnan metsien inventoinnin omistajaryhmittäistä tulosten laskentaa varten suoritettiin maanomistussuhteista paljon selvittelyjä (Y. I l v e s s a l o 1942 s. 58), joista kuntien maanomistusta koskeva käsitti varta vasten tehtyjä

laajahkoja tutkimuksia (maalaiskunnista Linnamies 1939, kaupunkikunnista Linnamies ja Rautvuori 1941, kauppalakunnista Rautvuori 1941). Omistussuhteista saatuja tuloksia osoittavat seuraavat luvut, joiden alle jälleen on merkitty vastaavat luvut sellaisina kuin ne olivat linjapituuden mukaisina maastossa arvioimislinjoilla tehtyjen omistajamerkintöjen perusteella:

	yksityiset	valtio	yhtiöt	kunnat	seurakunnat	yhteensä
selvitysten mukaan .	54.1	37.3	6.4	1.4	0.8	100.0 %
inventoinnin mukaan	54.4	37.7	6.4	0.7	0.8	100.0 %

Vastaavien lukujen erot olivat silloinkin pienet, mutta kuntien kohdalla ero oli suhteellisesti suuri, mihin todennäköisine syineen jo edellisessä viitattiin.

1940-luvulla II:n inventoinnin tulokset laskettiin uudestaan, nyky-Suomelle, sodan päätyttyä v. 1944 tapahtuneesta alueidenluovutuksesta johtuneiden suurten menetysten takia. Tätä laskentaa varten selvitettiin maanomistussuhteet annettujen tietojen mukaan osaksi II:sta inventoinnista saaduin perustein, osaksi Erkkilän (1940) laskelmiin nojaten ja osaksi muulla tavalla hankituin lisäperustein.

Maan- ja metsänomistussuhteiden selvittely 1950-luvulla

Vuosina 1951—53 toimeenpantua III:tta valtakunnan metsien inventointia varten tehdyn ja myöhemmin jatketun maan- ja metsänomistussuhteiden selvittelyn suoritusta ei ole missään julkaisussa esitetty. Tästä syystä ja sen johdosta, että selvittely pyrittiin tekemään mahdollisimman perusteellisesti, se kuvataan jäljempänä eri osiltaan suppeasti. Sitä ennen esitetään omistajien ryhmitys ja luodaan taustaksi muutamiin pääkohtiin rajoitettu katsaus omistajaryhmiin. Maanomistusta muuttavina päätekijöinä on ollut kaikissa omistajaryhmissä maiden osto ja myynti sekä vv:n 1939—40 ja 1941—44 sotia seurannut alueidenluovutus, muut luovutukset erilaisiin tarkoituksiin, kaukaa menneisyydestä lähtien monessa muodossa tapahtunut asutustoiminta ja erityisesti viime sotien jälkeinen laajamittainen asutus ns. pika-asutuslain ja maanhankintalain sekä siihen liittyneiden lakien mukaisesti. Näitä ei ilman erityistä syytä kerrata kunkin omistajaryhmän kohdalla.

Katsauksen lyhentämiseksi siinä supistetaan tutkimuksessa sen alkuvaiheessa kirjallisuuden perusteella tehty laajahko kuvaus muutamiin pääkohtiin ja viitataan käytettyyn kirjallisuuteen, josta tarvittaessa on saatavissa yksityiskohtaista ja historiassa pitkällekin ulottuvaa tietoa.

Kirjallisuudesta ei mainita kussakin kohdassa uudelleen jo aiemmin mainittuja valtakunnan metsien inventoinnin julkaisuja, jotka sisältävät tietoa kaikista pääomistajaryhmistä, eikä samasta syystä myöskään aiemmin mainittua Heikinheimon-Saaren julkaisua.

Omistajien ryhmitys

I Julkisoikeudellinen omistus

Pääryhmä	Alaryhmät
Valtio a.	1. Metsähallitus 2. Metsäntutkimuslaitos
Valtio b.	Muut valtion virastot ja laitokset. (ks. jäljemp.)
Kunnat	1. Maalaiskunnat 2. Kaupungit 3. Kauppalat
Seurakunnat	1. Evankelisluterilaiset 2. Kreikkalaiskatoliset 3. Muut uskonnolliset seurakunnat

II Yksityisoikeudellinen omistus

Yhtiöt	1. Metsäteollisuusyhtiöt 2. Muut yhtiöt
Osuuskunnat yms.	1. Osuuskunnat 2. Yhdistykset 3. Ryhmän muut yhteisöt
Yksityiset	1. Varsinaiset yksityiset 2. Aso:n [1]) hallinnassa olevat tilat ja alueet 3. Yhteismetsät

Omistajaryhmien kuvaus

I Julkisoikeudellinen omistus

Valtio

Valtio a.

Metsähallitus. Valtion maanomistuksen voidaan katsoa saaneen varsinaisen alkunsa v. 1542, jolloin Kustaa Vaasa julisti asumattomat erämaat kruunun omiksi. Täydentävä oli v. 1683 asetus, jossa määrättiin

[1]) Esityksessä käytetään kuluvaan vuoteen saakka toimineesta maatalousministeriön asutusasiainosastosta sen omaksumaa lyhennystä Aso.

käytäviksi rajat kylien maiden ja yleismaiden välille siellä, missä ne olivat käymättä, ja kylän rajan ulkopuolella oleva yleinen maa julistettiin lopullisesti valtiolle kuuluvaksi. Myöhemmän kehityksen merkittävin vaihe oli isojako, jota koskeva asetus oli vuodelta 1775 ja jota ajan mittaan täydennettiin. Valtion metsänhoitolaitoksen tultua perustetuksi ensin väliaikaisesti silloisen maanmittauksen ylihallituksen alaiseksi v. 1859 ja sitten itsenäiseksi metsähallitukseksi v. 1863 kehitys alkoi saada entistä selvempiä ja kiinteämpiä muotoja. Metsähallituksen valvontaan asetettiin varsinaisten valtion metsien lisäksi eri puolilla maata sijaitsevia lukuisia, yleisesti vuokraajain hallinnassa olevia sotilas- ja niihin verrattavia siviilivirkataloja.

Valtion maanomistuksen lisäämiseen maanostoilla voidaan alkusyynä pitää viime vuosisadan loppupuolella lähinnä metsäteollisuuden laajenemisesta johtunutta puun ja metsien arvon nousua mutta myös oletettujen metsien liikahakkuiden aikaan saamaa pelkoa metsien häviämisestä. Vähenemistä on johtunut pääasiallisesti aiemmin (s. 8) mainituista syistä. Erityisesti on huomattava, että asutustoiminta on kohdistunut aina ennen kaikkea metsähallituksen hallinnassa oleviin valtion maihin.

Kirjallisuudesta, josta valtion maanomistuksesta, lähinnä metsähallitukseen kohdistuvana, paljon tietoa on saatavissa, mainittakoon erityisesti: Saari 1924, Lakari 1927 ja 1928, Tertti 1934, Helander 1949, Komiteanmietintö 1920, Metsätilasto (eri vuosilta).

M e t s ä n t u t k i m u s l a i t o s. Metsäntutkimuslaitoksen hallinnassa olevat valtion maat ovat miltei kokonaisuudessaan metsähallituksen alaisista maista erotettuja kokeilualueita, luonnon- ja kansallispuistoja sekä rauhoitusalueita. Niiden perustaminen alkoi v. 1922. — Kirjallisuudesta on mainittava: Heikinheimo 1949 ja Metsätaloudellinen Aikakauslehti 1958 N:o 7.

V a l t i o b.

M u u t v a l t i o n v i r a s t o t j a l a i t o k s e t. Ryhmän maanomistus on syntynyt vähitellen sen mukaisesti kuin maanomistus on katsottu tarpeelliseksi virastojen ja laitosten toiminnalle tontti-, maantie- ja rautatiealueiksi, opetus-, harjoitus-, huolto- ja työ-, sairaala- ym. alueiksi. Omistuksen varsinainen tarkoitus ei ole alueen metsääkin käsittäessä metsätalouden harjoittaminen, mutta se on muodostunut eräillä, esim. puolustuslaitoksen ja monien opetuslaitosten alueilla myös sellaiseksi alueiden laajuuden tai harjoitus- ja opetustarkoituksen vuoksi. Ryhmä, jonka jakaantuminen alaryhmiin selviää jäljempänä, on syntynyt jotakuinkin kokonaan metsähallituksen alaisten valtion maiden luovutuksesta sekä maanostoista ja pakkolunastuksista.

Kirjallisuudesta on mainittavissa virastojen ja laitosten vuosikertomukset sikäli kuin sellaisia on julkaistu sekä varhempia pinta-alatietoja sisältävänä: Erkkilä 1940.

Kunnat

Kuntien maanomistuksella tarkoitetaan tässä tutkimuksessa maalais-, kaupunki- ja kauppalakuntien maita, jotka ne julkisina yhdyskuntina omistavat.

Maalaiskunnat tekivät ensimmäisiä maanostoja jo v. 1860 tienoissa, mutta varsinaisesti maan hankkimista on tapahtunut viime vuosisadan vaihteesta lähtien. Tarkoituksena on yleisesti ollut sopivien alueiden saaminen kunnalliskoteja, koulu- ja sairaala- ym. kunnan rakennusten tontteja varten, lähinnä ensiksi mainituissa myös niihin sijoitettujen henkilöiden työskentelymahdollisuuksien järjestämiseksi. Metsämaiden ostoihin on vaikuttanut paljon tarkoitus hankkia edullisesti kunnan tarpeisiin käyttöpuuta, helpottaa metsätöiden avulla työttömyyttä sekä saada metsätaloudesta tuloja verorasituksen lieventämiseksi ja yleensäkin.

Kaupungit ovat miltei kaikki saaneet maata valtion lahjoituksina kaupunkien perustamisvaiheessa rakennustoimintaa ja muita tarpeita varten. Useilla kaupungeilla lahjoitusmaa muodostaa miltei tai aivan kokonaan niiden maaomaisuuden. Enimmin niitä saivat vanhimmat kaupungit sen johdosta, että valtiolla niiden perustamisaikaan oli vapaammin kuin myöhemmin maata käytettävissä, sekä sellaiset kaupungit jotka sijaitsivat edullisesti valtiolle kuuluvien maiden paikkeilla. V. 1789 annetun kuninkaallisen asetuksen mukaan kaupungeilla ei ole ollut oikeutta luovuttaa lahjoitusmaitaan muiden omistukseen. Kaupungit ovat laajentaneet maanomistustaan maan ostoilla yleisesti samoista syistä kuin maalaiskunnat, mutta lisäksi tontti- ja puisto- yms. alueiden suurenevan tarpeen takia kaupungin laajetessa.

Kauppalat, nuorin kuntamuoto, ovat yleisesti syntyneet siten, että kauppala muodostuessaan on eronnut maalaiskunnasta ja saanut omaisuuden jaossa maakiinteistöä. Maan hankkimiseen ovat vaikuttaneet samat syyt kuin maalais- ja kaupunkikunnissa.

Kuntien maanomistusta ja sen kehitystä tarkasteltaessa on usein käsitelty kaikkia kuntamuotoja yhteisesti mutta paljon myös erillisinä. Kuvailevasta runsaasta kirjallisuudesta mainittakoon ilmestymisjärjestyksessä: Kairamo 1913, Harvia 1916, Nylander 1916, Vennola 1917, Pekkala 1921 ja 1928, Saari 1926, Linnamies 1939, Linnamies ja Rautvuori 1941 ja Rautvuori 1941, Kuntahakemisto (eri vuosina).

Seurakunnat

Seurakuntien maanomistus on saanut varhaisinta alkua jo kristinuskon tullessa Suomeen, jolloin monet kristinuskoon kääntyneet asukkaat tekivät kirkolle lahjoituksia. Myöhemmin alettiin perustaa papistolle ja muillekin seurakunnan virkailijoille virkataloja lahjoituksina yksityisiltä ja valtiolta saaduista maista sekä ostamalla maata. Ostamalla hankitut maat ovat olleet seurakuntien vapaassa käytössä, kun taas muiden maiden käyttöä on rajoitettu mm. vahvistetuilla metsätaloussuunnitelmilla. Seurakuntien ryhmään on luettu myös luostarit.

Seurakuntien maanomistusta käsittelevästä kirjallisuudesta mainittakoon: Vennola 1917, Toijala 1928, Lappi-Seppälä 1940, Helander 1949 ja Lihtonen 1953.

II Yksityisoikeudellinen omistus

Yhtiöt

Yhtiöitä käsiteltäessä rajoitutaan tässä kuvauksen kohdassa teollisuusyhtiöihin, joiden pääosan muodostavat metsäteollisuusyhtiöt. Teollisuusyhtiöiden maanomistus sai tavallaan varhaisen alkunsa jo Ruotsinvallan aikana, jolloin siihen aikaan merkityksellinen rauta- ja vuoriteollisuus varasi valmistuksessaan tärkeän puuhiilen hankkimiseksi hiilenpolttooikeuksia, mihin valtiovalta suhtautui suopeasti. Syntyi ns. rekognitiometsiä, joissa hiilenpoltto-oikeus oli aluksi vapaa mutta myöhemmin vuokranalainen. Nämä alueet eivät olleet varsinaisesti yhtiöiden omistuksessa ja ne onkin jo kaikki valtiolle peruutettu. Yhtiöiden maanomistus on syntynyt maanostoista, jotka pääasiallisesti ovat lähtöisin viime vuosisadan loppupuolelta. Metsäteollisuus hankki metsiä katsoen, samoin kuin muutkin omistajaryhmät, sen edulliseksi metsäteollisuuden raaka-aineen tarpeesta aiheutuneen metsien arvon kohoamisen johdosta. Syynä oli samalla se, että teollisuus saattoi omien metsien turvin tasoitella raaka-aineen hinnanvaihteluja ja etenkin puun tarjontaa pienentävinä heikkoina menekkiaikoina varmistaa raaka-aineen saantia.

Yhtiöiden maanhankintaa arvosteltiin varsinkin maatalouspiireissä ankarastikin sen johdosta, että katsottiin siinä esiintyneen myös moitittavaa menettelyä sekä sen johtaneen maanviljelyksen rappeutumiseen monilla ostetuilla tiloilla ja edelleen siitä seuranneen sosiaalisia epäkohtia mm. ennen itsenäisten viljelijäin joutuessa monesti vuokralaisiksi tiloille. Jo kuluvan vuosisadan alusta lähtien asetettiin aika-ajoin valtion komiteoita asian järjestämiseksi koko maan kannalta katsottuna edullisella tavalla

ja kysymystä pohdittiin paljon myös valtiopäivillä. Yhtiöiden maanhankintaoikeutta rajoitettiin ja lainvastaisesti hankittuja tiloja palautettiin valtion avulla entisille omistajille.

Kirjallisuudesta — sangen lukuisiin sanomalehti- ja muihin lehtikirjoituksiin puuttumatta — mainittakoon erityisesti: Renvall 1914, Renvall 1919, Boman (nyk. Puumanen) 1920 ja Renvall - Boman (nyk. Puumanen) 1921, Kotonen ja Kivimäki 1925, Saari 1928, Lindfors 1936 (eri vuosina), Lihtonen 1945, Harve 1947, kirjoitussarja »Puunjalostusteollisuuden maanhankinta» Metsätaloudellisessa Aikakauskirjassa 1917 ja Suomen virallinen tilasto XXXIII, I 1923.

Osuuskunnat yms.

Ryhmä on usein luettu yksityismaiden joukkoon, vaikka se omistusmuodon takia ei varsinaisesti niihin kuulu. Ryhmä käsittää monenlaisia osuuskuntia, yhdistyksiä, säätiöitä, kuntainliittojen sairaaloita ja vanhainkoteja yms. yhteisöjä. Niiden maanomistuksen synnystä ja kehityksestä ei voida esittää saman tapaista yhtenäistä yleiskuvaa kuin edellisistä omistajaryhmistä, sillä se on ollut yksilöllisempää kussakin tapauksessa.

Yksityiset

Varsinaiset yksityiset. Ryhmä käsittää pääosalta viljelmiä metsälöineen, mutta myös viljelmättömiä metsälöitä, ns. metsätiloja eli metsäpalstoja, sekä edelleen suuren lukumäärän mutta kaikkiaankin verraten vähäisen pinta-alan asunto- yms. tontteja ja alueita, kaikki yksityisille henkilöille sekä vähäisessä määrässä näihin verrattaville, esim. varsinkin pienemmille maatalous-perheyhtiöille tai -yhtymille kuuluvia alueita.

Varsinaisten yksityismaiden muodostumisen alkamisaika saatetaan määrittää erilaisilla perusteilla. Eräänä tällaisena voitaneen pitää vasarajaon aikakautta, jolloin jakotoimenpiteet tosin kohdistuivat ainoastaan tontti- ja viljelysmaihin ja metsäalueet jäivät edelleen yhteisiksi. Vain joissakin tapauksissa metsämaihinkin ulottui myös yksityismaiden muodostuksessa paljon merkinnyt aurinko- eli sarkajako. Olosuhteiden edelleen kehityttyä ryhdyttiin vuodesta 1775 lähtien toteuttamaan maanomistussuhteisiin yleensä ratkaisevasti vaikuttanutta, aiemmin mainittua isojakoa, jossa kullekin tilalle annettiin myös oma metsämaa.

Varsinaisten yksityismaiden ala on ajan mittaan suuresti lisääntynyt, vaikka niitä toisaalta myytyinä on siirtynyt paljon muihin omistajaryhmiin. Lisääntymistä on aiheuttanut isojaossa tapahtuneiden siirtojen rinnalla ennen kaikkea asutustoiminta, jossa maata on siirretty muilta omistaja-

ryhmiltä yksityisille ja tässä ryhmässä omistajilta toisille, etenkin suuromistuksesta pieneen. Mainittakoon tässä laajimpina vain tavallaan asutukseen luettava vuokra-alueiden lunastus eli ns. torpparivapautus, jonka lasketaan torppien, mäkitupien ym. erottamisen johdosta suurentaneen itsenäisten tilojen luvun n. 120 000:lla, sekä sotien 1939—40 ja 1941—44 jälkeinen asutus maanhankintalain ja siihen liittyneiden lakien mukaisesti, jossa vuoden 1957 loppuun mennessä oli muodostettu lain voiman saaneina toimituksina 59 833 tilaa asuntotontit niihin luettuina sekä lisäksi 27 323 laidun-, yhteismetsä-, lisä- ym. aluetta.

Yksityiseen maanomistukseen on kauan kiinnitetty paljon huomiota maatalouden, asutuksen sekä sosiaaliselta ja poliittiselta kannalta katsottuna. Kirjallisuudesta mainittakoon erityisesti: Helander 1910, Toijala 1928, Saari 1929, Osara 1935, Piha 1941 ja 1957, Helander 1949, Holopainen 1957, Komiteanmietinnöt 1898, 1900, 1907, 1920, 1926, 1928, 1937 ja 1953.

A s o n : n hallinnassa olevat tilat ja alueet. Tällä alaryhmällä tarkoitetaan ent. maatalousministeriön asutusasiainosaston hallinnassa tämän tutkimuksen aikaan olleita asutus- eli hallintasopimus- ym. tiloja ja laidunalueita, jotka oli perustettu maanhankintalain ja siihen liittyvien lakien mukaan tai ostettu valtiolle asutustarkoitukseen. Tilat ja alueet olivat Aso:n hallinnassa toistaiseksi. Enimpiä niistä viljelivät tehdyn sopimuksen mukaisesti yksityiset, siirtoväkeen sekä muihin asutettaviin kuuluvat henkilöt, joille ne oli tarkoitettu jääviksi tietyn määräajan, yleensä viiden vuoden kuluttua. Näihin liittyi pieni määrä vanhojen valtion virkatalojen vuokravälikirjalla olleita jäännöksiä. Kun alaryhmä oli väliaikainen, jatkuvasti yksityismaiksi muuttuva, katsottiin se parhaiten luettavaksi yksityisten pääryhmään eikä valtion maihin. Ryhmästä sisältyy tietoa Aso:n julkaisemaan »Asutustoiminnan Aikakauskirjaan».

Y h t e i s m e t s ä t. Yhteismetsiin rinnastettavia yhteisiä metsäalueita oli jo 1700-luvulla Pohjanmaalla ns. pitäjän yhteismaina. Vanhimpina varsinaisina yhteismetsinä pidetään ns. lahjoitusmaayhteismetsiä, jotka muodostettiin Viipurin läänissä olleiden lahjoitusmaiden lunastamisen ja jaon yhteydessä viime vuosisadan vaihteessa pitkällisten valmistelujen jälkeen (S a a r i 1919). Isojaon ja vuokra-alueiden lunastamisen toimituksissa on perustettu eräisiin Pohjois-Suomen pitäjiin uudistilallisten ja vanhojen tilojen yhteismetsiä ja asutustoiminnassa niitä on syntynyt suuressa määrässä. Yhteismetsät ryhmitetään seuraavasti: 1. varsinaiset yhteismetsät, 2. vanhat asutusyhteismetsät ja 3 uudet eli maanhankintalain ja siihen liittyvien lakien mukaiset yhteismetsät. Tässä tutkimuksessa ne kaikki luetaan yhdeksi alaryhmäksi. On huomattava, ettei yhteismetsiä ole syntynyt vapaaehtoisesti, vaan valtiovallan toimesta, mistä johtuu että niiden hallinto ja hoito on tiettyjen määräysten alainen.

Yhteismetsäkysymys on herättänyt paljon mielenkiintoa, mitä osoittaa yhteismetsiä käsittelevän kirjallisuuden suuri määrä, josta tässä mainittakoon: Saari 1919, Pekkala 1926, Metsäpelto 1928 ja 1940, Helander 1949, Pajakkala 1950, Hooli 1950 ja Klemetti (konekirjoite) 1953 sekä Komiteanmietinnöt 1907 ja 1920.

Aineistotietojen keräys

Tiedot kerättiin kustakin omistajaryhmästä kokonaisuudessaan, sillä tilastollisissa tutkimuksissa yleisesti käytettyä otantamenetelmää ei voitu pitää missään muodossa tällaiseen tarkoitukseen soveltuvana. Tästä syystä tietojen hankkiminen vaati pitkän ajan, usein uudistettuja tiedusteluja sekä toistuneita käyntejä ja selvittelyjä virastoissa ja laitoksissa Helsingissä ja muualla maassa. Tietojen keräys suoritettiin vuosien 1953—54 vaihteeseen kohdistuvana ja myöhempien muutosten selvittämiseksi — milloin hyvin todennäköistä tietoa ei muuten ollut — uudelleen vv. 1957—58 näiden vuosien vaihteeseen kohdistuvana. Keräys selostetaan seuraavassa lyhyesti siinäkin tarkoituksessa, että selostuksesta mahdollisesti voisi olla apua uusissa maanomistussuhteiden selvittelyissä.

Julkisoikeudellinen omistus

Valtio

Valtio a. Tiedot saatiin metsähallituksen arvioimisosastosta ja metsäntutkimuslaitoksen kokeilualueosastosta, molemmista osaksi erikoislaskentojen tuloksena.

Valtio b. Muista valtion virastoista ja laitoksista tietojen keräys oli monesti hyvin vaivalloista, sillä useilla niistä ei ollut mitään selvitystä hallinnassaan olevista maa-alueista. Tietojen hankkimiseen ryhdyttiin niissä kuitenkin auliisti ja apua annettiin yhdistelyihin, sillä yleensä katsottiin tällainen selvitys virastolle tai laitokselle itselleen tarpeelliseksi.

Oikeusministeriön alaisuuteen kuuluvan vankeinhoito-osaston hallinnassa olevista vankilatiloista, jotka käsittävät mm. suurehkoja vankityövoimalla kuivatettavia alueita, tiedot saatiin vankeinhoito-osaston avulla. Sisäasiainministeriön alaisen rajavartiolaitoksen hajanaisesti sijaitsevista tontti- ja kasarmialueista, poliisilaitoksen tonttialueista ja lääkintöhallituksen hallinnassa olevista sairaala-alueista pinta-alatiedot kerättiin näiden kaikkien asiakirjoista ja niihin täydennystä hankkien. Valtiovarainministeriön alaisuuteen kuuluvan tullihallituksen alueet selvitettiin tullihallituksessa.

Puolustusministeriön hallinnassa olevista maista, jotka käsittävät kasarmi-, varikko-, lentokenttä- ja aukeiden harjoitusalueiden ohella huomattavan alan metsiä, saatiin selvitys ministeriön metsätoimiston avulla. Eräitä metsähallituksen puolustusministeriön käyttöön luovuttamia mutta virallisesti metsähallitukselle kuuluvia alueita koskevat pinta-alatiedot verrattiin metsähallituksessa. Opetusministeriön alaisten koulujen ja opistojen tontteja on lukuisia mutta kaikkiaan vähäinen pinta-ala. Laajempien, Helsingin yliopiston hallintaan kuuluvien opetus-, koe- ym. tilojen pinta-alat saatiin selville yliopiston kvestuurin avulla.

Maatalousministeriön alaisista virastoista on maata hallinnassa erikseen käsiteltyjen metsähallituksen ja metsäntutkimuslaitoksen sekä Aso:n lisäksi maataloushallituksella ja maatalouden tutkimuskeskuksella. Maataloushallituksen hallinnassa olevista maa-alueista, jotka käsittävät pääasiallisesti opisto-, koulu- ja havaintotiloja, pinta-alatiedot saatiin maataloushallituksen yleiseltä maatalousosastolta sekä maatalouden tutkimuskeskuksen hallinnassa olevista alueista silloisesta maatalouden koetoiminnan keskusvaliokunnasta.

Kulkulaitosten ja yleisten töiden ministeriön alaisena on maata posti- ja lennätinhallituksen, rautatiehallituksen sekä tie- ja vesirakennushallituksen hallinnassa. Posti- ja lennätinhallituksen lukuisista tonttialueista pinta-alatiedot kerättiin tämän keskusviraston luetteloista. Rautatiehallituksen hallinnassa olevista rautatie- ja tontti- ynnä puistoalueista sekä tiloista saatiin pinta-alatiedot vuoden 1951 loppuun kohdistuneesta omaisuuslaskelmasta ja ne täydennettiin sen jälkeen rakennettujen ratojen osalta rautatiehallituksessa. Tie- ja vesirakennushallituksessa kerättiin sen osastoilla pinta-alatiedot maantiealueista kaupunkien ja kauppaloiden alueilla sijaitsevine jatkoineen, soranottopaikoista ja kanava-alueista ynnä tonttimaista sekä myöhemmin täydennettiin tietoja myös lentokenttien osalta. Maanteiden pinta-ala laskettiin kertomalla niiden pituus keskimääräiseksi leveydeksi arvioidulla 15 metrillä. Kauppa- ja teollisuusministeriön alaisen merenkulkuhallituksen hallinnassa olevat alueet selvitettiin tässä virastossa sekä erikseen Espoon kunnassa sijaitseva pienehkö Otaniemen alue.

Samoin kuin edellä mainituissa virastoissa ja laitoksissa kerättiin tiedot sosiaaliministeriön hallinnassa olevien koulu-, poika- ja vastaanottokotien, nuorisosiirtoloiden, työlaitosten ja erilaisten huoltolaitosten maa-alueista. Alaryhmään valtio b erillisesti luetuista Ahvenanmaan maakunnan hallintaan kuuluvista maista, niihin yhdistäen sikäläisten maanteiden pinta-alat, tiedot saatiin Ahvenanmaan maakuntahallituksesta.

K u n n a t. Kuntien maanomistuksen selvittely muodostui laajimmaksi tehtäväksi. Kaikille maalais-, kaupunki- ja kauppalakunnille lähetettiin tiedustelulomakkeet täyttämisohjeineen. Niihin sisällytettiin pinta-

alatietojen lisäksi alueittaista selvittelyä varten kysymys mahdollisesta omistuksesta vieraan kunnan alueella sekä eräitä metsätaloutta koskevia kysymyksiä ynnä tiedustelu kaupunkien ja kauppaloiden asemakaavoitetun alueen kokonaisalasta ja tämän alueen ulkopuolella mutta kuitenkin oman kunnan alueella olevasta maasta. Monesta kunnasta tiedot saatiin selvinä nopeasti, mutta hyvin paljon oli myös viivytyksiä ja epäselvyyksiä. Lukuisin uudistetuin ja lisätiedusteluin sekä kunnissa asiaa tutkien saatiin tiedot maan kaikista 482:sta maalais-, 35:stä kaupunki- ja 32:sta kauppalakunnasta.

Seurakunnat. Ryhmän pääosan muodostavien evankelisluterilaisten seurakuntien maanomistuksesta tiedot kerättiin metsähallituksen virkatalo- ja yhteisömetsäin hoito-osaston luetteloista. Myös kreikkalaiskatolisten seurakuntien maanomistuksesta saatiin tietoja mainituista luetteloista, mutta niitä oli täydennettävä seurakunnille ja luostareille lähetetyillä tiedustelulomakkeilla. Muiden uskonnollisten seurakuntien vähäisestä maanomistuksesta voitiin saada selvitys vain v. 1950 suoritetun maatalouslaskennan kortistoista.

Yksityisoikeudellinen omistus

Yhtiöt. Kaikkien Suomen Puunjalostusteollisuuden Keskusliittoon kuuluvien yhtiöiden maanomistuksesta saatiin tiedot Keskusliiton toimesta laaditusta tilastosta. Muilta yhtiöiltä tiedot kerättiin tiedustelulomakkeilla ja eräissä tuloksiin vähän vaikuttavissa tapauksissa oli turvauduttava edellisessä mainitun maatalouslaskennan kortistoihin.

Osuuskunnat yms. Tästä monista, yleensä pienistä maa-alayksiköistä koostuvasta ryhmästä maanomistusta koskevat tiedot oli hankittava pääosalta maatalouslaskennan kortistoista. Laskennan jälkeen perustettujen kuntainliittojen sairaaloiden ynnä vanhain- ja kunnalliskotien maa-alueet selvitettiin tiedustelulla. Ryhmään luettujen eräiden Pohjois-Suomen jakokuntien pinta-alatiedot korjattiin käytettävissä olleilla perusteilla. Tarkistuksin voitiin todeta, ettei ryhmässä todennäköisesti muuten ollut tapahtunut sanottavia muutoksia laskentavuoden 1950 jälkeen.

Yksityiset

Varsinaiset yksityiset. Tämän suurimman ryhmän maanomistuksesta ei voitu suorittaa tiedusteluja eikä muitakaan sellaisia selvityksiä, joita edellisessä on esitetty. Ryhmähän käsittää muutamia satoja tuhansia tiloja. Ryhmän maapinta-ala laskettiin samalla tavalla kuin I:ssä ja II:ssa valtakunnan metsien inventoinnissa valtakunnan koko maapinta-alan ja kaikkien muiden omistajaryhmien yhteen lasketun maapinta-alan erona.

A s o n : n hallinnassa olevat tilat ja alueet. Kaikkien tähän ryhmään luettujen tilojen ja alueiden pinta-alatiedot saatiin Aso:n tilastoista ja raivaustoimistosta sekä keräämällä Aso:n arkistosta.

Y h t e i s m e t s i e n pinta-alatiedot saatiin varsinaisista yhteismetsistä ja vanhoista asutusyhteismetsistä metsähallituksen virkatalo- ja yhteisömetsäin osastosta sekä uusista eli maanhankintalain nojalla muodostetuista yhteismetsistä myös Aso:n metsäjaoston asiakirjoista keräämällä. Yhteismetsiä koskevia lukuja verrattiin molemmissa mainituissa virastoissa.

Maanomistussuhteet

Maanomistussuhteet 1950-luvulla

Edellisessä esitetyllä tavalla suoritettujen selvittelyjen perusteella on laadittu taulukko 1, joka osoittaa maanomistuksen jakaantumisen pää- ja alaryhmiin koko maassa sekä kuvasta 2 nähtävän rajan jakamissa maan etelä- ja pohjoispuoliskoissa vuoden 1957 lopussa, vuosien 1957 ja 1958 vaihteessa. Siinä on esitetty pinta-alaluvut sellaisina yksikköön päättyvinä hehtaarilukuina kuin ne on tietojen keräyksistä saatu, vaikka usein kymmen- ja sataluvutkin saattavat olla hetkellisiä ja epätäsmällisiä, jatkuvasti ryhmästä toiseen tapahtuvan siirtymisen ja uusien mittausten johdosta. Lukujen pyöristäminen olisi kuitenkin johtanut pienimmissä ryhmissä haitallisen pyöreisiin lukuihin. Taulukko laadittiin aikaisemmin vuoden 1953 loppuun kohdistuvana, jota ei kuitenkaan julkaista suuren koon takia ja varsinkin kun erot vuosien 1953 ja 1957 taulukoiden lukujen välillä ovat useimmissa kohdissa pieniä. Huomattavista muutoksista mainitaan seuraavassa taulukon tarkastelussa, ja pääomistajaryhmittäin muutokset nähdään jäljempänä taulukosta 3.

Taulukosta 1 havaitaan, että yksityisoikeudellinen omistus käsittää pääosan, kaksi kolmannesta, ja julkisoikeudellinen omistus vain yhden kolmanneksen Suomen maapinta-alasta. Yksityisoikeudellisessa suurryhmässä vuorostaan varsinaiset yksityiset — sellaisina kuin ne aiemmin (s. 13) on selitetty — käsittävät valtaosan ja muista alaryhmistä vain metsäteollisuusyhtiöiden ja Aso:n hallinnassa olevien — asutustoiminnassa ajan mittaan varsinaisiin yksityisiin siirtyvien — tilojen ja alueiden sekä yhteismetsien sadannekset Suomen maapinta-alasta kohoavat yli 1:n. Julkisoikeudellisessa suurryhmässä ovat valtaosana metsähallituksen hallinnassa olevat valtion maat, ja muista ryhmistä ainoastaan kuntien yhteissadannes Suomen maapinta-alasta on yli 1:n. Sellaisetkin hyvin monilukuisia omistuksia käsittävät ryhmät kuin seurakunnat sekä yhteisesti kaikki muut valtion virastot ja laitokset kuin metsähallitus ja metsäntutkimuslaitos jäävät puoleen sadannekseen. Vielä puoleen tästäkin supistui v. 1957 valtion hallinnassa olleiden kaikkiaan 36 188 km pituutta käsittäneiden maanteiden ja rautatiehallituksen hallinnassa olleiden n. 5 000 km pituutta käsittäneiden rautateiden yhteispinta-alat.

Taulukko 1. Koko maapinta-alan jakaantuminen omistajaryhmittäin v. 1957 lopussa.

Verteilung der gesamten Landfläche nach Eigentümergruppen am Ende des Jahres 1957.

Omistajaryhmä *Eigentümergruppe*[1]	Koko Suomi *Ganz Finnland*		Eteläpuolisko *Südhälfte*		Pohjoispuolisko *Nordhälfte*	
	ha — *Ha*	%	ha — *Ha*	%	ha — *Ha*	%
1. Julkisoikeudellinen omistus	9 934 654	32.53	1 422 277	8.84	8 512 377	58.91
1.1 Valtio — *Staat*	9 376 940	30.70	999 744	6.21	8 377 196	57.97
1.11 Valtio a.	9 222 895	30.20	873 628	5.43	8 349 267	57.78
1.111 Metsähallitus	9 105 912	29.82	862 369	5.36	8 243 543	57.05
1.112 Metsäntutkimuslaitos	116 983	0.38	11 259	0.07	105 724	0.73
1.12 Valtio b.	154 045	0.50	126 116	0.78	27 929	0.19
1.121 Oikeusministeriö (vankeinhoito-osasto)	7 276	·	7 276	0.05	—	—
1.122 Sisäasiainministeriö	879	·	736	·	143	·
Poliisilaitos	90	·	75	·	15	·
Rajavartiolaitos	271	·	143	·	128	·
Lääkintöhallitus	518	·	518	·	—	—
1.123 Valtiovarainministeriö (tullihallitus)	111	·	8	·	103	·
1.124 Puolustusministeriö	34 983	0.11	33 268	0.21	1 715	0.01
1.125 Opetusministeriö (Helsingin yliopisto)	1 222	·	1 222	·	—	—
1.126 Maatalousministeriö	15 694	0.05	11 415	0.07	4 279	0.03
Maatalouden tutkimuskeskus	3 005	0.01	1 652	0.01	1 353	0.01
Maataloushallitus	12 689	0.04	9 763	0.06	2 926	0.02
1.127 Kulkulaitosten ja yleisten töiden ministeriö	85 668	0.28	64 276	0.40	21 392	0.15
Posti- ja lennätinhallitus	192	·	172	·	20	·
Rautatiehallitus	24 132	0.08	18 761	0.12	5 371	0.04
Tie- ja vesirakennushallitus	61 344	0.20	45 343	0.28	16 001	0.11
1.128 Kauppa- ja teollisuusministeriö	559	·	524	·	35	·
Merenkulkuhallitus	450	·	415	·	35	·
Otaniemen alue	109	·	109	·	—	—
1.129 Sosiaaliministeriö	4 484	·	4 222	0.03	262	·
1.130 Ahvenanmaan maakunta	3 169	·	3 169	0.02	—	—
1.2 Kunnat — *Gemeinden*	399 346	1.31	303 905	1.89	95 441	0.66
1.21 Maalaiskunnat	279 826	0.92	217 088	1.35	62 738	0.43
1.22 Kaupungit	105 392	0.34	75 492	0.47	29 900	0.21
1.23 Kauppalat	14 128	0.05	11 325	0.07	2 803	0.02

[1]) Die Haupt- und Untergruppen in den Tabellen 1, 2, 4 und 5 sind: 1. Öffentlichrechtlicher Besitz, 1.11 Staat a., 1.111 Forstverwaltung, 1.112 Forstliche Forschungsanstalt; 1.12 Staat b., 1.121 Justizministerium (Gefängnisverwaltung), 1.122 Ministerium des inneren (Polizeianstalt, Grenzwachenanst., Medizinalverwaltung), 1.123 Finanzministerium, 1.124 Verteidigungsministerium, 1.125 Unterrichtsministerium, 1.126 Landwirtschaftsministerium (Landwirtschaftl. Forschungsanstalt, Landwirtschaftsverwaltung), 1.127 Verkehrsministerium (Post- u. Telegraphen-, Eisenbahn-, Weg- u. Wasserbauverwaltung), 1.128 Handels- u. Industrieverwaltung, 1.129 Sozialministerium, 1.130 die Landschaft Åland. 1.21 Landgemeinden, 1.22 Städte, 1.23 Flecken. 1.31 Ewangelisch-lutherische, 1.32 Griechisch-katholische, 1.33 übrige religiöse Gemeinden. 2. Privatrechtlicher Besitz. 2.12 Holzindustriegesellschaften, 2.13 übrige Gesellsch. 2.21 Genossenschaften, 2.22 Vereine, 2.23 übrige Gemeinschaften der Gruppe, 2.31 Eigentliche Private, 2.32 Siedlungsland noch nicht völlig in Privatbesitz, 2.33 Gemeinwälder.

Jatk. taulukkoon 1.

Omistajaryhmä *Eigentümergruppe*	Koko Suomi *Ganz Finnland*		Eteläpuolisko *Südhälfte*		Pohjoispuolisko *Nordhälfte*	
	ha — *Ha*	%	ha — *Ha*	%	ha — *Ha*	%
1.3 Seurakunnat — *Kirche*	158 368	0.52	118 628	0.74	39 740	0.28
1.31 Evankelisluterilaiset	155 412	0.51	115 672	0.72	39 740	0.28
1.32 Kreikkalaiskatoliset	1 310	·	1 310	·	—	—
1.33 Muut uskonnolliset seurakunnat	1 646	·	1 646	0.01	—	—
2. Yksityisoikeudellinen omistus	20 605 346	67.47	14 667 723	91.16	5 937 623	41.09
2.1 Yhtiöt — *Aktiengesellschaften*	1 700 426	5.57	1 343 688	8.35	356 738	2.47
2.12 Metsäteollisuusyhtiöt	1 596 893	5.23	1 258 586	7.82	338 307	2.34
2.13 Muut yhtiöt	103 533	0.34	85 102	0.53	18 431	0.13
2.2 Osuuskunnat yms. — *Genossenschaften u. dgl.*	98 693	0.32	68 817	0.43	29 876	0.21
2.21 Osuuskunnat	30 245	0.10	18 151	0.11	12 094	0.09
2.22 Yhdistykset	32 689	0.11	21 001	0.13	11 688	0.08
2.23 Ryhmän muut yhteisöt	35 759	0.11	29 665	0.19	6 094	0.04
2.3 Yksityiset — *Privat*	18 806 227	61.58	13 255 218	82.38	5 551 009	38.41
2.31 Varsinaiset yksityiset	17 928 093	58.71	12 902 479	80.20	5 025 614	34.78
2.32 Aso:n hallintasop. tilat ym.	531 404	1.74	275 396	1.71	256 008	1.77
2.33 Yhteismetsät	346 730	1.13	77 343	0.48	269 387	1.86
Yhteensä — *Insgesamt*	*30 540 000*	*100.00*	*16 090 000*	*100.00*	*14 450 000*	*100.00*

Taulukon sadannesluvuissa esitetään kaksi desimaalia pientenkin ryhmien sadannesten saamiseksi näkyviin; ne sadannekset, jotka näkyisivät vasta kolmantena desimaalina, on merkitty pisteellä ja ne kohdat, joissa omistusta ei ole, viivalla.

Maan etelä- ja pohjoispuoliskoissa maanomistussuhteet ovat hyvin erilaiset. Eteläpuoliskossa yksityisoikeudellinen omistus käsittää julkisoikeudelliseen verrattuna paljon suuremman osan maapinta-alasta kuin koko Suomessa. Pohjoispuoliskossa asianlaita on päinvastainen. Kaikkien muiden omistajaryhmien paitsi metsähallituksen ja metsäntutkimuslaitoksen sekä aivan pienenä esiintyvän tullihallituksen hallinnassa olevien valtionmaiden ja yhteismetsien pinta-aloista on pääosa maan eteläpuoliskossa. Metsähallituksen hallinnassa olevien valtionmaiden suuri pääosa on aina ollut Pohjois-Suomessa. Metsäntutkimuslaitoksen hallinnassa olevan maapinta-alan suuruus siellä johtuu etenkin sen hallintaan siirrettyjen luonnon- ja kansallispuistojen suurehkosta alasta, yhteismetsien huomattavan suuri pinta-ala taas laajoista valtion maista jaoissa ja asutuksessa muodostetuista suurista yhteismetsäalueista. Omistajaryhmien maiden jakaantuminen etelä- ja pohjoispuoliskoihin nähdään taulukosta vain hehtaarilukuina, sillä sitä osoittavat sadannesluvut eivät ole taulukkoon mahtuneet.

Taulukko 2. Koko maa-alan jakaantuminen omistaja-

Verteilung der gesamten Landfläche in Eigentümergruppen in

Omistajaryhmä *Eigentümergruppe*[1])	Metsänhoitolautakunta —								
	1. Ahvenanmaa	2. Helsingin	3. Lounais-Suomen	4. Satakunnan	5. Uudenmaan-Hämeen	6. Pohjois-Hämeen	7. Itä-Hämeen	8. Etelä-Savon	9. Etelä-Karjalan
	hehtaaria —								
Valtio	3 391	14 247	13 676	70 820	22 569	84 719	26 198	27 573	15 802
Valtio a.		5 070	2 791	50 249	11 994	78 329	21 316	21 319	4 419
Metsähallitus		2 325	2 694	49 054	11 322	76 013	19 547	21 319	4 221
Metsäntutkimuslaitos		2 745	97	1 195	672	2 316	1 769		198
Valtio b.	3 391	9 177	10 885	20 571	10 575	6 390	4 882	6 254	11 383
Oikeusministeriö				2 636	616			28	2 359
Sisäasiainministeriö	5	251	8	6	6	6	5	5	21
Valtiovarainministeriö		5							2
Puolustusministeriö		2 414	3 080	13 570	2 189	477	1 290	869	3 484
Opetusministeriö		1 209	1				12		
Maatalousministeriö		216	2 789	114	1 924	569	323	1 364	936
Kulkulait. ja yl.töiden-ministeriö	147	3 821	4 607	4 200	4 238	5 066	3 252	3 763	4 491
Kauppa- ja teollisuus-ministeriö	70	249	50	45				20	
Sosiaaliministeriö		1 012	350		1 602	272		205	90
Ahvenanmaan maakunta	3 169								
Kunnat	650	24 753	18 797	23 716	15 207	19 750	16 776	16 642	13 585
Maalaiskunnat	385	6 574	12 141	17 842	9 643	12 979	9 140	13 914	9 792
Kaupungit	265	17 778	5 606	5 779	2 874	5 177	7 047	2 272	2 592
Kauppalat		401	1 050	95	2 690	1 594	589	456	1 201
Seurakunnat	3 348	4 936	5 895	4 679	3 270	5 401	4 135	10 040	5 221
Evankelisluterilaiset	3 348	3 346	5 851	4 677	3 269	5 401	4 135	10 040	5 221
Muut uskonnolliset seurakunnat		1 590	44	2	1				
Yhtiöt	234	36 701	13 320	32 318	47 545	78 670	30 414	64 409	97 815
Metsäteollisuusyhtiöt	125	22 912	5 014	28 396	33 394	76 835	25 961	59 156	92 080
Muut yhtiöt	109	13 789	8 306	3 922	14 151	1 835	4 453	5 253	5 735
Osuuskunnat yms.	1 207	5 144	6 157	5 008	5 217	3 420	1 889	3 375	2 813
Yksityiset	139 170	568 219	875 155	890 459	727 192	867 040	742 588	863 961	701 764
Varsinaiset yksityiset	139 170	564 090	857 981	868 422	704 956	849 672	727 011	854 019	691 756
Aso:n hallinnassa		4 110	7 670	17 232	7 300	14 897	8 192	9 273	8 138
Yhteismetsät		19	9 504	4 805	14 936	2 471	7 385	669	1 870
Yhteensä — *Insgesamt*	*148 000*	*654 000*	*933 000*	*1 027 000*	*821 000*	*1 059 000*	*822 000*	*986 000*	*837 000*

[1]) *Sieh Tab. 1.*

ryhmiin metsänhoitolautakuntien toiminta-alueittain v. 1957.
den versch. Gebieten der Bezirksforstkommissionen im J. 1957.

Bezirks—Forstkommission

10. Itä-Savon	11. Pohjois-Karjalan	12. Pohjois-Savon	13. Keski-Suomen	14. Etelä-Pohjanmaan	15. Vaasan	16. Keski-Pohjanmaan	17. Kainuun	18. Pohjois-Pohjanmaan	19. Koillis-Suomen	20. Lapin
Ha										
30 842	324 624	58 579	109 923	49 611	7 922	139 248	878 511	670 524	1 357 628	5 470 533
27 741	316 737	49 934	102 618	43 711	3 112	134 288	872 823	660 883	1 355 065	5 460 496
26 649	315 802	49 934	102 378	43 711	3 112	134 288	872 823	658 599	1 352 016	5 360 105
1 092	935		240					2 284	3 049	100 391
3 101	7 887	8 645	7 305	5 900	4 810	4 960	5 688	9 641	2 563	10 037
		1 637								
24	89	269	5	5	28	3	81	4	23	35
					1					103
163	1 714	735	879	448	467	1 489	413	1 293		9
137	880	416	644	207	652	244	578	1 699	71	1 931
2 777	5 204	5 588	5 281	5 114	3 513	3 214	4 591	6 383	2 469	7 949
					80	10	25			10
			496	126	69			262		
14 942	31 279	27 794	24 004	23 063	15 786	17 161	24 757	43 601	8 154	18 929
13 109	27 885	21 493	20 376	22 546	3 227	16 042	13 379	32 876	7 345	9 138
1 833	2 500	5 509	2 582		12 559	1 119	11 321	10 725		7 854
	894	792	1 046	517			57		809	1 937
5 234	9 869	8 559	13 698	13 745	9 557	11 041	11 022	16 876	746	11 096
4 840	9 075	8 433	13 698	13 745	9 552	11 041	11 022	16 876	746	11 096
394	794	126			5					
76 302	309 545	275 688	221 180	28 048	1 929	29 570	250 335	38 752	24 878	42 773
73 676	305 102	270 220	215 559	22 705	159	27 292	246 240	31 392	24 580	36 095
2 626	4 443	5 468	5 621	5 343	1 770	2 278	4 095	7 360	298	6 678
1 153	3 832	5 432	4 390	7 157	4 366	8 257	5 163	17 399	804	6 510
494 527	1 078 851	1 297 948	1 157 805	1 325 376	636 440	888 723	988 212	1 634 848	1 172 790	1 755 159
488 871	1 044 998	1 247 727	1 096 837	1 299 353	635 287	832 329	929 709	1 549 965	908 319	1 637 621
4 875	27 871	45 354	54 989	19 524	1 153	44 818	52 291	60 433	56 356	86 928
781	5 982	4 867	5 979	6 499		11 576	6 212	24 450	208 115	30 610
623 000	*1 758 000*	*1 674 000*	*1 531 000*	*1 447 000*	*676 000*	*1 094 000*	*2 158 000*	*2 422 000*	*2 565 000*	*7 305 000*

Samoin kuin aiemmin (s. 7 ja 8) esitettiin todellisina pidettävien maanomistussuhteiden ja I:ssä ja II:ssa valtakunnan metsien inventoinnissa linjapituuden jakaantumisen perusteella laskettujen maanomistussuhteiden vertailu tehdään se seuraavassa myös III:n valtakunnan metsien inventoinnin suhteen. Verrattavat luvut olivat aiemmin esitetyllä tavalla suoritetun vuoteen 1953 kohdistuneen omistussuhteiden selvittelyn ja inventoinnin linjapituuden jakaantumisen mukaan (Y. Ilvessalo 1956 s. 38) omistajaryhmien suuruusjärjestyksessä seuraavat:

	yksityiset	valtio	yhtiöt	kunnat	seurakunnat	yhteensä
todelliset	60.9	31.8	5.6	1.2	0.5	100.0 %
inventoinnin mukaan	61.5	31.9	5.5	0.7	0.4	100.0 %

Verrattavien lukujen erot olivat jälleen pienet ja nytkin, ilmeisesti samasta syystä kuin ennen, (vrt. s. 7) kuntien kohdalla suhteellisesti suurimmat.

Kaikkien omistajaryhmien maanomistusten jakaantuminen myös metsänhoitolautakuntien toiminta-alueisiin on laskettu sekä vuoden 1953 että vuoden 1957 loppuun kohdistuvana. Ahvenanmaa on tässä omana alueenaan, vaikka se ei olekaan metsänhoitolautakunnan alue. Taulukoiden suuruuden takia vain v. 1957 pinta-alaa osoittavat luvut esitetään taulukossa 2. Muutokset ovatkin olleet mainittujen vuosien välisenä aikana esim. edellisiin kymmeneen vuoteen verrattuina yleensä pieniä, useissa ryhmissä saatujen tietojen mukaan niin vähäisiä ettei uutta laskentaa ole pidetty tarpeellisena. Suuria muutoksia on tapahtunut pääasiallisesti vain metsähallituksen hallinnassa olevissa valtion maissa, niiden vähenemisenä erityisesti Pohjois-Suomessa vuoden 1953 jälkeisenä aikana edelleen suurimittaisena jatkuneen asutustoiminnan johdosta (vrt. s. 8). Muidenkin omistajaryhmien maita siirtyi vielä jonkin verran asutuksen johdosta yksityisten ryhmään, mutta esiintyi myös tälle vastapainoksi maanostoa.

Omistajaryhmien maapinta-alojen jakaantuminen metsänhoitolautakuntien toiminta-alueisiin on selvitetty siten, että ensiksi on saatu tai laskettu pinta-alat kussakin pitäjässä ja sitten yhdistetty pitäjien pinta-alaluvut lautakuntien alueittain. Eräiden aivan pienten valtion maan ryhmien etenkin maanteiden ja rautateiden jakamisessa mainittuihin alueisiin oli vaikeuksia ja jäi jonkin verran epävarmuutta. Samoin sitä esiintyi Aso:n hallinnassa väliaikaisesti olevien tilojen ja alueiden jakamisessa. Useilla kunnilla on maata vieraan kunnan alueella. Nämä maat on luettu tässä taulukossa sen metsänhoitolautakunnan toiminta-alueeseen, jossa ne sijaitsevat. Kunnan tiet kaikkiaan n. 15 000 km, on luettu kunnan omistukseen. Kylätiet, jotka ovat yksityisten hoidettavia ja käsittävät yhteensä n. 15 000 km, on yhdistetty yksityisten ryhmään.

Maanomistussuhteiden selvittelyssä suurimman työn aiheuttanut kuntien maanomistus esitettiin vv. 1936—38 inventoinnin yhteydessä vuosien 1937—38 vaihteeseen kohdistuneena erikoisjulkaisuissa (vrt. s. 8) monipuolisesti kunnittain. Vuoden 1957 loppuun mennessä mainitusta ajankohdasta oli kulunut 20 vuotta ja huomattaviakin muutoksia oli tapahtunut tänä aikana. Nyt kerätyn aineiston perusteella tehtiin vastaavanlaisia taulukoita, ensiksi vuoden 1953 ja sitten uudelleen vuoden 1957 loppuun kohdistuneina. Kaikkien näiden taulukoiden sisällyttäminen tähän julkaisuun ei ole ollut mahdollista. Kuitenkin on liitetty tutkimuksen loppuun suppeaan muotoon laaditut taulukot 13, 14, ja 15, joista nähdään kaupunkien, kauppaloiden ja maalaiskuntien maan- ja myös metsänomistus vuoden 1957 lopussa.

Kaupunkien ja kauppaloiden maanomistusta niiden asemakaava-alueiden sisällä, missä tonttialueita kuuluu muillekin omistajaryhmille, ei voitu selvittää vuoteen 1937 kohdistuneissa tutkimuksissa (vrt. Linnamies ja Rautvuori 1941 s. 13). Tämä on kohdannut myös nyt suoritetussa uudessa tutkimuksessa vaikeuksia useiden kaupunkien ja kauppaloiden kohdalla, mutta kysymys on kuitenkin saatu tyydyttävästi selvitetyksi ja taulukoissa 1 ja 2 sisältyvät kaupunkien ja kauppaloiden omistamiin pinta-aloihin vain niille asemakaava-alueesta kuuluvat osat. Kaupunkien asemakaava-alueiden yhteispinta-ala on 35 768 ha ja kauppaloiden 16 733 ha. Taulukoissa 13 ja 14, joissa kaikki kaupungit ja kauppalat esiintyvät erikseen, on vertailukelpoisuuden saavuttamiseksi vuoden 1937 lukuihin sisällytetty kaikkiin pinta-aloihin vain asemakaava-alueen ulkopuolella oleva maa. Maalaiskuntien laajaan taulukkoon 15 ei ole otettu vuoden 1937 lukuja, sillä tällainen lisäys olisi laajentanut taulukon vielä kaksinkertaiseksi. Pinta-alan vertailuja voidaan tehdä tämän taulukon ja vastaavan varhemman taulukon (Linnamies 1939) perusteella.

Maanomistussuhteiden kehitys 1920—1950-luvuilla

Sen johdosta, että maanomistussuhteiden selvitys 1920-luvulla supistui pääomistajaryhmiin ja myös 1930-luvulla pääasiallisesti niihin, voidaan maanomistussuhteiden kehitystä tarkastella vain näihin ryhmiin rajoitettuna. Sitä valaisee taulukko 3. Taulukossa vuoden 1922 kokonaispinta-alasta vuoden 1938 pinta-alaan nähtävä lisäys aiheutui maanmittaushallituksen 1930-luvun alussa suorittamasta uudesta Suomen pinta-alan laskennasta (vrt. Y. Ilvessalo 1942 s. 56). Vuoden 1944 pinta-alassa Porkkalan alue ei ole mukana, mutta vuoden 1953 pinta-alassa se takaisin luovutettuna on. Vuoden 1944 omistajaryhmittäisissä pinta-alaluvuissa ei ole vielä otettu huomioon talvisodan jälkeen toimeenpannun pika-asutuk-

Taulukko 3. Maa-alan pääomistajaryhmittäisen jakaantumisen kehitys 1920—1950-luvuilla.

Entwicklung der Verteilung der Landfläche nach Eigentümergruppen in den 1920—1950ern Jahren.

Omistajaryhmä *Eigentümergruppe*	Vuonna — *Im Jahre*				
	1922	1938	1944	1953	1957
	1 000 ha — % — *1 000 Ha* — %				
1. Koko Suomi — *Ganz Finnland*					
Valtio — *Staat*	13 635 39.7	13 000 37.3	10 718 35.1	9 700 31.8	9 377 30.7
Kunnat — *Gemeinden*	266 0.8	485 1.4	440 1.4	372 1.2	399 1.3
Seurakunnat — *Kirche*	334 1.0	296 0.8	260 0.9	158 0.5	158 0.5
Yhtiöt — *Aktiengesellschaften*	2 217 6.4	2 212 6.4	1 945 6.4	1 700 5.6	1 700 5.6
Yksityiset — *Privat*	17 908 52.1	18 857 54.1	17 139 56.2	18 610 60.9	18 906 61.9
Koko maapinta-ala *Die gesamte Landfläche*	34 360 *100.0*	34 850 *100.0*	30 502 [1] *100.0*	30 540 [2] *100.0*	30 540 *100.0*
2. Maan eteläpuolisko — *Südhälfte Finnlands*					
Valtio	n. 1 994 11.0	1 978 10.6	1 460 9.1	1 051 6.5	1 000 6.2
Kunnat	n. 216 1.2	388 2.1	344 2.1	286 1.8	304 1.9
Seurakunnat	n. 284 1.6	240 1.3	205 1.3	118 0.7	118 0.7
Yhtiöt	n. 1 860 10.3	1 838 9.9	1 581 9.8	1 344 8.4	1 344 8.4
Yksityiset	n. 13 706 75.9	14 142 76.1	12 462 77.7	13 291 82.6	13 324 82.8
Koko maapinta-ala	18 060 *100.0*	18 586 *100.0*	16 052 [1] *100.0*	16 090 [2] *100.0*	16 090 *100.0*
3. Maan pohjoispuolisko — *Nordhälfte Finnlands*					
Valtio	n. 11 641 71.4	11 022 67.8	9 258 64.0	8 649 59.8	8 377 58.0
Kunnat	n. 50 0.3	97 0.6	96 0.7	86 0.6	95 0.6
Seurakunnat	n. 50 0.3	56 0.3	55 0.4	40 0.3	40 0.3
Yhtiöt	n. 357 2.2	374 2.3	364 2.5	356 2.5	356 2.5
Yksityiset	n. 4 202 25.8	4 715 29.0	4 677 32.4	5 319 36.8	5 582 38.6
Koko maapinta-ala	16 300 *100.0*	16 264 *100.0*	14 450 *100.0*	14 450 *100.0*	14 450 *100.0*

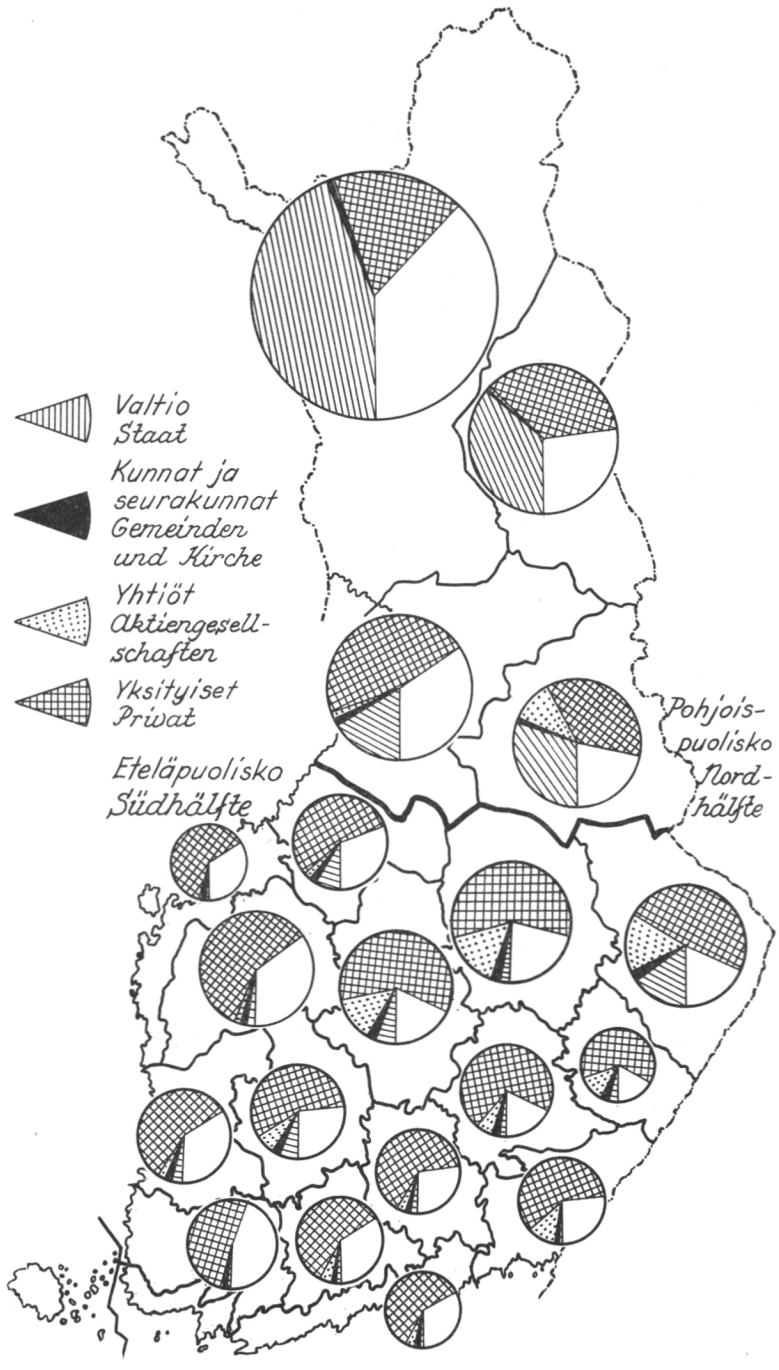
[1]) Porkkalan alue ei ole mukana.
[2]) Porkkalan alue on mukana.

sen aiheuttamia muutoksia, vaan sen kesken jäämisen takia vasta myöhemmissä luvuissa. Taulukossa ryhmä valtio käsittää kaikki valtion maat, kunnat kaikkien kuntamuotojen, seurakunnat kaikkien seurakuntien ynnä luostareiden ja yhtiöt kaikkien yhtiöiden maat, todennäköisesti jonkin verran vähäisiä tai vähäisehköjä maatalousperheyhtiöitä lukuun ottamatta. Yksityisten ryhmään on yhdistetty viimeksi mainitut yhtiöt ynnä ryhmän osuuskunnat yms. ja tässäkin Aso:n hallinnassa olleet, ajan mittaan yksityisomistukseen siirtyvät maat sekä edelleen yhteismetsät. Vielä on mainittava, että vuoden 1922 kokonaispinta-alojen jakaminen etelä- ja pohjoispuoliskoon tässä käytetyn rajan mukaisesti on jonkin verran epävarma, sillä alkuperäinen jako on tehty silloisessa valtakunnan metsien inventoinnissa vain päävesistöalueiden perusteella, sen johdosta ettei metsänhoitolautakuntia silloin vielä ollut.

V a l t i o n maanomistus on jatkuvasti vähentynyt koko maassa ja samoin sekä maan etelä- että pohjoispuoliskossa. Vähenemistä, jonka syistä on mainittu aiemmin (s. 27), on tapahtunut suuressa mittakaavassa metsähallituksen hallinnassa olevissa valtionmaissa. Niiden pinta-ala oli 1900-luvun alussa 12 943 944 ha ja v. 1910 12 279 077 ha sekä edelleen vuoden 1931 lopussa, Tarton rauhassa v. 1920 Suomen valtiolle luovutettujen alueiden ollessa miltei kokonaisuudessaan metsähallituksen hallinnassa, 13 294 227 ha. Se väheni asutukseen ja muihin tarkoituksiin tapahtuneiden maan luovutusten johdosta viimeksi mainitusta vuoden 1939 alkuun 12 634 436 hehtaariin. Moskovan rauhan jälkeen v. 1944 se käsitti alueidenluovutuksen pienentämänä 10 252 344 ha ja siitä lähtien pääasiallisesti asutustoiminnan paljon pienentämänä vv. 1957—58 vaihteessa 9 105 912 ha. Tästä alasta oli metsähallinnon taloustoiminnan piirissä 6 271 925 ha ja metsähallinnon pinta-alaluettelossa mutta useista syistä — luonnon- ja kansallispuistoina, suojametsäalueena, puisto- yms. metsinä, asutustoimintaan varattuna jne. — metsähallinnon taloustoiminnan ulkopuolella 2 833 987 ha (Metsähallitus. Arvioimisosasto 1958).

Muiden valtion maiden vähenemistä on tapahtunut pääasiallisesti metsäntutkimuslaitoksen osalla. Se menetti sodan jälkeisessä alueidenluovutuksessa ja asutustoiminnassa v. 1938 kokeilualueina sekä luonnon- ja kansallispuistoina hallinnassaan olleesta 195 150 ha:n suuruisesta maapinta-alasta, joka v. 1940 oli lisääntynyt kahdella pohjoisella kokeilualueella 13 219 ha, n. 97 200 ha. V. 1957 laitoksen hallinnassa oli, eräs v. 1944 pohjoisessa tapahtunut lisäys huomioon otettuna 116 983 ha, josta kokeilualueita 55 859 ha sekä luonnon- ja kansallispuistoja ja rauhoitusalueita 61 124 ha.

K u n t i e n maanomistus suureni voimakkaasti 1920- ja 1930-luvuilla. Sodan jälkeinen alueidenluovutus ja asutustoiminta aiheuttivat vähenemistä, mutta viime vuosina pinta-alaluku on suurentunut osaksi maan-



Kuva 1. Maapinta-alan (koko ympyrä) jakaantuminen metsämaan (varjostetut osat yhteisesti) ja muun maan (varjostamaton osa) kesken sekä metsämaan jakaantuminen pääomistajaryhmien kesken metsänhoitolautakuntien toiminta-alueissa vuoden 1957 lopussa. — *Verteilung der Landfläche (der ganze Kreis) zwischen Waldboden (beschattete Teile insgesamt) und übrigem Boden (unbeschatteter Teil) samt Verteilung der Waldfläche nach Eigentümergruppen in den Tätigkeitsbereichen der versch. Bezirks-Forstkommissionen im Jahr 1957.*

ostojen ja osaksi uusien, entistä tarkempien mittausten johdosta. Muutokset ovat tapahtuneet pääasiallisesti maan eteläpuoliskossa, jossa valtaosa kuntien maanomistuksesta on.

Maalaiskuntien omistaman maapinta-alan oltua kuluvan vuosisadan alussa 58 554 ha ja v. 1917 138 816 ha (Pekkala 1928) se kohosi vuoteen 1927 n. 252 000 hehtaariin (Boman-Puumanen 1928) ja vuosien 1937—38 vaihteeseen, ilman kunnanteitä, 365 551 hehtaariin (Linnamies 1939). Vv. 1953—54 vaihteessa pinta-ala kunnanteineen oli tässä tutkimuksessa esitetyn selvittelyn mukaan, erityisesti alueidenluovutuksen ja asutuksen aiheuttaman vähennyksen jälkeen 261 998 ha sekä v. 1957 lopussa jälleen uuden selvittelyn tuloksena 279 826 ha. Kaupunkien asemakaavoitettujen alueidensa ulkopuolella omistama maapinta-ala oli v. 1915 todennäköisesti 92 179 ha (Linnamies ja Rautvuori 1941 s. 15) ja v. 1937 111 091 ha (sama julk. s. 16). V. 1953 se oli Viipurin, Sortavalan ja Käkisalmen menetyksen sekä sodan jälkeisen asutustoiminnan pienentämänä 86 344 ha sekä v. 1957 maanostojen ja uusien mittausten jälleen suurentamana 88 210 ha (asemakaava-alue huomioon otettuna 105 392 ha). Kauppalat ovat maanomistajina pieni alaryhmä, jonka asemakaava-alueiden ulkopuolinen maapinta-ala ensi kerran v. 1937 laskettuna oli 7 822 ha (Rautvuori 1941) sekä, eräiden kauppaloiden jäätyä luovutetulle alueelle ja eräiden uusien tultua perustetuksi, v. 1953 8 159 ha ja siitä lisääntyneenä v. 1957 10 672 ha (asemakaava-alue huomioon otettuna 14 128 ha), johon mennessä jälleen kaksi uutta kauppalaa oli perustettu.

Seurakuntien maanomistuksesta sisältyi tietoja metsähallituksen kertomuksiin jo viime vuosisadan puolella, mutta vain niiltä osilta joille oli laadittu metsätaloussuunnitelmat. V. 1901 mainitaan kokonaispinta-alaksi 346 360 ha (Vennola 1917 s. 243). Sen jälkeiset todennäköisesti oikeat luvut ovat taulukossa 3. Seurakuntien maanomistus on pienentynyt kaikkiin muihin omistajaryhmiin verrattuna suhteellisesti eniten, vuodesta 1938 vuoteen 1957 n. puoleen, ensiksi alueidenluovutuksesta mutta sitten kaksin verroin enemmän sodan jälkeisestä asutustoiminnasta johtuen.

Yhtiöiden maanomistus suureni vuosina 1910—14 2 157 600 hehtaariksi lasketusta pinta-alastaan 2 380 000 hehtaariin v. 1937, josta varsinaisesti puunjalostusteollisuutta ja puutavarakauppaa harjoittavien yhtiöiden hallussa oli 2 260 000 ha (Harve 1947). Alueidenluovutuksesta johtuen tapahtui v. 1944 huomattava vähennys ja likimäärin saman suuruinen vähennys uudelleen sodan jälkeisen asutustoiminnan aiheuttamana.

Yksityisten suuri ryhmä, josta alaryhmä varsinaiset yksityiset v. 1957 käsitti 95.3 %, oli jo v. 1922 vähän yli puolet Suomen maapinta-alasta ja sen jälkeen ryhmän osa on jatkuvasti kasvanut. Pinta-alassa

tapahtui kylläkin hyvin huomattava vähennys alueidenluovutuksessa v. 1944, mutta asutustoiminta ja uusien yhteismetsien perustaminen ovat vuoteen 1957 mennessä jälleen suurentaneet pinta-alan vähän yli vuoden 1938 määrän. On hyvin huomattavaa, että ryhmä käsittää maan eteläpuoliskon maapinta-alasta niin suuren valtaosan kuin 82.8 % ja että sen osa pohjoispuoliskossakin on noussut 25.8 %:sta v. 1922 38.6 %:een v. 1957.

Metsänomistussuhteet

Metsänomistussuhteet 1950-luvulla

Vuosiin 1953 ja 1957 kohdistuneissa tutkimuksissa kaikki tiedot maapinta-aloista koetettiin saada maankäyttölajeittain. Yleisesti tässä onnistuttiin ja pääasiallisesti vain joidenkin pieninten ryhmien kohdalla jäi epävarmuutta sen johdosta, että metsämaa ja joutomaa tai joutomaa ja muu maa oli niissä luettu yhteen sekä jossakin tapauksessa erotettu erikseen maatalouskelpoinen maa. Metsämaan ja joutomaan raja vaihtelee pinta-alojen selvittelyissä huomattavasti. Valtakunnan metsien inventoinneissa ns. huonokasvuista metsämaata nähtävästi on luettu pitemmälti joutomaihin päin metsämaahan kuin varsinkin viimeaikaisissa metsämaiden veroluokituksissa. Näissä heikoimmat huonokasvuiset metsämaat, jotka aiemmin metsäverotuksessa luettiin V:een veroluokkaan, on luettu valtiovarainministeriön v. 1954 antamien uusien veroluokitusohjeiden mukaan joutomaaksi. Tällainen siirto tuntunee enimmin valtionmetsissä, joissa huonokasvuista metsämaata on etenkin maan pohjoispuoliskon vaikutuksesta suhteellisesti paljon enemmän kuin muiden omistajaryhmien metsissä (vrt. Y. Ilvessalo 1956 s. 40).

Kaikkien omistajaryhmien metsäpinta-alat nähdään taulukosta 4, jonka rakenne on samanlainen kuin vastaavan koko maapinta-alaan kohdistuvan taulukon 1. Taulukon suhteen on tehtävä samat huomautukset kuin taulukkoon 1 sen tarkastelun alussa (s. 19).

Samoin kuin yksityisoikeudellinen omistus käsittää pääosan koko maapinta-alasta se käsittää pääosan, kaksi kolmannesta, myös metsäpinta-alasta, ja vain yksi kolmannes jää julkisoikeudellisen omistuksen osalle. Yksityisoikeudellisessa suurryhmässä varsinaiset yksityiset on jälleen valtaryhmä. Sen korkean sadanneksen rinnalla vain metsäteollisuuden, Aso:n ja yhteismetsien alaryhmien sadannekset kohoavat yli 1:n. Julkisoikeudellisessa suurryhmässä ovat metsäpinta-alankin suhteen luonnollisesti valtaosana metsähallituksen hallinnassa olevat valtionmaat ja muista ryhmistä ainoastaan kuntien yhteissadannes Suomen metsäpinta-alasta on yli 1:n.

Taulukko 4. Metsäpinta-alan jakaantuminen omistajaryhmittäin v. 1957 lopussa.

Verteilung der Waldfläche nach Eigentümergruppen am Ende des Jahres 1957.

Omistajaryhmä *Eigentümergruppe*[1]	Koko Suomi *Ganz Finnland*		Eteläpuolisko *Südhälfte*		Pohjoispuolisko *Nordhälfte*	
	ha — *Ha*	%	ha — *Ha*	%	ha — *Ha*	%
1. Julkisoikeudellinen omistus	6 381 808	29.92	1 075 577	9.24	5 306 231	54.78
1.1 Valtio	5 962 650	27.96	755 073	6.48	5 207 577	53.76
1.11 Valtio a.	5 923 016	27.77	720 012	6.18	5 203 004	53.72
1.111 Metsähallitus	5 846 890	27.41	709 860	6.09	5 137 030	53.04
1.112 Metsäntutkimuslaitos	76 126	0.36	10 152	0.09	65 974	0.68
1.12 Valtio b.	39 634	0.19	35 061	0.30	4 573	0.05
1.121 Oikeusministeriö (vankeinhoito-osasto)	795	·	795	0.01	—	
1.122 Sisäasiainministeriö	383	·	383	·	—	
Poliisilaitos	—		—		—	
Rajavartiolaitos	—		—		—	
Lääkintöhallitus	383	·	383	·	—	
1.123 Valtiovarainministeriö (tullihallitus)	—		—		—	
1.124 Puolustusministeriö	21 704	0.10	20 747	0.18	957	0.01
1.125 Opetusministeriö (Helsingin yliopisto)	621	·	621	0.01	—	
1.126 Maatalousministeriö	10 546	0.05	7 395	0.06	3 151	0.03
Maatalouden tutkimuskeskus	1 783	0.01	890	0.01	893	0.01
Maataloushallitus	8 763	0.04	6 505	0.05	2 258	0.02
1.127 Kulkulaitosten ja yleisten töiden ministeriö	709	·	444	·	265	·
Posti- ja lennätinhallitus	—		—		—	
Rautatiehallitus	709	·	444	·	265	·
Tie- ja vesirakennushallitus	—		—		—	
1.128 Kauppa- ja teollisuusministeriö	77	·	77	·	—	
Merenkulkuhallitus	—		—		—	
Otaniemen alue	77	·	77	·	—	
1.129 Sosiaaliministeriö	2 795	0.01	2 595	0.02	200	·
1.130 Ahvenanmaan maakunta	2 004	0.01	2 004	0.02	—	
1.2 Kunnat	288 591	1.35	223 197	1.92	65 394	0.68
1.21 Maalaiskunnat	211 233	0.99	168 852	1.45	42 381	0.44
1.22 Kaupungit	68 781	0.32	47 807	0.41	20 974	0.22
1.23 Kauppalat	8 577	0.04	6 538	0.06	2 039	0.02
1.3 Seurakunnat	130 567	0.61	97 307	0.84	33 260	0.34
1.31 Evankelisluterilaiset	127 909	0.60	94 649	0.81	33 260	0.34
1.32 Kreikkalaiskatoliset	1 110	·	1 110	0.01	—	
1.33 Muut uskonnolliset seurakunnat	1 548	0.01	1 548	0.02	—	
2. Yksityisoikeudellinen omistus	14 948 192	70.08	10 568 423	90.76	4 379 769	45.22
2.1 Yhtiöt	1 519 609	7.12	1 221 682	10.49	297 927	3.08
2.12 Metsäteollisuusyhtiöt	1 443 138	6.76	1 156 928	9.93	286 210	2.96
2.13 Muut yhtiöt	76 471	0.36	64 754	0.56	11 717	0.12

[1]) *Sieh Tab. 1.*

Jatk. taulukkoon 4.

Omistajaryhmä *Eigentümergruppe*[1])	Koko Suomi *Ganz Finnland*		Eteläpuolisko *Südhälfte*		Pohjoispuolisko *Nordhälfte*	
	ha — *Ha*	%	ha — *Ha*	%	ha — *Ha*	%
2.2 Osuuskunnat yms....	62 645	0.29	45 018	0.39	17 627	0.18
2.21 Osuuskunnat	22 569	0.11	13 700	0.12	8 869	0.09
2.22 Yhdistykset	22 394	0.10	15 129	0.13	7 265	0.07
2.23 Ryhmän muut yhteisöt....	17 682	0.08	16 189	0.14	1 493	0.02
2.3 Yksityiset	13 365 938	62.67	9 301 723	79.88	4 064 215	41.96
2.31 Varsinaiset yksityiset.....	12 702 908	59.56	9 018 910	77.45	3 683 998	38.03
2.32 Aso:n hallintasop. tilat ym.	399 426	1.87	215 827	1.85	183 599	1.90
2.33 Yhteismetsät	263 604	1.24	66 986	0.58	196 618	2.03
Yhteensä — *Insgesamt*	*21 330 000*	*100.0*	*11 644 000*	*100.0*	*9 686 000*	*100.0*

[1]) *Sieh Tab. 1.*

Taulukon luvut on esitetty pinta-alatietojen keräyksestä saatuina yksiköilleen, vaikka usein kymmen- ja sataluvutkin voivat olla epävarmoja. Ryhmän »varsinaiset yksityiset» luvut on saatu vähentämällä koko metsäpinta-aloista kaikkien muiden omistajaryhmien yhteissummat.

Mainittakoon vertauksen vuoksi metsänomistussuhteet kaikissa pohjoismaissa sellaisina ryhminä ja sadanneksina kuin tiedot ovat käytettävissä (Skogsbruket i Norden 1958 s. 4 ja Nordiska Skogsunionen 1958 s. 259):

	Suomi	Ruotsi	Norja	Tanska
ryhmä valtio	29	18	13	28
muut yleiset (muut julkisoikeudelliset)	2	7	6	4
yhtiöt	7	25	9	68
yksityiset	62	50	72	
yhteensä	100	100	100	100

Kaikissa pohjoismaissa yksityiset ovat suurena pääryhmänä, mutta muiden omistajaryhmien suhteen esiintyy paljonkin eroavuutta. Huomattava on etenkin valtion pienempi sadannes läntisissä naapurimaissa ja yhtiöiden suuri sadannes Ruotsissa.

Metsänomistussuhteet ovat samoin kuin maanomistussuhteet hyvin erilaiset Suomen etelä- ja pohjoispuoliskoissa. Yksityisoikeudellinen omistus käsittää metsäpinta-alasta eteläpuoliskossa paljon suuremman ja pohjoispuoliskossa taas pienemmän osan kuin koko Suomessa. Kaikkien muiden omistajaryhmien paitsi metsähallituksen ja metsäntutkimuslaitoksen sekä yhteismetsien metsäpinta-alan pääosa on maan eteläpuoliskossa. Tähän sopii sama selitys kuin aiemmin (s. 21) koko maapinta-alan suhteen.

Taulukko 5. Koko metsäpinta-alan jakaantuminen omistaja-

Verteilung der gesamten Waldfläche in Eigentümergruppen in den

Omistajaryhmä *Eigentümergruppe*[1])	Metsänhoitolautakunta —								
	1. Ahvenanmaa	2. Helsingin	3. Lounais-Suomen	4. Satakunnan	5. Uudenmaan-Hämeen	6. Pohjois-Hämeen	7. Itä-Hämeen	8. Etelä-Savon	9. Etelä-Karjalan
	hehtaaria —								
Valtio	2 004	7 417	4 960	36 837	14 732	70 487	21 885	21 992	6 759
Valtio a.		4 490	1 547	28 156	10 571	69 750	20 776	20 264	3 871
Metsähallitus		1 920	1 467	27 499	9 941	67 500	19 027	20 264	3 788
Metsäntutkimuslaitos		2 570	80	657	630	2 250	1 749		83
Valtio b.	2 004	2 927	3 413	8 681	4 161	737	1 109	1 728	2 888
Oikeusministeriö					75				40
Sisäasiainministeriö		218							
Valtiovarainministeriö									
Puolustusministeriö		1 387	1 604	8 603	1 694	207	921	490	2 310
Opetusministeriö		614	1				6		
Maatalousministeriö		87	1 574	78	1 252	351	164	1 019	482
Kulkulait. ja yl.töiden-ministeriö			10		44	44	18	50	25
Kauppa- ja teollisuus-ministeriö		77							
Sosiaaliministeriö		544	224		1 096	135		169	31
Ahvenanmaan maakunta	2 004								
Kunnat	138	14 281	11 742	15 705	10 121	14 123	13 513	13 468	9 685
Maalaiskunnat	65	4 704	8 478	12 797	6 856	10 532	7 521	11 609	7 905
Kaupungit	73	9 362	2 857	2 867	2 054	2 497	5 597	1 559	1 264
Kauppalat		215	407	41	1 211	1 094	395	300	516
Seurakunnat	2 648	3 984	3 761	3 395	2 382	4 457	3 369	8 382	4 055
Evankelisluterilaiset	2 648	2 446	3 751	3 395	2 382	4 457	3 369	8 382	4 055
Muut uskonnolliset seurakunnat		1 538	10						
Yhtiöt	131	28 608	9 482	25 637	40 461	73 404	28 316	62 475	91 043
Metsäteollisuusyhtiöt	81	18 730	4 686	24 160	29 089	72 142	24 318	57 877	86 954
Muut yhtiöt	50	9 878	4 796	1 477	11 372	1 262	3 998	4 598	4 089
Osuuskunnat yms.	399	3 659	4 520	2 181	3 104	2 420	1 242	2 113	1 548
Yksityiset	92 000	379 041	470 567	583 225	469 668	607 039	523 600	696 146	498 917
Varsinaiset yksityiset	92 000	377 000	459 000	567 000	450 990	594 000	511 000	688 000	491 000
Aso:n hallinnassa		2 027	4 209	12 067	4 296	10 634	5 343	7 496	6 104
Yhteismetsät		14	7 358	4 158	14 382	2 405	7 257	650	1 813
Yhteensä — *Insgesamt*	*97 000*	*437 000*	*505 000*	*667 000*	*541 000*	*772 000*	*592 000*	*804 000*	*612 000*

[1]) *Sieh Tab. 1.*

ryhmiin metsänhoitolautakuntien toiminta-alueittain v. 1957.
versch. Gebieten der Bezirksforstkommissionen im J. 1957.

Bezirks—Forstkommission

10. Itä-Savon	11. Pohjois-Karjalan	12. Pohjois-Savon	13. Keski-Suomen	14. Etelä-Pohjanmaan	15. Vaasan	16. Keski-Pohjanmaan	17. Kainuun	18. Pohjois-Pohjanmaan	19. Koillis-Suomen	20. Lapin
Ha										
27 442	275 763	43 694	90 761	29 921	3 607	96 812	656 289	404 667	937 667	3 208 954
27 166	273 629	42 168	89 381	29 592	2 769	95 882	655 453	402 613	937 612	3 207 326
26 165	272 726	42 168	89 152	29 592	2 769	95 882	655 453	400 872	935 677	3 145 028
1 001	903		229					1 741	1 935	62 298
276	2 134	1 526	1 380	329	838	930	836	2 054	55	1 628
		680								
		159			6					
98	1 417	440	499	176	224	677	261	696		
107	701	219	527	95	533	206	477	1 096	47	1 531
71	16	28	8	34	49	47	98	62	8	97
			346	24	26			200		
12 984	25 315	22 090	19 897	16 224	11 105	12 806	19 238	28 765	5 044	12 347
11 384	22 876	17 189	16 980	15 817	2 239	11 900	9 939	22 176	4 575	5 691
1 600	1 765	4 482	2 058		8 866	906	9 249	6 589		5 136
	674	419	859	407			50		469	1 520
4 277	8 670	7 427	11 948	10 912	8 469	9 171	9 682	13 440	630	9 508
3 950	7 985	7 329	11 948	10 912	8 469	9 171	9 682	13 440	630	9 508
327	685	98								
74 466	272 977	260 795	205 001	21 826	1 652	25 408	229 482	26 331	16 095	26 019
72 037	269 422	255 624	199 894	18 192	95	23 627	225 799	21 787	15 899	22 725
2 429	3 555	5 171	5 107	3 634	1 557	1 781	3 683	4 544	196	3 294
964	2 489	3 407	3 390	5 878	2 593	5 111	3 637	10 770	214	3 006
395 548	840 905	970 758	916 785	837 261	416 780	603 483	774 840	1 101 062	910 155	1 278 160
391 000	812 430	928 000	865 920	816 740	416 000	558 830	730 000	1 043 000	719 000	1 195 000
3 784	22 998	38 724	45 443	15 838	780	36 084	40 123	42 026	40 543	60 907
764	5 477	4 034	5 422	4 683		8 569	4 717	16 036	150 612	25 253
516 000	*1 426 000*	*1 308 000*	*1 248 000*	*922 000*	*444 000*	*753 000*	*1 693 000*	*1 585 000*	*1 870 000*	*4 538 000*

Metsänhoitolautakuntien toiminnan kannalta voitaneen pitää merkityksekkäänä taulukkoa 5, jossa esitetään kaikkien omistajaryhmien metsäpinta-alat metsänhoitolautakuntien toiminta-alueittain sellaisina kuin ne on voitu saada kerättyjen tietojen perusteella ja sillä tavalla laskettuina kuin ss. 24 ja 31 on mainittu. Tämäkin taulukko on laadittu vuosien 1953 ja 1957 loppuun kohdistuvasti, mutta taulukon suuren koon ja useimmissa omistajaryhmissä tapahtuneiden muutosten pienuuden takia esitetään taulukoista vain uudempi. Suurta muutosta mainittuna väliaikana on tapahtunut pääasiallisesti vain metsähallituksen hallinnassa olevien valtionmaiden metsäpinta-alassa. Se on pienentynyt lähinnä Pohjois-Suomessa vuoden 1953 jälkeen edelleen laajassa mitassa jatkuneen asutustoiminnan johdosta. Huomattava on, että se metsähallituksen pinta-alatilastossa on aiemmin (s. 31) mainitusta syystä sekä sen johdosta, että uudet luonnon- ja kansallispuistot, koeviljelystilat ja vuokra-alueet on viety ryhmään »muuta maata» (L i n n a m i e s 1959, s. 25), pienempi kuin valtakunnan metsien inventoinnissa, jonka vuoksi tällainen pienemmyys esiintyy myös taulukossa.

Aiemmin mainittuihin tämän tutkimuksen loppuun liitettyihin k u n t i e n erikoistaulukkoihin on sisällytetty myös metsäpinta-aloja osoittavat luvut sellaisina kuin ne kuntien maan- ja metsänomistusta koskevan tiedustelun perusteella saatiin. Kuntien keskinäinen vertailu sekä kaupunkien ja kauppaloiden metsäaloissa 20-vuotiskautena 1937—57 tapahtuneiden muutosten tarkastelu sivuutetaan sen johdosta, että se tässä julkaisussa muodostuisi kokonaisuutta haittaavaksi vähäisehköjen yksityiskohtien selvittelyksi.

Metsänomistussuhteiden kehitys 1920—1950-luvuilla

Metsänomistussuhteiden kehitystä 1920—1950-luvuilla valaisee taulukko 6, jonka suhteen on huomattava samat selitykset kuin taulukkoon 3 tehtiin ss. 25 ja 27. Mainittakoon lisäksi, että suurin Suomen metsäpinta-alassa tapahtunut muutos, sen väheneminen v. 1944 alueidenluovutuksessa 3 170 000 ha, jakaantui III:n valtakunnan metsien inventoinnin perusteella tehtyjen tarkistettujen laskelmien mukaan maan eri osissa luovutettuihin alueisiin, täysiin tuhansiin hehtaarilukuihin pyöristettynä, seuraavasti:

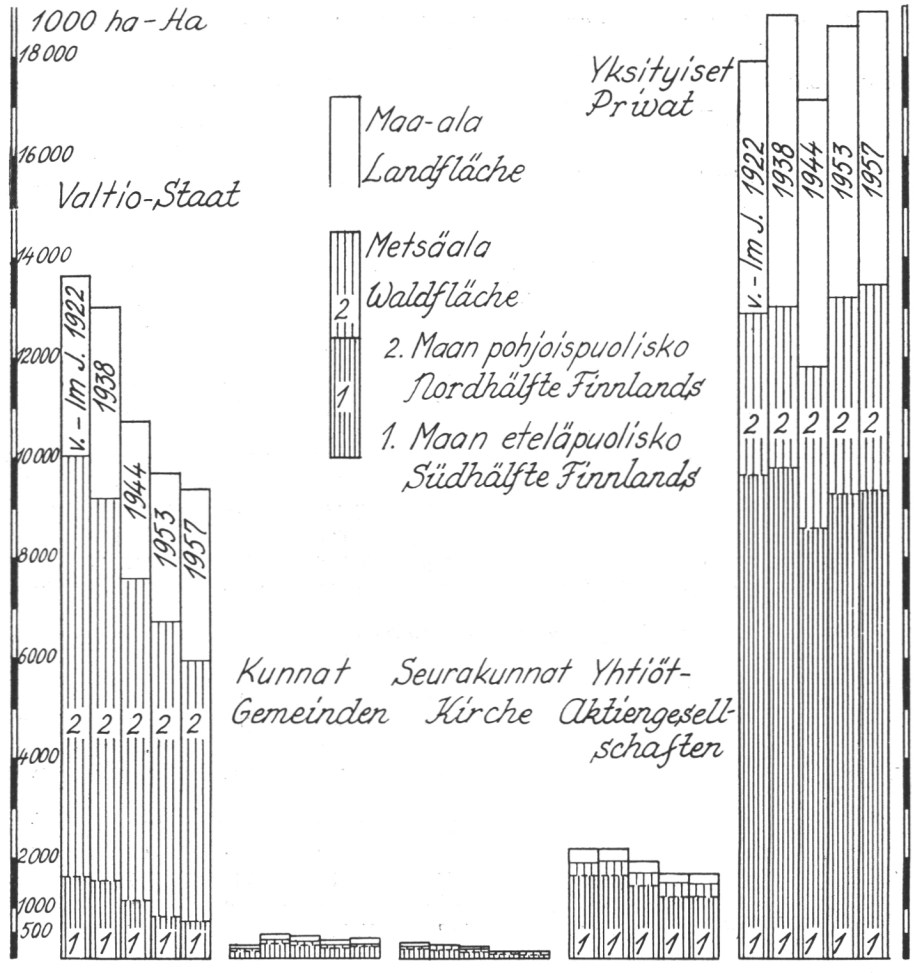
	kasvullista	huonokasvuista metsämaata	kaikkiaan
		hehtaaria	
Karjala	1 568 000	299 000	1 867 000
Porkkala	n. 17 000	n. 6 000	23 000
Salla—Kuusamo	517 000	117 000	634 000
Petsamo ja Jäniskosken alue	398 000	248 000	646 000
Yhteensä	2 500 000	670 000	3 170 000

Taulukko 6. Metsäalan pääomistajaryhmittäisen jakaantumisen kehitys 1920—1950-luvuilla.

Entwicklung der Verteilung der Waldfläche nach Eigentümergruppen in den 1920—1950ern Jahren.

Omistajaryhmä *Eigentümergruppe*	Vuonna — *Im Jahre*				
	1922	1938	1944	1953	1957 [1]
	1 000 ha — % — *1 000 Ha* — %				
1. Koko Suomi — *Ganz Finnland*					
Valtio — *Staat*	10 050 39.8	9 204 37.0	7 600 35.1	6 740 30.8	5963 28.0
Kunnat — *Gemeinden*	178 0.7	365 1.5	330 1.5	270 1.2	288 1.3
Seurakunnat — *Kirche*	241 0.9	243 1.0	210 1.0	142 0.7	130 0.6
Yhtiöt — *Aktiengesellschaften*	1 908 7.6	1 954 7.9	1 720 7.9	1 531 7.0	1 519 7.1
Yksityiset — *Privat*	12 886 51.0	13 074 52.6	11 810 54.5	13 191 60.3	13 430 63.0
Koko metsäpinta-ala *Die ganze Waldfläche*	25 263 *100.0*	24 840 *100.0*	21 670 [2] *100.0*	21 874 [3] *100.0*	21 330 *100.0*
2. Maan eteläpuolisko — *Südhälfte Finnlands*					
Valtio	n. 1 650 12.4	1 565 11.6	1 163 10.0	832 7.1	755 6.5
Kunnat	n. 150 1.1	301 2.2	267 2.3	212 1.8	223 1.9
Seurakunnat	n. 210 1.6	196 1.4	164 1.4	108 0.9	97 0.8
Yhtiöt	n. 1 660 12.5	1 660 12.3	1 440 12.4	1 226 10.5	1 221 10.5
Yksityiset	n. 9 640 72.4	9 801 72.5	8 599 73.9	9 296 79.7	9 348 80.3
Koko metsäpinta-ala	n. 13 310 100.0	13 523 100.0	11 633 [2] 100.0	11 674 [3] 100.0	11 644 100.0
3. Maan pohjoispuolisko — *Nordhälfte Finnlands*					
Valtio	n. 8 400 70.3	7 639 67.5	6 437 64.1	5 908 57.9	5 208 53.8
Kunnat	n. 28 0.2	64 0.6	63 0.6	58 0.6	65 0.7
Seurakunnat	n. 31 0.2	47 0.4	46 0.5	34 0.3	33 0.3
Yhtiöt	n. 248 2.1	294 2.6	280 2.8	305 3.0	298 3.1
Yksityiset	n. 3 246 27.2	3 273 28.9	3 211 32.0	3 895 38.2	4 082 42.1
Koko metsäpinta-ala	11 953 100.0	11 317 100.0	10 037 100.0	10 200 100.0	9 686 100.0

[1]) Pinta-alaluku ja sadannes eivät ole, pääasiallisesti pohjoispuoliskon osalta, täysin vertauskelpciset varhempiin metsämaan ja joutomaan välisen rajan eroavuuden takia vert. s. 27.
[2]) Porkkalan alue ei ole mukana.
[3]) Porkkalan alue on mukana.



Kuva 2. Suomen maa- ja metsäpinta-alojen jakaantuminen pääomistajaryhmien kesken ja omistajaryhmittäinen kehitys vuodesta 1922 vuoteen 1957. Omistajaryhmitys sama kuin taulukossa 3. — *Verteilung der Land- und Waldflächen zwischen Haupteigentümergruppen in Finnland und Entwicklung nach Eigentümergruppen von 1922— bis 1957. Verteilung der Eigentümergruppen wie in Tab. 3.*

V. 1956 yhteissummat pienenivät Porkkalan alueen palautuksen johdosta sitä osoittavilla määrillä. Metsäpinta-alan vähenemisestä tuli valtion osalle 1 604 000 ha, kuntien 35 000, seurakuntien 33 000, yhtiöiden 234 000 ja yksityisten ryhmän osalle 1 264 000 ha. Luovutettujen alueiden kokonaisalasta 4 366 000 ha:sta oli metsämaata 72.6 %.

Metsänomistussuhteissa on tapahtunut 1920—1950-luvuilla suuria muutoksia, joista eräitä pääkohtia selostetaan seuraavassa.

V a l t i o n metsänomistus on vähentynyt jatkuvasti ja kaikkiaan vuodesta 1922 vuoteen 1957 yli kolmanneksella. Eteläpuoliskossa vähene-

minen on ollut suhteellisesti suurempi mutta pinta-alana valtion metsien kaikkiaan verraten pienen alan johdosta paljon pienempi kuin pohjoispuoliskossa. Pohjoispuoliskossa rauhanteon määräämä alueidenluovutus sekä asutus etenkin uusiin tiloihin liitettyjen metsäalojen yleisesti huomattavan suurten pinta-alojen ja yhteismetsien muodostamisen takia ovat olleet alaltaan paljon laajemmat kuin eteläpuoliskossa. Väheneminen on tapahtunut miltei kokonaan metsähallituksen hallinnassa olevissa valtionmetsissä. Niiden metsäpinta-ala oli vielä v. 1939 lopussa 8 072 987 ha, mutta vv. 1957—58 vaihteessa enää 5 846 890 ha, josta siitäkin ainoastaan 4 488 201 ha oli metsähallinnon taloustoiminnan piirissä ja 1 358 689 ha aiemmin (s. 27) viitatuista syistä taloustoiminnan ulkopuolella. Pinta-alaluvut ovat ss. 31 ja 36 mainitusta syystä pienemmät kuin valtakunnan metsien inventoinnin osoittamat alat. Metsäntutkimuslaitoksen hallinnassa v. 1938 ollut metsäpinta-ala pieneni alueidenluovutuksen ja asutustoiminnan johdosta, mutta toisaalta myös eräät pohjoisten kokeilualueiden laajennukset huomioon ottaen se oli v. 1957 76 126 ha. Muiden valtion virastojen ja laitosten hallinnassa olevien valtion maiden metsäpinta-aloissa tapahtuneet muutokset olivat edellisiin verrattuina hyvin pieniä.

K u n t i e n omistaman maapinta-alan lisäyksestä vuodesta 1922 vuoteen 1938, 219 000 ha:sta, oli 187 000 ha eli 85.4 % metsäalan lisäystä. Kun osa kokonaisalasta on joutomaata, olivat kunnat siis hankkineet pääasiallisesti metsämaata. Vuodesta 1938 vuoteen 1953 kuntien metsäpinta-ala pieneni alueidenluovutuksen ja asutustoiminnan johdosta n. neljänneksellä, mutta on taas viime vuosina jonkin verran lisääntynyt. Vuosien 1938—53 välillä alueidenluovutuksen ja asutustoiminnan johdosta tapahtuneesta vähenemisestä oli pääosa suurimman kuntaryhmän, maalaiskuntien, metsäalan vähenemistä.

S e u r a k u n t i e n maanomistuksessa tapahtui taulukon 3 mukaan vuodesta 1922 vuoteen 1938 n. 11 %:n väheneminen mutta metsäala pysyi ennallaan. Viljelyspinta-ala pieneni paljon etenkin ns. torpparivapautuksen johdosta, samoin metsäala, jonka vähenemisen vastapainoksi tapahtui metsänostoja. Sodan jälkeinen alueidenluovutus pienensi metsäalaa n. 12 %, mutta kaksin verroin niin suuri oli sodan jälkeisestä asutustoiminnasta aiheutunut väheneminen. Menetysten pääosa on maan eteläpuoliskossa, jossa kolme neljännestä seurakuntien metsäalasta sijaitsee.

Y h t i ö i d e n metsänomistus oli v. 1938 jotenkin saman suuruinen kuin v. 1922, joten ostot peittivät menetykset. Rauhanteossa v. 1944 määrätyt alueidenluovutukset aiheuttivat n. 12 %:n vähenemisen ja miltei saman suuruinen on ollut metsäpinta-alan pieneneminen sodan jälkeisen asutustoiminnan johdosta. Vv. 1953—57 asutustoiminnasta aiheutui vielä pientä vähenemistä, mutta todennäköisesti jotkin ostot ovat sen likimäärin korvanneet.

Yksityisten suuressa ryhmässä metsäpinta-ala lisääntyi vain vähän vv. 1922—1938 välisenä aikana. Todennäköisesti myyrnit pienensivät asutuksesta ja ostoista aiheutunutta lisäystä. Rauhanteossa tapahtuneesta alueidenluovutuksesta aiheutui vajaiden 10 %:n väheneminen, mutta pääasiallisesti sodan jälkeinen asutustoiminta on lisännyt varsinaisten yksityisten ja myös yhteismetsien metsäalaa siinä määrin, että niiden ja samalla koko pääryhmän metsänomistus oli v. 1957 suurempi kuin milloinkaan ennen.

Metsämaan osuus koko maa-alasta vaihtelee melkoisesti omistajaryhmittäin. Joidenkin omistajaryhmien maanomistus on käsittänyt alun pitäen ja erityisesti metsäisiin seutuihin kohdistuneena pääasiallisesti metsämaata ja maan hankkiminen on tähdännyt lähinnä siihen. Ennen kaikkea yksityisten ryhmässä, joka valtaosalta käsittää viljelmiä metsälöineen, on yleensä tärkeänä tavoitteena ollut viljelysmaan saaminen, joskin metsämaa tavallisesti pinta-alaltaan paljon laajempana samalla on katsottu välttämättömäksi maatalouden tukena. Erityisesti kunnille on ollut tarpeen tonttialueiden hankkiminen. Asutustoiminta on siirtänyt viljelysmaata muista ryhmistä yksityiseen omistukseen, ja vaikka samalla on siirretty metsämaata on eräiden ryhmien omistus muuttunut entistä metsävaltaisemmaksi.

Puhtaimmin metsänomistusta on yhtiöiden maanomistus, jossa metsämaa jo 1920-luvulla käsitti 86 % ja käsittää nykyisin 89 % maa-alasta, pohjoispuoliskossa yleisempien joutomaiden takia pienemmän sadanneksen kuin eteläpuoliskossa. Seurakuntien maanomistuksessa metsäsadannes on samana aikana kohonnut ennen kaikkea viljelysmaiden pois luovutuksen takia 72:sta 83:een. Kuntien maanomistuksessa samoin 67:stä 72:een, pohjoispuoliskon yleisempine joutomaineen painaessa sadannesta alaspäin.

Valtion maanomistuksen kehityksessä on havaittavissa päinvastainen suunta. Se on alkuaankin kohdistunut enemmän paljon soita ja tunturimaita sekä yleensä karuja maita käsittäville syrjäisemmille seuduille kuin muiden ryhmien maanomistus, ja juuri tällaisilla seuduilla asutuksessa muodostettuihin tiloihin on liitetty tavallista enemmän metsämaata sekä perustettu yksityisille luovutettuja laaja-alaisia yhteismetsiä. Metsämaan osuus koko maa-alasta on 35 vuodessa pienentynyt n. 74 %:sta n. 64 %:een, maan eteläpuoliskossa 83:sta 75:een ja pohjoispuoliskossa, jossa valtionmaiden pääosa on, 72:sta 62:een. Osaksi tähän ovat vaikuttaneet heikoimpien huonokasvuisten metsämaiden siirtäminen joutomaiden ryhmään ja muut s. 27 mainitut syyt. Vaikka yksityisten ryhmässä metsämaata on raivattu viljelystarkoituksiin, ovat ilmeisesti asutuksessa siihen — yhteismetsät mukaan luettuina — tapahtuneet siirrot vaikuttaneet, että metsämaan osuus maa-alasta koko maassa on pysynyt hyvin tasaisena. Se oli 1920-luvun alussa 72 ja v. 1957 71 %. Sadannes on ollut eteläpuoliskossa

Taulukko 7. Puuston kokonaiskuutiomäärän jakaantuminen omistajaryhmittäin.

Verteilung des ganzen Holzvorrats nach Eigentümergruppen.

Kuorineen — *Mit Rinde*

Omistajaryhmä *Eigentümergruppe*	Vv. — *In J.* 1921—24		1936—38		1951—53	
	milj. m³ *Mill. fm*	%	milj. m³ *Mill. fm*	%	milj. m³ *Mill. fm*	%
Valtio — *Staat*	595	37.5	517	33.1	380	25.5
Kunnat — *Gemeinden*	39	2.4	29	1.9	23	1.5
Seurakunnat — *Kirche*			22	1.4	14	0.9
Yhtiöt — *Aktiengesellsch.*	154	9.7	156	10.0	132	8.9
Yksityiset — *Privat*	800	50.4	836	53.6	944	63.2
Yhteensä — *Insgesamt*	1 588	100	1 560	100	1 493	100

koko ajan n. 70, mutta pohjoispuoliskossa joutomaiden yleisyyden takia pienentynyt pääasiallisesti valtionmaista asutuksessa tapahtuneiden siirtojen mukaisesti 77:stä 73:een.

Metsien puuston omistussuhteet

Tutkimuksen tarkoituksena on ollut maan- ja metsänomistussuhteiden pinta-alallinen selvittely. Kuitenkin on katsottu sopivaksi täydennykseksi metsien puustoon kohdistuva suppea tarkastelu rajoitettuna puuston kuutiomäärään. Siihen on saatu pohjaa osaksi julkaistuista, osaksi julkaisemattomista ja osaksi nyt varta vasten lasketuista valtakunnan metsien inventointien tuloksista.

Taulukossa 7 esitetään puuston kokonaiskuutiomäärän omistajaryhmittäisen jakaantumisen muutokset vuosien 1921—24, 1936—38 ja 1951—53 valtakunnan metsien inventointien mukaisesti (Y. Ilvessalo 1956 s. 88). Havaitaan, että yksityisten ryhmän osuus on suurentunut ja muiden ryhmien pienentynyt. Siihen ovat ilmeisesti vaikuttaneet asutuksessa muista omistajaryhmistä tapahtuneet runsaspuustoisten metsien siirrot, mutta todennäköisesti huomattavassa määrässä myös varhempien yksityismetsien keskikuutiomäärän nousu, jota on hyvin selvästi todettu esim. metsäntutkimuslaitoksen toimesta vv. 1937—39 ja uudelleen vv. 1955—57 arvioiduissa maatalouden kirjanpitotilojen metsissä. Vuosista 1951—53 yksityisten ryhmän osuus on edelleen suurentunut metsäpinta-alan suurenemisen mukana. Epävarma laskelma viittaisi, että ryhmän osuus olisi ollut v. 1957 64.5 % ja valtion metsien osuus vastaavasti pienempi.

Jos metsien puuston kuutiomäärä keskimäärin hehtaaria kohti eli ns. keskikuutiomäärä lasketaan kunkin omistajaryhmän kaikelle metsämaalle

Taulukko 8. Keskikuutiomäärä metsätyypeittäin eri omistajaryhmien metsissä vv. 1951—53.

Mittlere Kubikmasse nach Waldtypen in Wäldern der versch. Eigentümergruppen in Jahren 1951—53.

1. Maan eteläpuolisko — *Südhälfte Finnlands*

Omistajaryhmä *Eigentümergruppe*	Metsätyyppi tai -ryhmä — *Waldtyp oder -gruppe*							
	lehtomainen + lehto-OMT + OT	mustikka-MT	puolukka-VT	kanerva- (+ jäkälä-) CT (+ CIT)	kasvulliset: korvet *Bruchmoore*	kasvulliset: rämeet *Reisermoore*	kasvullinen metsämaa *Produktiver Waldboden*	koko metsämaa *Ganz Waldboden*
	m³/ha kuorineen — *fm pro Ha mit Rinde*							
Valtio — *Staat*	176	147	97	64	77	51	102	85
Kunnat — *Gemeinden*	128	123	93	61	80	45	105	96
Seurakunnat — *Kirche*	151	134	116	65	100	66	117	107
Yhtiöt — *Aktiengesellschaften*	135	133	100	66	73	55	105	93
Yksityiset — *Privat*	106	105	85	53	73	50	91	82

2. Maan pohjoispuolisko — *Nordhälfte Finnlands*

Omistajaryhmä *Eigentümergruppe*	MT + VMT ryhmä *Gruppe*	EVT + VT ryhmä *Gruppe*	Variksenmarja- mustikkat. EMT	CT + CIT + ErCIT ryhmä *Gruppe*	kasvulliset: korvet *Bruchmoore*	kasvulliset: rämeet *Reisermoore*	kasvullinen metsämaa *Produktiver Waldboden*	koko metsämaa *Ganz Waldboden*
	m³/ha kuorineen — *fm pro Ha mit Rinde*							
Valtio — *Staat*	107	73	55	48	63	40	66	52
Yhtiöt — *Aktiengesellschaften*	94	81	49	45	58	41	73	62
Yksityiset — *Privat*	78	63	51	42	49	36	58	46

koko maassa, oli se vv. 1951—53 valtionmetsissä 56.2 m³/ha, kuntien metsissä 83.6, seurakuntien 97.0, yhtiöiden 86.5 ja yksityisten ryhmän metsissä 71.6 m³/ha (Y. Ilvessalo 1956 s. 74). Nämä luvut antavat kuitenkin hyvin vähän ja harhaan johtavaakin kuvaa eri omistajaryhmien metsien tilasta, sillä metsien erilainen jakaantuminen maan etelä- ja pohjoispuoliskoihin vaikuttaa ratkaisevasti tulokseen. Edelleen keskikuutiomäärä on hyvin suuresti riippuvainen omistajaryhmien metsämaiden jakaantumisesta kasvulliseen ja huonokasvuiseen metsämaahan sekä metsätyyppeihin.

Tämä nähdään taulukosta 8. Maan eteläpuoliskossa keskikuutiomäärä on yleisesti suurin seurakuntien metsissä. Valtion, yhtiöiden ja kuntien metsissä keskikuutiomäärä on likimäärin samalla tasolla, parhailla metsämailla kuitenkin valtionmetsissä suurin. Yksityisten ryhmässä keskikuutiomäärä on pienin, erityisesti parhailla metsämailla, mihin osaltaan vaikuttaa näiden vielä nykyisinkin huomattava käyttö keskinkertaista heikkopuustoisempina ns. hakamaina. Myös maan pohjoispuoliskossa keskikuutiomäärä on pienin yksityisten ryhmässä. Yhtiöiden metsien pääosa siellä on Kainuussa, jossa metsämaat ovat keskimäärin parempia kuin muualla pohjoispuoliskossa, mikä osaltaan vaikuttaa kohottavasti yhtiöiden metsien kasvullisen ja koko metsämaan keskiarvoihin.

Eri omistajaryhmien keskikuutiomäärien vertailu oikealla pohjalla edellyttäisi edelleen metsätyyppien jakoa alaryhmiin kivisyyden ja pintasoistuneisuuden mukaan sekä vertailua ikäluokittain, mikä kuitenkin vaatisi suuritöisen selittelyn ja olisi tässä pitkälle menevää poikkeamista tutkimuksen varsinaisesta aiheesta.

Metsien puuston omistussuhteiden tarkastelu voi saada lisää valaistusta tarkasteltaessa puustoa puulajeittain. Tätä tarkoitusta varten on laadittu vv. 1951—53 toimeenpannun valtakunnan metsien inventoinnin tulosten perusteella taulukot 9 ja 10.

Taulukko 9 osoittaa, että koko maan metsissä yksityisten ryhmän osalla on kaikkien puulajien kokonaiskuutiomääristä huomattavasti yli puolet, kuusen ja koivun kokonaiskuutiomääristä n. 2/3 sekä lepän ja haavan yhteenlasketusta määrästä miltei 3/4. Tällaiseen suhteeseen havaitaan vaikuttavan ratkaisevasti maan eteläpuoliskon, jossa pääosa yksityismetsistä on. Valtion metsien sijainnista pääasiallisesti mäntyvaltaisessa pohjoispuoliskossa johtuu, että niiden osalla on maan metsien mäntypuuston määrästä suurempi osa kuin muiden puulajien kokonaismääristä. Yhtiöiden metsät käsittävät eri puulajien kokonaiskuutiomääristä likipitäen saman suuruisen osan, lepän ja haavan yhteismäärästä kuitenkin pienemmän sadanneksen. Pohjoispuoliskossa yhtiöiden metsien valtaosa on suhteellisesti paljon kuusta käsittävässä Kainuussa, mikä kohottaa siellä niiden sadannesta kuusipuustosta. Kuntien ja seurakuntien pienet osuudet ovat likimäärin yhtäsuuret kaikista puulajeista.

Taulukko 9. Eri puulajien kokonaiskuutiomäärien jakaantuminen omistajaryhmittäin vv. 1951—53.
Verteilung der Holzvorräte der versch. Holzarten nach Eigentümergruppen in J. 1951—53.

Omistajaryhmä *Eigentümergruppe*	Mänty — *Kiefer*		Kuusi — *Fichte*		Koivu — *Birke*		Muut — *Übrige*		Yhteensä — *Insgesamt*	
	miljoonaa m³ — *Mill. fm* — %									
1. Koko maa — *Ganz Finnland*										
Valtio — *Staat*	198	30.3	114	21.4	62	22.7	6	17.7	380	25.5
Kunnat + Seurakunnat / *Gemeinden + Kirche*	15	2.3	14	2.6	7	2.6	1	2.9	37	2.5
Yhtiöt — *Aktiengesellschaften*	57	8.7	49	9.2	24	8.8	2	5.9	132	8.8
Yksityiset — *Privat*	383	58.7	356	66.8	180	65.9	25	73.5	944	63.2
Yhteensä — *Insgesamt*	653	100.0	533	100.0	273	100.0	34	100.0	1 493	100.0
2. Eteläpuolisko — *Südhälfte Finnlands*										
Valtio	32	8.2	26	6.9	11	6.0	(1)	3.9	70	7.2
Kunnat + Seurakunnat	14	3.6	13	3.4	4	2.2	(1)	3.8	33	3.4
Yhtiöt	49	12.5	41	10.9	21	11.4	(2)	7.7	113	11.5
Yksityiset	297	75.7	298	78.8	148	80.4	22	84.6	764	77.9
Yhteensä	392	100.0	378	100.0	184	100.0	26	100.0	980	100.0
3. Pohjoispuolisko — *Nordhälfte Finnlands*										
Valtio	167	64.0	88	56.8	51	57.3	(4)	45.0	310	60.4
Kunnat + Seurakunnat	(2.2)	0.9	(1)	0.6	(0.7)	1.1	(0.1)	1.3	4	0.8
Yhtiöt	(7.7)	2.9	8	5.2	3	3.4	0.3	3.7	19	3.7
Yksityiset	84	32.2	58	37.4	34	38.2	4	50.0	180	35.1
Yhteensä	261	100.0	155	100.0	89	100.0	8	100.0	513	100.0

Taulukko 10. Eri puulajien pääomistajaryhmittäisen jakaantumisen kehitys 1920—1950-luvuilla.

Entwicklung der Verteilung der Holzarten nach Eigentümergruppen in den 1920—1950ern Jahren.

Koko maa — *Ganz Finnland*

Omistajaryhmä *Eigentümergruppe*	Mänty — *Kiefer*			Kuusi — *Fichte*			Koivu — *Birke*		
	1921—24	1936—38	1951—53	1921—24	1936—38	1951—53	1921—24	1936—38	1951—53
	milj. m³ — *Mill. fm* — %								
Valtio — *Staat*	299	262	198	185	159	114	115	87	62
»	*38.4*	*37.1*	*30.3*	*38.5*	*31.6*	*21.4*	*36.2*	*29.5*	*22.7*
Kunnat + Seurakunnat / *Gemeinden + Kirche*	17	22	15	13	19	14	8	9	7
	2.2	*3.1*	*2.3*	*2.7*	*3.8*	*2.6*	*2.5*	*3.1*	*2.6*
Yhtiöt — *Aktiengesellschaften*	71	66	57	47	55	49	34	29	24
»	*9.1*	*9.4*	*8.7*	*9.8*	*10.9*	*9.2*	*10.7*	*9.8*	*8.8*
Yksityiset — Privat	391	356	383	235	270	356	161	170	180
»	*50.3*	*50.4*	*58.7*	*49.0*	*53.7*	*66.8*	*50.6*	*57.6*	*65.9*
Yhteensä — *Insgesamt*	778	706	653	480	503	533	318	295	273
»	*100.0*	*100.0*	*100.0*	*100.0*	*100.0*	*100.0*	*100.0*	*100.0*	*100.0*

Taulukko 11. Pienpuuston ja järeän puuston kokonaiskuutiomäärien jakaantuminen omistajaryhmittäin vv. 1951—53.

Verteilung der Kleinholz- und Starkholzvorräte nach Eigentümergruppen in J. 1951—53.

Koko maa — *Ganz Finnland*

Omistajaryhmä *Eigentümergruppe*	Mänty — *Kiefer*				Kuusi — *Fichte*				Koivu — *Birke*			
	D1.3 < 20 cm		20+ cm		D1.3 < 20 cm		20+ cm		D1.3 < 20 cm		20+ cm	
	miljoona m³ — *Mill. fm* — %											
Valtio — *Staat*	57	21.6	140	36.0	59	18.6	55	25.5	48	24.4	14	18.4
Kunnat + Seurakunnat / *Gemeinden + Kirche*	7	2.7	8	2.1	7	2.2	7	3.3	3	1.5	4	5.3
Yhtiöt — *Aktiengesellschaften*	24	9.0	33	8.5	30	9.5	19	8.8	16	8.1	8	10.5
Yksityiset — *Privat*	177	66.7	207	53.4	221	69.7	135	62.4	130	66.0	50	65.8
Yhteensä — *Insgesamt*	265	100.0	388	100.0	317	100.0	216	100.0	197	100.0	76	100.0

Eri puulajien kokonaiskuutiomäärien omistussuhteissa on tapahtunut suurta muutosta 1920-luvun alusta 1950-luvun alkuun. Tämä selviää kolmen valtakunnan metsien inventoinnin tuloksista lasketusta taulukosta 10, johon sen supistamiseksi on otettu vain koko maan luvut ja vain kolme pääpuulajia.

Valtion metsien osuudet kaikista puulajeista ovat pienentyneet metsäpinta-alan suuren supistumisen johdosta. Pieneneminen on ollut paljon huomattavampi kuusen ja koivun kuin männyn kokonaiskuutiomääristä, mikä johtunee ennen kaikkea siitä, että valtion metsät yhä suuremmalta osalta ovat jääneet käsittämään Pohjois-Suomen mäntyvaltaisia metsiä. Kuntien ja seurakuntien yhteisissä luvuissa tapahtui kuntien metsäpinta-alan laajenemisen johdosta jonkin verran suurenemista 1920-luvun alusta 1930-luvun lopulle mutta alueidenluovutuksen ja asutustoiminnan aiheuttamana taas myöhemmin kaikkien puulajien suhteen vähenemistä. Yhtiöiden osuudessa muutos on ollut saman suuntaista, kuitenkin tapahtui koivun osuudessa pienenemistä jo 1920-luvun alusta 1930-luvun lopulle. Yksityisten ryhmässä on havaittavissa jo samana aikana lisäystä kuusen ja koivun osuuksissa ja hyvin suurta lisäystä kaikkien puulajien kohdalla vuosien 1936—38 jälkeen. Lisäys on aiheutunut ryhmän metsänomistuksen laajenemisesta asutustoiminnan johdosta sekä maan eteläpuoliskon metsissä tapahtuneesta puulajisuhteiden yleisestä kehittymisestä entistä kuusivaltaisemmiksi ja puuston siirtymisestä vanhempia, suuripuustoisempia ikäluokkia kohti.

Puuston kokonaiskuutiomäärän omistussuhteista saadaan rakenteellisessa mielessä puulajien rinnalla käsitystä jakamalla kuutiomäärä j ä r e y d e n perusteella kahteen ryhmään: 1. rinnankorkeudelta enintään 20 cm:n paksuiset puut = »pienpuusto», ja 2. yli 20 cm:n paksuiset puut = »järeä puusto». Taulukosta 11 nähdään kolmen pääpuulajin kuutiomäärien jakaantuminen omistajaryhmien kesken erottaen nämä kaksi järeysryhmää. Kunnat ja seurakunnat pieninä ryhminä käsitellään yhteisesti.

Taulukosta 11 havaitaan, että yksityisten ryhmä käsittää männyn järeästä puustosta paljon pienemmän osan kuin pienpuustosta, kun taas suhde valtion metsien osalla on päinvastainen. Valtion metsien erityisesti Pohjois-Suomesta aiheutuva mäntyvaltaisuus ja vanhojen ikäluokkien suuri ala, jotka molemmat ilmenevät valtakunnan metsien inventoinnin julkaisusta (Y. I l v e s s a l o 1956), ovat tähän selityksenä. Suhde on saman tapainen mutta vähemmän jyrkkä kuusen osalla, joka Pohjois-Suomessa saavuttaa pienemmässä määrässä suuria läpimittoja kuin mänty. Valtion metsien suhteellisen pienen osuuden koivun järeästä puustosta selittää se, että näiden metsien koivu on pääasiallisesti Pohjois-Suomen pienikokoista koivua. Muista omistajaryhmistä mainittakoon erityisesti, että niiden koivupuusto näyttää olevan keskimääräistä järeämpää.

Taulukko 12. Pienpuuston ja järeän puuston omistajaryhmittäisen jakaantumisen kehitys 1920—1950-luvuilla.
Entwicklung der Verteilung der Klein- und Starkholzvorräte nach Eigentümergruppen in den 1920—1950ern Jahren.

Koko maa — *Ganz Finnland*

Omistajaryhmä *Eigentümergruppe*	Mänty — *Kiefer*			Kuusi — *Fichte*			Koivu — *Birke*		
	1921—24 [1]	1936—38	1951—53	1921—24 [1]	1936—38	1951—53	1921—24 [1]	1936—38	1951—53
	% — milj. m³ — *Mill. fm*								
1. Pienpuusto — *Kleinholz* (D1.3 —20 cm)									
Valtio — *Staat*	25.7	25.5	21.6	32.3	25.8	18.6	35.6	29.8	24.4
Kunnat + Seurakunnat / *Gemeinden + Kirche*		3.0	2.7		3.3	2.2		2.5	1.5
Yhtiöt — *Aktiengesellschaften*	10.7	10.0	9.0	11.2	11.5	9.5	10.1	9.4	8.1
Yksityiset — *Privat*	63.6	61.5	66.7	56.5	59.4	69.7	54.3	58.3	66.0
Yhteensä — *Insgesamt*	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
»	338	330	264	294	330	317	247	235	197
2. Järeä puusto — *Starkholz* (D1.3 20.1+ cm)									
Valtio	48.0	47.3	36.0	48.1	43.0	25.5	38.0	28.3	18.4
Kunnat + Seurakunnat		3.2	2.1		4.1	3.3		5.0	5.3
Yhtiöt	8.0	8.8	8.5	7.5	9.9	8.8	12.7	11.7	10.5
Yksityiset	44.0	40.7	53.4	44.4	43.0	62.4	49.3	55.0	65.8
Yhteensä — *Insgesamt*	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
»	429	376	388	187	172	216	71	60	76

[1] Vv. 1921—24 kunnat ja seurakunnat on yhdistetty yksityisten ryhmään. — *In den Jahren 1921—24 Gemeinden und Kirche zusammen mit der Gruppe »Privat».*

Taulukosta 12 nähdään valtakunnan metsien inventointien julkaisujen perusteella lasketuin luvuin pienpuuston ja järeän puuston omistajaryhmittäisen jakaantumisen kehitys. Kunnat ja seurakunnat on yhdistetty vuosien 1921—24 inventoinnin julkaisussa yksityisten ryhmään ja pienen osansa takia ne esitetään myöhemmältäkin ajalta yhdessä, helposti yhdistettävinä edelleen yksityisten ryhmään.

Taulukosta ilmenee selvänä yleisenä piirteenä, että yksityisten ryhmän sekä pienpuuston että järeän puuston osuudet niiden kokonaismääristä ovat paljon lisääntyneet vuosien 1936—38 jälkeen, mihin tietenkin vaikuttavana syynä on ollut aiemmin tarkasteltu metsien siirto muista omistajaryhmistä tähän ryhmään sotia seuranneessa laajamittaisessa asutustoiminnassa. Kun tässä maanhankintalain mukaisessa asutustoiminnassa, toisin kuin varhemmin, myös järeä puusto maanhankintalain 58 §:n mukaisesti on siirtynyt koko määrältään luovutuksen mukana, on yksityisten ryhmän järeän puuston osuus sen koko määrästä suurentunut enemmän kuin pienpuuston osuus. Ilmeisesti muista omistajaryhmistä asutukseen otetuissa metsissä, erityisesti valtion metsissä, on ollut järeätä puustoa suhteellisesti enemmän kuin yksityisten ryhmän metsissä. Huomattava on edelleen, että III:n valtakunnan metsien inventoinnin julkaisussa (Y. Ilvessalo 1956) esitetyt tulokset osoittavat järeän puuston lisääntyneen kaikkien omistajaryhmien metsissä vuosien 1936—38 jälkeen.

Kirjallisuusluettelo

Boman (nyk. Puumanen), Aarne. 1920. Yksityisten ja yhtiöiden maanomistus. Taloudellis-tilastollinen tutkielma. AFF. 13. Helsinki.

—»— 1928—1929. Suomenkielisten maalaiskuntien kunnallismetsät. Maalaiskunta. Helsinki.

Erkkilä, E. E. 1940. Moskovan rauhan jälkeisen Suomen viljelysaloja ja maanomistussuhteita valaisevia tilastotietoja. Tietoja viljelysmaiden aloista ja maanomistusoloista siirtoväen pika-asutustoimintaa varten. Helsinki.

Harve, Paavo. 1947. Puunjalostusteollisuutta ja puutavarakauppaa harjoittavien yhtiöiden maan hankinta Suomessa. AFF. 52. Helsinki.

Harvia, Yrjö. 1916. Suomen kaupunkikuntien metsät. Suomen Metsänhoitoyhdistyksen julk., erikoistutk. 6. Helsinki.

Heikinheimo, Olli. 1949. Metsätieteellinen tutkimuslaitos 1918—1948. MTJ. 37. 3. Helsinki.

Heikinheimo, Olli ja Saari, Eino. 1922. Suomen metsät ja metsätalous. AFF. 19. Helsinki.

Helander, A. Benj. 1910. Maamme yksityismetsät. Suomen metsänhoitoyhdistys Tapion II. vuosijulkaisu. Helsinki.

—»— 1949. Suomen metsätalouden historia. Helsinki.

Holopainen, Viljo. 1957. Metsätalouden edistämistoiminta Suomessa. Tapio 1907—1957. Helsinki.

Hooli, Martti. 1950. Lapin yhteismetsät maan laajimmat. Metsälehti N:o 46—47.

Ilvessalo, Mikko. 1957. Suomen maan- ja metsänomistussuhteet vv. 1953—54 vaihteessa ja katsaus omistuksen syntyyn ja kehitykseen. Konekirjoite.

Ilvessalo, Yrjö. 1927. Suomen metsät. Tulokset vuosina 1921—1924 suoritetusta valtakunnan metsien arvioimisesta. MTJ. 11. Helsinki.

—»— 1942. Suomen metsävarat ja metsien tila. II valtakunnan metsien arviointi. MTJ. 30. Helsinki.

—»— 1943. Metsänhoitolautakuntien toimintapiirien metsät. II valtakunnan metsien arvioinnin tuloksia. Keskusmetsäseura Tapio. Helsinki.

—»— 1948. Nyky-Suomen metsät. Valtakunnan metsien arviointeihin perustuva kuvaus. MTJ. 35. 5. Helsinki.

—»— 1949. The Forests of present-day Finland. A description based on the National forest surveys. MTJ. 35. 6. Helsinki.

—»— 1956. Suomen metsät vuosista 1921—24 vuosiin 1951—53. Kolmeen valtakunnan metsien inventointiin perustuva tutkimus. MTJ. 47. 1. Helsinki.

—»— 1957. Suomen metsät metsänhoitolautakuntien toiminta-alueittain. Valtakunnan metsien inventoinnin tuloksia. MTJ. 47. 3. Helsinki.

Kairamo, A. Osw. 1913. Kuntien maanostot. Hämeenlinna.

Klemetti, V. K. 1953. Maanhankintalain mukaisista yhteismetsistä. Konekirjoite.

Kotonen, Anton ja Kivimäki, T. M. 1925. Laki puutavarayhtiöiden lainvastaisesti hankkimista kiinteistöistä ja sen toimeenpanoasetus. Selityksillä varustaneet Anton Kotonen ja T. M. Kivimäki. Helsinki.

Lakari, O. J. 1927. Valtion metsätalouden tehostaminen. SF. 6. Helsinki.
—»— 1928. Valtionmetsät. Maa ja metsä IV. 1. Porvoo.
Lappi-Seppälä, M. 1940. Suomen evankelisluterilaisten seurakuntien ja kirkollisvirkatalojen metsät ja metsätalous. AFF. 49. Helsinki.
Lihtonen, V. 1945. Metsäteollisuusyhtiöiden metsistä ja niiden hakkuista. SF. 61. Helsinki.
—»— 1945. Yhteismetsäkysymys. Esitelmä. Maatalousministeriön asutusasiainosaston julkaisuja N:o 8. Helsinki.
—»— 1953. Seurakuntien metsien hallinto ja hoito. Tampere.
Lindfors, Jarl. 1936. Bolagens jordförsäljningar intill utgången av år 1934. Yksityismetsänhoitajayhdistyksen vuosikirja IX. Helsinki.
—»— Eri vuosina. Tietoja puunjalostusteollisuuden metsätaloudesta. Yksityismetsänhoitajayhdistyksen vuosikirja. Helsinki.
Linnamies, Olavi. 1939. Suomen maalaiskuntien metsät. MTJ. 28. 2. Helsinki.
—»— 1959. Valtion metsät sekä niiden hoidon ja käytön yleissuunnitelma. Vuosien 1951—1955 inventoinnin tuloksia. Helsinki.
Linnamies, Olavi ja Rautvuori, Erkki. 1941. Suomen kaupunkikuntien metsät. AFF. 50. 2. Helsinki.
Metsäpelto, E. E. 1928. Yhteismetsät. Maa ja metsä IV. 1. Porvoo.
—»— 1940. Suomen yhteismetsät. AFF. 49. 1. Helsinki.
Nordiska Skogsunionen 1958. Statistiska uppgifter rörande Skogstillgångarna i de nordiska länderna. Svenska Skogsvårdsföreningens Tidskrift Nr 3. 1958.
Nylander, Ernst. 1916. Esitelmä Tuomarniemen metsäpäivillä v. 1915. Kunnallismetsät. Suomen Metsänhoitoyhd. julk. Helsinki.
Osara, N. A. 1935. Suomen pienmetsätalous. MTJ. 21. 1. Helsinki.
Pajakkala, M. 1950. Yhteismetsien osuus maatilan tukimetsänä. Metsälehti. N:o 46—47.
Pekkala, Mauno. 1921. Maalaiskuntien maiden hankintaliike tilaston valossa. Maatalousviikko Helsingissä 8—14 p:nä jouluk. 1920. Ss. 460—472. Porvoo.
—»— 1926. Suomen yhteismetsät. Tapio. Suomen Metsänhoitoyhdistys Tapion julkaisema aikakauskirja N:o 6—7. Lahti.
—»— 1928. Alustus kunnallismetsien hankinnasta ja hoidosta. Maalaiskuntien Liiton II varsinaisten kunnallispäivien pöytäkirja. Helsinki.
Piha, Antero. 1941. Maatilametsälöiden liikejäämä ja sen rakenne. AFF 49 Helsinki.
—»— 1957. Metsätulot ja maatilan pääoman muodostus. AFF. 65. Helsinki.
Rautvuori, Erkki. 1941. Suomen kauppalakuntien metsät. AFF. 50. 4. Helsinki.
Renvall, August. 1919. Program för utredningen af industrins jordförvärf. AFF. 13. Helsinki.
Renvall, August, ja Boman (nyk. Puumanen), Aarne. 1921. Tutkimuksia yhtiöiden maanomistuksesta Multian, Heinäveden, Sulkavan, Ruokolahden ja Luumäen kunnissa. I. Johdannollinen osa. AFF. 19. Helsinki.
Renvall, Heikki. 1914. Teollisuuden ja maatalouden välinen taistelu Suomen metsistä. Metsäpoliittinen tutkimus. Helsinki.
Saari, Eino. 1919. Itä-Suomen lahjoitusmailla noudatetusta metsäpolitiikasta. Helsinki.
—»— 1924. Valtionmetsät. Ylipainos Valtiotieteiden käsikirjasta. Helsinki.

Saari, Eino. 1926. Suomen kunnallismetsät. Tapio. Suomen Metsänhoitoyhdistys Tapion julkaisema aikakauskirja N:o 6—7. Lahti.
—»— 1928. Yhtiöiden metsät. Maa ja metsä IV. 1. Porvoo.
—»— 1929. Etelä-Suomen yksityistilojen metsätalouden tuotto. Helsinki.
Tertti (Hertz), Martti. 1934. Metsähallitus 1859—1934. Helsinki.
Toijala, V. R. 1928. Kirkollis- ja kunnallismetsät. Maa ja metsä IV. 1. Porvoo.
—»— 1928. Yksityismetsät. Maa ja metsä IV. 1. Porvoo.
Vennola, J. H. 1917. Maanomistus Suomen maalaiskunnissa. II. Tilastollinen tutkimus yhteiskunta-taloudellisista oloista Suomen maalaiskunnissa v. 1901. VI. Helsinki.

Asutustoiminnan aikakauskirja. Eri vuosina. Maatalousministeriön asutusasiainosaston julkaisema. Vammala.
Komiteanmietintöjä:
5/1898. Yksityismetsäin tutkimista varten asetetun komitean I mietintö.
4/1900. Yksityismetsäin tutkimista varten asetetun komitean II mietintö.
7/1907. Yksityismetsänhoidon edistämistyön järjestämiseksi asetetun komitean mietintö.
1/1920. Valtionmetsäkomitean mietintö.
13/1920. Valtionmetsäkomitean mietintö. Jälkimmäinen osa.
2/1926. Yksityismetsäkomitean mietintö.
13/1928. Metsälakikomitean mietintö.
8/1937. Metsänhoidon edistämiskomitean mietintö.
8/1953. Metsänhoitolakikomitean mietintö.
Kuntahakemisto. Eri vuosina. Maalaiskuntien Liiton julkaisema. Porvoo—Helsinki.
Metsähallitus, Arvioimisosasto. 1958. Metsähallinnon hallinnassa olevien maiden ja vesien pinta-ala 1. 1. 1958 hoitoalueittain, tarkastuspiireittäin ja piirikunnittain. Helsinki.
Metsäntutkimuslaitoksen toimintakertomus. Eri vuosina. Moniste.
Metsätaloudellinen aikakauskirja. 1917. Kirjoitussarja »Puunjalostusteollisuuden maanhankinta». Helsinki.
Skogsbruket i Norden. 1958. Stockholm.
Suomen virallista tilastoa (SVT):
III Maatalous. 38:3. Yleinen maatalouslaskenta v. 1941. Osa III. Maanomistus ja maan käyttö. 1948. Helsinki. 45:2. Yleinen maatalouslaskenta v. 1950. Osa II. Viljelmätilasto. 1954. Helsinki.
XVII Metsätilasto. Eri vuosilta. Helsinki. (Metsätilasto, ennen v. 1911 nimeltään Metsänhoitolaitos sekä varhemmissa niteissä Kruunumetsät.)
XXXIII Maanomistustilastoa. 1. Yhtiöiden ym. suurmaanomistajien maanomistus Suomessa 1 p:nä tammikuuta 1917. 1923. Helsinki.

Lyhennyksiä

AFF = Acta forestalia fennica. Helsinki.
MTJ = Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuja. Helsinki. (Varhemmin metsätieteellisen koelaitoksen ja metsätieteellisen tutkimuslaitoksen nimellä).
SF = Silva fennica. Helsinki.
SVT = Suomen virallinen tilasto.

REFERAT.

Die vorliegende Untersuchung ist in der Forstlichen Forschungsanstalt in Verbindung mit der Reichswaldabschätzung vorgenommen worden deren Ergebnisse erforderlich für die Rechnung der Resultate nach Eigentümergruppen waren.

Das Landareal Finnlands wird gewöhnlich in fünf Haupteigentümergruppen geteilt: 1. Staat, 2. Gemeinden, 3. Kirche, die alle als öffentlich-rechtliches Eigentum betrachtet werden, sowie 4. Aktiengesellschaften und 5. Private, die als privatrechtliches Eigentum betrachtet werden und in dem noch zwei kleine Gruppen geschieden werden: Genossenschaften, Vereine, Stiftungen u.s.w. sowie Gemeinwälder. Sämtliche obenerwähnte Hauptgruppen zerfallen in Untergruppen auf eine in der Tabelle 1 angegebene Weise. Die Landbesitzverhältnisse gehen aus Angaben von zahlreichen staatlichen Behörden und Anstalten hervor, beziehungsweise auf Grund eines Materials, das mit ihrer Hilfe gesammelt worden ist, sowie aus Angaben, die von gewissen Gruppen stammen, insbesondere der Gemeindegruppe, wobei das Material mittels Fragebogen beschafft worden ist. Dem Hauptteil der vorliegenden Untersuchung, der eine Klärung der Landbesitzverhältnisse um die Jahreswende 1953—54 und 1957—58 bezweckte, wurde in allen Teilen eine Klärung der Forstbesitzverhältnisse angegliedert, wie sie auf Grund der durch ein Sammeln erhaltenen Angaben erzielt werden konnte.

Die Aufteilung des g a n z e n L a n d a r e a l s Finnlands nach Eigentümergruppen am Ende des Jahres 1957 ist aus der Tabelle 1 ersichtlich unter der die Namen der Eigentümergruppen in deutscher Sprache gezeignet sind. Im Besitz des Staates, auf dessen zahlreiche Behörden und Anstalten verteilt, befinden sich 32.53 % des Landareals, davon der Hauptteil oder 29.82 % in Regie der Forstverwaltung. Im Besitz der Gemeinden befinden sich 1.31 %, der Kirche 0.52 %, der Aktiengesellschaften 5.57 %, der Genossenschaften, Vereine u.s.w. 0.32 %; der in der Hauptsache aus Güterforsten bestehende private Besitz ist mit 61.58 % berechnet worden. Das Landareal verteilt sich unter die einzelnen Eigentümergruppen auf eine sehr verschiedene Weise in der Süd- und Nordhälfte des Landes, welcher Umstand aus der selben Tabelle zu ersehen ist, und ebenfalls auf eine sehr verschiedene Weise in den Betätigungsgebieten der Bezirksforstkommissionen, was aus der Tabelle 2 zu ersehen ist.

In den Besitzverhältnissen haben während der in der vorliegenden Untersuchung behandelten Zeit, vom Anfang der 1920-er Jahre bis zum Ende der 1950-er Jahre, grosse Veränderungen stattgefunden. Letztere waren relativ gering bis zum Ende des Krieges im Jahre 1944; von da an bis zum Jahre 1957 waren sie erheblich, in der Hauptsache auf Grund der durch den Krieg verursachten Gebietsabtretungen, der Siedlungstätigkeit der Evakuierten und Frontmänner u.s.w. Der Besitz des Staates am gesamten Landareal ist von 39.7 % auf 30.7 % heruntergegangen. Der Anteil der Gemeinden erhöhte sich von 0.8 % im Jahre 1922 auf 1.4 % im Jahre 1938, ging jedoch später auf 1.3 % zurück. Relativ am meisten hat sich der Besitz der Kirche

vermindert, und zwar von 1.0 % im Jahre 1922 auf 0.5 % im Jahre 1957. Der Besitz der Aktiengesellschaften sank während der selben Zeit von 6.4 % auf 5.6 %. Die Gruppe der Privaten stieg andauernd, und zwar von 52.1 % auf 61.9 %. Diese Gruppe umfasst in der Südhälfte des Landes 82.8 %; aber auch in der Nordhälfte Finnlands vermehrte sich dieser Besitz von 25.8 % im Jahre 1922 auf 38.6 % im Jahre 1957, in der Hauptsache auf Grund von Umsiedlungen aus staatlichen Ländereien.

Von dem Waldareal, dessen Aufteilung unter alle in der Untersuchung unterschiedene Eigentümergruppen aus der Tabelle 4 zu ersehen ist, befinden sich 29.92 % im Besitz des Staates, wovon wiederum der grösste Teil oder 27.41 % in der Regie der Forstverwaltung sich befindet. Der Anteil der Gemeinden beläuft sich auf 1.35 %, derjenige der Kirche auf 0.61 % und der Aktiengesellschaften auf 7.12 %, derjenige der Genossenschaften, Vereine, Stiftungen u.s.w. 0.29 %; im Besitz der grossen Gruppe der Privaten befinden sich 62.67 %. Genau so wie das Landareal verteilt sich auch das Waldareal unter die einzelnen Eigentümergruppen auf eine sehr verschiedene Weise in der Süd- und Nordhälfte des Landes sowie gleichfalls auf eine sehr verschiedene Weise in den Betätigungsgebieten der Bezirksforstkommissionen, welcher Umstand aus der Tabelle 4 und der Abbildung 1 zu ersehen ist.

Genau so wie in den Besitzverhältnissen in bezug auf das Landareal, haben auch im Hinblick auf die Besitzverhältnisse des Waldareals während der in der vorliegenden Untersuchung behandelten Zeit, vom Beginn der 1920-er Jahre bis zum Ende der 1950-er Jahre, zahlreiche Veränderungen stattgefunden. Auch sie waren im allgemeinen relativ gering bis zum Ende des Krieges im Jahre 1944, nachher indessen erheblich, und zwar aus den selben Gründen wie die Veränderungen in bezug auf die Besitzverhältnisse des gesamten Landareals. Der Anteil des Staates verminderte sich von 39.8 % im Jahre 1922 auf 28.0 % im Jahre 1957. Der Anteil der Gemeinden stieg zunächst von 0.7 % auf 1.5 %, ging indessen später auf 1.3 % zurück. Auch in bezug auf den Bezitz der Kirche ergibt sich zuerst eine kleine Steigerung von 0.9 % auf 1.0 %, doch hat sich dieser Anteil später auf 0.6 % vermindert. Der Waldbesitz der Aktiengesellschaften ging von 7.6 % auf 7.1 % herab, relativ etwas weniger als deren gesamter Landbesitz. Der Besitz der Gruppe der Privaten stieg von 51.0 % auf 63.0 %.

Die Veränderungen gestalteten sich auf eine sehr verschiedene Weise in der Süd- und Nordhälfte des Landes. Es möge hier nur besonders erwähnt werden, dass der staatliche Besitz in der Südhälfte von 12.4 % im Jahre 1922 sich auf 6.5 % im Jahre 1957 verminderte und in der Nordhälfte während der selben Zeit von 70.3 % auf 53.8 %, wiewohl auch auf die geringere Höhe der Zahlen des Jahres 1957 bis zu einem gewissen Grade Umsiedlungen von Waldböden in andere Bodenbenutzungsgruppen einwirken. Während der selben Zeit ist der Anteil der Gruppe der Privaten in der Südhälfte des Landes von 72.4 % auf 80.3 % gestiegen sowie in der Nordhälfte von 27.2 % auf 42.1 %.

In der Untersuchung wird auch eine Übersicht in bezug auf die Besitzverhältnisse der Holzvorräte der Wälder geboten, und zwar auf Grund der zum Teil veröffentlichten, zum Teil nicht veröffentlichten Resultate von Inventierungen, die speziell zu diesem Zweck von der Reichswaldtaxierung vorgenommen worden sind.

Aus der Tabelle 7 ist eine Verminderung des Anteils der staatlichen Wälder am gesamten Holzvorrat der Wälder ersichtlich, und zwar auf Grund einer Verminderung dieser Waldfläche von 37.5 % in den Jahren 1921—24 auf 25.5 % in den Jahren 1951—53 und einer Erhöhung des Anteils der Gruppe der Privaten von 50.4 % auf 63.2 % während der selben Zeit. Die Verminderung in bezug auf die Hundertstelzahlen der übrigen Besitzergruppen ist geringer als beim Staat; die Kirche hat jedoch zusammen mit der Waldfläche beinahe die Hälfte des Holzvorrats eingebüsst. Aus

der Tabelle 8 ist zu ersehen, dass die mittlere Kubikmasse des Holzvorrats im allgemeinen auf gleichartigen Waldböden und insbesondere auf den besten Waldböden in den Wäldern der Gruppe der Privaten am geringsten ist. Dort kommen relativ am wenigsten alte Wälder mit einer grossen Kubikmasse vor; auf den besten Waldböden wirkt vermindernd auf die mittlere Kubikmasse auch das Vorhandensein von Weidenwäldern ein, die im Vergleich mit anderen Wäldern qualitativ schwächer sind.

In bezug auf die Verteilung der Gesamtkubikmasse der verschiedenen Holzarten unter die einzelnen Besitzergruppen besteht ein Unterschied auf eine in der Tabelle 9 veranschaulichte Weise, und zwar in dem Sinne, dass die staatlichen Wälder einen grösseren Anteil an der Gesamtkubikmasse der Kiefer haben als an derjenigen der Fichte und Birke, während die Wälder der Gruppe der Privaten wiederum über einen grösseren Anteil an den letzteren verfügen als an der Kubikmasse der Kiefer. Der Anteil der staatlichen Wälder an der Kubikmasse der Fichte und der Birke ist zwischen den Jahren 1921—24 und 1951—53 gemäss der Tabelle 10 viel mehr gesunken als deren Anteil an der Kubikmasse der Kiefer. Die Veränderung in der Gruppe der Privaten ist in bezug auf die Vermehrung eine entgegengesetzte gewesen.

Über die Besitzverhältnisse der Gesamtkubikmasse des Holzvorrats in bezug auf ihre strukturelle Zusammensetzung vermittelt eine Vorstellung die Tabelle 11 und über die Entwicklung, die sich vollzogen hat, die Tabelle 12. Die Gruppe der Privaten umfasst von der ganzen Starkholzmasse der Wälder, zu der Bäume gerechnet werden, die in Brusthöhe mehr als 20 cm dick sind; bei der Kiefer ein viel kleineres Hundertstel als bei der Fichte und der Birke. Das Verhältnis ist bis zu einem gewissen Grade ein Ähnliches auch in bezug auf die anderen Besitzergruppen, mit alleiniger Ausnahme des Staates, bei dem das Hundertstel der Kiefer viel grösser ist als das der Birke und der Fichte. Der Anteil der Gruppe der Privaten an der starken Holzmasse sämtlicher Holzarten hat sich mehr vergrössert als deren Anteil an der Kleinholzmasse und zwar infolge der nach 1944 erfolgten Siedlungstätigkeit, bei welcher Gelegenheit die starke Holzmasse in ihrem ganzen Umfange zusammen mit der erfolgten Übergabe des Waldareals in die Siedlung überging.

Taulukko 13. Kaupunkien maan- ja metsänomistus vv. 1937 ja 1957.

Land- und Waldbesitz der Städte in den Jahren 1937 und 1957.

(Asemakaava-alueen ulkopuolella — *Ausserhalb des Plangebietes*).

Kaupunki *Stadt*	Koko maapinta-ala, ha *Gesamtlandfläche, Ha*				Metsäpinta-ala, ha *Waldfläche, Ha*		
	Vuonna — *Im Jahre*						
	1937	1957 [1]	1957 Omassa kunnassa *Innerhalb der Stadtgemeinde*	1957 Vieraassa kunnassa *Innerhalb anderer Gemeinden*	1937	1957 [1]	1957 % koko maa-alasta *Anteil an der Gesamtfläche, %*
Hamina	1 138	718	718	—	800	601	83.7
Hanko	1 405	938	938	—	930	692	73.8
Heinola	2 717	2 183	1 948	235	2 249	2 049	93.9
Helsinki	9 058	8 018	5 620	2 398	3 752	3 578	44.6
Hämeenlinna	3 609	3 274	656	2 618	2 961	3 083	94.2
Iisalmi	3 199	2 670	417	2 253	2 265	2 229	83.5
Joensuu	2 373	2 100	1 615	485	1 986	1 765	84.0
Jyväskylä	1 527	2 024	440	1 584	1 316	1 872	92.5
Kajaani	10 305	8 764	8 764	—	7 971	7 462	85.1
Kaskinen	822	707	707	—	738	540	76.4
Kemi	2 058	2 007	1 119	888	1 562	1 479	73.7
Kokkola	4 006	3 157	2 028	1 129	2 951	2 581	81.8
Kotka	887	507	433	74	413	274	54.0
Kristiina	3 171	3 206	3 206	—	2 205	2 481	77.4
Kuopio	5 540	4 089	2 145	1 944	4 359	3 808	93.1
Käkisalmi	1 341	—	—	—	1 076	—	—
Lahti	1 105	1 139	1 070	69	912	843	74.0
Lappeenranta	558	626	571	55	312	338	54.0
Loviisa	3 854	2 998	1 443	1 555	3 109	2 750	91.7
Maarianhamina	206	101	84	17	192	73	72.3
Mikkeli	1 605	1 862	765	1 097	1 334	1 558	83.7
Naantali	222	136	115	21	111	11	80.9
Oulu	7 423	7 594	5 000	2 594	4 316	5 256	69.2
Pietarsaari	1 738	1 879	1 845	34	1 025	1 055	56.1
Pori	5 088	2 349	2 019	330	1 159	865	36.8
Porvoo	1 529	1 110	1 030	80	737	807	72.7
Raahe	2 521	1 754	1 344	410	1 517	1 225	69.8
Rauma	3 322	2 591	2 507	84	1 897	1 961	75.7
Savonlinna	2 679	1 833	911	922	1 653	1 600	87.3
Sortavala	1 158	—	—	—	832	—	—
Tammisaari	1 957	1 763	192	1 571	1 557	1 365	77.4
Tampere	2 281	3 596	2 750	846	1 265	2 497	69.4
Tornio	7 227	5 192	1 162	4 030	5 432	3 742	72.1
Turku	3 301	1 739	1 142	597	1 581	963	55.4
Uusikaarlepyy	2 009	1 735	1 735	—	1 607	1 406	81.0
Uusikaupunki	1 306	1 083	928	155	834	853	78.8
Vaasa	3 626	2 768	2 656	112	1 419	1 510	54.6
Viipuri	3 220	—	—	—	2 378	—	—
Yhteensä — Insgesamt	**111 091**	**88 210**	**60 023**	**28 187**	**72 713**	**65 172**	**73.9**

[1]) Asemakaavoitettu alue on kaikkien kaupunkien yhteissummana omistajia erottamatta 35 768 ha, josta kaupunkien omistuksessa metsämaata yhteensä 3 609 ha. — *Die Gesamtsumme der Plangebiete aller Städte, ohne Rücksicht auf Besitzer, ist 35 768 Ha, davon insgesamt 3 609 Ha Waldboden im Besitz der Städte.*

Taulukko 14. Kauppaloiden maan- ja metsänomistus vv. 1937 ja 1957.

Land- und Waldbesitz der Flecken in den Jahren 1937 und 1957.

(Asemakaava-alueen ulkopuolella — *Ausserhalb des Plangebietes*).

Kauppala *Flecke*	Koko maapinta-ala, ha *Gesamtlandfläche, Ha*				Metsäpinta-ala, ha *Waldfläche, Ha*		
	Vuonna — *Im Jahre*						
	1937	1957 [1]	1957 Omassa kunnassa *Innerhalb der Flecken-gemeinde*	1957 Vieraassa kunnassa *Innerhalb anderer Gemeinden*	1937	1957 [1]	1957 % koko maa-alasta *Anteil an der Gesamtfläche, %*
Forssa	235	536	421	115	101	268	50.0
Haaga	—	—	—	—	—	—	—
Hyvinkää	203	400	396	4	160	2	0.5
Ikaalinen	111	44	44	—	65	10	22.7
Imatra		213	140	73	—	120	56.3
Järvenpää [2]	—	165	165	—	—	73	44.2
Karhula	—	134	112	22	—	89	66.4
Karjaa	—	33	32	1	—	25	75.8
Karkkila	182	130	130	—	166	126	96.9
Kauniainen	—	82	82	—	—	82	100
Kemijärvi [2]	—	809	809	—	—	469	58.0
Kerava	6	107	105	2	—	91	85.0
Koivisto	176	—	—	—	160	—	—
Kouvola	1	197	117	80	—	144	73.1
Kuusankoski [2]	—	482	475	7	—	389	80.7
Lahdenpohja	236	—	—	—	23	—	—
Lauritsala	49	86	72	14	30	42	48.8
Lieksa	956	517	34	483	818	480	92.8
Lohja	42	140	110	30	8	71	50.7
Loimaa	—	87	86	1	—	33	37.9
Mänttä		117	93	24	—	81	69.2
Nokia	708	742	731	11	627	636	85.7
Nurmes	412	223	—	223	383	202	90.6
Parainen	—	126	122	4	—	68	54.0
Pieksämäki	165	469	296	173	64	310	66.1
Riihimäki	150	340	244	96	104	224	65.9
Rovaniemi	1 826	1 875	210	1 665	910	1 520	81.1
Salo	570	476	142	334	461	326	68.5
Seinäjoki	272	375	64	311	234	365	97.3
Suolahti	486	492	—	492	476	477	97.0
Toijala		172	40	132	—	158	91.9
Valkeakoski	192	102	71	31	180	91	89.2
Vammala	25	95	54	41	21	41	43.2
Varkaus	230	578	577	1	139	419	72.5
Äänekoski	589	328	128	200	514	316	96.3
Yhteensä — Insgesamt	**7 822**	**10 672**	**6 102**	**4 570**	**5 644**	**7 748**	**72.6**

[1]) Asemakaavoitettu alue on kaikkien kauppaloiden yhteissummana omistajia erottamatta 16 733 ha, josta kauppaloiden omistuksessa metsämaata yhteensä 755 ha. — *Die Gesamtsumme der Plangebiete aller Flecken ohne Rücksicht auf Besitzer, ist 16 733 Ha, davon insgesamt 755 Ha Waldboden im Besitz der Flecken.*

[2]) Ei ole virallisesti vahvistettua asemakaava-aluetta.

Taulukko 15. Maalaiskuntien maan- ja metsänomistus v. 1957.

Land- und Waldbesitz der Landgemeinden im Jahre 1957.

Metsänhoitolautakunta ja kunta *Bezirksforstkommission und Gemeinde*	1. Maa-pinta-ala, ha *1. Land-fläche, Ha*	2. Metsä-ala, ha *2. Wald-fläche, Ha*	2. % 1:stä *2. % von 1.*
1. Ahvenanmaa			
Brändö	—	—	—
Eckerö	123	52	42
Finström	5	1	20
Föglö	2	—	—
Geta	3	—	—
Hammarland	10	4	40
Jomala	14	7	50
Kumlinge	3	—	—
Kökar	1	—	—
Lemland	3	—	—
Lumparland	1	—	—
Saltvik	2	1	50
Sottunga	1	—	—
Sund	1	—	—
Vårdö	1	—	—
2. Helsingin			
Bromarv	15	6	40
Dragsfjärd	380	283	74
Espoo	521	330	63
Helsingin mlk.	227	138	61
Hiittinen	3	—	—
Houtskari	6	—	—
Iniö	1	—	—
Inkoo	321	218	68
Karjaan mlk.	824	686	83
Kemiö	244	168	69
Kirkkonummi	338	200	59
Korppoo	28	18	64
Lapinjärvi	257	130	51
Liljendal	114	109	96
Nauvo	213	146	69
Paraisten mlk.	76	64	84
Pernaja	320	301	94
Pohja	326	223	68
Porvoon mlk.	726	622	86
Ruotsinpyhtää	348	325	93
Sipoo	578	452	78
Siuntio	95	72	76
Snappertuna	77	59	77
Tammisaaren mlk.	223	157	70
Tenhola	22	5	23
Vestanfjärd	4	1	25
3. Lounais-Suomen			
Alastaro	250	204	82
Angelniemi	8	—	—
Askainen	47	40	85
Aura	39	25	64
Halikko	461	336	73
Humppila	39	5	13
Jokioinen	119	64	54
Kaarina	233	125	54
Kakskerta	27	22	81
Kalanti	268	243	91
Karinainen	213	139	65
Karjala	128	111	87
Karuna	11	2	18
Kiikala	101	90	89
Kisko	182	165	91
Kodisjoki	106	103	97
Koski T.l.	93	75	81
Kustavi	250	133	53
Kuusjoki	55	47	85
Laitila	809	514	64
Lemu	47	35	74
Lieto	131	67	51
Loimaan mlk.	98	27	28
Lokalahti	554	488	88
Maaria	52	34	65
Marttila	210	111	53
Masku	131	83	63
Mellilä	47	35	74
Merimasku	109	42	39
Metsämaa	215	178	83
Mietoinen	264	211	80
Muurla	239	175	73
Mynämäki	586	422	72
Naantalin mlk.	110	90	82
Nousiainen	302	227	75
Oripää	330	223	68
Paattinen	41	27	66
Paimio	411	328	80
Perniö	280	147	52
Pertteli	161	144	89
Piikkiö	329	183	56
Pyhämaa	7	1	14
Pyhäranta	121	96	79
Pöytyä	265	195	74
Raisio	119	59	50
Rusko	22	4	18
Rymättylä	236	180	76
Sauvo	123	71	58
Somero	558	464	83
Suomusjärvi	159	118	74
Särkisalo	48	35	73
Taivassalo	190	127	67
Tarvasjoki	104	73	70
Uskela	137	130	95
Uudenkaupungin mlk.	40	32	80
Vahto	149	124	83
Vehmaa	402	302	75
Velkua	2	—	—
Yläne	647	401	62
Ypäjä	396	346	87

Metsänhoitolautakunta ja kunta *Bezirksforstkommission und Gemeinde*	1. Maa-pinta-ala, ha *1. Land-fläche, Ha*	2. Metsä-ala, ha *2. Wald-fläche, Ha*	2. % 1:stä *2. % von 1.*
4. Satakunnan			
Ahlainen	114	103	90
Eura	818	742	91
Eurajoki	490	460	94
Harjavalta	168	88	52
Hinnerjoki (Hongonjoki)	299	127	42
Honkajoki	735	508	69
Honkilahti	308	286	93
Huittinen	372	268	72
Jämijärvi	79	53	67
Kankaanpää	798	532	67
Karvia	539	293	54
Kauvatsa	119	104	87
Keikyä	20	19	95
Kihniö	212	164	77
Kiikka	129	91	71
Kiikoinen	90	73	81
Kiukainen	278	195	70
Kokemäki	527	409	78
Kullaa	1 200	1 049	87
Köyliö	614	226	37
Lappi T.l.	834	700	84
Lavia	438	373	85
Luvia	419	337	80
Merikarvia	703	550	78
Nakkila	73	51	70
Noormarkku	377	362	96
Parkano	503	390	78
Pomarkku	369	299	81
Porin mlk.	262	154	59
Punkalaidun	909	694	76
Rauman mlk.	776	695	90
Siikainen	1 617	1 160	72
Suodenniemi	365	307	84
Säkylä	460	324	70
Tyrvää	520	392	75
Ulvila	233	168	72
Vampula	208	155	75
5. Uudenmaan-Hämeen			
Askola	85	69	81
Hattula	729	671	92
Hauho	346	312	90
Hausjärvi	135	44	33
Hyvinkään mlk.	157	118	75
Janakkala	386	284	74
Kalvola	414	372	90
Karjalohja	22	15	68
Koijärvi	138	119	86
Lohjan mlk.	403	286	71
Loppi	727	614	84
Mäntsälä	252	165	65
Nummi	331	288	87
Nurmijärvi	315	179	57
Pornainen	84	67	80
Pukkila	19	14	74
Pusula	504	484	96
Pyhäjärvi U.l.	144	81	56
Renko	122	90	74
Sammatti	252	204	81
Somerniemi	1 027	951	93
Tammela	1 506	426	28
Tuulos	702	647	92
Tuusula	176	159	90
Tyrväntö	15	7	47
Vanaja	43	13	30
Vihti	254	202	80
6. Pohjois-Hämeen			
Aitolahti	246	202	82
Eräjärvi	92	75	82
Hämeenkyrö	265	157	59
Ikaalisten mlk.	698	533	76
Juupajoki	710	639	90
Kangasala	372	350	94
Karkku	139	130	94
Kuhmalahti	149	141	95
Kuorevesi	209	194	93
Kuru	777	738	95
Kylmäkoski	220	147	67
Lempäälä	195	172	88
Luopioinen	848	751	89
Längelmäki	97	66	68
Mouhijärvi	675	587	87
Orivesi	760	656	86
Pirkkala	154	97	63
Pohjaslahti	15	13	87
Pälkäne	217	140	65
Ruovesi	1 148	1 018	89
Sahalahti	59	50	85
Suoniemi	30	16	53
Sääksmäki	271	202	75
Teisko	445	392	88
Tottijärvi	46	39	85
Urjala	385	303	79
Vesilahti	424	398	94
Viiala	155	117	75
Viljakkala	176	150	85
Vilppula	803	725	90
Virrat	1 184	945	80
Ylöjärvi	313	251	80
7. Itä-Hämeen			
Anjala	75	58	77
Artjärvi	73	53	73
Asikkala	698	618	89
Elimäki	318	261	82
Hartola	472	389	82
Heinolan mlk.	992	916	92
Hollola	580	430	74
Iitti	1 439	1 390	97

Metsänhoitolautakunta ja kunta *Bezirksforstkommission und Gemeinde*	1. Maa-pinta-ala, ha *1. Land-fläche, Ha*	2. Met-sä-ala, ha *2. Wald-fläche, Ha*	2. % 1:stä *2. % von 1.*
Jaala	484	463	96
Koski H.l.	76	65	86
Kuhmoinen	871	793	91
Kuusankoski	573	316	55
Kärkölä	131	52	40
Lammi	290	207	71
Myrskylä	97	58	60
Nastola	189	100	53
Orimattila	226	131	58
Padasjoki	1 050	1 008	96
Sysmä	263	213	81
8. Etelä-Savon			
Anttola	883	764	87
Haukivuori	535	295	55
Hirvensalmi	537	411	77
Joroinen	1 337	1 170	88
Joutsa	374	301	80
Juva	1 831	1 524	83
Jäppilä	274	243	89
Kangasniemi	1 105	1 003	91
Mikkelin mlk.	1 118	735	66
Mäntyharju	1 783	1 646	92
Pertunmaa	693	602	87
Pieksämäen mlk.	1 390	1 247	90
Puumala	986	951	96
Ristiina	607	521	86
Virtasalmi	243	209	86
9. Etelä-Karjalan			
Haapasaari	1	—	—
Joutseno	414	348	84
Kymi	31	18	58
Lappee	747	615	82
Lemi	139	101	73
Luumäki	856	773	90
Miehikkälä	1 034	943	91
Nuijamaa	6	—	—
Pyhtää	714	482	68
Rautjärvi	127	101	80
Ruokolahti	909	847	93
Savitaipale	355	280	79
Sippola	803	786	98
Suomenniemi	460	440	96
Taipalsaari	219	162	74
Valkeala	589	500	85
Vehkalahti	764	672	88
Virolahti	476	382	80
Ylämaa	516	455	88
10. Itä-Savon			
Enonkoski	1 180	1 100	93
Heinävesi	2 115	1 880	89
Kangaslampi	207	172	83
Kerimäki	1 145	967	84
Kesälahti	1 533	1 413	92
Parikkala	302	239	79
Punkaharju	484	399	82
Rantasalmi	1 570	1 463	93
Saari	96	63	66
Savonranta	911	854	94
Simpele	17	4	24
Sulkava	1 006	934	93
Sääminki	1 888	1 767	94
Uukuniemi	156	129	83
11. Pohjois-Karjalan			
Eno	1 719	1 440	84
Ilomantsi	1 235	1 003	81
Juuka	3 531	3 363	95
Kiihtelysvaara	1 144	1 013	89
Kitee	1 158	824	71
Kontiolahti	1 806	1 642	91
Kuusjärvi	1 321	1 184	90
Liperi	1 384	1 229	89
Nurmeksen mlk.	1 001	813	81
Pielisjärvi	5 379	4 526	84
Polvijärvi	920	689	75
Pyhäselkä	587	529	90
Rääkkylä	1 017	932	92
Tohmajärvi	963	776	81
Tuupovaara	2 012	1 785	89
Valtimo	642	557	87
Värtsilä	716	571	80
12. Pohjois-Savon			
Iisalmen mlk.	413	275	67
Juankoski	319	277	87
Kaavi	697	581	83
Karttula	983	781	79
Keitele	907	857	94
Kiuruvesi	1 231	923	75
Kuopion mlk.	947	799	84
Lapinlahti	471	280	59
Leppävirta	2 431	2 161	89
Maaninka	538	463	86
Muuruvesi	221	139	63
Nilsiä	565	500	88
Pielavesi	1 207	1 055	87
Rautalampi	1 116	1 073	96
Rautavaara	2 335	1 835	79
Riistavesi	482	442	92
Siilinjärvi	319	268	84
Sonkajärvi	407	350	86
Suonenjoki	410	329	80
Säyneinen	544	520	96
Tervo	394	345	88
Tuusniemi	796	727	91
Varpaisjärvi	501	454	91
Vehmersalmi	581	498	86
Vesanto	1 048	827	79
Vieremä	538	481	89

Metsänhoitolautakunta ja kunta *Bezirksforstkommission und Gemeinde*	1. Maa-pinta-ala, ha *1. Land-fläche, Ha*	2. Metsä-ala, ha *2. Wald-fläche, Ha*	2. % 1:stä *2. % von 1.*
13. Keski-Suomen			
Hankasalmi	340	310	91
Jyväskylän mlk.	1 035	819	79
Jämsä	684	610	89
Jämsänkoski	198	170	86
Kannonkoski	457	399	87
Karstula	221	170	77
Keuru	761	619	81
Kinnula	693	610	88
Kivijärvi	893	845	95
Konginkangas	340	310	91
Konnevesi	990	882	89
Korpilahti	652	540	83
Koskenpää	154	121	79
Kyyjärvi	311	299	96
Laukaa	1 416	1 241	88
Leivonmäki	577	206	36
Luhanka	323	299	93
Multia	1 165	1 020	88
Muurame	114	93	82
Petäjävesi	576	544	94
Pihlajavesi	515	463	90
Pihtipudas	431	415	96
Pylkönmäki	282	212	75
Saarijärvi	2 440	2 089	86
Sumiainen	279	247	89
Säynätsalo	180	170	94
Toivakka	668	650	97
Uurainen	1 284	1 257	98
Viitasaari	1 140	1 052	92
Äänekosken mlk.	317	254	80
14. Etelä-Pohjanmaan			
Alahärmä	542	420	77
Alajärvi	1 145	845	74
Alavus	499	400	80
Evijärvi	435	360	83
Ilmajoki	1 219	1 046	86
Isojoki	1 309	1 045	80
Isokyrö	409	368	90
Jalasjärvi	1 084	800	74
Jurva	977	795	81
Karijoki	419	316	75
Kauhajoki	1 792	1 286	72
Kauhava	545	360	66
Kortesjärvi	550	530	96
Kuortane	380	306	81
Kurikka	808	591	73
Laihia	716	600	84
Lappajärvi	596	485	81
Lapua	1 791	970	54
Lehtimäki	754	699	93
Nurmo	345	144	42
Peräseinäjoki	293	227	77
Seinäjoen mlk.	429	194	45
Soini	730	580	79
Teuva	1 256	927	74
Töysä	363	268	74
Vimpeli	370	320	86
Vähäkyrö	126	100	79
Ylihärmä	85	53	62
Ylistaro	603	383	64
Ähtäri	672	482	72
15. Vaasan			
Alaveteli	11	8	73
Bergö	11	9	82
Björköby	2	1	50
Jepua	192	134	70
Kaarlela	150	140	93
Koivulahti	11	1	9
Korsnäs	20	9	45
Kruunupyy	349	279	80
Lapväärtti	644	559	87
Luoto	11	7	64
Maalahti	138	108	78
Maksamaa	24	—	—
Munsala	122	97	80
Mustasaari	93	58	62
Närpiö	238	164	69
Oravainen	42	40	95
Petolahti	25	15	60
Pietarsaaren mlk.	158	128	81
Pirttikylä	61	46	75
Purmo	109	43	39
Raippaluoto	2	—	—
Siipyy	52	38	73
Sulva	8	—	—
Teerijärvi	7	—	—
Tiukka	128	118	92
Uudenkaarlepyyn mlk.	1	—	—
Vöyri	54	22	41
Ylimarkku	76	68	89
Ähtävä	86	64	74
Öja	2	—	—
16. Keski-Pohjanmaan			
Alavieska	589	315	53
Haapajärvi	1 028	710	69
Halsua	108	88	81
Himanka	146	132	90
Kalajoki	1 013	647	64
Kannus	502	476	95
Kaustinen	183	66	36
Kälviä	155	115	74
Kärsämäki	1 201	825	69
Lestijärvi	176	167	95
Lohtaja	21	15	71
Nivala	1 302	984	76
Perho	1 581	1 100	70
Pyhäjärvi O.1.	3 176	2 794	88

Metsänhoitolautakunta ja kunta *Bezirksforstkommission und Gemeinde*	1. Maa-pinta-ala, ha *1. Land-fläche, Ha*	2. Met-sä-ala, ha *2. Wald-fläche, Ha*	2. % 1:stä *2. % von 1.*
Rautio	355	320	90
Reisjärvi	825	615	75
Sievi	661	550	83
Toholampi	902	817	91
Ullava	42	—	—
Veteli	645	450	70
Ylivieska	927	887	96
17. Kainuun			
Hyrynsalmi	311	229	74
Kajaanin mlk.	750	676	90
Kuhmo	1 793	1 468	82
Paltamo	1 324	1 235	93
Puolanka	2 221	1 344	61
Ristijärvi	1 514	1 210	80
Sotkamo	1 223	1 065	87
Suomussalmi	1 849	1 099	59
Säräisniemi (Vaala)	1 269	1 005	79
Vuolijoki	711	608	86
18. Pohjois-Pohjanmaan			
Haapavesi	2 126	1 751	82
Hailuoto	281	159	57
Haukipudas	797	601	75
Ii	308	240	78
Kempele	152	84	55
Kestilä	1 255	1 016	81
Kiiminki	691	380	55
Kuivaniemi	190	120	63
Liminka	2 126	1 280	60
Lumijoki	892	543	61
Merijärvi	315	214	68
Muhos	1 920	1 173	61
Oulainen	902	687	76
Oulujoki	762	660	87
Oulunsalo	293	203	69
Paavola	795	411	52
Pattijoki	1 720	1 565	91
Piippola	2 020	1 516	75
Pudasjärvi	2 654	1 562	59
Pulkkila	451	381	84
Pyhäjoki	458	444	97
Pyhäntä	755	500	66
Rantsila	621	450	72
Revonlahti	368	213	58
Saloinen	990	740	75
Siikajoki	501	445	89
Taivalkoski	474	223	47
Temmes	372	274	74
Tyrnävä	1 055	835	79
Utajärvi	2 531	1 649	65
Vihanti	1 056	644	61
Yli-Ii	600	378	63
Yli-Kiiminki	991	662	67
19. Koillis-Suomen			
Kemijärven mlk.	1 018	631	62
Kuusamo	4 010	2 812	70
Pelkosenniemi	1 066	406	38
Posio	305	221	72
Salla	606	467	77
Savukoski	48	38	79
20. Lapin			
Alatornio	737	530	72
Enontekiö	3	—	—
Inari	294	173	59
Karunki	305	238	78
Kemin mlk.	1 451	1 148	79
Kittilä	1 061	617	58
Kolari	521	163	31
Muonio	169	117	69
Pello	517	412	80
Ranua	647	460	71
Rovaniemen mlk.	840	668	80
Simo	556	314	56
Sodankylä	1 143	543	48
Tervola	165	125	76
Utsjoki	5	—	—
Ylitornio	444	183	41

HARVENNUKSEN AIHEUTTAMASTA MUUTOKSESTA NUOREN MÄNNIKÖN RAKENTEESEEN

VEIKKO O. MÄKINEN

ON THE STRUCTURAL CHANGES CAUSED BY THINNING IN YOUNG SCOTS PINE STANDS

SUMMARY IN ENGLISH

HELSINKI 1959

Helsinki 1959. Valtioneuvoston kirjapaino

Alkusanat

Keskusmetsäseura Tapion aloitteesta ja Metsäntutkimuslaitoksen arvioimisosaston toimesta perustettiin vv. 1954—55 pysyvien koealojen verkko lukuisiin vasta harvennettuihin nuoriin metsikköihin.

Tehtävässä koko ajan mukana olleena mittausryhmän johtajana allekirjoittanut sai mittaustulokset käyttöönsä tätä tutkimusta varten, joka on suoritettu Metsäntutkimuslaitoksen arvioimisosastossa ja josta tämä julkaisu on suppea lyhennelmä. Esimieheni, Suomen Akatemian jäsen, professori Yrjö Ilvessalo on työtäni ohjannut ja antanut neuvoja, mistä haluan häntä erikoisesti kiittää. Metsäntutkimuslaitoksen johtaja, professori Risto Sarvas on lukenut käsikirjoituksen. Saamistani ohjeista olen hänelle kiitollinen.

Työn järjestelyssä ja erityisesti kenttätöiden yhteydessä olen saanut suurta apua Keskusmetsäseura Tapion toimitusjohtajalta, tohtori Erkki K. Kalelalta samoin kuin Tapion metsänparannusosaston edesmenneeltä johtajalta, metsäneuvos Antti Kaivolalta sekä heidän alaisiltaan ja edelleen metsänhoitolautakuntien toimihenkilöiltä. Kaikkia edellä mainittuja kohtaan tunnen suurta kiitollisuutta. Myös metsätieteen lisensiaatit Mikko Ilvessalo ja Erkki Numminen osallistuivat osan aikaa koealojen perustamistyöhön. Allekirjoittanut sai heidänkin hankkimansa aineiston käytettäväkseen, mistä lausun kiitokseni. Haluan kiittää myös rouvia Irma Nylander ja Eimi Pakkala, joista edellinen on laatinut tutkimuksen piirrokset ja jälkimmäinen suorittanut konekirjoitustyön.

Esitän kiitokseni Suomen Luonnonvarain Tutkimussäätiölle ja Kulkulaitosten ja yleisten töiden ministeriön työvoima-asiain osastolle, joilta on saatu varat lähinnä kenttätöitä varten.

Helsingissä, syyskuussa 1959.

Veikko O. Mäkinen

Sisällysluettelo

Sivu

Johdanto 6

Tutkimusmenetelmä ja aineiston keruu 7
- Tutkimuskohteiden etsiminen ja valinta 7
- Koealoilla suoritetut tehtävät 8

Tutkimusaineisto ja sen käsittely 10
- Aineisto 10
- Aineiston käsittely 12

Tutkimuksen tulokset 14
- Runkoluku 14
- Keskiläpimitta 16
- Pohjapinta-ala 18
- Pituus 19
- Kuutiomäärä 21
- Kuutiokasvu 22

Kirjallisuusluettelo 26

Summary 29

Johdanto

Nuorten metsiköiden kasvatukseen liittyvät näkökohdat ovat olleet pitkän ajan mielenkiinnon kohteena. Mielipiteiden vaihtoa ja ehkä erimielisyyttäkin on lähinnä aiheuttanut kysymys harvennuksen voimakkuudesta. Viime vuosina on yleensä voittanut alaa sellainen käsitys, että harvennukset tulisi toimittaa entistä voimakkaampina. Toisaalta on mainittu kehityksessä mennyn ehkä liiankin pitkälle, niin että ensimmäiset ainespuuhakkuut jäisivät suorittamatta metsikön iän edellyttämänä ajankohtana ja metsikön kokonaistuotto olisi vaarassa vähentyä. Vertailevilla harvennuskokeilla ei ole vielä tyydyttävästi ratkaistu harvennuksen voimakkuuden vaikutusta metsikön kehitykseen.

Onkin todettava, että tämän alan yksityiskohtainen tietämyksemme on vielä puutteellista. Tämä koskee erityisesti nuorten metsiköiden käsittelyä. On sanottu, että harvennushakkuitten ohjeet ovat löydettävissä luonnontäystiheiden metsiköiden kasvu- ja tuottotaulukoista (A a l t o n e n 1935), mutta toisaalta valitetaan, että tiede ei ole antanut käytännölle niitä riittäviä ohjeita ja viitteitä, joita nuorten metsiköiden käsittelyssä kaivataan (K a l e l a 1956).

Samalla kuin jatkuva tutkimus on hyvin tarpeellista, ei ole suinkaan syytä jättää hyväksi käyttämättä maassamme ennestään suoritettujen tutkimusten tuloksia, sillä tähän mennessä on jo hakkuillakin käsiteltyjä metsiköitä monipuolisesti selvitetty. Niistä saadaan tietoja S a r v a k s e n (1944, 1951), N y y s s ö s e n (1954 a), V u o k i l a n (1956) ja K o i v i s t o n (1957) tutkimuksista sekä metsäntutkimuslaitoksen kestokoealojen pohjalla lasketuista tuloksista (I l v e s s a l o 1948 a, ss. 24—25; 1952) ja laajassa mitassa valtakunnan metsien inventointien perusteella (I l v e s s a l o 1927, 1942, 1943, 1956, 1957 a ja b). Erityisesti aivan nuorista, ensimmäisessä harvennusvaiheessa olevista männiköistä ei ole kuitenkaan käytettävissä paljonkaan tietoja. Käsillä oleva tutkielma pyrkii osaltaan tätä puutetta poistamaan. Sen tarkoituksena on selvittää harvennushakkuun aiheuttamia muutoksia nuorten männiköiden rakenteeseen sekä näissä metsiköissä ennen harvennusta ja sen jälkeen olleen puuston kehitysvaihetta.

Tutkimusmenetelmä ja aineiston keruu

Tutkimus käsittää nuoria tasaikäisiä, ensi kerran harvennushakkuilla käsiteltyjä mäntymetsiköitä Suomen eteläpuoliskon mustikka-, puolukka- ja kanervatyypeiltä.

Tutkimuksessa on pyritty noudattamaan sekä aineiston valinnassa että käsittelyssä samanlaisia menetelmiä, joita yleisesti on käytetty metsäntutkimuslaitoksen arvioimisosaston suorittamissa puuston kehitystä selvittelevissä tutkimuksissa.

Tutkimuskohteiden etsiminen ja valinta

Keskusmetsäseura Tapiosta lähetettiin talvella 1954 metsänhoitolautakunnille tiedustelu sellaisista metsiköistä, joissa työttömyystyönä tai muuten oli suoritettu taimiston perkaus tai nuoren metsikön harvennus ns. risusavottatyönä ja jotka mahdollisesti voisivat tulla kysymykseen pysyvien koealojen perustamista varten. Kyselyn tulokset toimitettiin metsäntutkimuslaitoksen arvioimisosaston käytettäväksi.

Kun koealojen tarkoituksena ei ollut yksinomaan tämän tutkimuksen suorittaminen, jouduttiin niitä perustamaan, Vaasan metsänhoitolautakuntaa lukuun ottamatta, kaikkien Suomen eteläpuoliskon ja lisäksi Kainuun ja Pohjois-Pohjanmaan metsänhoitolautakuntien toiminta-alueille. Yksinomaan esillä olevaa tutkimusta varten olisi ollut parempi, jos tehtävässä olisi voitu keskittyä suppeammalle alueelle, jolta olisi saatu riittävän monipuolinen ja mahdollisimman yhtenäinen tutkimusaineisto.

Metsikön hyväksyminen tutkimuskohteeksi edellytti tietyt vaatimukset. Tärkeänä peruskysymyksenä pidettiin metsikön käsittelytapaa. Tutkimukseen pyrittiin ottamaan vain sellaisia metsiköitä, joissa silmävaraisesti tarkastettuna hakkuu oli tapahtunut likimäärin saman vahvuisena ja suoritettu saman tapaisesti koko koealan piiriin tulevassa metsikössä. Jos hakkuusta oli kulunut enemmän kuin 3 vuotta, jätettiin koeala yleensä ottamatta, sillä tällöin osa pienistä kannoista näkyi jo hävinneen ja harvennuspoistuma siten olisi voinut tulla väärin määritetyksi.

Tutkimus kohdistettiin puhtaisiin, pistokokein todeten tasaikäisiin männikköihin. Tavoitteeksi asetettiin, että sekapuulajien osuus kuutiomäärästä ei olisi noussut 10—15 % suuremmaksi. Sadannes onkin tutkimuksen aineistossa alle 10 69:ssä ja 10—15 6:ssa tapauksessa sekä vain 4 koealametsikössä yli 15.

Kun tarkoituksena oli perustaa mitattaviin metsikköihin pysyviä koealoja, joilla seurataan metsiköiden kehitystä niiden loppuvaiheisiin saakka, pyrittiin koealan koko tekemään mahdollisimman suureksi. Tavoitteena oli 20—25 aarin koko.

Sen johdosta että pysyviksi koealoiksi ehdotettujen metsiköiden lukumäärä oli verraten rajoitettu, ei tutkimuskohteiden voitu vaatia aina edustavan metsätyypin keskimääräisastetta, minkä arvostelun perusteena käytettiin kasvillisuuden koostumusta. Oli tyydyttävä siihen, että koeala voitiin määrittää kuuluvaksi kokonaisuudessaan tiettyyn metsätyyppiin. Sen vuoksi koealat saattavat olla metsätyypin koko vaihtelualueelta. Oikean metsätyypin määrittäminen saattoi kohdata vaikeuksiakin. Tämä on luonnollista nuorissa metsiköissä, joissa kasviyhdyskunnat yleensä ovat kehityksen alkuvaiheessa ja kaukana siitä kuin ne ovat hakkuukypsissä metsiköissä, minkä vaiheen mukaan metsätyyppien normaalimuodot on kuvattu (vrt. Cajander 1925, s. 24).

Koealoilla suoritetut tehtävät

Koealan rajoitus. Kun asetetut vaatimukset täyttävä tutkimuskohde oli löydetty, rajoitettiin koeala. Koealan ulkopuolelle oli jäävä tarpeeksi suuri, mieluimmin n. 10 m leveä suojavaippa, joka puustoltaan oli täysin rinnastettavissa varsinaiseen koealaan (vrt. Ilvessalo 1932, s.32). Useissa tapauksissa oli metsikön pienuuden tähden kuitenkin tyydyttävä 3—4 metrin levyiseen vaippaan.

Puiden ja kantojen luku. Koealan jokaiseen puuhun merkittiin maalilla rinnankorkeusmerkki. Rinnankorkeuden lähtökohdaksi otettiin se juurenhaarojen määrittämä alin kohta, mistä puu lumettomana aikana katsottiin voitavan kaataa (vrt. Ilvessalo 1947, s. 9; 1951, s. 35). Näin nuorissa metsiköissä se oli useimmiten maanpinnan tasolla, mitä tutkimuksissa paljon onkin käytetty rinnankorkeuden lähtöpisteenä (vrt. esim. Maas 1913, s. 47). Puiden luku suoritettiin käyttäen 1 cm:n läpimittaluokkia.

Poistuman laskentaa varten mitattiin harvennuksessa kaadettujen puiden kantojen läpimitat kuoren päältä. Mittaus tapahtui samalta korkeudelta, mikä kuutioimistaulukoiden edellyttämään tapaan oli otettava lähtökohdaksi rinnankorkeudelle.

K o e p u i d e n m i t t a u s. Koealametsiköiden kuutiomäärän ja kasvun laskenta perustuu, samoin kuin maassamme viime aikana suoritetuissa toistuvasti harvennettujen metsiköiden tutkimuksissa yleisesti, I l v e s s a l o n (1948 b) »Pystypuiden kuutioimis- ja kasvunlaskentataulukkoihin». Näiden taulukoiden avulla tapahtuvaan koealan tulosten laskentaan tarvittavien koepuiden mittauksessa noudatettiin I l v e s s a l o n (1951, ss. 41—42) laatimia ohjeita.

Koepuita mitattiin 15—20 koealaa kohden, minkä määrän katsottiin riittävän näin nuorissa ja pääosaltaan puhtaissa metsiköissä, joissa runkojakaantumat pysyttelevät melko suppeissa rajoissa. Koepuista tehtiin seuraavat mittaukset.

1. Rinnankorkeusläpimitta (d 1.3) kuorineen 1 cm:n luokkia käyttäen.
2. Kuoren paksuus 1.3 m:n korkeudelta 0.1 cm:n tarkkuudella.
3. 5 ja 10 viime vuoden sädekasvut 0.5 mm:n tarkkuudella.
4. Ikä tyvestä kairattuna.
5. Rungon koko pituus täysin metrein.
6. Havupuista viiden viime vuoden latvakasvainten keskiarvo 0.5 dm:n tarkkuudella.
7. Kapenemisluokka 1 cm:n luokkia käyttäen.
8. Latvuskerros lehtipuista (L a u r i I l v e s s a l o 1929, s. 4).
9. Kapeneminen kannonkorkeudelta rinnankorkeudelle 1 cm:n tarkkuudella.

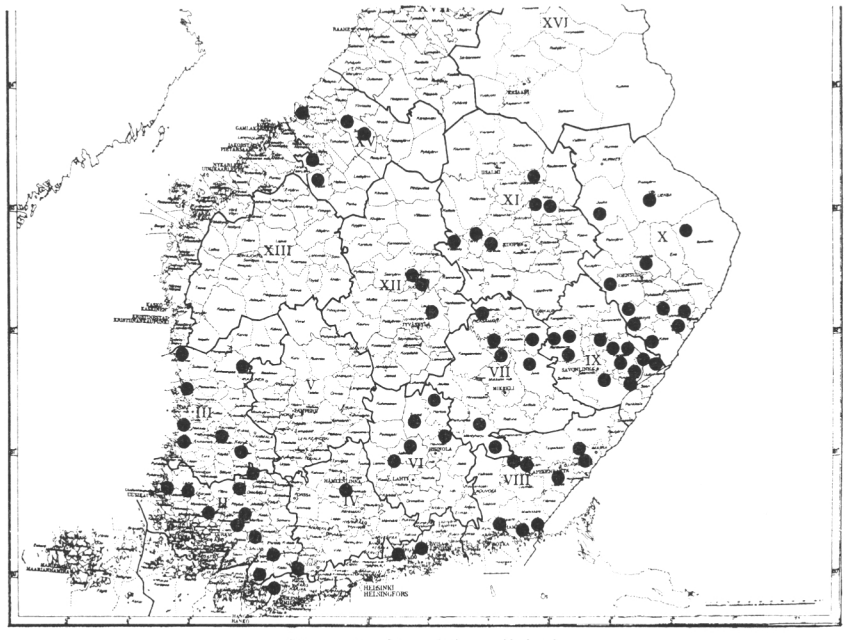
M u u t t e h t ä v ä t. Koealametsikön metsätyypin varmentamiseksi tehtiin pintakasvillisuuden yleispiirteinen kuvaus käyttäen II:ssa valtakunnan metsien arvioinnissa noudatettua 5-jakoista asteikkoa (I l v e s s a l o 1936, liite 6). Maanpinnan kaltevuus arvioitiin kolmea luokkaa käyttäen (I l v e s s a l o 1951, s. 43). Maalaji määritettiin koealan keskivaiheille kaivetusta n. 0.4 m syvästä kuopasta otetusta näytteestä, jolloin mitattiin myös humuskerroksen sekä A- ja B- horisonttien paksuudet (A a l t o n e n 1939, ss. 75—76). Kivisyys tutkittiin moreeni- ja harjusoramailla V i r o n (1947) menetelmää käyttäen. Näitä maata koskevia havaintoja, jotka on tarkoitettu käytettäviksi vasta koealojen toistoharvennusten jälkeen tehtävissä tutkimuksissa, tehtiin keskimäärin 20—25 kpl koealaa kohden.

Tutkimusaineisto ja sen käsittely

Aineisto

Tutkimusaineisto jakaantuu melko tasaisesti Suomen eteläpuoliskon alueelle, mikä nähdään koealojen lukumäärän metsänhoitolautakuntien toiminta-alueittain esittävästä taulukosta 1 ja kuvasta 1. Maan eteläpuoliskossa 12 metsänhoitolautakunnan toiminta-alueella on yhteensä 79 koealaa.

Koeala-aineiston jakaantumisen metsätyyppeihin ja niillä edelleen ikäluokkiin osoittaa taulukko 2. Metsätyyppejä erittelemättä koealoja on 26—40:n ikävuoden väliltä likimäärin sama lukumäärä jokaisessa ikäluokassa, mutta alle 26- ja yli 40-vuotiaita vähemmän.



Kuva 1. Koealojen sijainti

Figure 1. Logation of the sample plots

Taulukko 1. Koealojen jakaantuminen metsänhoitolautakuntien toiminta-alueille.

Table 1. Distribution of the sample plots by Forestry Board districts.

Metsänhoitolautakunta *Forestry Board district*	Koealoja, kpl *Number of sample plots*
Helsingin	3
Lounais-Suomen	10
Satakunnan	7
Uudenmaan-Hämeen	2
Pohjois-Hämeen	—
Itä-Hämeen	5
Etelä-Savon	7
Etelä-Karjalan	8
Itä-Savon	12
Pohjois-Karjalan	11
Pohjois-Savon	6
Keski-Suomen	3
Etelä-Pohjanmaan	—
Keski-Pohjanmaan	5
Yhteensä — *Total*	79

Taulukko 2. Koealojen jakaantuminen metsätyyppeihin ja ikäluokkiin.

Table 2. Division of the sample plots into forest site types and age classes.

Metsätyyppi *Forest site type*	Ikäluokka, v. — *Age class, years*						
	15—20	21—25	26—30	31—35	36—40	41—45	Yhteensä *Total*
	koealoja, kpl — *Number of sample plots*						
MT	1	—	4	4	—	—	9
VT	—	7	13	16	19	5	60
CT	—	1	2	3	4	—	10
Yhteensä *Total*	1	8	19	23	23	5	79

Forest site types: MT = Myrtillus type, VT = Vaccinium type, CT = Calluna type.

Kun tutkimus rajoittuu nuoriin, yleensä vasta ensi kerran varsinaisella harvennuksella käsiteltyihin metsikköihin, sillä on ikäluokkajakaantuman perusteella edellytyksiä täyttää tarkoituksensa ja täydentää esim. N y y s s ö s e n (1954 a, ss. 46—51) toistuvasti harvennettuja männiköitä koskevaa tutkimusta, jonka aineisto kahta, 39- ja 40-vuotista koealaa lukuun ottamatta on käsittänyt yli 40-vuotiaita metsiköitä.

Pääosa koealoista kuuluu puolukkatyyppiin. Mustikka- ja kanervatyyppien metsiköistä koealoja on paljon vähemmän. Kun muistetaan lyhyt kehitysjakso, n. 30 v., johon tutkimus rajoittuu, sekä verrataan aineiston määrää varhempien tutkimuksien aineistoihin (vrt. esim. N y y s s ö n e n 1954 a, ss. 150—151), voitaneen ainakin puolukkatyypin koealojen lukumäärää pitää riittävänä.

Aineiston käsittely

Koealojen kuutiomäärän ja kasvun laskenta tapahtui Ilvessalon (1948 b) »Pystypuiden kuutioimis- ja kasvunlaskentataulukoiden» avulla. Poistuman käsittely. Kuten aiemmin on esitetty, mitattiin koealoilta poistuman selvittämiseksi kaikkien kantojen läpimitat 1 cm:n tarkkuudella. Tässä yhteydessä on korostettava, ettei mahdollisen itseharvenemisen johdosta tai muusta syystä kuolleiden puiden kantoja voitu erottaa elävänä kaadettujen puiden kannoista, sillä yleensä pienikokoiset poistopuut oli kaadettu samalla tavalla kirveellä ja kannoissa oli vaikea eroa todeta. Tämän vuoksi tutkimuksessa käsitetään poistumalla koko hakkuupoistumaa.

Jokaiselle koealalle piirrettiin pystyyn jääneistä puista tehtyjen mittausten perusteella tyviosan kapenemiskäyrä, jonka avulla selvitettiin poistettujen puiden kapeneminen kannonkorkeudelta rinnankorkeudelle. Näitä graafisia tasoituksia tarkasteltaessa havaittiin, että samoja d_k-arvoja vastaavat d 1.3 -arvot vaihtelivat kovin vähän ja että puulajien kesken ei myöskään ollut mainittavia eroavuuksia. Tämän johdosta suoritettiin varsinainen muuntaminen käyttäen ns. osittamismenetelmää (Nyyssönen 1955, s. 32). Tutkitut pystykoepuut jaettiin d_k-luokkiin ja selvitettiin kunkin luokan puiden suhteellinen jakaantuminen d 1.3 -luokkiin, minkä jälkeen näitä suhdelukuja sovellettiin vastaaviin d_k-luokkiin kuuluviin kantoihin.

Kun edellä selostettua menetelmää soveltaen oli saatu selvitetyksi poistettujen puiden lukumäärä d 1.3 -luokittain, suoritettiin tämän puuston kuutioiminen soveltaen vastaavia pystypuiden yksikkökuutiolukuja. Tällöin lähdettiin siitä olettamuksesta, että poistetuille puille soveltuivat samat pituus- ja kapenemisluvut kuin vastaavien d 1.3 -luokkien pystyyn jääneille puille. Asia ei ehkä todellisuudessa aina ole täsmälleen näin, mutta katsottiin menettelyn johtavan riittävän luotettavaan tulokseen, kun kysymyksessä olivat metsiköt, joissa harvennus oli suoritettu mittausvuonna tai enintään pari vuotta aikaisemmin, joten puiden muodossa ja pituudessa ei ollut ehtinyt tapahtua merkitsevää muutosta.

Kehityssarjojen muodostaminen. Sen jälkeen kun koealatulokset oli muunnettu hehtaaria kohden lasketuiksi, muodostettiin tutkimusmetsiköiden iän mukaisia eri tunnusten kehityssarjoja. Niiden graafisessa tasoituksessa pidettiin menetelmän mukaisesti silmällä, että positiivisten ja negatiivisten poikkeusten summa oli nolla sekä samalla poikkeusten itseisarvojen summa minimi ja lisäksi että käyristä tuli metsiköiden omaa yksilöllistä luonnetta edustavia.

Kehityssarjojen muodostamiseen vaikuttaa haitallisesti niiden päättyminen metsiköiden vilkkaassa kehitysvaiheessa. Tunnuksien kehitystä

kuvaavien tasoituskäyrien päättämisessä on silloin tavallista enemmän epävarmuutta. Eräiden muiden tutkimusten tulokset viittaavat siihen, että kuvaajien kulku tässä tutkimuksessa todennäköisesti olisi voinut muodostua vanhimpien metsiköiden kohdalla enemmän nousevaksi, jos sarjat olisivat jatkuneet vanhemmalle iälle.

Pääosa tutkimukseen kuuluvista metsiköistä on käsitelty harvennuksella vain kerran, joten tulosten voidaan katsoa kuvaavan ensimmäisen harvennuksen vaikutusta metsikön rakenteeseen. On oletettu, että tutkimuksen kaiken ikäiset metsiköt ovat likimäärin vertailukelpoisia, vaikka todennäköisesti metsiköt, joissa ensimmäinen harvennus suoritetaan esim. 20—25 vuoden iällä, eivät kehitykään seuraavien 15—20 vuoden kuluessa täysin samoin kuin esim. 35—40 vuoden iässä ensi kerran harvennetut metsiköt ovat kehittyneet.

Tutkimuksen tulokset

Niin kuin aiemmin on mainittu tutkimuksen päätarkoituksena on selvittää ensi harvennuksen aiheuttamaa muutosta nuoren puuston rakenteeseen, mikä pääasiallisesti tapahtuu vertaamalla metsikössä ennen harvennusta ollutta puustoa ja siinä harvennuksen jälkeisellä mittaushetkellä ollutta puustoa keskenään.

Runkoluku

Metsikön runkolukuun on sisällytetty ainoastaan kaikki rinnankorkeuden saavuttaneet puut. Alle 1.3 m:n pituisia puita koealoilla onkin ollut aivan vähän. Saman ikäisten metsiköiden runkoluku voi tunnetusti vaihdella huomattavasti. Vaihtelu on suurin nuorella iällä, jolloin hakkuu ei ole vielä siihen vaikuttanut eikä yksilöiden välistä kilpailua ole kestänyt kauempaa kuin 2—3 vuosikymmenen ajan. Kilpailu on tosin juuri nuorella iällä kiivaimmillaan, niin että esim. kanervatyypin tasaikäisissä luonnontäystiheissä metsiköissä runkoluku voi vähentyä syntymäajan sadoista tuhansista yksilöistä kymmenenteen ikävuoteen mennessä n. 30 000:een (L ö n n r o t h 1929).

Kun tutkimuksessa todettiin saman ikäisten metsiköiden runkoluvun huomattavasti vaihtelevan, katsottiin asialliseksi laskea tavalliseen tapaan keskimääräiset runkoluvut vain mittaushetken puustolle. Ennen harvennusta olleen puuston runkoluku laskettiin siten, että poistettujen puiden suhteellista määrää osoittavat poistosadannekset ensin tasoitettiin. Sitten tasoitetut arvot vähennettiin luvusta 100, jolloin päästiin mittaushetken puuston runkoluvun vastaavaan sadannekseen. Näiden sadannesmäärien ja niitä vastaavien runkolukujen avulla laskettiin ennen harvennusta olleen puuston runkoluku 5-vuotisjaksoittain.

Taulukossa 3 esitetään runkolukua koskevat tulokset. Havaitaan, että harvennuksen jälkeinen runkoluku on ennen harvennusta olleesta runkoluvusta sadanneksina likimäärin yhtä suuri eri metsätyypeillä ja eri ikäluokissa. Tosin harvennuksen voimakkuudessa ilmenee iän mukaista pientä

nousua, sillä taulukon mukaan nuorina harvennetuissa metsiköissä on alkuperäisestä runkoluvusta suhteellisesti vähän enemmän jäljellä kuin myöhemmällä iällä yleensä voimakkaammin harvennetuissa metsiköissä. Jo n. 30—35 ikävuoden tienoilla tällainen nousu näyttää tasoittuvan ja metsikön kehitystä ajatellen se tullee myöhemmin muuttumaan päinvastaiseksi.

Saatu tulos näyttää hyvin ymmärrettävältä. Jos näet ensimmäinen harvennus on suoritettu metsikön nuorella iällä, on puiden lukumäärä vielä kovin suuri ja niiden koko pieni. Tällöin hakkuun suorittajalla ei useinkaan ole rohkeutta eikä ehkä syytäkään hyvin radikaalisesti vähentää puiden lukumäärää. Jos sitä vastoin metsikköä harvennetaan ensimmäisen kerran vasta 30—35 vuoden ikäisenä, on puita luontaisesti kuollut viimeistään 10 vuoden kuluessa melkoisesti, joten poistettavaa runkolukua ei ole enää niin paljon kuin varhemmin, jos käsittelyn voimakkuus pyritään pitämään tasaisena.

Taulukosta 3 havaitaan edelleen, että vaikka runkoluku on harvennuksessa vähennetty n. kolmanteen osaan ennen harvennusta olleesta määrästään, jäljelle on vielä jäänyt lukumäärä, mikä tutkittuna ikäjaksona on pienentynyt mustikkatyypillä 2 900:sta — 2 140:een, puolukkatyypillä 3 400:sta — 2 160:een, ja kanervatyypillä 4 700:sta — 2 460:een. On esiintynyt mielipiteitä, että näitä puumääriä, jotka metsikössä harvennuksen jälkeen ovat jäljellä, voidaan pitää ehkä suurenlaisina. Niinpä Siré n (1956 a) mainitsee, että kysymyksessä olevalla iällä olisi pysyttävä 1800—2 500 rungon tienoilla metsätyypistä ja iästä riippuen sekä että heikohkoilla kasvupaikoilla voidaan tyytyä 1 500 havupuurunkoon hehtaaria kohden ja että kaikkein karuimmilla mailla Pohjois-Suomessa riittää tuhatkunta puuta.

Taulukko 3. Metsikön runkoluku.

Table 3. Number of stems in stand.

Metsikön ikä, v. *Age of the stand, years*	Mustikkatyyppi (MT) *Myrtillus site type (MT)*			Puolukkatyyppi (VT) *Vaccinium site type (VT)*			Kanervatyyppi (CT) *Calluna site type (CT)*		
	Harvennuksen								
	1.	2.	3.	1.	2.	3.	1.	2.	3.
	edellä *Before thinning*	jälkeen *After thinning*	2. % 1:stä *2. per cent of 1.*	edellä *Before thinning*	jälkeen *After thinning*	2. % 1:stä *2. per cent of 1.*	edellä *Before thinning*	jälkeen *After thinning*	2. % 1:stä *2. per cent of 1.*
	kpl/ha — *stems per ha*			kpl/ha — *stems per ha*			kpl/ha — *stems per ha*		
20	9 350	2 900	31	10 300	3 400	33	12 700	4 700	37
25	8 270	2 480	30	9 380	3 000	32	11 090	3 660	33
30	7 720	2 240	29	8 770	2 720	31	10 060	3 120	31
35	7 380	2 140	29	8 400	2 520	30	9 130	2 740	30
40	—	—	—	7 800	2 340	30	8 480	2 460	29
45	—	—	—	7 200	2 160	30	—	—	—

Tämän tutkimuksen koealametsiköissä sovellettu harvennushakkuiden voimakkuusaste näyttää siis edellisen mukaan hyvin kohtuulliselta. Kun muistetaan, että kysymyksessä on ensimmäinen harvennus, on ehkä aivan oikein, että se suoritetaan varovasti jo senkin vuoksi, että yht'äkkiset jyrkät muutokset metsikön rakenteeseen ja tilaan helposti voivat tuoda vaaroja mukanaan joko lumen tai myrskyn tuhojen muodossa (vrt. Lauri Ilvessalo 1949, Laitakari 1949, s. 256).

Keskiläpimitta

Metsikön puuston keskiläpimitaksi, jolla tarkoitetaan puiden keskimääräistä rinnankorkeusläpimittaa, saadaan toisistaan poikkeavia lukuja laskentatavasta riippuen. Luonnontilaisiin metsikköihin kohdistuneissa tutkimuksissa keskiläpimitta on yleensä määritetty runkoluvulla punnittuna aritmeettisena keskiarvona, joskin punnuksena on käytetty myös pohjapinta-alaa ja kuutiomäärää (Ilvessalo 1937, s. 41).

On sanottu, että hakkuilla käsitellyissä metsiköissä runkoluvulla punnittu keskiläpimitta ei olisi sovelias käytettäväksi, koska vaihtelevasti esiintyvä vähämerkityksinen pienpuusto vaikuttaa siihen huomattavasti. Sen tähden on esitetty, että varsinkin tällaisissa tapauksissa olisi edullisinta käyttää pohjapinta-alan mediaanipuun läpimittaa keskiläpimittana (vrt. Prodan 1951, ss. 76—77; Nyyssönen 1954 a, ss. 64—65). Mediaanipuumenetelmää on sovellettu myös tässä tutkimuksessa, vaikkakin pohjapinta-alalla punnitun aritmeettisen keskiarvon todettiin antavan miltei saman suuruisia keskiläpimitan lukuja.

Keskiläpimitan kehitys on taulukon 4 mukaan varsin ripeää nuorella iällä ja sitä voimakkaampaa, mitä parempi metsätyyppi on kysymyksessä.

Taulukko 4. Metsikön puuston keskiläpimitta.

Table 4. Mean diameter of the stand.

Metsikön ikä, v. *Age of the stand, years*	Mustikkatyyppi (MT) *Myrtillus site type (MT)*			Puolukkatyyppi (VT) *Vaccinium site type (VT)*			Kanervatyyppi (CT) *Calluna site type (CT)*		
	Harvennuksen								
	1.	2.	3.	1.	2.	3.	1.	2.	3.
	edellä *Before thinning*	jälkeen *After thinning*	2. % 1:stä *2. per cent of 1.*	edellä *Before thinning*	jälkeen *After thinning*	2. % 1:stä *2. per cent of 1.*	edellä *Before thinning*	jälkeen *After thinning*	2. % 1:stä *2. per cent of 1.*
	cm			cm			cm		
20	6.9	8.1	117	6.4	7.2	113	5.2	5.2	(100)
25	8.7	10.0	115	7.3	8.3	114	5.8	6.4	110
30	10.1	11.3	112	8.1	9.3	115	6.2	7.2	116
35	11.1	12.3	111	8.9	10.1	113	6.6	7.7	117
40	—	—	—	9.6	10.7	111	6.9	8.2	119
45	—	—	—	10.1	11.2	111	—	—	—

Verrattaessa harvennuksen jälkeisen puuston kehitysvaihetta tämän tutkimuksen päätekohdassa Nyyssösen (1954 a, s. 68) tutkimuksen alkukohdan käsittäneisiin toistuvasti harvennettuihin männikköihin todetaan keskiläpimitan jäävän vähän Nyyssösen esittämien lukujen alapuolelle. Tällöin on kuitenkin muistettava, että tutkimuskohteet käsittelyltään eroavat toisistaan. Tämän tutkimuksen metsiköt on pääosaltaan harvennettu mittausvuonna tai vuotta tai kahta sitä ennen, kun taas Nyyssösen tutkimuksesta (m.t.s. 31) on jätetty pois ne metsiköt, »joissa voimakas hakkaus oli suoritettu niin äskettäin, ettei metsiköstä voitu mitata vähintään 5 v:n aikana jokseenkin yhtäläisissä oloissa kehittynyttä kasvua». Lisäksi on vielä korostettava, että tässä tutkimuksessa kehityssarjat päättyvät samaan ajankohtaan, mistä ne Nyyssösellä alkavat. Kun kehityssarjojen tasoittamiseen aiemman esityksen mukaan nimenomaan alku- ja päätekohdissa usein liittyy epävarmuutta, ei ilmennyttä eroa voitane pitää merkitsevänä.

Harvennuksen johdosta, pääasiallisesti pienien puiden poistuessa, keskiläpimitta on suurentunut keskimäärin runsaat 10 %. Olisi ehkä odottanut, että nuorissa metsiköissä, joissa alaharvennuksen luonteisesti poistetaan pääasiallisesti pienikokoista puuta, hakkuun vaikutus keskiläpimittaan olisi ollut suurempi. Käytetty keskiläpimitan laskentamenetelmä on oleellisesti vaikuttanut saatuun tulokseen.

Harvennuksessa poistettujen puiden koosta saadaan käsitys taulukon 5 perusteella. Voidaan todeta harvennuspuuston keskiläpimitan olevan vain n. 55—65 % harvennuksen jälkeisen puuston keskiläpimitasta. Harvennuspuuston keskiläpimittoja tarkasteltaessa on katsottava niiden kuitenkin olevan sellaista suuruusluokkaa, että hakkuiden on täytynyt vaikuttaa jäljelle jäävään puustoon elvyttävästi antamalla sille enemmän kasvutilaa sekä maassa että ilmassa. Harvennushakkuissa on siten vältetty pelkästään nk. siivousvimman harjoittamista, joka olisi kohdistunut vain aluspuihin ja tuottanut sen vuoksi varsin vähäistä hyötyä valtapuustolle (vrt. Siré n 1956 b, s. 10).

Taulukko 5. Harvennuspuuston keskiläpimitta.
Table 5. Mean diameter of the stock removed by thinning.

Metsikön ikä, v. *Age of the stand, years*	Metsätyyppi *Forest site type*		
	MT	VT	CT
	keskiläpimitta, cm *Mean diameter, cm*		
20	4.6	4.5	3.7
25	5.5	5.0	4.2
30	6.3	5.4	4.5
35	6.9	5.7	4.9
40	—	6.0	5.1
45	—	6.3	—

Pohjapinta-ala

Metsikön pohjapinta-alaa, jolla tarkoitetaan puiden kuorellisia rinnankorkeusläpimittoja vastaavien poikkileikkauspinta-alojen summaa, on varsinkin keskieurooppalaisissa tutkimuksissa käytetty metsikön tiheyden osoittajana. Niin ikään amerikkalaisessa metsäkirjallisuudessa se esiintyy samassa tarkoituksessa. Ehkä juuri se pohjapinta-alan ominaisuus, että se määrätystä iästä lähtien tiettyä harvennusastetta soveltaen on lähes vakio (vrt. W e c k 1955, s. 48), on johtanut mainittuun käyttöön. Tähän tunnukseen on viime vuosina lisäksi kiinnitetty erikoista huomiota, kun itävaltalainen B i t t e r l i c h (1948) kehitti yksinkertaisen ja nopean menetelmän pohjapinta-alan arvioimiseksi.

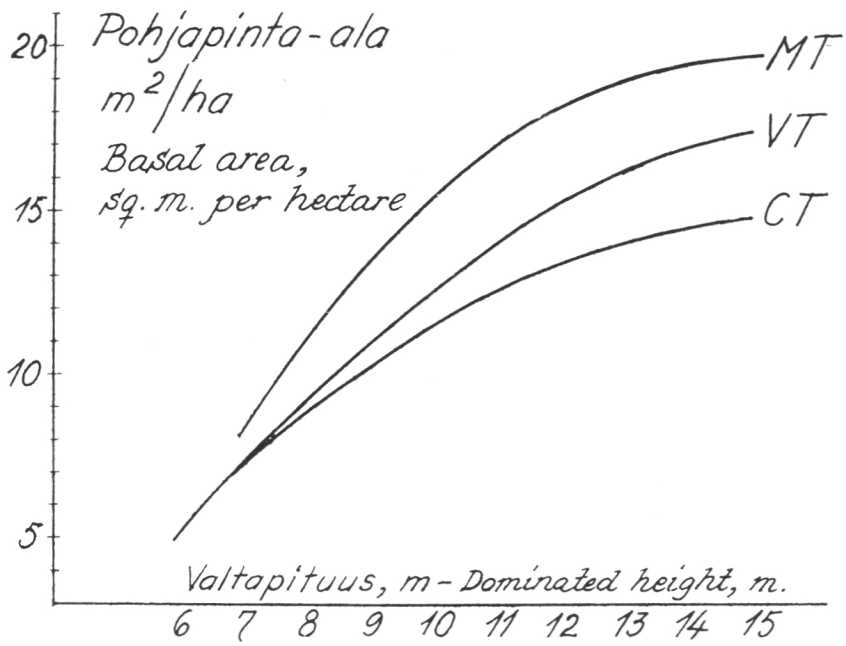
Tarkasteltaessa harvennuksen aiheuttamaa muutosta pohjapinta-alaan (taulukko 6) havaitaan, että mustikkatyypin metsiköissä harvennuksen muutos on ollut suhteellisesti sitä lievempi, mitä vanhempana metsikkö on käsitelty. Puolukkatyypin metsiköissä ja kanervatyypillä hakkuun suhteellisen voimakkuuden muuttuminen on tapahtunut päinvastaisessa järjestyksessä.

Taulukko 6. Metsikön puuston pohjapinta-ala.

Table 6. Basal area of the stand.

Metsikön ikä, v. *Age of the stand, years*	Mustikkatyyppi (MT) *Myrtillus site type (MT)*			Puolukkatyyppi (VT) *Vaccinium site type (VT)*			Kanervatyyppi (CT) *Calluna site type (CT)*		
	Harvennuksen								
	1.	2.	3.	1.	2.	3.	1.	2.	3.
	edellä *Before thinning*	jälkeen *After thinning*	2. % 1:stä *2. per cent of 1.*	edellä *Before thinning*	jälkeen *After thinning*	2. % 1:stä *2. per cent of 1.*	edellä *Before thinning*	jälkeen *After thinning*	2. % 1:stä *2. per cent of 1.*
	m²/ha			m²/ha			m²/ha		
20	22.2	12.2	55	15.3	10.6	69	9.5	7.1	75
25	23.8	15.3	64	17.7	12.0	68	12.4	8.1	65
30	25.4	17.5	69	20.1	13.3	66	15.1	9.1	60
35	26.3	18.8	71	22.2	14.6	66	17.4	10.0	57
40	—	—	—	24.1	15.5	64	19.2	10.8	56
45	—	—	—	25.7	16.1	63	—	—	—

Pohjapinta-alan nähdään jatkuvasti suurenevan tutkimuksen käsittäneessä ikävaiheessa, eivätkä metsiköt, likipitäen ehkä MT:ä lukuun ottamatta, vielä ole saavuttaneet sitä tasoa, mille pohjapinta-ala harvennushakkuissa olisi jätettävä. Varttuneissa männiköissä N y y s s ö n e n (1957) suosittelee tällaiseksi tasoksi keskimäärin n. 20 m²/ha, mutta kehityksessään varhemmissa vaiheissa oleville metsiköille hän kuitenkin ehdottaa lukuarvoltaan pienempiä pohjapinta-aloja. Pohjapinta-alan kehitystä valaisee myös kuva 2, jossa se esitetään iän asemasta valtapituuden mukaisena



Kuva 2. Pohjapinta-ala
Figure 2. Basal area

kehityksenä. Kuvasta havaitaan mustikkatyypin käyrän 14—15 m:n valtapituuden kohdalla saavuttavan edellä mainitun 20 m²:n tason. Puolukkatyypin käyrä on tällä kohdalla miltei 3 m² alempana ja kanervatyypin saman verran puolukkatyypin käyrän alapuolella, molemmat suunnaltaan vielä nousevia.

Kuvasta nähtävää kaaviota — valtapituus ja vastaava pohjapinta-ala — voidaan sopivasti käyttää apuna harvennusten voimakkuutta määritettäessä. Tähän tarkoitukseen yleisesti käytetty metsikön ikä korvataan siten valtapituudella, mikä ainakin näin lyhytpuustoisissa metsiköissä suhteellisen varmasti voidaan arvioida. Runkoluvun sijaan on otettu pohjapinta-ala, mikä relaskoopilla on kätevästi määritettävissä.

Pituus

V a l t a p i t u u s. Tutkimuksessa on käytetty valtapituutena hehtaaria kohden 100 paksuimman puun keskipituutta, mikä on meikäläisissä tutkimuksissa tavallisimmin sovellettu valtapituuden määritelmä (I l v e s s a l o 1916, 1920 a ja b, 1937; M i e t t i n e n 1932; K a l e l a 1933; S a r v a s 1951; V u o k i l a 1956).

Tarkasteltaessa taulukkoa 7, jossa valtapituus on esitetty ennen ja jälkeen harvennuksen, havaitaan että harvennushakkuut nuorissa metsiköissä eivät ole ainakaan merkittävästi vaikuttaneet valtapituuteen. Luonnollinen selitys tähän on löydettävissä meillä männiköissä yleisesti käytetystä ns. alaharvennukseen perustuvasta harvennusmenetelmästä. Hakkuissa poistetaan pääasiallisesti metsikön pienintä puustoa, joka myös yleensä on lyhintä. Hakkuissa mahdollisesti poistetut ns. susipuumaiset »räkämännyt», jotka läpimitaltaan ovat naapureihinsa verrattuina tavallista kookkaampia, mutta pituudeltaan voivat olla näitä lyhyempiä, ehkä olisivat runsaana esiintyessään vaikuttaneet poikkeuksellisesti näin lasketuun valtapituuteen. Tämä ei kuitenkaan ole käynyt tuloksista selvästi ilmi sen takia, että poistettujen puiden pituus on laskettu saman paksuisten jäljelle jätettyjen puiden pituuden mukaan.

Puuttumatta tarkemmin valtapituuteen mainittakoon, että se on CT:llä jokaisessa ikävaiheessa huomattavsti pienempi kuin VT:llä ja tällä pienempi kuin MT:llä. Ero kahden viimeksi mainitun metsätyypin kesken on pienempi kuin CT:n ja VT:n välillä.

Taulukko 7. Metsikön puuston valtapituus.

Table 7. Dominant height of the stand.

Metsikön ikä, v. *Age of the stand, years*	Mustikkatyyppi (MT) *Myrtillus site type (MT)*		Puolukkatyyppi (VT) *Vaccinium site type (VT)*		Kanervatyyppi (CT) *Calluna site type (CT)*	
	Harvennuksen					
	1.	2.	1.	2.	1.	2.
	edellä *Before thinning*	jälkeen *After thinning*	edellä *Before thinning*	jälkeen *After thinning*	edellä *Before thinning*	jälkeen *After thinning*
	m					
20	8.4	8.4	7.8	7.8	5.5	5.5
25	9.9	9.9	9.1	9.1	6.9	6.9
30	11.2	11.2	10.3	10.3	8.2	8.2
35	12.3	12.4	11.5	11.5	9.3	9.3
40	—	—	12.5	12.5	10.5	10.2
45	—	—	13.5	13.4	—	—

K e s k i p i t u u s. Keskipituus on laskettu yleensä joko runkoluvulla tai pohjapinta-alalla punnittuna aritmeettisena keskiarvona. Tässä tutkimuksessa se on laskettu pohjapinta-alalla punnittuna, mikä johtaa lähelle sen puun pituutta, joka on läpimitaltaan mediaanipuu pohjapinta-alan suhteen (W e c k 1955, s. 45; W i e d e m a n n 1936, s. 408).

Taulukosta 8 nähdään, että keskipituus on harvennuksen johdosta, pääasiallisesti pientä ja sen mukaisesti lyhyttä puustoa poistettaessa, suurentunut kaikkien metsätyyppien metsiköissä. Jollei oteta huomioon

kahta nuorinta 5-vuotisjaksoa, voidaan todeta harvennuksen vaikutuksen olleen suunnilleen saman suuruinen eri ikäkausina tai sitten lievästi pienenevä lukuun ottamatta puolukkatyypin metsiköitä.

Taulukko 8. Metsikön puuston keskipituus.

Table 8. Mean height of the stand.

Metsikön ikä, v. *Age of the stand, years*	Mustikkatyyppi (MT) *Myrtillus site type (MT)*			Puolukkatyyppi (VT) *Vaccinium site type (VT)*			Kanervatyyppi (CT) *Calluna site type (CT)*		
	Harvennuksen								
	1.	2.	3.	1.	2.	3.	1.	2.	3.
	edellä *Before thinning*	jälkeen *After thinning*	2. % 1:stä *2. per cent of 1.*	edellä *Before thinning*	jälkeen *After thinning*	2. % 1:stä *2. per cent of 1.*	edellä *Before thinning*	jälkeen *After thinning*	2. % 1:stä *2. per cent of 1.*
	m			m			m		
20	6.8	7.7	113	5.7	5.9	104	4.3	5.4	126
25	7.9	8.9	113	6.8	7.2	106	5.3	6.2	117
30	8.8	9.8	111	7.7	8.5	110	6.1	6.8	111
35	9.4	10.4	111	8.5	9.6	113	6.7	7.4	110
40	—	—	—	9.3	10.5	113	7.0	7.9	113
45	—	—	—	10.0	11.3	113	—	—	—

Kuutiomäärä

Kuutiomäärä on laskettu kuorineen kuutioimistaulukoiden (Ilvessalo 1947) avulla. Tulokset ilmaisevat kuutiosisällön kiintokuutiometreinä runkopuuta, mistä on vähennetty keskimääräiset kantojen osuudet.

Kun tämän tutkimuksen päätarkoitus on selvittää harvennuksen aiheuttamaa muutosta metsikön puuston rakenteeseen, oli mittaushetken puusto ja harvennuspuusto saatettava vertailukelpoisiksi keskenään. Tämä on tärkeätä kuutiomäärän kohdalla sen vuoksi, että puuston määrän vaihtelut kasvun suuruudesta riippuen yhdenkin vuoden aikana saattavat olla merkittäviä. Valtaosa koealoista on mitattu hakkuuvuonna. Sellaisissa tapauksissa, jolloin mittaus on tapahtunut myöhemmin, kuutiomäärät on muunnettu hakkuuvuoden tasolle siten, että metsikön kuoreton kasvu muunnettiin kuorelliseksi käyttämällä metsikön kuorisadannesta, jonka jälkeen lasketusta kuutiomäärästä vähennettiin kuorellinen kasvu niin monelta vuodelta kuin hakkuusta oli kulunut mittausvuoteen.

Harvennuksen aiheuttamasta muutoksesta puuston kuutiomäärään saadaan käsitys taulukosta 9. Siitä selviää, että MT:n aivan nuorissa metsiköissä hakkuut ovat vähentäneet puuston määrää suhteellisesti voimakkaammin kuin VT:n metsiköissä. Mutta jo 25 vuoden iältä lähtien suhde on päinvastainen, ja ero näiden metsiköiden kesken suurenee jatkuvasti

sen johdosta, että MT:n metsiköissä hakkuut ovat muuttuneet sitä lievemmiksi mitä vanhemmaksi metsiköt ovat tulleet, kun taas VT:n metsiköissä hakkuun voimakkuus on 30 vuoden iästä lähtien pysynyt saman tasoisena. Kanervatyypillä sen sijaan hakkuut ovat muuttuneet sitä voimakkaammiksi mitä vanhempana metsiköitä on harvennettu.

Taulukko 9. Metsikön puuston kuutiomäärä (kuorineen).
Table 9. Growing stock of the stand (incl. bark).

Metsikön ikä, v. *Age of the stand, years*	Mustikkatyyppi (MT) *Myrtillus site type (MT)*			Puolukkatyyppi (VT) *Vaccinium site type (VT)*			Kanervatyyppi (CT) *Calluna site type (CT)*		
	Harvennuksen								
	1.	2.	3.	1.	2.	3.	1.	2.	3.
	edellä *Before thinning*	jälkeen *After thinning*	2. % 1:stä *2. per cent of 1.*	edellä *Before thinning*	jälkeen *After thinning*	2. % 1:stä *2. per cent of 1.*	edellä *Before thinning*	jälkeen *After thinning*	2. % 1:stä *2. per cent of 1.*
	m^3/ha			m^3/ha			m^3/ha		
20	79	50	63	48	36	75	20	17	85
25	103	69	67	72	50	69	39	27	69
30	120	86	72	92	62	67	57	35	61
35	131	100	76	110	73	66	74	42	57
40	—	—	—	127	84	66	89	48	54
45	—	—	—	142	94	66	—	—	—

Todetut eroavuudet metsiköiden käsittelyssä eri metsätyypeillä ja eri ikävaiheissa varmistavat sellaista käsitystä, että harvennuksen suorittajalla on ollut hakkuun voimakkuusastetta määrittäessään lähin tuntuma puuston kokoon. Erityisesti kanervatyypin tulokset viittaavat sellaiseen, sillä nuorella iällä harvennuksessa poistettujen puiden läpimitat ovat olleet ilmeisesti vielä niin pieniä, että on katsottu metsikössä olevan elintilaa suurehkolle puumäärälle. Mutta kun sitten on jouduttu käsittelemään hieman vanhempia metsiköitä, joissa puiden lukumäärä on ollut suuri ja keskiläpimittakin melkoinen, on ollut tavallaan pakko suorittaa voimakkaampi harvennus, jotta tällä karunluonteisella metsämaalla olisi voitu turvata jäljelle jäävälle puustolle riittävät kehitysmahdollisuudet.

Kuutiokasvu

Kuutiokasvulla tarkoitetaan seuraavassa metsikön sisältämän kuorettoman runkopuun vuotuista juoksevaa kuutiokasvua, joka ilmaistaan kiintokuutiometreinä hehtaaria kohden. Kannoksi jäävän aivan vähäisen puun osan kasvu jää kokonaan pois, samoin kuoren kasvu, joka on aivan toisenlainen kuin puun kasvu ja vailla käytännöllistä merkitystä.

K a s v u n v a i h t e l u. Ilmastollisten tekijäin ja puiden kasvun välistä suhdetta on selvitetty jo viime vuosisadan puolivälin jälkeisistä ajoista lähtien (vrt. L a i t a k a r i 1920, ss. 4—25). Sääsuhteiden aiheuttamien vaihteluiden huomioon ottaminen onkin tärkeätä, erityisesti kasvun tutkimuksissa ja sen laiminlyöminen voi johtaa aivan virheellisiin päätelmiin.

Kun sädekasvun ja pituuskasvun pitkäaikaiset vaihtelut seuraavat melko tarkoin toisiaan ja ovat jokseenkin saman suuruisiakin (M i k o l a 1950, s. 65), saadaan tarpeelliset tiedot ilmastollisten vaihteluiden vaikutuksesta tutkimalla sädekasvun vaihteluita. Näin onkin tehty esim. II:n ja III:n valtakunnan metsien inventoinnin yhteydessä, jolloin kasvun vaihtelua koskevia kairauksia suoritettiin luonnontilaisissa varttuneissa metsiköissä (I l v e s s a l o 1936, s. 27 ja 1951, s. 43). III:ssa inventoinnissa (I l v e s s a l o 1956, ss. 135—142) ja sen jälkeisiltä vuosilta laskettu kasvuindeksi osoittaa männyn kasvun olleen sinä vuosijaksona, johon kasvun tutkimus kohdistui, keskimäärin n. 5 % normaalitasoa korkeamman. Kun tutkituilla koealoilla ei tehty vastaavia mittauksia ja kun kysymyksessä ilmeisesti ei ole tätä suurempi kasvun poikkeus, ei tässä tutkimuksessa katsottu tarpeelliseksi suorittaa lainkaan kasvulukujen muuntamista.

V u o t u i n e n k a s v u. Kasvun laskenta on suoritettu s. 12 mainitun menetelmän mukaisesti 5-vuotisjakson keskimääräistä pintakasvusadannesta soveltaen. Näin laskettuja metsiköiden kuutiokasvuja käsitellään mittausvuoden kasvuna, joka on ollut tavallisesti hakkuuvuosi tai sitten 1—2 vuotta sen jälkeen ja jolloin kasvu ei ole vielä ehtinyt sanottavasti muuttua. Näin lasketusta kasvusta puuttuu tässä tutkimuksessa harvennuksessa poistetun puuston kasvu. Jotta kuitenkin olisi voitu selvittää, minkälainen vaikutus harvennushakkuulla on ollut metsikön kasvuun ja millaista osuutta harvennuksessa poistettujen puiden kasvu on näytellyt nykypuustoon verraten, on tässä mielessä laskettu myös poistetun puuston vuotuinen juokseva kuutiokasvu. Tällöin oli harkittava, mitä kasvusadannesta poistopuustolle oli käytettävä. I l v e s s a l o (1942, ss. 215—216) on tutkimustensa perusteella käyttänyt poistomäärien kasvun laskennassa 3/4 vastaavista keskimääräisistä kuutiokasvusadanneksista sen johdosta, että harvennuksessa yleisesti poistetaan kunkin luokan heikkokasvuisimpia osaksi pystyyn kuivuvia yksilöitä. Myös L i h t o n e n (1943, s. 121) on kasvatushakkuiden suhteen todennut, »että poistoon sisällytettyjen puuyksilöiden kasvusadannes on yleensäkin, mutta erityisesti säännöllisiä harvennusasteikkoja seurattaessa, koko metsikön kasvusadannesta pienempi». Edellisistä poiketen N y y s s ö n e n (1954 a, s. 109) on poistuman kasvua määrittäessään käyttänyt sitä sadannesta, joka on saatu mittaushetken puustolle. Tällöin on kuitenkin kysymys menneen ajan poistumasta, edellisissä taas lähinnä tuottohakkauslaskelmalla arvioita-

vasta vastaisen ajan hakkuumäärästä. Myös tässä tutkimuksessa on jo poistetulle puustolle käytetty metsikössä mittaushetkellä olleen puuston kasvusadannesta.

Poistopuuston kuutiokasvu on laskettu kuorettomana samoin kuin nykyhetken puuston. Sitä varten suoritettiin kuorellisen kuutiomäärän muuntaminen kuorettomaksi kunkin metsikön kuorisadanneksen avulla.

Vuotuisen juoksevan kuutiokasvun nopea kehitys nuorella iällä ilmenee taulukosta 10. Metsikössä ennen harvennusta olleen puuston kasvu suurenee MT:llä aina 30 ikävuoteen saakka, jolloin tapahtuu tasoittuminen ja kasvu todennäköisesti alkaa hitaasti pienentyä.

Puolukka- ja kanervatyypin metsiköissä kuutiokasvu osoittaa koko tutkitun ajan nousevaa suuntaa eikä siis kasvun käännekohtaa ole vielä havaittavissa. Puolukkatyypillä kasvu on lisäksi melko voimakkaasti nouseva. Kanervatyypillä kasvun lisääntyminen on hitaampaa, mutta todennäköisesti jatkuu kauemmin ja laskee hitaammin, minkä lukuisat tutkimukset ovat osoittaneet.

Verrattaessa tässä tutkimuksessa saatuja kasvulukuja luonnonnormaalien metsiköiden vastaaviin lukuihin havaitaan viimeksi mainittujen olevan huomattavasti pienempiä. Suhdetta valaisee seuraava asetelma.

		Metsikön ikä, v.				
		20	25	30	35	40
		Vuotuinen juokseva kuutiokasvu, m³/ha				
Luonnonnormaali metsikkö	MT	6.5	7.8	8.3	8.5	8.4
	VT	4.1	4.8	5.3	5.8	6.0
	CT	1.5	1.9	2.2	2.4	2.7
Ennen harvennusta ollut puusto	MT	7.6	8.9	9.7	9.7	
	VT	5.0	5.9	6.7	7.4	8.0
	CT	3.8	4.2	4.5	4.8	5.1

Näin suureen eroon johtavia syitä tarkasteltaessa on aiheellista kerrata, että tässä tutkimuksessa kasvu on hieman normaalitason yläpuolella (vrt. s. 23). Mutta kun se ei läheskään peitä asetelmasta nähtäviä kasvun eroja, tulee lähinnä ajatelleeksi, oliko oikein käyttää poistopuustolle samaa kasvusadannesta kuin metsikköön jäävälle puustolle. Kun nimittäin taulukon 10 perusteella todetaan, että hakkuissa poistettujen puiden kasvu on ollut likimäärin 1/3 ennen harvennusta olleesta määrästä ja että kysymyksessä ovat nuoret metsiköt, joissa kasvusadannekset ovat korkeita, näyttelee poistetulle puustolle määritetty kasvu merkittävää osaa. Asetelmassa esiintyvät kasvujen erot olisivatkin melkoisesti pienentyneet, jos poistopuustolle olisi käytetty jonkin verran pienempää kasvusadannesta kuin

mittaushetken puustolle. Kun kuitenkaan ei ollut tutkimusten tukea, kuinka paljon näin nuorissa metsiköissä sadannesta olisi ollut pienennettävä, on kysymys ratkaistu mainitulla tavalla ja tulokset siis ilmeisesti ovat epävarmoja. Harvennuksen jälkeisen puuston kasvun kehityksessä ei ole vielä nähtävissä selvää käännekohtaa.

Taulukko 10. Vuotuinen juokseva kuutiokasvu (kuoretta).
Table 10. Current annual volume increment (excl. bark).

Metsikön ikä, v. *Age of the stand, years*	Mustikkatyyppi (MT) *Myrtillus site type (MT)*			Puolukkatyyppi (VT) *Vaccinium site type (VT)*			Kanervatyyppi (CT) *Calluna site type (CT)*		
	Harvennuksen								
	1.	2.	3.	1.	2.	3.	1.	2.	3.
	edellä *Before thinning*	jälkeen *After thinning*	2. % 1:stä *2. per cent of 1.*	edellä *Before thinning*	jälkeen *After thinning*	2. % 1:stä *2. per cent of 1.*	edellä *Before thinning*	jälkeen *After thinning*	2. % 1:stä *2. per cent of 1.*
	m³/ha			m³/ha			m³/ha		
20	7.6	5.1	67	5.0	3.5	70	3.8	2.4	63
25	8.9	6.1	68	5.9	4.1	69	4.2	2.8	67
30	9.7	6.9	71	6.7	4.7	70	4.5	3.0	67
35	9.7	7.5	77	7.4	5.1	69	4.8	3.1	65
40	—	—	—	8.0	5.5	69	5.1	3.2	63
45	—	—	—	8.6	5.8	67	—	—	—

Tarkasteltaessa harvennuksen aiheuttamaa muutosta kasvuun voidaan todeta, että hakkuussa poistetun puuston kasvun menetys on tilapäisesti pienentänyt kasvun 2/3—3/4:aan ennen harvennusta olleesta tasosta. Kasvun pieneneminen likimäärin yhtä paljon kuin kuutiomäärän johtuu poistopuustolle käytetystä laskentamenetelmästä.

Kirjallisuusluettelo

Aaltonen, V. T. 1935. Kasvatushakkauksien perusteista. Suomen Metsänhoitoyhdistyksen vuosikirja V.

—»— 1939. Metsämiehen maaoppi. Helsinki.

Bitterlich, W. 1948. Die Winkelzählprobe. — Allgemeine Forst-und Holzwirtschaftl. Ztg.

Cajander, A. K. 1925. Metsätyyppiteoria. — AFF 29.

Cajander, Erkki K. Katso Kalela Erkki K.

Ilvessalo, Lauri. 1929. Puuluokitus ja harvennusasteikko. — Summary: A Tree-Classification and Thinning System. — AFF 34.

Ilvessalo, Lauri † Laitakari, Erkki. 1949. Metsikön kasvatus. — Suuri Metsäkirja I. Metsänhoito. Porvoo—Helsinki.

Ilvessalo, Yrjö. 1916. Mäntymetsikköjen valtapuitten kasvusta mustikka- ja kanervatyyppien kankailla Salmin kruununpuistossa. — AFF 6.

—»— 1920 a. Tutkimuksia metsätyyppien taksatoorisesta merkityksestä nojautuen etupäässä kotimaisten kasvutaulujen laatimistyöhön. — Referat: Untersuchungen über die taxatorische Bedeutung der Waldtypen, hauptsächlich auf der Arbeiten für die Aufstellung der neuen Ertragstafeln Finnlands fussend. — AFF 15.

—»— 1920 b. Kasvu- ja tuottotaulut Suomen eteläpuoliskon mänty-, kuusi- ja koivumetsille. — Referat: Ertragstafeln für die Kiefern -, Fichten - und Birkenbestände in der Südhälfte von Finnland. — AFF 15.

—»— 1927. Suomen metsät. Tulokset vuosina 1921—24 suoritetusta valtakunnan metsien arvioimisesta. — Summary: The Forests of Suomi (Finland). Results of the General Survey of the Forests of the Country carried out during the years 1921—24. — MTJ 11.

—»— 1932. The establishment and measurement of permanent sample plots in Suomi (Finland). — Selostus: Pysyvien koealojen perustaminen ja mittaus Suomessa. — MTJ 17.

—»— 1936. II:n valtakunnan metsien arvioinnin suunnitelma ja ulkotyöohjeet. — Summary: Instructions for Field Work of the II National Survey of the Forests of Suomi (Finland). — MTJ 22.

—»— 1937. Perä-Pohjolan luonnonnormaalien metsiköiden kasvu ja kehitys. — Summary: Growth of natural normal stands in Central North-Suomi (Finland). — MTJ 24.

—»— 1942. Suomen metsävarat ja metsien tila. II valtakunnan metsien arviointi. — Referat: Die Waldvorräte und der Zustand der Wälder Finnlands. II Reichswaldabschätzung. — Summary: The forests resources and the condition of the forests of Finland. The second National Forest Survey. — MTJ 30.

Ilvessalo, Yrjö. 1943. Metsänhoitolautakuntien toimintapiirien metsät. II:n valtakunnan metsien arvioinnin tuloksia. Helsinki.

—»— 1947. Pystypuiden kuutioimistaulukot. — Summary: Volume tables for standing trees. — MTJ 34.

—»— 1948 a. Yksityismetsiemme heikkoudet ja niiden korjaaminen. Helsinki.

—»— 1948 b. Pystypuiden kuutioimis- ja kasvunlaskentataulukot. Helsinki.

—»— 1951. III valtakunnan metsien arviointi. Suunnitelma ja maastotyön ohjeet. — Summary: Third National Forest Survey of Finland. Plan and instructions for field Work. — MTJ 39.

—»— 1952. Metsikön kasvun ja poistuman välisestä suhteesta. — Summary: On the Relation between Growth and Removal in Forest Stands. — MTJ 40.

—»— 1956. Suomen metsät vuosista 1921—24 vuosiin 1951—53. Kolmeen valtakunnan metsien inventointiin perustuva tutkimus. — Summary: The forests of Finland and their development from 1921—24 to 1951—53. A survey based on three National Forest Inventories. — MTJ 47.

—»— 1957 a. Suomen metsät metsänhoitolautakuntien toiminta-alueittain. Valtakunnan metsien inventoinnin tuloksia. — Summary: The Forests of Finland by Forestry Board Districts. Results of the National Forest Inventory. — MTJ 47.

—»— 1957 b. Suomen metsät päävesistöalueittain. Valtakunnan metsien inventoinnin tuloksia. — Summary: The Forests of Finland by the Main Water System Areas. Results of the National Forest Inventory. — MTJ 47.

Kalela (Cajander), Erkki K. 1933. Tutkimuksia Etelä-Suomen viljelyskuusikoiden kehityksestä. — Referat: Untersuchungen über die Entwicklung der Kulturfichtenbestände in Süd-Finnland. — MTJ 19.

—»— 1956. Risusavottaharvennukset. Metsälehti No 43.

Koivisto, Pentti. 1957. Etelä-Suomen hoidettujen raudus- ja hieskoivikoiden kehityksestä. — Konekirjoite.

Laitakari, Erkki. 1920. Tutkimuksia sääsuhteiden vaikutuksesta männyn pituus- ja paksuuskasvuun. — Referat: Untersuchungen über die Einwirkung der Witterungsverhältnisse auf den Längen- und Dickenwachstum der Kiefer (Pinus silvestris). — AFF 17.

—»— 1949. Katso L. Ilvessalo ja Erkki Laitakari 1949.

Lihtonen, Vilho 1943. Tutkimuksia metsän puuston muodostumisesta. Tuottohakkauslaskelma. — Referat: Untersuchungen über die Bildung des Holzvorrates des Waldes. Ertragshiebsberechnung. — AFF 51.

Lönnroth, Erik. 1929. Metsikön sisäisestä rakenteesta. Yksityismetsänhoitajayhdistyksen vuosikirja II 1929.

Maas, Alex. 1913. Avsmalningen i stammens nedersta delar hos tallen och granen. — Referat: Die Ausbauchung in den untersten Teilen des Stammens bei der Kiefer und Fichte. — Meddelanden från Statens Skogsförsöksanstalt. H. 10. ss. 45—58.

Miettinen, Leevi. 1932. Tutkimuksia harmaalepiköiden kasvusta. — Referat: Untersuchungen über den Zuwachs der Weisserlenbestände. — MTJ 18.

Mikola, Peitsa. 1950. Puiden kasvun vaihteluista ja niiden merkityksestä kasvututkimuksissa. — Summary: On variations in tree growth and their significance to growth studies. — MTJ 38.

Nyyssönen, Aarne. 1954 a. Hakkauksilla käsiteltyjen männiköiden rakenteesta ja kehityksestä. — Summary: On the Structure and Development of Finnish Pine Stands treated with Different Cuttings. — AFF 60.

—»— 1955. Hakkuumäärän arvioiminen kannoista. — Summary: Estimation of the Cut from Stumps. — MTJ 45.

—»— 1957. Männikön tuotoksesta ja kasvatuksesta. — MA.

Prodan, M. 1951. Messung der Waldbestände. Frankfurt/M.

Sarvas, Risto. 1944. Tukkipuun harsintojen vaikutus Etelä-Suomen yksityismetsiin. — Referat: Einwirkung der Sägestammplenterung auf die Privatwälder Südfinnlands. — MTJ 33.

—»— 1951. Tutkimuksia puolukkatyypin kuusikoista. — Summary: Investigations into the spruce stands of Vaccinium type. — MTJ 39.

Sirén, Gustaf. 1956 a. Risusavotat ovat jälleen ajankohtaisia I. Metsälehti No 42.

—»— 1956 b. Männyn taimistojen käsittelystä. — Summary: The Treatment of Pine Seedlings stands. — MA.

Weck, I. 1955. Forstliche Zuwachs und Ertragskunde. Radebeul und Berlin.

Wiedemann, Eilhard. 1936. Über die Vereinfachung der Höhenermittlung bei den Vorratsaufnahmen. — Mitteilungen aus Forstwirtschaft und Forstwissenschaft.

Viro, P. J. 1947. Metsämaan raekokoomus ja viljavuus varsinkin maan kivisyyttä silmällä pitäen. — Summary: The mechanical composition and fertility of forest soil taking into consideration especially the stoniness of the soil. — MTJ 35.

Vuokila, Yrjö. 1956. Etelä-Suomen hoidettujen kuusikoiden kehityksestä. — Summary: On the Development of Managed Spruce Stands in Southern Finland — MTJ 48.

Lyhennyksiä:

AFF = Acta forestalia fennica.
MA = Metsätaloudellinen Aikakauslehti.
MTJ = Metsäntutkimuslaitoksen (Metsätieteellisen tutkimuslaitoksen, -koelaitoksen) julkaisuja.
SF = Silva fennica.

On the structural changes caused by thinning in young Scots pine stands

Summary

For a long while, keen interest has been aroused by the problems concerned with the thinning of young stands. In discussions and publications which bear on the subject, there has been general agreement on the purpose of thinnings, viz. the production of a stand of the highest possible value, but the opinions expressed differ as to the intensity with which the thinnings ought to be carried out in young stands. A project of intensification has lately been sponsored by a number of foresters, but, on the other hand, it has been noticed that too heavy a thinning has delayed the first pulpwood cuttings, and has even hazarded the maximum total yield of the stand.

The impetus to the present investigation was given by the Central Forest Association Tapio which in 1954 suggested the establishment of permanent sample plots in young stands which had recently been treated with the first thinning. The project was carried out by the Department of Mensuration at the Forest Research Institute in 1954—55. A network of sample plots was spread rather evenly over almost all the Forestry Board Districts. The present paper gives an account of the principal results obtained by means of this experiment from sample plots situated in pine stands on forest site types MT, VT and CT on firm soils (cf. Cajander 1925).

As regards the forest site types, the information material was gathered as follows (cf. Table 2, p. 11): from Myrtillus type (MT) 9 sample plots, from Vaccinium type (VT) 60 and from Calluna type (CT) 10, the total number of samples thus being 79.

The principal conclusions of the paper are presented in tables. Table 3 (p. 15) shows the development of the number of trees on the three forest site types concerned. From this, it can be discerned that despite the reduction in the number of trees to about one third of that previous to thinning, a number still remain which have decreased during the period of age under examination on MT from 2 900 to 2 140, on VT from 3 400 to 2 160 and on CT from 4 700 to 2 460. Consequently the grade of thinning applied in the stands covered by this investigation seems to have been rather moderate.

The changes which have occurred in mean diameter appear in Table 4 (p. 16). As »mean diameter», there has been adopted the diameter of the median tree, i.e. of the central tree in a stem distribution series which divides the stand basal area into two equal parts. During recent years, this method has generally been applied in Finland in investigations into stand development. — On an average, the mean diameter has increased as a result of thinning by a full 10 per cent. One could have expected that in young stands, where in accordance with the principle of thinning from below, chiefly small-sized trees have been removed, the alteration brought

about by thinning in mean diameter would have been greater. The result obtained may have been essentially affected by the method of calculation, because the mean diameter computed by this procedure is not so markedly susceptible to the removal of small-sized trees as would be for instance the mean diameter weighted by the number of trees.

As regards the b a s a l a r e a of the stand (Table 6, p. 18), one can detect that in the Myrtillus site type the change which occurs is dependent on the age of the stand: the older the stand at the moment of initial treament, the less the change. In Vaccinium and Calluna site types the relative severity of thinning indicates an opposite order.

It has been discovered that the basal area keeps increasing during the course of the age phase under survey, and that the basal area of stands, perhaps with the exception of the Myrtillus site type, has not yet attained the level at which it can permanently be maintained after later thinnings. As a proper level of this kind, an average of 20 sq.m. per hectare has been proposed (N y y s s ö n e n 1957). The development of basal area is illustrated also in Fig. 2 (p. 19) in which it has been shown as a function of the dominant height instead of the stand age.

D o m i n a n t h e i g h t in the present study is represented by the mean height of the 100 largest trees per hectare, the device most made use of in Finnish papers to determine the dominant height. As can be seen from Table 7 (p. 20), the intermediate cuttings in young stands have not to any noticeable extent affected the dominant height. This may be due to the thinning system from below generally practised in pine stands in Finland, based upon the removal of the smallest and at the same time the shortest trees.

Most commonly, the m e a n h e i g h t has been calculated as an aritmetic mean weighted by the number of trees or by the basal area. In this investigation, it has been weighted by basal area. Table 8 (p. 21) shows that because of the withdrawal of trees which are in the main small-sized, and accordingly short, the mean height has increased in stands of all the site types by a full 10 per cent.

An idea of the influence exerted by thinning upon the c u b i c v o l u m e of the stand can be gained from Table 9 (p. 22). From this, one can see that the cubic volume of the growing stock in very young Myrtillus stands has as a result of cutting been reduced relatively more heavily than that in Vaccinium stands. But if one begins at the age of 25 years the relationship is reversed, and the difference between these site types is bound even further to expand on account of the decrease in thinning intensity in the Myrtillus site type with progressive age, whereas the severity of cutting in the Vaccinium site type from the age of 30 years upwards is carried on without change. With Calluna stands, the cuttings have become the stronger the older they are at the time of thinning.

The differences which have been observed between forest site types and various age phases in treatment of the growing stock justify the conclusion that the forester in charge of thinning operations has primarily paid attention to the dimensions of the growing stock in deciding the intensity of thinnings. In particular, the results obtained from the Calluna site type seem to imply this, as the diameters of the trees cleared away by means of thinning at a low age have nevertheless obviously been sufficiently small to make one consider that the stand could afford living space to a large number of trees. But in proceeding to treat somewhat older stands which contain a greater number of trees with a larger mean diameter, one has been compelled to resort to more energetic thinning in order to secure for the remainder adequate growing conditions on this meagre site.

V o l u m e i n c r e m e n t here means the current annual growth of stem wood excluding bark, and is expressed in solid cu.m. per hectare. The rapid development of the current annual growth at a low age is apparent from Table 10 (p. 25). The growth in stocking before thinning is augmented on the Myrtillus site type up to the age of 30 years, at which the culmination is attained and the growth begins slowly to diminish. In stands of Vaccinium and Calluna types, the volume increment shows an ascending tendency throughout the period investigated, and as yet no culmination point can be revealed in the growth. In addition, the growth on the Vaccinium type is rising fairly rapidly. But in stands of Calluna type, the growth is increasing more slowly, although it evidently proceeds for a longer time and drops less rapidly in conformity with a number of earlier investigations.

As regards the development of growth of the growing stock after thinning, no marked culmination point can as yet be discovered.

In examining the effect of the thinning upon the growth, it can be concluded that thinning has made a temporary reduction of the increment to 2/3—3/4 from the level previous to cutting. On an average, the reduction affects to a same extent both growth and the volume, a fact accounted for by the method of calculation applied to the removal.

KASVU- JA TUOTTOTAULUKOITA

KOONNUT

PENTTI KOIVISTO

GROWTH AND YIELD TABLES

COLLECTED BY

PENTTI KOIVISTO

HELSINKI 1959

Helsinki 1959. Valtioneuvoston kirjapaino

Alkulause

Etelä-Suomeen kohdistuvien, toistuvin harvennuksin käsiteltyjen metsiköiden kasvua ja kehitystä koskevien alustavien tutkimusten vuosina 1953—57 valmistuttua metsäntutkimuslaitoksen metsänarvioimisen osastossa prof. Y. Ilvessalon johdolla ovat tiedot näiden metsiköiden kehityksestä entisestään huomattavasti laajentuneet. Kun tämä tietous on kuitenkin siroteltuna useaan eri tutkimukseen ja julkaisusarjaan, on pidetty tarpeellisena koota mainittujen, suurta työmäärää edustavien tutkimusten tulokset yhteen niteeseen ns. kasvu- ja tuottotaulukoiden muotoon. Samalla on katsottu aiheelliseksi liittää oheen supistettuna täystiheiden luonnonmetsiköiden kasvu- ja tuottotaulukoita sekä eräitä muitakin metsien puuston kasvua ja kehitystä koskevia lukusarjoja.

Taulukot on allekirjoittanut koonnut alkuperäisistä tutkimuksista, niitä eräin kohdin muokaten, Suomen Luonnonvarain Tutkimussäätiön myöntämän apurahan turvin. Tästä taloudellisesta tuesta työn suorittaja on mainitulle säätiölle syvästi kiitollinen.

Helsinki, helmikuussa 1959

Pentti Koivisto

Sisällysluettelo

Sivu

Johdanto 5
Taulukoiden tulkinta ja käyttö 7
Toistuvin harvennuksin käsiteltyjen metsiköiden kasvu- ja tuottotaulukoita, Etelä-Suomi 9
Täystiheiden luonnonmetsiköiden kasvu- ja tuottotaulukoita, Suomen eteläpuolisko 21
Täystiheiden luonnonmetsiköiden kasvu- ja tuottotaulukoita, Perä-Pohjola 33
Viljelykuusikoiden kehityssarjoja, Etelä-Suomi 37
Harvennushakkuin tyydyttävästi tai hyvin käsiteltyjen männiköiden ja kuusikoiden keskimääräisiä kehityssarjoja III valtakunnan metsien inventoinnin aineiston mukaan, Suomen eteläpuolisko 39
Kirjallisuutta 43
Summary 45

Johdanto

Ohjeita metsien käsittelyn perusteiksi on aina viime vuosiin saakka Suomessa saatu melkeinpä yksinomaan täystiheissä luonnonmetsiköissä suoritetuista kasvu- ja tuottotutkimuksista sekä valtakunnan metsien inventointien tuloksista. Kasvatushakkuiden oikealle suoritukselle niistä onkin saatu useita arvokkaita viitteitä. Ne ovat myös muodostaneet sen vankan pohjan, jolle myöhemmät tutkimukset on voitu rakentaa.

Mutta hakkuutoiminnan muassaan tuomia ongelmia ei useinkaan ole mahdollista ratkaista koskemattomissa luonnonmetsissä tehdyin tutkimuksin. Vastausta siihen, miten metsiköt kehittyvät johdonmukaisen metsänhoidon alaisina, ei myöskään voida saada valtakunnan metsien inventointien tuloksista. Ajateltakoonpa vain sellaisia kysymyksiä kuin poistuman määrä kuhunkin ajankohtaan mennessä sekä miten paljon metsikön puuston kuutiomäärää voidaan alentaa kuutiokasvua pienentämättä ja monia muita. Näiden kysymysten selvittäminen vaatii yhdenmukaisesti hoidetuissa metsiköissä itsessään toimeenpantuja tutkimuksia.

Niin tärkeitä kuin hoidettujen metsiköiden tuottotutkimukset olisivatkin olleet, on niitä ollut pakko siirtää aina tuonnemmaksi. Tutkimusaineiston keruu riittävän kauan yhtäjaksoisesti hoidetuista metsiköistä on näet kohdannut suuria vaikeuksia, sillä järjestelmällinen metsänhoito on maassamme vielä nuorta ja hakkuutavat käytännössä vakiintumattomat.

Tietoisena tällaisten tutkimusten tarpeellisuudesta metsäntutkimuslaitoksen metsänarvioimisen osastossa ei ole kuitenkaan enää jääty odottelemaan aineiston saannin paranemista. 1940-luvun lopulla pantiin nimittäin käyntiin toistuvin harvennuksin käsiteltyjä metsiköitä koskeva kasvu- ja tuottotutkimusten sarja, joiden tulokset valmistuneiden tutkimusten osalta voidaan nyt esittää kasvu- ja tuottotaulukoiden muodossa. Edellä viitatusta yhtenäisen tutkimusaineiston kokoamista kohtaavasta vaikeudesta johtuen tulokset on käsitettävä alustaviksi. Aineiston saannin parantuessa ja tutkimusmenetelmien kehittyessä voidaan hoidettujen metsiköiden puuston määrän, rakenteen ja kasvun kehityksestä epäilemättä muodostaa luotettavampi käsitys.

Metsiköiden kehityksestä saataneen varmin selvyys seuraamalla niitä taimistoasteelta hakkuukypsyyteen asti eli ns. kestokoealamenetelmällä. Tämä vaatii kuitenkin paljon aikaa. Esim. metsäntutkimuslaitoksen yli

kolmen vuosikymmenen ikäiset ja mm. monien menetysten johdosta tarkoitukseen riittämättömät kestokoealasarjat eivät ole voineet antaa kylliksi pohjaa tämänkaltaisille tutkimuksille. Sen vuoksi hoidettuihin metsikköihin kohdistuvissa, kuten varhemmissa täystiheitä luonnonmetsiköitä koskevissa tutkimuksissakin, on käytetty suhteellisen nopeasti tuloksiin johtavaa, koealojen kertamittaukseen perustuvaa menetelmää.

Puheena olevissa kasvu- ja tuottotutkimuksissa, jotka toistaiseksi valitettavasti ovat rajoittuneet Etelä-Suomen[1]) kovien metsämaiden »puhtaisiin», so. kuutiomäärästä alle 20 % sekapuuta käsittäviin metsikköihin, metsämaiden hyvyysluokitus on perustettu samaan tapaan kuin vastaavissa luonnontäystiheiden metsiköiden tutkimuksissakin Cajanderin (1925) metsätyyppeihin. Niiden määrittämisen suhteen viitataan tässä alan kirjallisuuteen. Tutkimuksia on suoritettu kunkin tutkitun puulajin tärkeimmillä kasvupaikoilla: männiköissä mustikkatyypillä (MT), puolukkatyypillä (VT) ja kanervatyypillä (CT), kuusikoissa käenkaali-mustikkatyypillä (OMT) ja mustikkatyypillä (MT) sekä koivikoissa ainoastaan käenkaali-mustikkatyypillä (OMT).

Vertailuja varten tähän julkaisuun on otettu mukaan eräitä muitakin metsiköiden kehityssarjoja, joten se käsittää kaikkiaan 5 taulukkoryhmää, nimittäin:

1) toistuvin harvennuksin käsiteltyjen metsiköiden kasvu- ja tuottotaulukot, Etelä-Suomi, taulukot 1—10,

2) täystiheiden luonnonmetsiköiden kasvu- ja tuottotaulukot, Suomen eteläpuolisko, taulukot 11—22,

3) täystiheiden luonnonmetsiköiden kasvu- ja tuottotaulukot, Perä-Pohjola, taulukot 23—26,

4) viljelykuusikoiden kehityssarjoja, Etelä-Suomi, taulukot 27—29, ja

5) harvennushakkuin tyydyttävästi tai hyvin käsiteltyjen männiköiden ja kuusikoiden keskimääräisiä kehityssarjoja III valtakunnan metsien inventoinnin aineiston mukaan, Suomen eteläpuolisko, taulukot 30—34.

Tutkimukset, joista taulukot on tähän julkaisuun koottu, on lueteltu kunkin taulukkoryhmän kohdalla erikseen sekä kirjallisuusluettelossa, johon on liitetty myös joukko näitä läheisesti sivuavia tutkimuksia.

[1]) Etelä-Suomella tarkoitetaan tässä julkaisussa n. 62. leveysasteen eteläpuolelle jäävää maan osaa ja Suomen eteläpuoliskolla aluetta, jonka pohjoisrajana on leveysaste 63.5°, Pohjanmaa poisluettuna.

Taulukoiden tulkinta ja käyttö

Metsien kasvu- ja rakennetutkimusten tuloksia on jo varhain totuttu esittämään kasvu- ja tuottotaulukoiden muodossa. Niillä pyritään numeerisesti kuvaamaan normaalien tai likimain normaalien joko luonnontilaisten tai jonkin määrätyn käsittelytavan alaisten metsiköiden tunnusten iän mukaista kehitystä. Jo sellaisinaan, mutta varsinkin graafisin piirroksin havainnollistettuina, taulukot voivat olla suureksi hyödyksi metsätalouden toimenpiteitä suunniteltaessa. Tällöin on kuitenkin oltava selvillä taulukoiden laadintatavasta ja niiden käytön rajoituksista.

Koska taulukoiden luvut ovat keskiarvoja suuresta aineistosta, eivät ne sellaisinaan voi kuvata minkään yksityisen metsikön kehitystä, joka on riippuvainen monista eri tekijöistä. Samaan lopputulokseen voidaan päätyä useita eri teitä. Kehitys voi nuorena olla nopeaa ja sitä seuraa varhainen kasvun tyrehtyminen tai päinvastoin hidasta alkukehitystä voi seurata ripeän kasvun vaihe. Kasvu- ja tuottotaulukot osoittavatkin metsätalouden harjoittajalle vain sen, mihin suuntaan hän metsiköiden kehitystä todennäköisesti ohjaa taulukoita seuratessaan.

Toistuvin harvennuksin käsiteltyjen metsiköiden kasvu- ja tuottotaulukoissa on esitetty tutkimuksen käsittäneiltä metsätyypeiltä vain yksi kehityssarja kunkin puulajin kohtalaisen voimakkain alaharvennuksin käsitellyille metsiköille. Sarjat eivät siis kuvaa mitään optimipuustoa, vaikkakin vertailuissa on kasvun todettu olevan yleisesti täystiheiden luonnonmetsiköiden kasvun tasolla. Taulukoita ei voida sen vuoksi käyttää kiistattomina harvennusohjeina, mutta ne antavat kuitenkin pohjaa hakkuiden voimakkuuden arvostelulle. Metsikön pohjapinta-alaa voidaan tällöin helposti määritettävänä tunnuksena pitää sopivana harvennusasteen mittana.

Toistuvin harvennuksin käsiteltyjen metsiköiden lukusarjat tarkoittavat vain puuston keskimääräistä kehitystä. Niistä ei voida lukea puuston määrää ja metsikön tunnusten suuruutta ennen harvennusta tai sen jälkeen. Poistumaa ilmaisevat lukusarjat on nekin käsitettävä vain 10-vuotisjaksojen keskimääriksi. Lisäksi on huomattava, että kehityssarjoissa on esitetty ainoastaan metsikön harvennusvaihe.

Kaikki taulukot on tarkoitettu tasaikäisille ja viljelykuusikoita lukuunottamatta luontaisesti syntyneille metsiköille.

Mitä eri taulukoiden käytössä muutoin tulee ottaa huomioon, siitä tehdään selkoa kunkin taulukkoryhmän kohdalla erikseen.

Paitsi ohjeina metsien käsittelylle ja metsänhoitotoimenpiteiden suoritukselle kasvu- ja tuottotaulukot voivat olla apuna myös useissa metsätaloutta ja sen järjestelyä koskevissa laskelmissa.

Metsälön metsätaloudelle luodaan usein esikuva, ns. tavoitepuusto, jota kohden kehitystä pyritään ohjaamaan. Tällaisen tavoitepuuston määrittäminen voidaan sopivasti perustaa lähinnä toistuvin harvennuksin käsiteltyjen metsiköiden taulukoissa esitettyihin kuutiomäärää koskeviin lukusarjoihin. Taulukoiden lukuja tulkittaessa on vain otettava huomioon, että ne tarkoittavat kukin lajissaan täystiheitä metsiköitä ja että pintasoistuneisuuden ja kivisyyden kasvua alentava vaikutus ei niistä ilmene. Kokonaisiin metsäalueisiin ne eivät siis sellaisinaan sovellu.

Taulukoista saadaan tukea edelleen metsän raha-arvon määrittämiseen, joko tuottoarvona tai myös metsämaan ja puuston arvon summana. Tällaisia laskelmia tarvitaan lukuisissa eri tapauksissa: metsäpalstoja tai tiloja ostettaessa ja myytäessä, pakkolunastusmenettelyissä, maanjakotoimituksissa, verotus-, luotto- ja vakuutustarkoituksissa ym. Laskentamenetelmien osalta viitataan L i n n a m i e h e n esitykseen (Tapion taskukirja, 13. painos, ss. 219—234).

Usein toistuvia ovat metsätaloudessa myös puulajin valintaa koskevat kysymykset. Näissä ratkaisuissa kasvu- ja tuottotaulukot ovat välttämätön apuneuvo. Ne näet kuvaavat eri puulajien tuottokykyä samanarvoisilla kasvupaikoilla.

Hakkuukypsyyden eli kiertoajan pituuden määrittämisessä taulukot niinikään voivat tarjota perustetta.

Puulajin valintaa ja kiertoaikaa koskevissa laskelmissa ovat apuna varsinkin toistuvin harvennuksin käsiteltyjen metsiköiden keskimääräisen puuston, poistopuuston ja kokonaiskasvun puutavaralajeihin jakaantumista osoittavat taulukot sekä täystiheiden luonnonmetsiköiden supistetut runkolukusarjat. Niiden avulla voidaan lisäksi muodostaa paikallisia rahatuottotaulukoita.

Toistuvin harvennuksin käsiteltyjen metsiköiden

KASVU- JA TUOTTOTAULUKOITA

Etelä-Suomi

Tähän ryhmään kuuluvat taulukot on kerätty Nyyssösen (1954 ja 1957), Vuokilan (1956 ja 1957) ja Koiviston (1957) toistuvin harvennuksin käsiteltyjen metsiköiden kasvua ja kehitystä koskevista tutkimuksista ja aikakauslehtikirjoituksista. Männiköiden osalta kehitys-sarjoja on ikävuosien 20—40 (MT ja VT) ja 20—60 (CT) välillä täydennetty Mäkisen (1958) tutkimuksesta.

Tutkimuksissa ei ole voitu laatia runkoluku- tai kuutiomääräsarjoja läpimittaluokittain. Sen sijaan kolmesta viimeisestä taulukosta (taulukot 8—10) nähdään metsiköiden keskimääräisen puuston, poistopuuston ja kokonaiskasvun keskimääräinen kehityskulku puutavaralajeittain.

Taulukot soveltuvat Etelä-Suomeen[1]), ja niiden käytössä on eri tunnusten kohdalla huomattava seuraavaa.

Valtapituus tarkoittaa hehtaaria kohden 100 paksuimman puun keskipituutta.

Keskipituus ja keskiläpimitta on pyritty saamaan lähinnä taloudellisesti merkitseviä puuston osia kuvaaviksi. Männiköiden ja koivikoiden keskipituus on laskettu pohjapinta-alalla punniten; kuusikoiden keskipituus on luettu kunkin tutkimusmetsikön pituuskäyrästä keskiläpimitan kohdalta. Keskiläpimitta on kaikkien puulajien metsiköille mediaani pohjapinta-alan suhteen.

Järeillä puilla tarkoitetaan rinnantasalta 20 cm paksumpia puita, paitsi kuusikoissa, joissa ne tarkoittavat runkoja, joista saadaan 18 jalan korkeudelta vähintään 6 tuumaa kuoren alta täyttävä tukki.

---

[1]) Kts. alaviittausta s. 6.

P o h j a p i n t a - a l a l l a ymmärretään metsikön puiden rinnantasalta mitattujen poikkileikkausalojen summaa.

K u u t i o m ä ä r ä s s ä on mukana vain runkopuu, josta kannon osuus n. 1—2.5 % on vähennetty.

K o k o n a i s k a s v u osoittaa metsikön jäljellä olevan puuston ja harvennuksissa poistetun puuston summaa kuhunkin iänkohtaan mennessä.

P o i s t u m a on ilmoitettu sekä kokonaispoistumana että 10-vuotisin jaksoin.

Puutavaralajitaulukoiden suhteen on huomattava seuraavaa.

T u k k i p u i d e n minimikoko on havupuille ollut 6 tuumaa ja koivulle 7 tuumaa 18 jalan korkeudella. Havupuumetsiköissä kaikki mitan täyttävät puut on käsitelty terveinä, joten vikaisuuksien aiheuttama vähennys on otettava erikseen huomioon. Koivikoissa vaneripuiden luku sen sijaan

Taulukko 1. Toistuvin harvennuksin käsitelty

Table 1. Scots pine stand treated with thinnings,

Metsikön ikä, v *Age of the stand, years*	Valtapituus, m *Dominant height, m.*	Keskipituus, m *Mean height, m.*	Keskiläpimitta kuorineen, cm *Mean diameter, incl. bark, cm.*	Runkoluku, kpl/ha *Number of stems, per ha.*		Pohjapinta-ala kuorineen, m²/ha *Basal area, incl. bark, sq. m. per ha.*	Kuutiomäärä, k-m³/ha *Volume of the stand, cu. m. per ha., solid measure*	
				Kaikkiaan *Principal stand*	Järeitä puita *Large-sized trees*		Kuorineen *Incl. bark*	Kuoretta *Excl. bark*
1	2	3	4	5	6	7	8	9
20	7.7	6.7	7.3	2 800	—	17.2	50	38
25	9.7	8.6	9.3	2 440	—	19.5	86	68
30	11.5	10.4	11.3	2 120	—	21.3	115	94
35	13.2	12.2	13.2	1 905	—	22.7	140	116
40	14.9	14.0	15.0	1 625	25	23.9	165	139
45	16.5	15.6	16.8	1 415	110	24.9	188	160
50	18.1	17.0	18.5	1 235	250	25.7	208	178
55	19.6	18.4	20.3	1 060	325	26.4	225	194
60	20.9	19.7	21.9	915	370	26.8	240	208
65	22.0	20.7	23.5	780	395	27.1	252	219
70	23.1	21.7	25.1	675	410	27.3	263	229
75	24.1	22.6	26.5	600	420	27.5	274	239
80	25.0	23.4	27.9	540	420	27.6	283	248
85	25.8	24.2	28.9	500	415	27.7	291	255
90	26.5	24.8	29.9	470	390	27.8	298	262

tarkoittaa runkoja, joista ainakin osa runkoa on vaneripuun laatuvaatimukset täyttävää.

Tukki- ja vaneripuiden kuutiomäärä on ilmoitettu kuorettomina teknillisinä kuutiojalkoina. Havupuumetsiköissä tukit on tukkipuiden kuutiomäärää koskevissa laskelmissa ajateltu teoreettisesti mitatuiksi tukin latvapäästä kuoren alta. Koivikoissa tyvitukkien paksuus on mitattu ja väli- ja latvatukkien paksuus arvioitu tukin keskeltä kuoren päältä jo tutkimusmetsiköissä.

P a p e r i p u u k s i havupuumetsiköissä on luettu mittansa puolesta tukiksi kelpaamaton rungonosa 8 cm:n läpimittaan saakka kuoren alta. Se on ilmoitettu puolipuhtaaksi kuorittuna.

H a l k o p u u n minimimittana on kaikkien puulajien metsiköissä ollut 4 cm kuoren päältä. Koivikoissa halkopuuhun on luettu vaneriksi kelpaamaton rungonosa, myös mahdollinen saha- ja paperipuu.

männikkö, mustikkatyyppi (MT)

Myrtillus site type (MT)

Kuorisadannes *Barkpercentage*	Kuutiokasvu kuoretta, k-m³/ha *Volume increment, excl. bark, cu. m. per ha., solid measure*				Harvennuspoistuma kuoretta, k-m³/ha *Volume removal, excl. bark, cu. m. per ha.*		Metsikön ikä, v *Age of the stand, years*
	Vuotuinen *Current annual*	Keskimääräinen *Mean annual*	Kasvusadannes *Current annual, per cent*	Kokonaiskasvu *Yield*	10-vuotisjakson poistuma *Periodic*	Kokonaispoistuma *Total*	
10	11	12	13	14	15	16	17
23.0	8.0	2.4	21.1	47		9	20
20.1	9.1	3.3	13.4	85	23	17	25
18.3	9.8	4.2	10.4	126		32	30
16.9	10.1	4.9	8.7	170	50	54	35
15.7	10.0	5.5	7.2	221		82	40
14.9	9.7	6.0	6.1	272	60	112	45
14.3	9.1	6.4	5.1	320		142	50
13.8	8.3	6.6	4.3	363	53	169	55
13.4	7.6	6.7	3.7	403		195	60
13.1	7.0	6.7	3.2	437	46	218	65
12.8	6.4	6.7	2.8	470		241	70
12.6	5.9	6.7	2.5	501	41	262	75
12.4	5.5	6.6	2.2	530		282	80
12.2	5.2	6.5	2.0	556	38	301	85
12.1	4.9	6.5	1.9	582		320	90

Taulukko 2. Toistuvin harvennuksin käsitelty

Table 2. Scots pine stand treated with thinnings,

Metsikön ikä, v *Age of the stand, years*	Valtapituus, m *Dominant height, m.*	Keskipituus, m *Mean height, m.*	Keskiläpimitta kuorineen, cm *Mean diameter, incl. bark, cm.*	Runkoluku, kpl/ha *Number of stems, per ha.*		Pohjapinta-ala kuorineen, m^2/ha *Basal area, incl. bark, sq. m. per ha.*	Kuutiomäärä, $k\text{-}m^3$/ha *Volume of the stand, cu. m. per ha., solid measure*	
				Kaikkiaan *Principal stand*	Järeitä puita *Large-sized trees*		Kuorineen *Incl. bark*	Kuoretta *Excl. bark*
1	2	3	4	5	6	7	8	9
20	6.3	5.1	5.0	—	—	12.7	40	30
25	8.3	6.7	6.8	3 000	—	15.0	60	47
30	10.1	8.4	8.6	2 630	—	17.0	80	64
35	11.7	10.0	10.3	2 275	—	18.9	100	81
40	13.2	11.7	12.0	1 995	—	20.5	118	97
45	14.7	13.0	13.7	1 750	30	21.6	137	115
50	16.0	14.2	15.3	1 555	70	22.3	154	131
55	17.2	15.4	16.8	1 360	120	22.7	170	144
60	18.3	16.5	18.2	1 185	180	23.0	185	158
65	19.3	17.5	19.8	1 025	235	23.0	197	169
70	20.2	18.6	21.2	895	290	23.0	208	179
75	21.0	19.5	22.5	785	330	23.0	217	187
80	21.7	20.3	23.7	695	360	23.0	225	195
85	22.3	21.2	24.9	615	375	23.0	231	200
90	22.8	21.9	25.9	550	380	23.0	237	205
95	23.4	22.5	26.8	490	375	23.0	241	210
100	23.9	23.1	27.7	445	370	23.0	245	214
105	24.4	23.7	28.5	405	360	23.0	249	217
110	24.8	24.1	29.2	375	350	23.0	252	220

Taulukko 3. Toistuvin harvennuksin käsitelty

Table 3. Scots pine stand treated with thinnings,

1	2	3	4	5	6	7	8	9
20	4.4	3.1	3.1		—	9.0	18	13
25	6.0	4.0	4.3		—	10.3	23	17
30	7.0	5.0	5.5	3 120	—	11.5	30	23
35	8.0	6.0	6.6	2 730	—	12.7	38	29
40	9.0	6.9	7.8	2 460	—	13.7	47	37
45	9.9	7.8	8.9	2 235	—	14.6	55	44
50	10.8	8.7	10.0	2 050	—	15.5	64	51
55	11.6	9.5	11.1	1 880	—	16.2	72	58
60	12.5	10.4	12.2	1 720	—	16.9	79	65
65	13.3	11.2	13.2	1 570	5	17.5	90	74
70	14.0	12.0	14.3	1 425	20	18.0	100	83
75	14.8	12.8	15.4	1 290	45	18.3	109	91
80	15.5	13.6	16.4	1 160	70	18.6	119	99
85	16.2	14.4	17.4	1 035	110	18.8	128	108
90	16.9	15.2	18.4	925	150	18.8	137	116
95	17.5	15.9	19.3	825	190	18.8	145	124
100	18.1	16.6	20.2	730	220	18.8	153	131
105	18.7	17.3	21.1	640	245	18.8	159	137
110	19.2	17.8	22.0	570	260	18.8	165	143
115	19.6	18.4	22.9	500	275	18.8	171	148
120	20.1	18.9	23.8	445	280	18.8	176	153

männikkö, puolukkatyyppi (VT)

Vaccinium site type (VT)

Kuorisadannes *Barkpercentage*	Kuutiokasvu kuoretta, k-m³/ha *Volume increment, excl. bark, cu. m. per ha., solid measure*				Harvennuspoistuma kuoretta, k-m³/ha *Volume removal, excl. bark, cu. m. per ha.*		Metsikön ikä, v *Age of the stand, years*
	Vuotuinen *Current annual*	Keskimääräinen *Mean annual*	Kasvusadannes *Current annual, per cent*	Kokonaiskasvu *Yield*	10-vuotisjakson poistuma *Periodic*	Kokonaispoistuma *Total*	
10	11	12	13	14	15	16	17
24.8	5.0	1.8	16.7	35		5	20
22.3	6.0	2.3	12.8	58	15	11	25
20.3	6.8	2.8	10.6	84		20	30
18.7	7.5	3.3	9.3	115	29	34	35
17.4	7.8	3.7	8.0	146		49	40
16.4	7.8	4.0	6.8	184	41	69	45
15.6	7.8	4.4	6.0	221		90	50
15.0	7.6	4.7	5.3	258	48	114	55
14.5	7.2	4.9	4.6	296		138	60
14.1	6.6	5.1	3.9	330	46	161	65
13.8	6.0	5.2	3.4	363		184	70
13.6	5.4	5.2	2.9	391	39	204	75
13.4	4.9	5.2	2.5	418		223	80
13.2	4.5	5.2	2.3	441	35	241	85
13.0	4.3	5.2	2.1	463		258	90
12.9	4.1	5.1	2.0	485	34	275	95
12.8	4.0	5.1	1.9	506		292	100
12.7	3.9	5.0	1.8	526	33	309	105
12.6	3.8	5.0	1.7	545		325	110

männikkö, kanervatyyppi (CT)

Calluna site type (CT)

10	11	12	13	14	15	16	17
27.5	2.7	0.9	20.8	18		5	20
25.7	3.5	1.2	16.7	27	11	10	25
24.1	4.0	1.5	13.8	39		16	30
22.7	4.2	1.7	11.7	53	16	24	35
21.7	4.3	1.9	10.0	69		32	40
20.8	4.3	2.0	8.4	84	17	40	45
19.9	4.2	2.2	7.2	100		49	50
19.1	4.2	2.3	6.5	117	20	59	55
18.5	4.1	2.4	5.7	134		69	60
17.7	4.0	2.4	5.1	154	21	80	65
17.1	4.0	2.5	4.7	173		90	70
16.6	3.9	2.6	4.2	191	20	100	75
16.1	3.8	2.6	3.8	209		110	80
15.6	3.8	2.7	3.5	228	21	120	85
15.2	3.7	2.7	3.2	247		131	90
14.8	3.6	2.8	3.0	265	20	141	95
14.3	3.5	2.8	2.7	282		151	100
13.9	3.4	2.8	2.5	299	21	162	105
13.5	3.2	2.8	2.3	315		172	110
13.2	3.1	2.9	2.1	330	20	182	115
12.8	2.9	2.9	1.9	345		192	120

Taulukko 4. Toistuvin harvennuksin käsitelty

Table 4. Norway spruce stand treated with

Metsikön ikä, v *Age of the stand, years*	Valtapituus, m *Dominant height, m.*	Keskipituus, m *Mean height, m.*	Keskiläpimitta kuorineen, cm *Mean diameter, incl. bark, cm.*	Runkoluku, kpl/ha *Number of stems, per ha.*		Pohjapinta-ala kuorineen, m²/ha *Basal area, incl. bark, sq. m. per ha.*	Kuutiomäärä, k-m³/ha *Volume of the stand, cu. m. per ha., solid measure*	
				Kaikkiaan *Principal stand*	Järeitä puita *Large-sized trees*		Kuorineen *Incl. bark*	Kuoretta *Excl. bark*
1	2	3	4	5	6	7	8	9
20	5.3	3.8	3.8	5 400	—	7.1	23	18
25	8.0	6.0	6.2	4 400	—	14.2	55	44
30	10.7	8.6	8.7	3 610	—	17.8	83	69
35	13.3	11.0	11.2	3 040	—	20.3	112	94
40	15.7	13.2	13.3	2 550	46	22.0	140	120
45	17.8	15.3	15.3	2 110	102	23.3	167	144
50	19.5	17.0	17.3	1 730	175	24.4	193	168
55	21.1	18.5	19.3	1 390	257	25.3	218	191
60	22.3	19.8	21.2	1 080	342	26.1	243	214
65	23.2	20.9	22.7	900	425	26.8	270	238
70	23.9	21.9	24.0	780	498	27.5	292	258
75	24.6	22.7	25.1	690	527	28.0	308	273
80	25.1	23.3	26.2	630	531	28.5	321	285
85	25.6	23.8	27.0	590	517	28.8	329	292
90	26.0	24.3	27.8	550	505	28.9	337	300
95	26.4	24.7	28.6	520	485	29.0	342	304
100	26.8	25.0	29.4	490	465	29.0	346	308
105	27.1	25.3	30.1	470	440	29.0	348	310
110	27.5	25.6	30.7	450	410	29.0	349	311
115	27.8	25.8	31.4	430	375	29.0	350	311
120	28.0	26.0	32.0	415	331	29.0	350	311

Taulukko 5. Toistuvin harvennuksin käsitelty

Table 5. Norway spruce stand treated with

1	2	3	4	5	6	7	8	9
20	3.3	2.3	1.8	14 700	—	3.8	6	4
25	5.9	4.0	3.8	11 480	—	10.0	26	20
30	8.3	6.0	6.1	8 260	—	13.8	50	40
35	10.6	8.0	8.3	5 100	—	16.8	74	61
40	12.9	10.2	10.4	4 060	—	19.2	100	84
45	14.8	12.1	12.2	3 020	20	21.1	127	108
50	16.5	14.0	14.0	2 250	58	22.6	153	131
55	17.9	15.6	15.7	1 820	105	23.8	178	154
60	19.1	17.0	17.4	1 470	158	24.7	203	177
65	20.3	18.2	18.6	1 240	236	25.5	223	195
70	21.3	19.3	19.9	1 090	349	26.0	242	213
75	22.1	20.2	21.1	980	454	26.4	257	227
80	22.9	21.0	22.3	900	516	26.7	267	236
85	23.5	21.7	23.2	825	525	26.8	275	244
90	24.0	22.3	24.1	760	520	26.9	282	251
95	24.4	22.8	24.9	710	500	27.0	287	255
100	24.8	23.3	25.7	660	476	27.0	292	260
105	25.1	23.6	26.4	620	453	27.0	295	263
110	25.3	23.8	26.9	580	427	27.0	298	265
115	25.4	23.9	27.5	550	400	27.0	299	266
120	25.5	24.0	28.0	520	369	27.0	300	267

kuusikko, käenkaali-mustikkatyyppi (OMT)

thinnings, Oxalis-Myrtillus site type (OMT)

Kuori-sadannes *Barkper-centage*	Kuutiokasvu kuoretta, k-m³/ha *Volume increment, excl. bark, cu. m. per ha., solid measure*				Harvennuspoistuma kuoretta, k-m³/ha *Volume removal, excl. bark, cu. m. per ha.*		Metsikön ikä, v *Age of the stand, years*
	Vuotuinen *Current annual*	Keski-määräinen *Mean annual*	Kasvu-sadannes *Current annual, per cent*	Koko-naiskasvu *Yield*	10-vuotis-jakson poistuma *Periodic*	Kokonais-poistuma *Total*	
10	11	12	13	14	15	16	17
22.1	4.9	0.9	27.2	18		—	20
19.4	7.6	2.2	17.3	54	27	10	25
17.4	9.4	3.3	13.6	96		27	30
15.8	11.0	4.3	11.7	150	56	56	35
14.5	11.6	5.1	9.7	203		83	40
13.7	12.0	5.9	8.3	264	72	120	45
13.0	12.0	6.5	7.1	323		155	50
12.4	11.4	6.9	6.0	380	64	189	55
12.0	10.4	7.2	4.8	433		219	60
11.7	9.7	7.4	4.1	483	53	245	65
11.5	9.1	7.5	3.5	530		272	70
11.3	8.7	7.6	3.2	573	61	300	75
11.2	8.3	7.7	2.9	618		333	80
11.1	8.0	7.7	2.7	657	65	365	85
11.0	7.8	7.8	2.6	698		398	90
11.0	7.7	7.8	2.5	736	69	432	95
11.0	7.6	7.8	2.5	775		467	100
11.0	7.5	7.7	2.4	814	72	504	105
11.0	7.4	7.7	2.4	850		539	110
11.0	7.3	7.7	2.3	888	73	577	115
11.0	7.3	7.7	2.3	923		612	120

kuusikko, mustikkatyyppi (MT)

thinnings, Myrtillus site type (MT)

10	11	12	13	14	15	16	17
26.1	2.3	0.2	46.0	4		—	20
22.4	4.5	1.0	22.5	25	13	5	25
19.8	6.3	1.8	15.8	53		13	30
17.9	7.7	2.6	12.6	90	35	29	35
16.3	8.6	3.3	10.2	132		48	40
15.2	9.1	3.9	8.4	176	46	68	45
14.4	9.4	4.5	7.2	225		94	50
13.6	9.3	4.9	6.0	270	42	116	55
13.0	9.2	5.2	5.2	313		136	60
12.5	8.8	5.5	4.5	357	51	162	65
12.0	8.3	5.7	3.9	400		187	70
11.7	7.9	5.9	3.5	442	58	215	75
11.4	7.6	6.0	3.2	481		245	80
11.2	7.3	6.1	3.0	517	56	273	85
11.1	7.1	6.2	2.8	552		301	90
11.1	6.9	6.2	2.7	588	61	333	95
11.0	6.7	6.2	2.6	622		362	100
11.0	6.5	6.2	2.5	655	61	392	105
11.0	6.4	6.3	2.4	688		423	110
11.0	6.3	6.3	2.4	720	60	454	115
11.0	6.2	6.3	2.3	750		483	120

Taulukko 6. Toistuvin harvennuksin käsitelty

Table 6. Common birch (B. verrucosa) stand treated

Metsikön ikä, v *Age of the stand, years*	Valtapituus, m *Dominant height, m.*	Keskipituus, m *Mean height, m.*	Keskiläpimitta kuorineen, cm *Mean diameter, incl. bark, cm.*	Runkoluku, kpl/ha *Number of stems, per ha.*		Pohjapinta-ala kuorineen, m²/ha *Basal area, incl. bark, sq. m. per ha.*	Kuutiomäärä, k-m³/ha *Volume of the stand, cu. m. per ha., solid measure*	
				Kaikkiaan *Principal stand*	Järeitä puita *Large-sized trees*		Kuorineen *Incl. bark*	Kuoretta *Excl. bark*
1	2	3	4	5	6	7	8	9
20	11.5	10.4	7.7	2 700	—	11.5	59	49
25	14.4	13.0	10.1	1 770	—	12.8	80	68
30	16.8	14.9	12.3	1 300	5	13.8	99	85
35	18.5	16.4	14.2	1 025	25	14.7	119	103
40	19.8	17.9	16.1	845	68	15.5	137	119
45	21.0	19.2	17.8	730	133	16.2	155	136
50	22.1	20.5	19.2	650	186	16.7	169	148
55	23.0	21.6	20.6	580	222	17.1	180	158
60	23.8	22.5	21.8	520	248	17.4	187	164
65	24.6	23.4	22.9	470	272	17.4	192	168
70	25.2	24.0	23.8	430	288	17.4	195	171
75	25.8	24.6	24.6	400	300	17.2	198	174
80	26.3	25.0	25.3	380	304	17.1	200	175

Taulukko 7. Toistuvin harvennuksin käsitelty

Table 7. White birch (B. pubescens) stand treated

1	2	3	4	5	6	7	8	9
20	8.5	7.1	6.0	3 500	—	9.5	40	33
25	10.9	9.5	8.1	2 515	—	11.0	55	46
30	12.9	11.5	10.0	1 820	—	12.0	72	61
35	14.5	13.2	12.0	1 355	—	13.0	88	75
40	15.9	14.6	13.7	1 095	12	13.8	104	90
45	17.0	15.8	15.2	950	38	14.5	117	102
50	17.9	16.8	16.4	845	77	15.1	128	112
55	18.7	17.6	17.5	765	113	15.6	138	120
60	19.3	18.2	18.4	700	139	16.0	146	128

rauduskoivikko, käenkaali-mustikkatyyppi (OMT)

with thinnings, Oxalis-Myrtillus site type (OMT)

Kuorisadannes *Barkpercentage*	Kuutiokasvu kuoretta, k-m³/ha *Volume increment, excl. bark, cu. m. per ha., solid measure*				Harvennuspoistuma kuoretta, k-m³/ha *Volume removal, excl. bark, cu. m. per ha.*		Metsikön ikä, v *Age of the stand, years*
	Vuotuinen *Current annual*	Keskimääräinen *Mean annual*	Kasvusadannes *Current annual, per cent*	Kokonaiskasvu *Yield*	10-vuotisjakson poistuma *Periodic*	Kokonaispoistuma *Total*	
10	11	12	13	14	15	16	17
17.1	8.8	4.2	18.0	85		36	20
15.2	9.2	5.2	13.5	129	54	61	25
14.1	8.8	5.8	10.4	175		90	30
13.4	8.2	6.2	8.0	217	48	114	35
12.9	7.7	6.4	6.5	257		138	40
12.5	7.2	6.5	5.3	295	43	159	45
12.4	6.7	6.6	4.5	329		181	50
12.3	6.3	6.6	4.0	361	46	203	55
12.3	5.8	6.5	3.5	391		227	60
12.3	5.4	6.4	3.2	419	47	251	65
12.3	5.0	6.3	2.9	445		274	70
12.3	4.6	6.2	2.6	470	42	296	75
12.3	4.3	6.1	2.4	491		316	80

hieskoivikko, käenkaali-mustikkatyyppi (OMT)

with thinnings, Oxalis-Myrtillus site type (OMT)

10	11	12	13	14	15	16	17
18.5	6.0	2.7	18.2	53		20	20
16.6	6.4	3.4	13.9	85	36	39	25
15.2	6.4	3.9	10.5	117		56	30
14.3	6.1	4.2	8.1	147	31	72	35
13.6	5.8	4.4	6.4	177		87	40
13.0	5.6	4.6	5.5	206	34	104	45
12.8	5.4	4.7	4.8	233		121	50
12.7	5.2	4.7	4.3	260	36	140	55
12.6	5.0	4.8	3.9	285		157	60

Taulukko 8. Toistuvin harvennuksin käsitelty männikkö

Table 8. Scots pine stand treated with thinnings

Metsikön ikä, v *Age of the stand, years*	Keskimääräinen puusto *Mean growing stock*					Poistopuusto *Removal*			Kokonaistuotos *Yield*			Metsikön ikä, v *Age of the stand, years*
	Tukkipuita, kpl *Number of saw-timber stems*	Rungon keskikuutio, j³ *Mean volume of saw-timber stem, cu. ft.*	Tukkipuuta, j³ *Saw timber, cu.ft.*	Paperipuuta, p-m³ *Pulpwood, cu.m., piled measure*	Halkoa, p-m³ *Fuelwood, cu.m., piled measure*	Tukkipuuta, j³ *Saw timber, cu.ft.*	Paperipuuta, p-m³ *Pulpwood, cu.m., piled measure*	Halkoa, p-m³ *Fuelwood, cu.m., piled measure*	Tukkipuuta, j³ *Saw timber, cu.ft.*	Paperipuuta, p-m³ *Pulpwood, cu.m., piled measure*	Halkoa, p-m³ *Fuelwood, cu.m., piled measure*	
	Hehtaarilla — *Per hectare*											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	Mustikkatyyppi (MT) — *Myrtillus site type (MT)*											
20	—	—	—	20	50	—	7	35	—	20	50	20
30	—	—	—	80	60	—	40	27	—	87	95	30
40	25	5.5	140	150	41	130	62	20	140	197	103	40
50	250	6.0	1 480	139	23	270	51	12	1 610	248	105	50
60	370	8.0	2 980	110	15	450	35	6	3 380	270	109	60
70	410	11.0	4 500	70	10	590	23	4	5 350	265	110	70
80	420	13.5	5 700	31	8	680	14	3	7 140	249	112	80
90	390	16.0	6 350	20	7				8 470	252	114	90
	Puolukkatyyppi (VT) — *Vaccinium site type (VT)*											
20	—	—	—	—	30	—	—	12	—	—	30	20
30	—	—	—	45	64	—	12	35	—	45	76	30
40	—	—	—	86	61	30	30	35	—	98	108	40
50	70	5.0	360	132	36	130	42	22	390	174	118	50
60	180	6.5	1 200	131	23	260	40	11	1 360	215	127	60
70	290	8.0	2 310	106	14	370	30	5	2 730	230	129	70
80	360	10.0	3 540	67	10	480	21	3	4 330	221	130	80
90	380	11.5	4 430	42	7	580	15	2	5 700	217	130	90
100	370	13.5	5 000	26	6	670	9	2	6 850	216	131	100
110	350	15.0	5 350	18	5				7 870	217	132	110
	Kanervatyyppi (CT) — *Calluna site type (CT)*											
30	—	—	—	—	20	—	—	16	—	—	20	30
40	—	—	—	—	46	—	—	27	—	—	62	40
50	—	—	—	20	54	—	10	26	—	20	97	50
60	—	—	—	45	57	—	18	18	—	55	126	60
70	20	3.5	70	73	45	10	19	12	70	101	132	70
80	70	4.0	290	95	30	50	20	7	300	142	129	80
90	150	5.0	760	101	21	120	19	4	820	168	127	90
100	220	6.5	1 450	89	12	180	17	2	1 630	175	122	100
110	260	9.0	2 300	61	9	210	14	2	2 660	164	121	110
120	280	11.0	3 010	37	7				3 580	154	121	120

Taulukko 9. Toistuvin harvennuksin käsitelty kuusikko

Table 9. Norway spruce stand treated with thinnings

Metsikön ikä, v *Age of the stand, years*	Keskimääräinen puusto *Mean growing stock*					Poistopuusto *Removal*			Kokonaistuotos *Yield*			Metsikön ikä, v *Age of the stand, years*
	Tukkipuita, kpl *Number of saw-timber stems*	Rungon keskikuutio, j³ *Mean volume of saw-timber stem, cu. ft.*	Tukkipuuta, j³ *Saw timber, cu.ft.*	Paperipuuta, p-m³ *Pulpwood, cu.m., piled measure*	Halkoa, p-m³ *Fuelwood, cu.m., piled measure*	Tukkipuuta, j³ *Saw timber, cu.ft.*	Paperipuuta, p-m³ *Pulpwood, cu.m., piled measure*	Halkoa, p-m³ *Fuelwood, cu.m., piled measure*	Tukkipuuta, j³ *Saw timber, cu.ft.*	Paperipuuta, p-m³ *Pulpwood, cu.m., piled measure*	Halkoa, p-m³ *Fuelwood, cu.m., piled measure*	
	Hehtaarilla — *Per hectare*											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	Käenkaali-mustikkatyyppi (OMT) — *Oxalis-Myrtillus site type (OMT)*											
20	—	—	—	—	16	—	—	9	—	—	16	20
30	—	—	—	42	61	—	9	46	—	42	70	30
40	46	4.3	200	105	46	100	61	22	200	114	101	40
50	175	6.4	1 100	144	29	350	66	16	1 200	214	106	50
60	342	8.2	2 800	141	21	700	40	6	3 250	277	114	60
70	498	9.6	4 750	117	17	950	24	4	5 900	293	116	70
80	531	11.3	6 000	94	13	1 250	18	3	8 100	294	116	80
90	505	13.2	6 650	73	10	1 450	13	2	10 000	291	116	90
100	465	15.2	7 050	52	8	1 650	10	2	11 850	283	116	100
110	410	17.8	7 300	38	6	1 800	7	1	13 750	279	116	110
120	331	22.4	7 400	28	5				15 650	276	116	120
	Mustikkatyyppi (MT) — *Myrtillus site type (MT)*											
20	—	—	—	—	—	—	—	3	—	—	—	20
30	—	—	—	6	47	—	5	30	—	6	50	30
40	—	—	—	73	48	—	39	17	—	78	81	40
50	58	5.2	300	126	35	125	43	7	300	170	85	50
60	158	6.3	1 000	159	26	350	40	5	1 125	246	83	60
70	349	7.1	2 500	144	19	700	32	4	2 975	271	81	70
80	516	8.1	4 200	117	15	900	26	3	5 375	276	81	80
90	520	10.0	5 250	90	12	1 100	21	3	7 325	275	81	90
100	476	12.1	5 750	67	9	1 250	15	2	8 925	273	81	100
110	427	14.2	6 050	48	7	1 350	12	1	10 475	269	81	110
120	369	16.9	6 250	33	6				12 025	266	81	120

Taulukko 10. Toistuvin harvennuksin käsitelty rauduskoivikko, käenkaali-mustikkatyyppi (OMT)

Table 10. Common birch (B. verrucosa) stand treated with thinnings, Oxalis-Myrtillus site type (OMT)

Metsikön ikä, v *Age of the stand, years*	Keskimääräinen puusto *Mean growing stock*				Poistopuusto *Removal*		Kokonaistuotos *Yield*		Metsikön ikä, v *Age of the stand, years*
	Vaneripuita, kpl *Number of veneer stems*	Rungon keskikuutio, j³ *Mean volume of veneer stem, cu.ft.*	Vaneripuuta, j³ *Veneer wood, cu.ft.*	Halkopuuta, p-m³ *Fuelwood, cu.m., piled measure*	Vaneripuuta, j³ *Veneer wood, cu.ft.*	Halkopuuta, p-m³ *Fuelwood, cu.m., piled measure*	Vaneripuuta, j³ *Veneer wood, cu.ft.*	Halkopuuta, p-m³ *Fuelwood, cu.m., piled measure*	
	Hehtaarilla — *Per hectare*								
20	—	—	—	80	—	62	—	80	20
30	4	5.0	20	150	—	83	20	212	30
40	42	6.7	280	192	20	73	280	337	40
50	153	8.5	1 300	172	70	76	1 320	390	50
60	238	9.9	2 360	133	150	73	2 450	427	60
70	273	11.0	3 000	107	200	61	3 240	474	70
80	290	11.7	3 400	89			3 840	517	80

Taulukko 11. Täystiheä luonnonmännikkö,

Table 11. Naturally normal Scots pine stand,

Metsikön ikä, v *Age of the stand, years*	Valtapituus, m *Dominant height, m.*	Keskipituus, m *Mean height, m.*	Keskiläpimitta kuorineen, cm *Mean diameter, incl. bark, cm.*	Runkoluku, kpl/ha *Number of stems, per ha.*		Pohjapinta-ala kuorineen, m²/ha *Basal area, incl. bark, sq. m. per ha.*	Kuutiomäärä, k-m³/ha *Volume of the stand, cu. m. per ha., solid measure*	
				Kaikkiaan *Principal stand*	Järeitä puita *Large-sized trees*		Kuorineen *Incl. bark*	Kuoretta *Excl. bark*
1	2	3	4	5	6	7	8	9
20	6.7	5.4	6.1	5 500	—	15.7	70	56
25	9.2	7.0	7.6	4 200		18.9	105	84
30	11.6	8.7	9.1	3 245	—	22.0	140	116
35	13.8	10.4	10.7	2 535		24.7	173	147
40	15.8	12.2	12.2	2 020	—	27.2	208	178
45	17.5	14.0	13.7	1 690		29.2	243	209
50	19.0	15.8	15.2	1 470	295	31.0	279	240
55	20.2	17.5	16.8	1 295		32.6	312	271
60	21.4	19.0	18.3	1 150	446	34.0	344	301
65	22.4	20.3	19.9	1 035		35.3	379	330
70	23.3	21.5	21.4	940	543	36.6	405	358
75	24.1	22.6	22.9	855		37.8	436	384
80	24.7	23.6	24.4	778	573	38.9	458	407
85	25.2	24.4	25.8	710		39.9	480	427
90	25.6	25.1	27.0	655	553	40.8	500	446
95	26.0	25.7	28.1	610		41.6	518	462
100	26.4	26.1	29.0	580	520	42.5	535	477
105	26.7	26.5	29.9	562		43.3	548	489
110	27.0	26.8	30.7	550	511	44.0	560	500
115	27.3	27.1	31.5	540		44.6	569	509
120	27.5	27.4	32.1	531	507	45.2	576	516

Täystiheiden luonnonmetsiköiden

KASVU- JA TUOTTOTAULUKOITA

Suomen eteläpuolisko

Taulukot on supistettuina poimittu Y. Ilvessalon (1920 b) julkaisusta »Kasvu- ja tuottotaulut Suomen eteläpuoliskon mänty-, kuusi- ja koivumetsille». Mukaan on otettu samat tunnukset kuin edellä olevissa toistuvin harvennuksin käsiteltyjen metsiköiden taulukoissa.

Toistuvin harvennuksin käsiteltyjen metsiköiden taulukoista poiketen keskipituus ja keskiläpimitta on laskettu runkoluvulla punniten, muutoin laskentatavat ovat olleet samat. Järeiden (20+cm) puiden lukumäärä on saatu runkolukusarjoista.

Runkolukusarjoihin (taulukot 20—22) on otettu mukaan vain puiden lukumäärä 5 cm:n laajuisin läpimittaluokin eri ikävaiheissa.

käenkaali-mustikkatyyppi (OMT)
Oxalis-Myrtillus site type (OMT)

Kuori-sadannes *Bark-per-centage*	Kuutiokasvu kuoretta, k-m³/ha *Volume increment, excl. bark, cu. m. per ha., solid measure*				Harvennuspoistuma kuoretta, k-m³/ha *Volume removal, excl. bark, cu. m. per ha.*		Metsikön ikä, v *Age of the stand, years*
	Vuotuinen *Current annual*	Keski-määräinen *Mean annual*	Kasvu-sadannes *Current annual, per cent*	Koko-naiskasvu *Yield*	10-vuotis-jakson poistuma *Periodic*	Kokonais-poistuma *Total*	
10	11	12	13	14	15	16	17
20.0	7.2	3.4	12.9	71		15	20
	8.3	4.4	9.9	110	23	26	25
17.2	8.7	5.1	7.5	154		38	30
	8.9	5.6	6.1	197	27	50	35
14.4	8.7	6.1	4.9	243		65	40
	8.5	6.3	4.1	285	23	76	45
14.0	8.4	6.6	3.5	328		88	50
	8.2	6.7	3.0	369	21	98	55
12.5	8.0	6.8	2.7	410		109	60
	7.8	6.9	2.4	449	21	119	65
11.6	7.6	7.0	2.1	488		130	70
	7.4	7.0	1.9	525	25	141	75
11.1	7.0	7.0	1.7	562		155	80
	6.6	7.0	1.5	595	27	168	85
10.8	6.2	7.0	1.3	628		182	90
	5.7	6.9	1.2	657	26	195	95
10.8	4.6	6.9	1.0	685		208	100
	3.4	6.7	0.8	703	11	214	105
10.7	2.8	6.5	0.6	719		219	110
	2.3	6.3	0.5	732	7	223	115
10.4	1.8	6.2	0.4	742		226	120

Taulukko 12. Täystiheä luonnonmännikkö, mustikkatyyppi (MT)

Metsikön ikä, v *Age of the stand, years*	Valtapituus, m *Dominant height, m.*	Keskipituus, m *Mean height, m.*	Keskiläpimitta kuorineen, cm *Mean diameter, incl. bark, cm.*	Runkoluku, kpl/ha *Number of stems, per ha.*		Pohjapinta-ala kuorineen, m^2/ha *Basal area, incl. bark, sq. m. per ha.*	Kuutiomäärä, $k\text{-}m^3$/ha *Volume of the stand, cu. m. per ha., solid measure*	
				Kaikkiaan *Principal stand*	Järeitä puita *Large-sized trees*		Kuorineen *Incl. bark*	Kuoretta *Excl. bark*
1	2	3	4	5	6	7	8	9
20	6.7	4.7	4.8	7 900	—	14.0	60	44
25	9.0	6.2	6.2	5 540		17.7	96	72
30	11.1	7.7	7.6	4 370	—	21.2	135	102
35	13.1	9.3	9.0	3 370		24.2	167	132
40	14.9	10.9	10.4	2 700	—	26.6	200	162
45	16.6	12.7	11.8	2 225		28.5	231	191
50	18.2	14.4	13.2	1 885	177	30.2	260	219
55	19.8	16.2	14.6	1 610		31.7	288	246
60	21.1	17.8	16.0	1 415	324	32.9	313	270
65	22.4	19.3	17.4	1 260		33.9	339	294
70	23.4	20.6	18.8	1 140	453	34.7	363	317
75	24.3	21.7	20.2	1 027		35.2	387	338
80	25.0	22.7	21.6	940	548	35.7	407	359
85	25.5	23.5	22.9	863		36.1	428	377
90	26.0	24.1	24.0	800	585	36.4	443	393
95	26.4	24.6	25.0	750		36.8	459	408
100	26.8	25.0	25.9	703	580	37.1	472	420
105	27.2	25.4	26.6	661		37.4	483	430
110	27.6	25.7	27.3	625	548	37.7	492	438
115	27.9	26.0	27.9	595		37.9	498	444
120	28.2	26.2	28.5	570	522	38.1	503	448

Taulukko 13. Täystiheä luonnonmännikkö, puolukkatyyppi (VT)

1	2	3	4	5	6	7	8	9
20	4.5	3.7	3.6	9 300	—	11.4	44	31
25	6.4	5.0	4.8	7 330		15.1	65	49
30	8.3	6.3	5.9	6 090	—	18.4	87	67
35	10.1	7.6	7.1	5 050		20.7	110	86
40	11.8	8.9	8.3	4 050	—	22.7	134	106
45	13.4	10.2	9.5	3 185		24.1	155	126
50	14.9	11.5	10.7	2 565	42	25.3	177	146
55	16.3	12.7	11.9	2 145		26.5	198	166
60	17.6	13.9	13.1	1 830	135	27.5	219	185
65	18.8	15.1	14.2	1 605		28.3	241	205
70	19.7	16.3	15.4	1 418	262	29.0	262	224
75	20.5	17.4	16.6	1 255		29.6	282	242
80	21.2	18.3	17.8	1 137	378	30.2	299	258
85	21.7	19.1	19.0	1 030		30.6	314	272
90	22.2	19.8	20.1	943	457	31.0	328	285
95	22.7	20.3	21.0	876		31.4	340	296
100	23.2	20.7	21.8	820	486	31.6	351	306
105	23.6	21.1	22.5	773		31.8	359	314
110	23.9	21.5	23.1	735	493	32.0	366	320
115	24.2	21.8	23.7	702		32.2	371	325
120	24.5	22.1	24.2	675	497	32.4	375	329
125	24.8	22.3	24.6	652		32.6	379	333
130	25.1	22.5	24.9	633		32.8	382	336

Table 12. Naturally normal Scots pine stand, Myrtillus site type (MT)

Kuorisadannes *Barkpercentage*	Kuutiokasvu kuoretta, k-m³/ha *Volume increment, excl. bark, cu. m. per ha., solid measure*				Harvennuspoistuma kuoretta, k-m³/ha *Volume removal, excl. bark, cu. m. per ha.*		Metsikön ikä, v *Age of the stand, years*
	Vuotuinen *Current annual*	Keskimääräinen *Mean annual*	Kasvusadannes *Current annual, per cent*	Kokonaiskasvu *Yield*	10-vuotisjakson poistuma *Periodic*	Kokonaispoistuma *Total*	
10	11	12	13	14	15	16	17
26.7	6.5	2.7	14.8	54		10	20
	7.8	3.6	10.8	91	20	19	25
24.4	8.3	4.4	8.1	132		30	30
	8.5	5.0	6.4	174	25	42	35
19.0	8.4	5.4	5.2	217		55	40
	8.3	5.7	4.3	259	26	68	45
15.8	8.0	6.0	3.6	300		81	50
	7.4	6.1	3.0	339	23	93	55
13.7	7.1	6.2	2.6	374		104	60
	6.9	6.2	2.3	409	22	115	65
12.9	6.7	6.3	2.1	443		126	70
	6.4	6.3	1.9	475	22	137	75
11.8	6.0	6.3	1.7	507		148	80
	5.7	6.3	1.5	537	23	160	85
11.3	5.4	6.3	1.4	564		171	90
	5.0	6.2	1.2	591	23	183	95
11.0	4.6	6.1	1.1	614		194	100
	4.2	6.1	0.9	636	24	206	105
11.0	3.6	6.0	0.8	656		218	110
	3.0	5.9	0.7	672	20	228	115
10.9	2.5	5.7	0.6	686		238	120

Table 13. Naturally normal Scots pine stand, Vaccinium site type (VT)

10	11	12	13	14	15	16	17
29.5	4.1	1.8	13.2	35		4	20
	4.8	2.3	9.8	58	12	9	25
23.0	5.3	2.8	7.9	83		16	30
	5.8	3.2	6.7	111	19	25	35
20.9	6.0	3.5	5.7	141		35	40
	6.2	3.8	4.9	172	22	46	45
17.5	6.1	4.1	4.2	203		57	50
	6.0	4.3	3.6	233	21	67	55
15.5	5.9	4.4	3.2	263		78	60
	5.8	4.5	2.8	292	19	87	65
14.5	5.6	4.6	2.5	321		97	70
	5.3	4.6	2.2	348	19	106	75
13.7	4.9	4.7	1.9	374		116	80
	4.5	4.7	1.7	397	18	125	85
13.1	4.2	4.7	1.5	419		134	90
	3.8	4.6	1.3	439	17	143	95
12.8	3.4	4.6	1.1	457		151	100
	2.9	4.5	0.9	473	15	159	105
12.6	2.4	4.4	0.8	486		166	110
	2.1	4.3	0.6	497	12	172	115
12.3	1.9	4.2	0.6	507		178	120
	1.6	4.1	0.5	516	9	183	125
12.0	1.3	4.0	0.4	523		187	130

Taulukko 14. Täystiheä luonnonmännikkö, kanervatyyppi (CT)

Metsikön ikä, v *Age of the stand, years*	Valtapituus, m *Dominant height, m.*	Keskipituus, m *Mean height, m.*	Keskiläpimitta kuorineen, cm *Mean diameter, incl. bark, cm.*	Runkoluku, kpl/ha *Number of stems, per ha.*		Pohjapinta-ala kuorineen, m²/ha *Basal area, incl. bark, sq. m. per ha.*	Kuutiomäärä, k-m³/ha *Volume of the stand, cu. m. per ha., solid measure*	
				Kaikkiaan *Principal stand*	Järeitä puita *Large-sized trees*		Kuorineen *Incl. bark*	Kuoretta *Excl. bark*
1	2	3	4	5	6	7	8	9
20	2.6	—	1.9	—	—	5.6	24	15
25	3.9	—	2.5	16 600		8.5	34	22
30	5.3	4.1	3.2	12 600	—	11.1	47	31
35	6.6	4.9	3.8	9 600		13.2	60	40
40	7.9	5.7	4.5	7 500	—	14.8	75	50
45	9.2	6.5	5.2	6 090		16.2	90	61
50	10.5	7.3	6.0	5 020	—	17.5	104	72
55	11.8	8.1	6.8	4 200		18.5	116	84
60	12.9	8.9	7.6	3 655	—	19.5	128	96
65	14.0	9.6	8.4	3 260		20.5	140	109
70	15.0	10.3	9.2	2 925	23	21.4	153	122
75	15.8	11.0	10.1	2 625		22.2	165	134
80	16.6	11.8	11.0	2 355	71	22.8	178	146
85	17.3	12.5	11.9	2 110		23.4	191	158
90	17.9	13.2	12.7	1 880	139	23.9	203	169
95	18.4	14.0	13.5	1 655		24.4	213	179
100	18.9	14.7	14.4	1 465	201	24.9	222	188
105	19.3	15.3	15.3	1 315		25.2	231	197
110	19.7	15.9	16.1	1 180	261	25.5	240	205
115	20.1	16.5	17.0	1 075		25.8	248	212
120	20.5	17.0	17.9	980	324	26.0	254	218
125	20.9	17.4	18.7	905		26.2	260	224
130	21.2	17.8	19.6	835	369	26.3	266	230
135	21.5	18.2	20.4	770		26.4	271	235
140	21.7	18.5	21.2	720	400	26.5	275	239

Taulukko 15. Täystiheä luonnonkuusikko, käenkaali-mustikkatyyppi (OMT)

1	2	3	4	5	6	7	8	9
20	4.8	—	2.9	—	—	9.3	32	25
25	6.9	4.5	3.8	10 400		13.4	55	44
30	9.2	5.6	4.7	8 050	—	17.0	85	69
35	11.5	6.7	5.8	6 500		20.2	118	98
40	13.5	7.8	6.8	5 300	—	23.0	154	128
45	15.2	8.9	7.9	4 300		25.6	191	160
50	16.6	10.0	8.9	3 570	—	27.9	230	193
55	17.9	11.1	9.9	3 140		29.9	265	226
60	19.1	12.1	10.9	2 810	194	31.8	299	258
65	20.2	13.1	11.9	2 540		33.4	333	289
70	21.2	14.1	12.9	2 320	336	34.6	365	318
75	22.1	15.0	13.9	2 120		35.6	393	344
80	23.0	16.0	15.0	1 940	456	36.5	419	367
85	23.8	16.9	16.0	1 770		37.2	442	388
90	24.6	17.7	16.9	1 620	521	37.8	461	406
95	25.4	18.5	17.8	1 480		38.3	481	424
100	26.1	19.3	18.7	1 350	555	38.7	497	439
105	26.8	20.0	19.6	1 235		39.0	512	453
110	27.4	20.6	20.4	1 135	565	39.3	525	465
115	27.9	21.2	21.2	1 055		39.5	537	476
120	28.4	21.7	21.9	985	567	39.7	548	486
125	28.9	22.2	22.6	925		39.9	557	495
130	29.2	22.6	23.3	880	572	40.1	566	504

Table 14. Naturally normal Scots pine stand, Calluna site type (CT)

Kuorisadannes *Barkpercentage*	Kuutiokasvu kuoretta, k-m³/ha *Volume increment, excl. bark, cu. m. per ha., solid measure*				Harvennuspoistuma kuoretta, k-m³/ha *Volume removal, excl. bark, cu. m. per ha.*		Metsikön ikä, v *Age of the stand, years*
	Vuotuinen *Current annual*	Keskimääräinen *Mean annual*	Kasvusadannes *Current annual, per cent*	Kokonaiskasvu *Yield*	10-vuotisjakson poistuma *Periodic*	Kokonaispoistuma *Total*	
10	11	12	13	14	15	16	17
37.5	1.5	0.8	10.0	16		1	20
	1.9	1.0	8.6	24	3	2	25
34.0	2.2	1.2	7.1	35		4	30
	2.4	1.4	6.0	46	5	6	35
33.3	2.7	1.5	5.3	59		9	40
	2.8	1.6	4.6	73	6	12	45
30.8	2.9	1.7	4.1	87		15	50
	3.1	1.9	3.7	102	7	18	55
25.0	3.2	2.0	3.3	118		22	60
	3.3	2.1	3.0	135	7	26	65
20.3	3.3	2.2	2.7	151		29	70
	3.3	2.2	2.5	167	8	33	75
18.0	3.3	2.3	2.3	183		37	80
	3.4	2.4	2.2	200	11	42	85
16.7	3.5	2.4	2.1	217		48	90
	3.5	2.5	2.0	235	16	56	95
15.3	3.4	2.5	1.8	252		64	100
	3.3	2.6	1.7	269	16	72	105
14.6	3.1	2.6	1.5	285		80	110
	2.9	2.6	1.4	299	15	87	115
14.2	2.8	2.6	1.3	313		95	120
	2.7	2.6	1.2	326	15	102	125
13.5	2.6	2.6	1.1	340		110	130
	2.4	2.6	1.0	353	15	118	135
13.1	2.3	2.6	1.0	364		125	140

Table 15. Naturally normal Norway spruce stand, Oxalis-Myrtillus site type (OMT)

10	11	12	13	14	15	16	17
21.9	3.8	1.5	15.2	30		5	20
	5.2	2.1	11.8	53	8	9	25
18.8	6.3	2.7	9.1	82		13	30
	7.0	3.3	7.1	116	11	18	35
16.9	7.4	3.8	5.8	152		24	40
	7.7	4.2	4.8	190	12	30	45
16.1	7.8	4.6	4.0	229		36	50
	7.7	4.9	3.4	268	12	42	55
13.7	7.5	5.1	2.9	306		48	60
	7.2	5.3	2.5	343	12	54	65
12.9	6.7	5.4	2.1	378		60	70
	6.2	5.5	1.8	410	13	66	75
12.4	5.9	5.5	1.6	440		73	80
	5.6	5.5	1.5	469	17	81	85
11.9	5.5	5.5	1.4	496		90	90
	5.4	5.5	1.3	525	23	101	95
11.7	5.3	5.5	1.2	552		113	100
	5.2	5.5	1.1	579	26	126	105
11.4	4.8	5.5	1.0	604		139	110
	4.5	5.4	0.9	627	24	151	115
11.3	4.2	5.4	0.9	649		163	120
	3.9	5.3	0.8	669	21	174	125
11.0	3.6	5.3	0.7	688		184	130

Taulukko 16. Täystiheä luonnon-

Table 16. Naturally normal Norway

Metsikön ikä, v *Age of the stand, years*	Valtapituus, m *Dominant height, m.*	Keskipituus, m *Mean height, m.*	Keskiläpimitta kuorineen, cm *Mean diameter, incl. bark, cm.*	Runkoluku, kpl/ha *Number of stems, per ha.*		Pohjapinta-ala kuorineen, m²/ha *Basal area, incl. bark, sq. m. per ha.*	Kuutiomäärä, k-m³/ha *Volume of the stand, cu. m. per ha., solid measure*	
				Kaikkiaan *Principal stand*	Järeitä puita *Large-sized trees*		Kuorineen *Incl. bark*	Kuoretta *Excl. bark*
1	2	3	4	5	6	7	8	9
20	3.3	—	2.4	—	—	8.0	21	17
25	4.8	3.7	3.2	—		11.5	38	31
30	6.4	4.7	4.1	14 800	—	14.7	60	48
35	8.2	5.6	5.0	11 300		17.8	85	70
40	9.8	6.6	5.9	8 300	—	20.9	114	95
45	11.5	7.6	6.8	6 800		23.8	147	124
50	13.0	8.6	7.8	5 760	—	26.4	181	154
55	14.4	9.5	8.8	4 920		28.7	215	185
60	15.6	10.5	9.8	4 220	53	30.7	249	215
65	16.8	11.4	10.7	3 620		32.5	281	244
70	17.8	12.4	11.7	3 090	178	34.0	311	271
75	18.7	13.3	12.6	2 670		35.2	340	297
80	19.5	14.2	13.6	2 325	321	36.3	366	320
85	20.2	15.0	14.5	2 020		36.9	390	341
90	20.8	15.8	15.4	1 780	421	37.4	411	359
95	21.4	16.5	16.2	1 590		37.7	429	375
100	21.9	17.1	16.9	1 445	462	38.0	445	389
105	22.4	17.6	17.5	1 340		38.3	458	400
110	22.9	18.1	18.0	1 255	479	38.5	468	409
115	23.3	18.5	18.4	1 195		38.6	475	415
120	23.7	18.8	18.8	1 140	483	38.7	480	420
125	24.1	19.1	19.1	1 090		38.8	485	425
130	24.5	19.4	19.4	1 043	472	38.9	488	429

Taulukko 17. Täystiheä luonnon-

Table 17. Naturally normal birch

1	2	3	4	5	6	7	8	9
20	8.0	5.0	3.0	12 900	—	18.1	78	66
25	10.3	6.4	4.3	10 000		19.7	100	86
30	12.5	7.8	5.6	7 340	—	21.2	124	107
35	14.8	9.2	7.1	4 890		22.4	147	129
40	17.0	10.7	8.6	3 420	—	23.4	171	151
45	19.1	12.1	10.1	2 670		24.2	195	173
50	21.2	13.5	11.6	2 175	—	25.1	221	196
55	23.1	15.1	13.1	1 775		25.7	247	219
60	24.9	16.7	14.6	1 430	253	26.3	271	240
65	26.5	18.3	16.1	1 120		26.8	293	260
70	27.7	19.9	17.6	870	284	27.2	313	277
75	28.7	21.4	19.1	695		27.5	328	290
80	29.4	22.9	20.3	595	284	27.6	339	300
85	29.9	24.3	21.4	520		27.6	346	307
90	30.3	25.4	22.4	490	292	27.7	350	310

kuusikko, mustikkatyyppi (MT)

spruce stand, Myrtillus site type (MT)

Kuorisadannes *Barkpercentage*	Kuutiokasvu kuoretta, k-m³/ha *Volume increment, excl. bark, cu. m. per ha., solid measure*				Harvennuspoistuma kuoretta, k-m³/ha *Volume removal, excl. bark, cu. m. per ha.*		Metsikön ikä, v *Age of the stand, years*
	Vuotuinen *Current annual*	Keskimääräinen *Mean annual*	Kasvusadannes *Current annual, per cent*	Kokonaiskasvu *Yield*	10-vuotisjakson poistuma *Periodic*	Kokonaispoistuma *Total*	
10	11	12	13	14	15	16	17
19.0	2.8	1.0	16.5	20		3	20
	3.8	1.5	12.3	37	7	6	25
20.0	4.8	1.9	10.0	58		10	30
	5.7	2.4	8.0	85	10	15	35
16.7	6.4	2.9	6.7	115		20	40
	7.0	3.3	5.6	149	11	25	45
14.9	7.4	3.7	4.8	185		31	50
	7.5	4.0	4.1	223	14	38	55
13.7	7.6	4.3	3.5	260		45	60
	7.6	4.6	3.1	299	20	55	65
12.9	7.5	4.8	2.8	336		65	70
	7.4	5.0	2.5	374	25	77	75
12.6	7.2	5.1	2.3	410		90	80
	6.9	5.2	2.0	446	30	105	85
12.7	6.3	5.3	1.8	479		120	90
	5.8	5.3	1.6	509	28	134	95
12.6	5.0	5.3	1.3	537		148	100
	4.1	5.3	1.0	559	21	159	105
12.6	3.4	5.3	0.8	578		169	110
	2.8	5.2	0.7	593	17	178	115
12.5	2.7	5.1	0.6	606		186	120
	2.6	5.0	0.6	620	17	195	125
12.1	2.4	4.9	0.5	632		203	130

koivikko, käenkaalityyppi (OT)

stand, Oxalis site type (OT)

10	11	12	13	14	15	16	17
15.4	6.2	4.1	9.4	82		16	20
	6.5	4.5	7.7	113	24	27	25
13.7	7.1	4.9	6.6	147		40	30
	7.7	5.3	6.0	184	33	55	35
11.7	8.1	5.6	5.4	224		73	40
	8.3	5.9	4.8	265	38	92	45
11.3	8.6	6.1	4.4	307		111	50
	8.5	6.3	3.9	351	41	132	55
11.4	8.5	6.5	3.5	392		152	60
	8.4	6.7	3.1	437	47	177	65
11.5	7.1	6.8	2.6	476		199	70
	6.0	6.8	2.1	508	37	218	75
11.5	4.6	6.7	1.5	536		236	80
	3.0	6.5	1.0	554	20	247	85
11.6	1.4	6.3	0.5	566		256	90

Taulukko 18. Täystiheä luonnonkoivikko,

Table 18. Naturally normal birch stand,

Metsikön ikä, v *Age of the stand, years*	Valtapituus, m *Dominant height, m.*	Keskipituus, m *Mean height, m,*	Keskiläpimitta kuorineen, cm *Mean diameter, incl. bark, cm.*	Runkoluku, kpl/ha *Number of stems, per ha.*		Pohjapinta-ala kuorineen, m²/ha *Basal area, incl. bark, sq. m. per ha.*	Kuutiomäärä, k-m³/ha *Volume of the stand, cu. m. per ha., solid measure*	
				Kaikkiaan *Principal stand*	Järeitä puita *Large-sized trees*		Kuorineen *Incl. bark*	Kuoretta *Excl. bark*
1	2	3	4	5	6	7	8	9
20	6.9	3.8	2.1	(20 200)	—	8.8	36	30
25	9.0	5.2	3.2	13 000		12.4	58	49
30	11.0	6.6	4.5	7 800	—	15.7	83	70
35	13.1	8.1	5.9	5 070		18.5	109	93
40	15.2	9.7	7.3	3 700	—	20.5	137	117
45	17.3	11.3	8.7	2 960		22.4	162	140
50	19.4	12.9	10.2	2 400	—	23.5	186	162
55	21.3	14.5	11.6	1 970		24.2	209	182
60	23.0	16.1	12.9	1 640	175	24.6	228	199
65	24.4	17.7	14.2	1 395		24.9	244	213
70	25.4	19.2	15.3	1 240	255	25.2	258	225
75	26.1	20.5	16.4	1 115		25.4	269	235
80	26.7	21.8	17.4	1 035	325	25.5	278	243
85	27.1	22.9	18.3	965		25.5	285	248
90	27.3	23.8	19.1	918	379	25.6	289	251

Taulukko 19. Täystiheä luonnon-

Table 19. Naturally normal birch

1	2	3	4	5	6	7	8	9
20	6.3	3.5	1.9	(20 600)	—	7.2	31	24
25	8.3	4.8	3.0	13 200		10.8	51	40
30	10.3	6.1	4.3	7 950	—	14.0	73	58
35	12.3	7.6	5.5	5 380		16.7	94	77
40	14.2	9.2	6.8	4 090	—	18.8	115	96
45	15.9	10.7	8.1	3 120		20.2	136	115
50	17.5	12.2	9.3	2 470	—	21.2	156	133
55	19.0	13.7	10.6	2 015		22.0	174	150
60	20.4	15.1	11.8	1 710	123	22.7	191	166
65	21.6	16.4	13.0	1 490		23.2	208	181
70	22.6	17.7	14.1	1 320	231	23.7	223	194
75	23.4	18.9	15.2	1 185		24.2	237	206
80	24.1	19.9	16.1	1 085	296	24.6	248	216
85	24.6	20.8	16.9	1 008		24.8	256	223
90	24.9	21.6	17.7	960	340	25.0	261	227

käenkaali-mustikkatyyppi (OMT)

Oxalis-Myrtillus site type (OMT)

Kuorisadannes *Barkpercentage*	Kuutiokasvu kuoretta, k-m³/ha *Volume increment, excl. bark, cu. m. per ha., solid measure*				Harvennuspoistuma kuoretta, k-m³/ha *Volume removal, excl. bark, cu. m. per ha.*		Metsikön ikä, v *Age of the stand, years*
	Vuotuinen *Current annual*	Keskimääräinen *Mean annual*	Kasvusadannes *Current annual, per cent*	Kokonaiskasvu *Yield*	10-vuotisjakson poistuma *Periodic*	Kokonaispoistuma *Total*	
10	11	12	13	14	15	16	17
16.7	4.5	1.9	15.0	38		8	20
	5.9	2.6	12.1	66	19	17	25
15.7	6.5	3.2	9.3	97		27	30
	6.9	3.7	7.4	131	22	38	35
14.6	6.9	4.2	5.9	166		49	40
	6.9	4.5	4.9	200	24	60	45
12.9	6.7	4.7	4.1	235		73	50
	6.1	4.9	3.3	267	24	85	55
12.7	5.4	4.9	2.7	296		97	60
	4.7	4.9	2.3	321	21	108	65
12.8	4.1	4.9	1.8	343		118	70
	3.4	4.8	1.4	362	16	127	75
12.6	2.6	4.7	1.1	377		134	80
	2.0	4.6	0.8	388	12	140	85
13.1	1.3	4.4	0.5	397		146	90

koivikko, mustikkatyyppi (MT)

stand, Myrtillus site type (MT)

10	11	12	13	14	15	16	17
22.6	4.0	1.5	16.7	30		6	20
	4.9	2.2	12.3	54	15	14	25
20.5	5.3	2.6	9.2	79		21	30
	5.6	3.0	7.3	107	18	30	35
16.5	5.6	3.4	5.8	135		39	40
	5.6	3.6	4.9	163	19	48	45
14.7	5.4	3.8	4.1	191		58	50
	5.0	3.9	3.4	217	17	67	55
13.1	4.6	4.0	2.8	241		75	60
	4.3	4.0	2.4	263	15	82	65
13.0	4.0	4.1	2.1	284		90	70
	3.6	4.0	1.7	303	14	97	75
12.9	2.9	4.0	1.3	320		104	80
	2.1	3.9	0.9	332	10	109	85
13.0	1.3	3.8	0.6	341		114	90

Taulukko 20. Täystiheä luonnonmännikkö

Table 20. Naturally normal Scots pine stand

Läpimittaluokka (D 1.3), cm *Dbh, cm.*	Metsikön ikä, v — *Stand age, years*									
	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
	Läpimittaluokan runkoluku, kpl/ha — *Number of stems, per ha.*									
	Käenkaali-mustikkatyyppi (OMT) — *Oxalis-Myrtillus site type (OMT)*									
<10	267	96	32	8	2					
10—15	455	255	123	52	21	11	6	5		
15—20	453	353	242	145	79	49	33	19		
20—25	234	289	272	216	154	111	86	67		
25—30	57	128	185	200	183	153	133	118		
30—35	4	28	73	114	136	137	138	133		
35—40			13	37	62	82	97	107		
40—45				6	16	30	44	58		
45—50					2	7	12	20		
50—55							1	4		
Yhteensä — *Total*	1 470	1 149	940	778	655	580	550	531		
	Mustikkatyyppi (MT) — *Myrtillus site type (MT)*									
<10	526	196	62	13	2					
10—15	706	439	244	110	47	20	9	4		
15—20	476	456	381	269	166	103	68	44		
20—25	158	251	294	291	251	203	159	127		
25—30	19	67	130	181	204	202	187	172		
30—35		6	28	65	101	122	129	135		
35—40			1	11	27	45	58	67		
40—45					2	8	14	19		
45—50							1	2		
Yhteensä — *Total*	1 885	1 415	1 140	940	800	703	625	570		
	Puolukkatyyppi (VT) — *Vaccinium site type (VT)*									
<10	1 170	487	210	83	31	14	6	2		
10—15	1 001	741	486	286	158	97	63	41		
15—20	352	467	460	390	297	223	173	135		
20—25	42	126	211	261	271	247	225	207		
25—30		9	48	98	141	160	165	171		
30—35			3	19	41	65	79	88		
35—40					4	14	22	27		
40—45							2	4		
Yhteensä — *Total*	2 565	1 830	1 418	1 137	943	820	735	675		
	Kanervatyyppi (CT) — *Calluna site type (CT)*									
<10			1 750	1 038	578	292	143	63	25	8
10—15			903	874	735	547	383	249	153	91
15—20			249	372	428	425	393	344	288	221
20—25			23	69	125	168	201	224	232	227
25—30				2	14	33	55	84	107	125
30—35							5	16	28	42
35—40									2	6
Yhteensä — *Total*			2 925	2 355	1 880	1 465	1 180	980	835	720

Taulukko 21. Täystiheä luonnonkuusikko

Table 21. Naturally normal Norway spruce stand

Läpimittaluokka (D 1.3), cm *Dbh, cm.*	Metsikön ikä, v — *Stand age, years*							
	60	70	80	90	100	110	120	130
	Läpimittaluokan runkoluku, kpl/ha — *Number of stems, per ha.*							
	Käenkaali-mustikkatyyppi (OMT) — *Oxalis-Myrtillus site type (OMT)*							
<10	1 295	808	480	282	154	81	42	21
10—15	830	672	528	397	287	198	138	94
15—20	491	504	476	420	354	291	238	193
20—25	168	251	298	305	295	269	249	228
25—30	26	75	126	155	173	180	182	183
30—35		10	31	52	70	87	96	108
35—40			1	9	16	25	34	43
40—45					1	4	6	10
Yhteensä — *Total*	2 810	2 320	1 940	1 620	1 350	1 135	985	880
	Mustikkatyyppi (MT) — *Myrtillus site type (MT)*							
<10	2 248	1 191	650	363	234	168	134	107
10—15	1 427	1 094	759	506	355	275	230	199
15—20	492	627	595	490	394	333	293	265
20—25	53	164	262	291	284	267	252	234
25—30		14	56	109	134	147	153	151
30—35			3	21	39	53	62	66
35—40					5	11	15	18
40—45						1	1	3
Yhteensä — *Total*	4 220	3 090	2 325	1 780	1 445	1 255	1 140	1 043

Taulukko 22. Täystiheä luonnonkoivikko

Table 22. Naturally normal birch stand

Läpimittaluokka (D 1.3), cm *Dbh, cm.*	Metsikön ikä, v — *Stand age, years*			
	60	70	80	90
	Läpimittaluokan runkoluku, kpl/ha — *Number of stems, per ha.*			
	Käenkaalityyppi (OT) — *Oxalis site type (OT)*			
<10	335	106	32	11
10—15	478	225	109	61
15—20	364	255	170	126
20—25	176	165	145	134
25—30	64	82	83	89
30—35	13	32	40	46
35—40		5	14	18
40—45			2	5
Yhteensä — *Total*	1 430	870	595	490

Taulukko 22. (Jatk.)

Läpimittaluokka (D 1.3), cm *Dbh, cm.*	Metsikön ikä, v — *Stand age, years*			
	60	70	80	90
	Läpimittaluokan runkoluku, kpl/ha — *Number of stems, per ha.*			
	Käenkaali-mustikkatyyppi (OMT) *Oxalis-Myrtillus site type (OMT)*			
<10	529	239	113	57
10—15	576	394	272	192
15—20	360	352	325	290
20—25	138	177	205	222
25—30	37	64	87	108
30—35		14	29	39
35—40			4	10
Yhteensä — *Total*	1 640	1 240	1 035	918
	Mustikkatyyppi (MT) — *Myrtillus site type (MT)*			
<10	682	362	210	143
10—15	569	404	297	226
15—20	336	323	282	251
20—25	108	169	183	186
25—30	15	56	87	104
30—35		6	23	41
35—40			3	9
Yhteensä — *Total*	1 710	1 320	1 085	960

Taulukko 23. Täystiheä luonnonmännikkö,

Table 23. Naturally normal Scots pine stand,

Metsikön ikä, v *Age of the stand, years*	Valtapituus, m *Dominant height, m.*	Keskipituus, m *Mean height, m.*	Keskiläpimitta kuorineen, cm *Mean diameter, incl. bark, cm.*	Runkoluku, kpl/ha *Number of stems, per ha.*		Pohjapinta-ala kuorineen, m^2/ha *Basal area, incl. bark, sq. m. per ha.*	Kuutiomäärä, $k\text{-}m^3$/ha *Volume of the stand, cu. m. per ha., solid measure*	
				Kaikkiaan *Principal stand*	Järeitä puita *Large-sized trees*		Kuorineen *Incl. bark*	Kuoretta *Excl. bark*
1	2	3	4	5	6	7	8	9
20	3.6	—	—	(n. 20 000)	—	—	(34)	(25)
30	6.7	—	—	—	—	—	(75)	(57)
40	9.2	(9.0)	(8.7)	—	—	16.0	(119)	(93)
50	11.7	11.2	(11.3)	(n. 3 000)	—	20.6	167	136
60	13.7	12.9	13.6	(n. 2 500)	—	24.8	208	171
70	15.4	14.4	16.0	2 100		27.0	228	194
80	16.8	15.8	18.2	1 764	236	28.4	243	208
90	17.9	17.0	20.1	1 480		29.0	252	218
100	18.7	17.9	21.7	1 246	360	29.2	260	225
110	19.4	18.7	23.0	1 060		29.2	267	230
120	19.9	19.4	24.0	912	403	29.0	272	236
130	20.3	19.9	24.9	802		28.7	276	240
140	20.7	20.3	25.6	724	403	28.3	279	243
150	21.0	20.7	26.3	656		27.9	282	246
160	21.2	21.1	26.8	597	389	27.5	285	249
170	—	21.4	27.3	552		27.3	288	252
180	—	21.7	27.7	517	369	27.1	290	254
190	—	21.9	28.0	485		26.9	292	256
200	—	22.0	(28.3)	456	362	26.7	294	258

Täystiheiden luonnonmetsiköiden

KASVU- JA TUOTTOTAULUKOITA

Perä-Pohjola

Taulukkoryhmän kehityssarjat ovat peräisin Y. Ilvessalon (1937) tutkimuksesta »Perä-Pohjolan luonnonnormaalien metsiköiden kasvu ja kehitys». Kuusikoiden ja koivikoiden jonkin verran epävarmat sarjat on jätetty pois ja mukaan on otettu vain Perä-Pohjolan ylivoimaisesti tärkeimmän puulajin, männyn taulukot.

Tutkimuksen eri taulukoista on kerätty samat tunnukset kuin edellä olevissa Suomen eteläpuoliskon täystiheiden luonnonmetsiköiden taulukoissakin.

Keskipituus ja keskiläpimitta on maan eteläpuoliskon taulukoista poiketen esitetty pohjapinta-alalla punnittuna. Muiden tunnusten laskentatavat ovat olleet samat.

Taulukot kohdistuvat n. 66. ja 68. leveysasteiden väliseen osaan Perä-Pohjolaa.

variksenmarja-puolukkatyyppi (EVT)

Empetrum-Vaccinium site type (EVT)

Kuorisadannes *Barkpercentage*	Kuutiokasvu kuoretta, k-m³/ha *Volume increment, excl. bark, cu. m. per ha., solid measure*				Harvennuspoistuma kuoretta, k-m³/ha *Volume removal, excl. bark, cu. m. per ha.*		Metsikön ikä, v *Age of the stand, years*
	Vuotuinen *Current annual*	Keskimääräinen *Mean annual*	Kasvusadannes *Current annual, per cent*	Kokonaiskasvu *Yield*	10-vuotisjakson poistuma *Periodic*	Kokonaispoistuma *Total*	
10	11	12	13	14	15	16	17
27	(2.0)	1.4	(n.7)	28		3	20
24	(3.7)	2.1	(n.6)	62	7	5	30
21	(4.4)	2.6	(4.5)	103		10	40
19	4.8	3.1	3.3	153	19	17	50
17.5	4.5	3.3	2.6	200		29	60
16	3.7	3.4	2.0	240	35	46	70
15	3.3	3.4	1.7	272		64	80
14	3.0	3.4	1.5	302	41	84	90
13.5	2.8	3.3	1.3	330		105	100
13.5	2.6	3.2	1.1	356	40	126	110
13	2.4	3.2	1.0	381		145	120
13	2.3	3.1	1.0	405	39	165	130
13	2.2	3.0	0.9	427		184	140
13	2.1	3.0	0.9	448	34	202	150
12.5	2.0	2.9	0.8	467		218	160
12.5	1.9	2.9	0.8	486	33	234	170
12	1.9	2.8	0.7	505		251	180
12	1.8	2.8	0.7	523	32	267	190
12	1.7	2.7	0.7	541		283	200

Taulukko 24. Täystiheä luonnonmännikkö,

Table 24. Naturally normal Scots pine stand,

Metsikön ikä, v *Age of the stand, years*	Valtapituus, m *Dominant height, m.*	Keskipituus, m *Mean height, m.*	Keskiläpimitta kuorineen, cm *Mean diameter, incl. bark, cm.*	Runkoluku, kpl/ha *Number of stems, per ha.*		Pohjapinta-ala kuorineen, m²/ha *Basal area, incl. bark, sq.m. per ha.*	Kuutiomäärä, k-m³/ha *Volume of the stand, cu.m. per ha., solid measure*	
				Kaikkiaan *Principal stand*	Järeitä puita *Large-sized trees*		Kuorineen *Incl. bark*	Kuoretta *Excl. bark*
1	2	3	4	5	6	7	8	9
20	2.5	—	—	(n.20 000)	—	—	20	14
30	4.6	—	—	6 000	—	—	45	34
40	7.0	(6.7)	6.6	4 500	—	12.0	74	58
50	9.8	9.5	8.8	3 600	—	16.6	103	83
60	11.4	10.9	10.8	2 950	—	19.4	129	105
70	12.8	12.1	12.6	2 470	—	21.7	147	121
80	14.0	13.1	14.2	2 095	75	22.9	160	133
90	15.0	14.0	15.9	1 790		23.8	170	142
100	15.7	14.8	17.3	1 530	145	24.2	178	150
110	16.4	15.5	18.5	1 310		24.4	186	158
120	17.0	16.1	19.6	1 135	217	24.4	193	165
130	17.5	16.6	20.5	990		24.4	198	171
140	17.9	17.0	21.4	868	272	24.4	203	175
150	18.2	17.4	22.2	775		24.3	207	178
160	18.4	17.7	23.0	706	311	24.3	210	181
170	18.6	18.0	23.7	648		24.2	213	184
180	18.8	18.2	24.4	598	330	24.2	216	187
190	19.0	18.4	25.0	556		24.1	218	189
200	19.1	18.6	25.6	520	329	24.0	220	191
220	19.3	18.9	26.6	467	316	23.7	223	194
240	19.5	19.1	27.5	429	308	23.3	225	196
260	19.7	19.3	28.3	402	302	22.9	227	198
280	19.9	19.4	29.0	382	295	22.5	229	200
300	20.0	19.5	29.6	365	287	22.0	230	202

Taulukko 25. Täystiheä luonnonmännikkö, varpu-jäkälätyyppi (ErCIT)

1	2	3	4	5	6	7	8	9
20	1.3	—	—	(n.17 000)	—	—	5	4
30	2.7	—	—	(n.12 000)	—	—	15	11
40	4.4	4.1	5.0	9 000	—	6.5	29	22
50	6.2	5.9	6.5	7 000	—	9.4	45	35
60	7.7	7.4	8.1	5 300	—	12.0	62	48
70	9.1	8.8	9.6	4 200	—	14.5	76	59
80	10.2	9.8	10.9	3 370	20	16.4	89	68
90	11.0	10.6	12.2	2 770		17.6	99	77
100	11.8	11.4	13.5	2 340	56	18.6	107	86
110	12.5	12.1	14.7	1 980		19.2	115	94
120	13.1	12.7	15.9	1 690	99	19.5	123	101
130	13.7	13.3	17.0	1 440		19.7	129	107
140	14.2	13.7	18.0	1 230	143	19.9	135	113
150	14.6	14.1	19.0	1 050		19.9	141	119
160	14.9	14.6	19.9	910	191	20.0	146	124
170	15.2	14.9	20.8	810		20.0	151	128
180	15.5	15.3	21.7	738	225	20.1	155	132
190	15.8	15.5	22.5	687		20.1	159	136
200	16.0	15.7	23.2	648	240	20.2	162	139
220	16.3	16.1	24.5	576	250	20.1	166	143
240	16.5	16.4	25.5	518	256	19.8	168	145
260	16.7	16.6	26.3	472	263	19.5	170	147
280	16.9	16.7	27.1	437	270	19.2	171	148
300	17.0	16.8	27.8	409	270	18.9	172	149

variksenmarja-mustikkatyyppi (EMT)

Empetrum-Myrtillus site type (EMT)

Kuorisadannes *Barkpercentage*	Kuutiokasvu kuoretta k-m³/ha *Volume increment, excl. bark, cu. m. per ha., solid measure*				Harvennuspoistuma kuoretta, k-m³/ha *Volume removal, excl. bark, cu.m. per ha.*		Metsikön ikä, v *Age of the stand, years*
	Vuotuinen *Current annual*	Keskimääräinen *Mean annual*	Kasvusadannes *Current annual, per cent*	Kokonaiskasvu *Yield*	10-vuotisjakson poistuma *Periodic*	Kokonaispoistuma *Total*	
10	11	12	13	14	15	16	17
30	1.2	0.8	8.2	16		2	20
25	2.3	1.2	6.1	37	2	3	30
22	3.0	1.6	4.9	62		4	40
20	3.3	1.9	3.8	94	19	11	50
18	3.3	2.1	3.0	128		23	60
17	2.9	2.3	2.4	159	30	38	70
16.5	2.5	2.3	1.9	186		53	80
16	2.3	2.3	1.6	209	28	67	90
15.5	2.1	2.3	1.4	231		81	100
15	2.0	2.3	1.3	252	26	94	110
14.5	2.0	2.3	1.2	272		107	120
14	1.9	2.2	1.1	291	28	120	130
14	1.8	2.2	1.0	310		135	140
14	1.7	2.2	1.0	327	28	149	150
13.5	1.6	2.2	0.9	344		163	160
13.5	1.6	2.1	0.9	360	26	176	170
13.5	1.5	2.1	0.8	376		189	180
13.5	1.5	2.1	0.8	391	26	202	190
13	1.5	2.0	0.8	406		215	200
13	1.4	2.0	0.7	434		240	220
13	1.3	1.9	0.7	462		266	240
12.5	1.2	1.9	0.6	488		290	260
12.5	1.1	1.8	0.6	512		312	280
12.5	1.0	1.8	0.5	534		332	300

Table 25. Naturally normal Scots pinestand, Ericaceae-Cladina site type (ErClT)

10	11	12	13	14	15	16	17
35	0.5	0.2	10.0	4		—	20
30	1.0	0.4	7.8	12	2	1	30
26	1.4	0.6	5.7	24		2	40
24	1.7	0.8	4.6	40	8	5	50
23	1.8	1.0	3.8	58		10	60
22	1.9	1.1	3.1	76	15	17	70
21	1.7	1.2	2.5	93		25	80
20	1.6	1.2	2.1	110	15	33	90
19	1.6	1.3	1.9	126		40	100
18	1.5	1.3	1.6	142	16	48	110
17.5	1.5	1.3	1.5	157		56	120
17	1.4	1.3	1.3	172	19	65	130
16.5	1.4	1.3	1.2	188		75	140
16	1.4	1.3	1.2	202	17	83	150
15.5	1.4	1.3	1.1	216		92	160
15	1.4	1.3	1.1	229	18	101	170
14.5	1.3	1.3	1.0	242		110	180
14.5	1.3	1.3	1.0	255	19	119	190
14	1.2	1.3	0.9	268		129	200
14	1.2	1.3	0.8	292		149	220
13.5	1.1	1.3	0.8	314		169	240
13.5	1.1	1.3	0.7	336		189	260
13.5	1.0	1.3	0.7	356		208	280
13.5	0.9	1.3	0.6	371		227	300

Taulukko 26. Täystiheä luonnonmännikkö

Table 26. Naturally normal Scots pine stand

Läpimittaluokka (D 1.3), cm *Dbh, cm.*	Metsikön ikä, v — *Stand age, years*											
	80	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300
	Läpimittaluokan runkoluku, kpl/ha — *Number of stems, per ha.*											
	Variksenmarja-puolukkatyyppi (EVT) *Empetrum-Vaccinium site type (EVT)*											
<10	540	240	100	34	8	4	—					
10—15	576	344	186	108	61	41	21					
15—20	412	302	223	179	139	103	73					
20—25	169	235	234	207	175	140	123					
25—30	54	99	125	136	134	128	121					
30—35	13	21	34	44	56	69	80					
35—40	—	5	9	13	18	23	26					
40+	—	—	1	3	6	9	12					
Yhteensä — *Total*	1 764	1 246	912	724	597	517	456					
	Variksenmarja-mustikkatyyppi (EMT) *Empetrum-Myrtillus site type (EMT)*											
<10	980	500	230	104	42	15	6	2	—	—	—	—
10—15	677	509	360	222	140	91	52	37	27	20	17	15
15—20	363	376	328	270	213	162	133	112	94	80	70	63
20—25	66	117	158	178	187	182	166	143	127	114	105	97
25—30	9	19	42	70	89	101	102	100	97	95	86	79
30—35	—	8	14	18	26	32	40	46	51	54	60	58
35—40	—	1	3	6	8	12	14	16	19	21	24	29
40+	—	—	—	—	1	3	7	11	14	18	20	24
Yhteensä — *Total*	2 095	1 530	1 135	868	706	598	520	467	429	402	382	365
	Varpu-jäkälätyyppi (ErCIT) *Ericaceae-Cladina site type (ErCIT)*											
<10	2 800	1 600	820	400	161	78	50	35	24	17	10	7
10—15	458	530	550	436	304	204	149	110	85	66	47	32
15—20	92	154	221	251	254	231	209	181	153	126	110	100
20—25	20	50	84	118	143	157	152	143	134	126	123	122
25—30	—	6	15	22	39	50	61	72	79	87	90	89
30—35	—	—	—	3	9	14	19	25	30	34	39	39
35—40	—	—	—	—	—	4	7	8	10	12	13	13
40+	—	—	—	—	—	—	1	2	3	4	5	7
Yhteensä — *Total*	3 370	2 340	1 690	1 230	910	738	648	576	518	472	437	409

Viljelykuusikoiden

KEHITYSSARJOJA

Etelä-Suomi

Viljelykuusikoiden sarjat on saatu Erkki K. Cajanderin (Kalela) (1933) tutkimuksesta »Tutkimuksia Etelä-Suomen viljelyskuusikoiden kehityksestä». Tutkimusaineisto on kerätty täystiheistä sekä koskemattomista että myös lievästi harvennetuista metsiköistä. Pääosa metsiköistä on perustettu entisille peltomaille.

Keskipituus ja keskiläpimitta on ilmoitettu runkoluvulla punnittuina.

Vuotuinen kuutiokasvu on laskettu kuorettomien kuutiomäärien erotuksena viiden vuoden jaksoa käyttäen.

Taulukko 27. Viljelykuusikko, käenkaali-oravanmarjatyyppi (OMaT)

Table 27. Norway spruce stand artificially established, Oxalis-Majanthemum site type (OMaT)

Metsikön ikä, v *Age of the stand, years*	Valtapituus, m *Dominant height, m.*	Keskipituus, m *Mean height, m.*	Keskiläpimitta kuorineen, cm *Mean diameter incl. bark, cm.*	Pohjapinta-ala kuorineen, m²/ha *Basal area, incl. bark, sq. m. per ha.*	Kuutiomäärä, k-m³/ha *Volume of the stand, cu. m. per ha., solid measure*		Vuotuinen kuutiokasvu kuoretta k-m³/ha *Current annual increment, excl. bark, cu. m. per ha.*	Kasvusadannes *Current annual growth percentage*	Metsikön ikä, v *Age of the stand, years*
					Kuorineen *Incl. bark*	Kuoretta *Excl. bark*			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
15	5.2	3.8	5.0	8.5	17	14	6.5	46.4	15
20	8.4	6.2	7.6	19.0	67	56	10.4	18.5	20
25	11.4	8.2	9.2	24.5	134	114	12.3	10.8	25
30	14.3	10.2	10.7	28.3	212	182	13.8	7.6	30
35	16.8	12.0	12.1	31.3	289	251	14.0	5.6	35
40	18.7	13.7	13.4	34.3	358	315	13.9	4.4	40
45	20.4	15.3	14.7	37.0	411	365	13.9	3.8	45
50	21.8	16.6	16.0	39.6	452	406	13.8	3.4	50
55	22.9	17.9	17.1	42.0	484	436	13.1	3.0	55
60	23.7	18.9	18.2	44.2	507	458	12.4	2.7	60
65	24.5	19.9	19.3	46.2	526	479	11.0	2.3	65
70	25.1	20.7	20.4	48.0	543	497	9.5	1.9	70

Taulukko 28. Viljelykuusikko, käenkaali-mustikkatyyppi (OMT)

Table 28. Norway spruce stand artificially established, Oxalis-Myrtillus site type (OMT)

Metsikön ikä, v *Age of the stand, years*	Valtapituus, m *Dominant height, m.*	Keskipituus, m *Mean height, m.*	Keskiläpimitta kuorineen, cm *Mean diameter incl. bark, cm.*	Pohjapinta-ala kuorineen, m^2/ha *Basal area, incl. bark, sq. m. per ha.*	Kuutiomäärä, k-m^3/ha *Volume of the stand, cu. m. per ha., solid measure*		Vuotuinen kuutiokasvu kuoretta k-m^3/ha *Current annual increment, excl. bark, cu. m. per ha.*	Kasvusadannes *Current annual growth percentage*	Metsikön ikä, v *Age of the stand, years*
					Kuorineen *Incl. bark*	Kuoretta *Excl. bark*			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
15	4.8	2.9	3.2	6.0	9	7	4.3	61.4	15
20	7.7	5.1	6.5	15.0	49	39	7.8	20.0	20
25	10.5	7.1	8.2	20.6	96	80	9.5	11.9	25
30	13.2	8.8	9.5	24.5	146	123	10.5	8.5	30
35	15.7	10.5	10.8	27.7	197	167	11.0	6.6	35
40	17.7	12.0	12.0	30.5	246	210	11.3	5.4	40
45	19.3	13.2	13.1	33.0	292	252	11.6	4.6	45
50	20.6	14.4	14.2	35.5	332	289	11.8	4.1	50
55	21.6	15.4	15.3	37.5	364	322	11.6	3.6	55
60	22.4	16.3	16.3	39.5	392	350	11.2	3.2	60
65	23.1	17.0	17.2	41.5	414	372	10.7	2.9	65
70	23.5	17.6	18.0	43.2	435	390	10.1	2.6	70

Taulukko 29. Viljelykuusikko, mustikkatyyppi (MT)

Table 29. Norway spruce stand artificially established, Myrtillus site type (MT)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
15	4.5	2.2	2.5	2.5	2	1	2.9	—	15
20	6.9	4.0	4.6	7.1	17	12	4.1	34.2	20
25	9.2	5.8	6.5	11.7	47	36	5.8	16.1	25
30	11.4	7.5	8.0	16.0	82	66	7.4	11.0	30
35	13.3	9.1	9.5	20.0	121	98	8.9	8.9	35
40	15.1	10.4	10.9	23.6	161	134	9.7	7.2	40
45	16.7	11.4	12.0	27.0	201	170	10.2	6.0	45
50	18.0	12.3	13.1	30.0	243	207	10.6	5.1	50
55	19.1	13.0	14.2	32.8	283	244	10.9	4.5	55
60	19.9	13.7	15.1	35.4	315	280	11.1	4.0	60
65	20.7	14.2	16.0	37.6	340	308	11.1	3.6	65
70	21.3	14.8	16.8	39.7	364	331	10.0	3.0	70

Harvennushakkuin tyydyttävästi tai hyvin käsiteltyjen männiköiden ja kuusikoiden keskimääräisiä

KEHITYSSARJOJA

III valtakunnan metsien inventoinnin aineiston mukaan, Suomen eteläpuolisko

Kaikki edellä olevat kehityssarjat tarkoittavat täystiheitä, joko toistuvin harvennuksin käsiteltyjä tai luontaisesti täystiheitä metsiköitä. Sen vuoksi esitetään lopuksi vertailua varten muutamia valtakunnan metsien inventoinnin osoittamia keskimääräisiä lukusarjoja suurin piirtein tyydyttävästi tai hyvin käsitellyistä metsiköistä.

III valtakunnan metsien inventoinnin Suomen eteläpuoliskon aineistosta kerättiin tähän tarkoitukseen kaikki ne »puhtaiden», so. kuutiomäärästä alle 20 % sekapuuta käsittävien männiköiden ja kuusikoiden koealat, joiden metsänhoidollinen tila oli arvosteltu hyväksi tai tyydyttäväksi, joiden tiheys oli vähintään 0.7, ja joiden kasvupaikalla ei esiintynyt soistuneisuutta tai sanottavaa kivisyyttä. Tällaisia koealoja kertyi 55 MT:n, 156 VT:n ja 42 CT:n männiköistä sekä 109 OMT:n ja 123 MT:n kuusikoista. Puhtaiden koivikoiden aineisto jäi niin pieneksi, ettei sen avulla voitu muodostaa sarjoja.

Lukuja tarkasteltaessa on otettava huomioon, että:

valtapituuden, joka on laskettu hehtaaria kohden 100 paksuimman puun perusteella, pienuuteen vanhemmissa metsiköissä on vaikuttanut näissä valituissakin metsiköissä varhempana aikana suoritetut harsintahakkuut,

keskiläpimitta on ilmoitettu pohjapinta-alalla punnittuna.

Taulukko 30. Harvennushakkuin tyydyttävästi tai hyvin käsitelty männikkö valtakunnan metsien inventoinnin mukaan, mustikkatyyppi (MT)

Table 30. Scots pine stand satisfactorily or well treated according to the National Forest Inventory, Myrtillus site type (MT)

Metsikön ikä, v *Age of the stand, years*	Valtapituus, m *Dominant height, m.*	Keskiläpimitta kuorineen, cm *Mean diameter incl. bark, cm.*	Pohjapinta-ala kuorineen, m^2/ha *Basal area, incl. bark, sq. m. per ha.*	Kuutiomäärä kuorineen, k-m^3/ha *Volume of the stand, incl. bark, cu. m. per ha.*	Vuotuinen kuutiokasvu kuoretta, k-m^3/ha *Current annual increment, excl. bark, cu. m. per ha.*	Metsikön ikä, v *Age of the stand, years*
1	2	3	4	5	6	7
20	7.8	7.0	13.4	56	5.1	20
25	10.2	10.4	16.0	76	6.0	25
30	12.2	13.2	18.0	96	6.4	30
35	14.2	15.5	19.5	118	6.7	35
40	15.7	17.3	21.0	140	6.8	40
45	17.2	19.0	22.1	162	6.7	45
50	18.6	20.4	22.9	182	6.6	50
55	19.7	21.6	23.5	202	6.4	55
60	20.6	22.7	23.6	215	6.1	60
65	21.3	23.6	23.5	222	5.8	65
70	21.9	24.4	23.3	222	5.6	70
75	22.3	25.1	23.0	220	5.3	75
80	22.6	25.6	22.6	214	5.1	80
85	22.8	26.0	22.2	208	4.8	85
90	23.0	26.4	21.7	202	4.6	90
95	23.0	26.6	21.3	195	4.4	95
100	23.0	26.8	20.8	188	4.2	100

Taulukko 31. Harvennushakkuin tyydyttävästi tai hyvin käsitelty männikkö valtakunnan metsien inventoinnin mukaan, puolukkatyyppi (VT)

Table 31. Scots pine stand satisfactorily or well treated according to the National Forest Inventory, Vaccinium site type (VT)

1	2	3	4	5	6	7
20	6.5	6.2	8.0	32	3.5	20
25	8.7	8.3	13.0	50	5.0	25
30	10.7	10.3	15.5	71	5.6	30
35	12.6	12.3	17.0	91	5.8	35
40	14.2	14.0	18.1	110	5.9	40
45	15.6	15.6	19.0	128	5.8	45
50	16.7	17.1	19.6	145	5.7	50
55	17.6	18.4	20.1	160	5.6	55
60	18.5	19.6	20.5	170	5.4	60
65	19.2	20.6	20.7	179	5.2	65
70	19.9	21.5	20.9	186	5.0	70
75	20.5	22.4	21.0	192	4.8	75
80	21.0	23.2	21.1	195	4.6	80
85	21.5	23.9	21.1	198	4.4	85
90	21.9	24.5	21.2	200	4.2	90
95	22.3	25.0	21.2	202	4.0	95
100	22.7	25.6	21.2	203	3.7	100
105	23.0	26.1	21.2	204	3.5	105
110	23.2	26.5	21.2	204	3.3	110
115	23.4	26.9	21.2	205	3.0	115
120	23.5	27.3	21.2	205	2.8	120

Taulukko 32. Harvennushakkuin tyydyttävästi tai hyvin käsitelty männikkö valtakunnan metsien inventoinnin mukaan, kanervatyyppi (CT)

Table 32. Scots pine stand satisfactorily or well treated according to the National Forest Inventory, Calluna site type (CT)

Metsikön ikä, v *Age of the stand, years*	Valtapituus, m *Dominant height, m.*	Keskiläpimitta kuorineen, cm *Mean diameter incl. bark, cm.*	Pohjapinta-ala kuorineen, m^2/ha *Basal area, incl. bark, sq. m. per ha.*	Kuutiomäärä kuorineen, k-m^3/ha *Volume of the stand, incl. bark, cu. m. per ha.*	Vuotuinen kuutiokasvu kuoretta, k-m^3/ha *Current annual increment, excl. bark, cu. m. per ha.*	Metsikön ikä, v *Age of the stand, years*
1	2	3	4	5	6	7
20	3.8	3.3	4.0	12	1.1	20
25	5.4	5.0	6.0	18	1.5	25
30	6.8	6.7	7.5	25	1.8	30
35	8.1	8.3	8.5	32	2.0	35
40	9.4	9.9	9.3	40	2.2	40
45	10.5	11.5	10.0	48	2.4	45
50	11.6	13.0	10.6	56	2.5	50
55	12.5	14.3	11.3	64	2.6	55
60	13.4	15.6	11.9	72	2.7	60
65	14.2	16.8	12.5	79	2.7	65
70	14.9	17.9	13.1	86	2.7	70
75	15.5	18.9	13.6	93	2.7	75
80	16.0	19.7	14.1	100	2.7	80
85	16.5	20.3	14.6	107	2.6	85
90	16.9	20.8	15.0	114	2.6	90
95	17.3	21.2	15.4	120	2.5	95
100	17.6	21.6	15.7	125	2.4	100
105	17.9	21.8	16.0	130	2.4	105
110	18.1	21.9	16.3	135	2.3	110
115	18.3	22.0	16.5	139	2.3	115
120	18.4	22.1	16.7	143	2.2	120

Taulukko 33. Harvennushakkuin tyydyttävästi tai hyvin käsitelty kuusikko valtakunnan metsien inventoinnin mukaan, käenkaali-mustikkatyyppi (OMT)

Table 33. Norway spruce stand satisfactorily or well treated according to the National Forest Inventory, Oxalis-Myrtillus site type (OMT)

1	2	3	4	5	6	7
20	5.0	3.8	11.0	36	3.0	20
25	9.0	6.4	14.2	58	4.5	25
30	12.7	9.8	16.2	80	5.5	30
35	15.2	13.0	17.9	104	6.2	35
40	17.0	15.8	19.1	126	6.6	40
45	18.3	17.6	20.3	146	6.9	45
50	19.4	19.0	21.0	164	7.1	50
55	20.2	20.1	21.7	180	7.1	55
60	20.8	21.0	22.4	194	7.0	60
65	21.3	21.7	22.9	205	6.8	65
70	21.7	22.3	23.3	214	6.5	70
75	22.0	22.8	23.6	220	6.2	75
80	22.2	23.4	23.8	224	5.8	80
85	22.4	23.8	24.0	226	5.3	85
90	22.5	24.2	24.0	228	4.9	90
95	22.6	24.4	24.0	230	4.5	95
100	22.6	24.6	24.0	232	4.1	100

Taulukko 34. Harvennushakkuin tyydyttävästi tai hyvin käsitelty kuusikko valtakunnan metsien inventoinnin mukaan, mustikkatyyppi (MT)

Table 34. Norway spruce stand satisfactorily or well treated according to the National Forest Inventory, Myrtillus site type (MT)

Metsikön ikä, v *Age of the stand, years*	Valtapituus, m *Dominant height, m.*	Keskiläpimitta kuorineen, cm *Mean diameter incl. bark, cm.*	Pohjapinta-ala kuorineen, m^2/ha *Basal area, incl. bark, sq. m. per ha.*	Kuutiomäärä kuorineen, k-m^3/ha *Volume of the stand, incl. bark, cu. m. per ha.*	Vuotuinen kuutiokasvu kuoretta, k-m^3/ha *Current annual increment, excl. bark, cu. m. per ha.*	Metsikön ikä, v *Age of the stand, years*
1	2	3	4	5	6	7
20	4.7	3.4	4.6	12	1.1	20
25	7.7	5.9	7.5	26	2.2	25
30	10.1	8.0	10.1	42	3.3	30
35	12.2	10.2	12.6	60	4.1	35
40	14.0	12.2	15.0	82	4.8	40
45	15.6	14.1	17.1	108	5.3	45
50	17.0	15.8	18.7	130	5.7	50
55	18.0	17.1	19.9	148	5.9	55
60	18.9	18.1	20.8	162	5.9	60
65	19.6	18.9	21.5	173	5.8	65
70	20.1	19.6	22.1	181	5.6	70
75	20.5	20.3	22.6	188	5.4	75
80	20.9	20.9	23.0	194	5.2	80
85	21.1	21.4	23.3	200	5.1	85
90	21.4	21.9	23.6	205	4.9	90
95	21.6	22.3	23.8	208	4.8	95
100	21.8	22.6	23.9	211	4.7	100
105	21.9	22.9	24.0	214	4.6	105
110	22.0	23.0	24.0	216	4.5	110
115	22.0	23.1	24.0	218	4.5	115
120	22.0	23.2	24.0	220	4.4	120

Kirjallisuutta

Blomgren, Y. 1952. Tuomarniemen metsänviljelytöistä ja niiden tuloksista. *Referat:* Über Waldkulturarbeiten und ihre Erfolge im Revier Tuomarniemi. — AFF 40.

Cajander, A. K. 1925. Metsätyyppiteoria. — AFF 29.

—»— 1926. The theory of forest types. — AFF 29.

Cajander (Kalela), Erkki K. 1933. Tutkimuksia Etelä-Suomen viljelyskuusikoiden kehityksestä. *Referat:* Untersuchungen über die Entwicklung der Kulturfichtenbestände in Süd-Finnland. — MTJ 19.

Ilvessalo, Yrjö. 1920a. Tutkimuksia metsätyyppien taksatoorisesta merkityksestä nojautuen etupäässä kotimaiseen kasvutaulujen laatimistyöhön. *Referat:* Untersuchungen über die taxatorische Bedeutung der Waldtypen, hauptsächlich auf den Arbeiten für die Aufstellung der neuen Ertragstafeln Finnlands fussend. — AFF 15.

—»— 1920b. Kasvu- ja tuottotaulut Suomen eteläpuoliskon mänty-, kuusi- ja koivumetsille. *Referat:* Ertragstafeln für die Kiefern-, Fichten- und Birkenbestände in der Südhälfte von Finnland. — AFF 15.

—»— 1937. Perä-Pohjolan luonnonnormaalien metsiköiden kasvu ja kehitys. *Summary:* Growth of natural normal stands in Central North-Suomi (Finland). — MTJ 24.

—»— 1956. Suomen metsät vuosista 1921—24 vuosiin 1951—53. Kolmeen valtakunnan metsien inventointiin perustuva tutkimus. *Summary:* The forests of Finland and their development from 1921—24 to 1951—53. A survey based on three National Forest Inventories. — MTJ 47.

Koivisto, Pentti. 1957. Etelä-Suomen hoidettujen raudus- ja hieskoivikoiden kehityksestä. — Konekirjoite.

Lappi—Seppälä, M. 1930. Untersuchungen über die Entwicklung gleichaltriger Mischbestände aus Kiefer und Birke, basiert auf Material aus der Südhälfte von Suomi (Finnland). *Selostus:* Tutkimuksia tasaikäisen mänty-koivu-sekametsikön kehityksestä Suomen eteläpuoliskosta kootun aineiston perusteella. — MTJ 15.

Lönnroth, Erik. 1925. Untersuchungen über die innere Struktur und Entwicklung gleichaltriger naturnormaler Kiefernbestände, basiert auf Material aus der Südhälfte Finnlands. — AFF 30.

Miettinen, Leevi. 1932. Tutkimuksia harmaalepiköiden kasvusta. *Referat:* Untersuchungen über den Zuwachs der Weisserlenbestände. — MTJ 18.

Mäkinen, Veikko. 1958. Nuorten männiköiden kehityksestä ja harvennuksen aiheuttamista muutoksista niiden rakenteeseen. — Konekirjoite.

Nyyssönen, Aarne. 1954. Hakkauksilla käsiteltyjen männiköiden rakenteesta ja kehityksestä. *Summary:* On the structure and development of Finnish pine stands treated with different cuttings. — AFF 60.

—»— 1957. Männikön tuotoksesta ja kasvatuksesta. *Summary:* On the yield and thinning of Scots pine stands. — MA.

Sarvas, Risto. 1944. Tukkipuun harsintojen vaikutus Etelä-Suomen yksityismetsiin. *Referat:* Einwirkung der Sägestammplenterungen auf die Privatwälder Südfinnlands. — MTJ 33.

—»— 1951. Tutkimuksia puolukkatyypin kuusikoista. *Summary:* Investigations into the spruce stands of Vaccinium type. — MTJ 39.

Vuokila, Yrjö. 1956. Etelä-Suomen hoidettujen kuusikoiden kehityksestä. *Summary:* On the development of managed spruce stands in Southern Finland. — MTJ 48.

—»— 1957. Hoidetun kuusikon puutavaran tuotoksesta. *Summary:* On the yield in terms of different timber products from managed spruce stands (Picea Abies). — MA.

Tapion taskukirja (kolmastoista painos)

Lyhennyksiä

AFF = Acta Forestalia Fennica

MA = Metsätaloudellinen Aikakauslehti

MTJ = Metsätieteellisen koelaitoksen julkaisuja, Metsätieteellisen tutkimuslaitoksen julkaisuja, Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuja. *Communicationes ex Instituto Quaestionum Forestalium Finlandiae Editae, Communicationes Instituti Forestalis Fenniae.*

GROWTH AND YIELD TABLES

Summary

Introduction

Directions for the treatment of managed forests have so far mainly been obtained in Finland from the growth studies carried out in naturally normal stands. Studies on managed forests themselves have had to be constantly postponed on account of the difficulty of compiling the necessary material. Silviculture in this country is still young and, for the most part, cutting methods have not been stabilized in practice, so that stands managed for a sufficiently long and unbroken period have not been available.

The necessity for such directions means that time can no longer be wasted in waiting for an improvement in the acquisition of material. At the end of the 1940's the forest mensuration department of the Forest Research Institute, on the initiative of Professor Y. Ilvessalo, started a series of yield studies on thinned stands. The results of the studies completed so far are presented in this publication as growth and yield tables. On account of the difficulties in compiling a homogeneous material, the results must be regarded as preliminary. With an improvement in the acquisition of material and further progress in the methods of study, it will doubtlessly be possible to form a more reliable idea of the development of the growing stock of the country's managed stands as regards amount, structure and growth.

In the yield studies concerned — as in similar earlier studies on naturally normal stands — the temporary sample plot method, which gives relatively rapid results, has been used despite the fact that it has certain weaknesses. The permanent sample plot method requires a great deal of time and money. The series of permanent sample plots of the Forest Research Institute, plots that are over thirty years old, have not yet provided a sufficient basis for studies of this nature.

The studies have so far been restricted to pure stands of firm forest land in South Finland[1]) containing a volume of less than 20 % admixed tree species. The site classification has been based on Cajander's forest site types (1926), the basis for classification used in Finland. The studies have been made in stands of the three dominant species in this country — pine, spruce and birch — on their most important sites.

For the sake of comparison, certain other development series of stands have been included in this publication, so that in all it comprises 5 groups of tables, viz:

1. Growth and yield tables of thinned stands, South Finland, Tables 1—10.

2. Growth and yield tables of naturally normal stands, South Finland, Tables 11—22.

---

[1]) In this publication, South Finland is taken to mean the land lying S. of a latitude of 62°. Southern half of Finland refers to the area lying S. of a latitude of about 63.5°, excluding Ostrobothnia.

3. Growth and yield tables of naturally normal stands, Central North Finland, Tables 23—26.

4. Development series of artificially regenerated spruce stands, South Finland, Tables 27—29, and

5. Mean development series of pine and spruce stands treated satisfactorily or well, according to the material of the 3rd National Forest Survey, South Finland, Tables 30—34.

The studies from which the tables have been compiled for this publication, have been listed separately for each group of tables and in the bibliography, to which have been appended many closely related studies.

Interpretation and Use of the Tables

It has long been the custom to present the results of growth and structure investigations of stands in the form of growth and yield tables. These tables are an attempt to illustrate with figures the development according to age of the characteristics of normal or nearly normal stands, either in a natural state or subjected to some specific method of treatment. Even as such, but especially when clarified by graphs, the tables can be of great use in planning measures of forest management. Then, however, the method of compiling the tables and the limitations of their use must be known.

Since the figures in the tables are the mean values of a large material, they can not, as such, illustrate the development of any individual stand, which depends on many different factors. The same final result can be reached by many different paths. Development can be rapid when young, followed by an early slowing- down of growth; on the other hand, slow initial development can be followed by a stage of brisk growth. Growth and yield tables only show the forester the probable direction in which he guides the development of the stands when applying the tables.

In the growth and yield tables for thinned stands, only one development series per forest site type has been presented, for stands of each tree species treated with fairly intensive thinning from below. The series therefore do not depict any optimum growing stock, although, on comparison, the increment has been found to be generally on the level of that of naturally normal stands. Consequently the tables cannot be used as an unquestionable guide for thinning; however, they do give a basis for judging the intensity of the cut. The basal area of a stand — an easily determinable characteristic — can then be taken as a convenient measure of the thinning grade.

The development series of thinned stands only refer to the mean growing stock. They do not give the amount of the growing stock and the properties of the stand before thinning or after. The numerical series showing removal must be understood only as the averages of a ten-year period. It should also be noted that the development series only deal with the thinning stage of the stand.

All the tables refer to even-aged stands and, except for artificially regenerated spruce stands, to naturally regenerated ones.

A separate explanation is given for each group of tables as to any additional information required when using them.

Apart from being a guide for the treatment of forests and for the execution of silvicultural measures, growth and yield tables are also useful in many calculations concerning forestry and forest management.

A model, a so-called »normal forest», is often created for the management of a forest enterprise,designed to guide its developments. The determination of the desirable growing stock in a normal forest of this type can be conveniently based on a numerical series covering the volume shown in the tables of thinned stands. However, when interpreting the figures, the reader must bear in mind that they refer to fully stocked stands. The detrimental effect of paludification and stoniness on the growth has been eliminated from them. As such, they are not suitable for whole forest areas.

The tables are a further aid in determining the monetary value of the forest, either as a capital value of the growing stock or as the sum of the value of the forest land and growing stock. There are many occasions when such calculations are needed: in buying and selling of farm woodlots, in expropriations, in parcelling of forest land, for taxation, credit and insurance purposes.

Questions on the selection of tree species also often occur in forest management. Here growth and yield tables are an indispensable aid, as they depict the productive capacity of the different tree species on sites of the same value.

In determining the length of rotation the tables can be of prime importance.

In calculations concerning the selection of tree species and the rotation, tables showing the distribution (according to timber products) of the mean growing stock, volume removal and total yield, especially of thinned stands, are a great help, as are also the stem distribution series of naturally normal stands. They can also be used to compile local monetary yield tables.

Growth and Yield Tables of Thinned Stands, South Finland

The tables (1—10) in this group have been compiled from studies and articles by Nyyssönen (1954, 1957), Vuokila (1956, 1957) and Koivisto (1957) on the increment and development of thinned even-aged and naturally regenerated stands. As regards pine stands, the development series have been supplemented between the age-classes of 20—40 (MT and VT) and 20—60 (CT) by Mäkinen's survey (1958).

It has not been possible to compile stem or volume distribution series. Instead, the last three tables (tables 8—10) show the average development according to timber products of the mean growing stock, the volume removal and total yield of the stands.

The tables apply to South Finland[1]) and in using them, the following should be noticed in regard to the various characteristics.

Dominant height means the mean height of the hundred thickest trees per hectare.

Attempts have been made to obtain the mean height and mean diameter to illustrate the parts of the growing stock that are of economic importance. The mean height of pine and birch stands has been calculated weighted by the basal area; the mean height of spruce stands has been taken from the height curve of each experimental stand at mean dbh. The mean diameter for stands of all tree species is the median as regards the basal area.

Large-sized trees mean trees thicker than 20 cm. at breast height, except for spruce stands, in which they mean stems from which an 18-foot log with a top diameter inside bark of 6 in. is obtained.

By basal area is understood the sum of the cross-sections of the trees of the stand measured at breast height.

---

[1]) See footnote p. 45.

Volume includes only stemwood of which about 1—2.5 % has been deducted for the stump.

Total yield shows the sum of the surviving growing stock, the stock removed in thinnings and the mortality up to a certain age.

Removal has been shown both as total removal and per decade.

As regards the timber products tables (Tables 8—10), the following should be noted.

The minimum size of saw timber trees has been 6 in. for coniferous species and 7 in. for birch, at a height of 18 feet. In coniferous stands all trees fulfilling these specifications have been regarded as healthy, so that decreases due to deficiencies must be considered separately. In birch stands the number of veneer trees refers to stems of which at least part fulfils the quality specifications for veneer wood.

The volume of saw timber and veneer trees has been given in technical cubic feet. In coniferous stands, the logs have been considered as being theoretically measured inside bark at the top of the log. In birch stands, the thickness of the butt logs has been measured and that of the middle and top logs estimated outside bark at the centre of the log in the experimental stands.

Pulpwood in coniferous stands refers to the part of the stem unqualified for saw timber, up to a diameter of 8 cm. inside bark. It has been shown as half-clean.

The minimum measure for fuelwood of all tree species has been 4 cm. outside bark. In birch stands, fuelwood includes the part of the stem unfit for use as veneer, even the possible saw timber.

Growth and Yield Tables of Naturally Normal Stands, Southern Half of Finland

Tables 11—22 are a resumé of Y. Ilvessalo's »Growth and Yield Tables in Southern half of Finland for Pine, Spruce and Birch Forests» (1920 b). The same characteristics have been included as in the tables for thinned stands.

Differing from the tables for thinned stands, here the mean height and mean diameter have been calculated by weighting by the number of stems. Otherwise the methods of calculation have been the same. The amount of large-sized trees has been obtained from the stem distribution series. The stem distribution series (Tables 20—22) include only the number of trees for each diameter class at different ages.

The tables cover the same parts of Finland as the earlier ones.

Growth and Yield Tables of Naturally Normal Stands, Central North Finland

The development series of Tables 23—26 are based upon Y. Ilvessalo's (1937) study »The Growth and Development of Natural Normal Stands in Central North Finland». The somewhat questionable series of spruce and birch stands have been omitted and only the tables for pine, by far the most important tree species in Central North Finland, have been included.

The same characteristics have been compiled from the different tables of the study as in the tables on naturally normal stands in South Finland mentioned earlier.

The mean height and mean diameter differ from the tables for South Finland, being presented as weighted by the basal area. The methods of calculation of the other characteristics have been the same.

The tables refer only to the part of North Finland between the 66th and 68th parallels.

Development Series of Artificially Regenerated Spruce Stands, South Finland

The series (Tables 27—29) on artificially regenerated spruce stands have been obtained from the study made by Erkki K. Cajander (Kalela) (1933) »Studies on the Development of Cultivated Spruce Stands in South Finland». The material has been gathered from fully stocked, first-growth or slightly thinned stands. The majority of the stands have been established on former agricultural land.

The mean height and the mean diameter have been shown weighted by the number of stems.

The current annual growth has been calculated as volume excluding bark, shown in 5 year periods.

Mean Development Series of Pine and Spruce Stands Treated Satisfactorily or Well according to the Material of the 3rd National Forest Survey, Southern Half of Finland

All the above tables and development series (Tables 1—29) refer to fully stocked stands, either thinned or naturally normal. For the sake of comparison it is pertinent to conclude by presenting some mean series of satisfactorily or well treated stands (Tables 30—34.)

All the sample plots of pure pine and spruce stands (comprising a volume of less than 20 % admixed tree species), in which the silvicultural condition had been considered good or satisfactory, of which the density was at least 0.7, and in which no paludification or stoniness was present on the site, were taken for this purpose from the material of the Third National Forest Survey (Southern half of Finland[1]). Sample plots of this type comprised 55 MT, 156 VT and 42 CT pine stands and 109 OMT and 123 MT spruce stands. The material for pure birch stands was so small that it was not possible to form any series.

When examining the figures, attention must be paid to the fact that in older stands the smallness of the dominant height, calculated on the basis of the hundred thickest trees per hectare, is due to earlier selection cuttings in these stands, and that the mean diameter has been shown weighted by the basal area.

[1]) See footnote p. 45.

SUOMEN METSIEN HAKKUUMAHDOLLISUUDET METSÄVAROJEN KEHITTÄMISEEN TÄHTÄÄVÄN HAKKUUSUUNNITTEEN VALOSSA

YRJÖ ILVESSALO

CUTTING POSSIBILITIES OF THE FORESTS OF FINLAND IN THE LIGHT OF ALLOWABLE CUT, AIMING AT THE DEVELOPMENT OF FOREST RESOURCES

SUMMARY IN ENGLISH

HELSINKI 1959

Sisällysluettelo

Sivu

Johdanto 3
Hakkuusuunnitteen käsite 4
Vv. 1951—53 inventoinnissa tehdyn hakkuusuunnitteen perusajatuksia 5
Yleisiä perusajatuksia 5
Perusajatuksia eri puulajien osalta 7
Hakkuusuunnitteen uusiminen 12
Uusimisen syyt 12
Uusiminen kokonaismäärässä 13
Uusiminen jaossa puutavaralajeihin 22
Uusi hakkuusuunnite ja sen suhde vv. 1951—53 suunnitteeseen 24
1. Koko maa sekä etelä- ja pohjoispuolisko 24
Kokonaismäärä ja vertailu kasvun määrään 24
Puutavaralajit 28
2. Metsänhoitolautakuntien toiminta-alueittain 29
3. Päävesistöalueittain 34
Summary in English 40

Helsinki 1960. Valtioneuvoston kirjapaino

Johdanto

Vuosina 1951—53 toimeenpannun III:n valtakunnan metsien inventoinnin tuloksia esittävät julkaisut painettiin suuresti kohonneiden painatuskustannusten takia paljon suppeampina kuin varhempien inventointien julkaisut. Tästä on aiheutunut sellaistakin epätäydellisyyttä, jota on ollut myöhemmin selvennettävä. Eräs tällainen tulosten osa on näyttänyt olevan hakkuusuunnite. Kun lisäksi suunnitteen laskennan perusteissa on esiintynyt muutoksen tarvetta havupuiden ja lehtipuiden keskinäisessä suhteessa sekä metsäteollisuudessa tapahtuvan suuren kehityksen johdosta, hakkuusuunnite on otettu uudelleen tarkasteltavaksi.

Tällainen tarkastelu tehtiin yleispiirteisessä muodossa, koko maan metsiä yhteisesti käsitellen, Metsätaloudellisen aikakauslehden numerossa 11 v. 1958. Tarkastelun pohjana olivat alueittain selvitetyt perusteet, mutta alueittaisen laskennan loppuun saattaminen, johon yhdistettiin asian valaisemiseksi ilmastollisista ym. kasvutekijöistä johtuvan kasvun vaihtelun tutkiminen, vaati oletettua enemmän aikaa.

Alueittaiset tulokset esitetään, koko maata koskeva hakkuusuunnite samalla kerraten, suppeassa muodossa tässä julkaisussa. Aluejaon perusteena ovat, samoin kuin varhemmin, metsänhoitolautakuntien toiminta-alueet ja päävesistöalueet.

Sen johdosta, että lehtipuiden osalta on tehty huomattava muutos myös hakkuusuunnitteen kokonaismäärässä, esitetään uusi hakkuusuunnite lyhyesti tarkastellen kiintokuutiometreinä. Samalla verrataan sen suuruutta metsien puuston kasvun määrään. Tässä vertailussa on merkitystä edellisessä mainitun kasvun vaihtelusta tehdyn tutkimuksen tuloksilla. Tarkastelun pääosana on käytäntöä ilmeisesti eniten kiinnostavana puun yleisimpiin käyttömuotoihin perustuva puutavaralajeittainen hakkuusuunnite.

Vertailua hakkuusuunnitteen kokonaismäärän ja sen eri ryhmien ja toiselta puolelta niiden vastaavien määrien kesken, jotka ilmaisevat puun käytön tai poistuman suuruuden, tässä julkaisussa ei tehdä. Siihen viimeksi mainitulta osalta tarvittavia lukuja ei vielä ole ollut käytettävissä eikä taas uuden alueittaisen hakkuusuunnitteen esittämistä ole katsottu voitavan enää lykätä, koska tietoja siitä on jo kauan useihin tarkoituksiin tiedusteltu.

Hakkuusuunnitteen käsite

Valtakunnan metsien inventoinnissa on pyritty hakkuusuunnitteella osoittamaan, kuinka suuri määrä puuta metsistä on hakattavissa toimittaessa inventoinnissa hahmotellun metsänhoito-ohjelman mukaisesti ja siten, että metsät tällaisen hakkuumäärän ajan mittaan kohoavana kestävät. Metsien puuvarat eivät saa vähentyä, tietyistä syistä seuduittain esiintyviä tilapäiskausia lukuun ottamatta, vaan niiden tulee kasvuisissa ikäluokissa puuntuottokyvyn mukaisesti lisääntyä Suomen metsissä yleisesti liian pienestä määrästään. Siten ja samalla hyvän metsänhoidon avulla voidaan aikaan saada metsien kasvun kohoaminen.

Valtakunnan metsien inventoinnissa tehty hakkuusuunnite ei merkitse hakkuumahdollisuutta eli hakkuumahtoa siinä mielessä, että se rajoittuisi eri puutavaralajien suhteen kulloinkin taloustoiminnan piiriin sisältyvään maan osaan, vaan se käsittää suoja-, puisto- yms. metsien kohdalta vähennystä tehden koko maan. Hakkuusuunnitetta ei voida tehdä sen mukaisesti vuodesta toiseen vaihdettavaksi, minkä verran ja minkälaista puuta ja mistä kulloistenkin vaihtelevien menekkiolojen mukaan voidaan käyttöön ottaa. Suunnitteen ja sen eri ryhmien osoittamissa keskimäärissä tästä johtuva supistus ja vastavuoroisesti lisäys edellyttää hyvän paikallisen asiantuntemuksen.

Hakkuusuunnitetta voidaan siis pitää laskelmana, jonka tulosta käytettäessä olosuhteet tuntemuksen mukaisesti on otettava huomioon. Se on kuitenkin ohje, jonka rajoissa metsien puuston käytössä tarkoitetaan pysyttäväksi. Korostettakoon vielä, että se kaikkialla on tietyn aikajakson keskimäärä, jota sekä kokonaismäärän että puulajeittaisen ja rakenteellisen koostumuksen puolesta vuotuismääränä alitetaan ja ylitetään menekin vaihtelun mukaisesti. Sen kokonaismäärä ja varsinkin sen koostumus tarkoitetun aikajakson kuluessa voi vaatia jakson keskimääränäkin muutosta, jos perusteina olleet edellytykset ja tavoitteet selvästi muuttuvat.

Hakkuusuunnitteen merkityksestä ja laatimisen perusteista, vieläpä nimitteestäkin saatetaan olla eri mieltä. Tästä kirjoituksesta voinee selvitä, että siinä pyritään mahdollisimman täydellisesti ottamaan huomioon asiaan vaikuttavat tekijät luonnossa, metsissä, selvitettyinä sekä ottamaan huomioon myös puuston määrän ja koostumuksen kehittämisen tarve. Sellaisena se voinee palvella metsätaloutta todellisemmalla pohjalla kuin kaavamaiset hakkuumäärän laskelmat ja varsin yleinen hakkuumahdollisuuksien arvioiminen metsien puuston kasvun ja puun poistuman perusteella.

Vv. 1951—53 inventoinnissa tehdyn hakkuusuunnitteen perusajatuksia

Vv. 1936—38 toimeenpannussa II:ssa valtakunnan metsien inventoinnissa ei laskettu varsinaista hakkuusuunnitetta, vaan ainoastaan esitettiin minkälaiseen hakkuumäärään päädyttäisiin, jos hakkuu muodostuisi laadultaan ja määrältään arvioitujen metsänhoidollisten tehtävien mukaisesti. Vv. 1951—53 toimeenpannussa III:ssa inventoinnissa katsottiin menetelmien täydentäminen tarpeelliseksi, sillä siinä pidettiin metsämaiden, puuston puulaji- ja ikäsuhteiden, puuvarojen ja puuston kasvun selvittämisen rinnalla yhä tärkeämpänä metsien metsänhoidollisen tilan selvittämistä ja siihen läheisesti pohjautuvan metsänhoito-ohjelman sekä edelleen metsätalouden yleisjärjestelyyn soveltuvan hakkuusuunnitteen laatimista [1]).

Yleisiä perusajatuksia

Hakkuusuunnitteen laskenta tehtiin yhteisesti metsänhoito-ohjelmassa hahmotelluissa hakkuissa syntyvän puun kertymän ja Lihtosen kehittämän tuottohakkuulaskelman perusteella. Kertymän selvittämisessä nojattiin kokonaismäärän puolesta arvioimislinjoilla metsiköittäin tehtyihin hakkuiden suunnitteluihin ja niistä toteutettaessa kertyvien puumäärien arvioihin. Ne tarkistettiin leimauskoealoilla samalla tavalla tehtyjen arvioiden ja koeleimausten mukaisesti laskettujen tulosten keskinäisen vertailun pohjalla. Leimauskoealojen merkitys on erityisen suuri hakkuukertymän puulajeittaisen ja rakenteellisen jakaantumisen selvittelylle. Tuottohakkuulaskelma tehtiin inventoinnissa tarkoitusta varten tutkituista tekijöistä laskettujen tulosten perusteella.

Metsänhoito-ohjelman mukainen hakkuukertymä saattaa aivan luonnollisesti muodostua metsien laskennallisesti määritettävää hakkuumäärää pienemmäksi tai suuremmaksi. Metsien ollessa yleisesti kasvatusvaiheessa ja vähäiseltä osalta uudistusvaiheessa hakkuukertymä muodostuu esim. metsien kasvun määrää pienemmäksi mutta vaiheiden ollessa päinvastaisessa suhteessa kasvun määrää suuremmaksi. Edellinen suhde oli erityisesti II:n mutta myös vielä III:n inventoinnin aikaan vallitseva pääosassa Suomen eteläpuoliskoa ja jälkimmäinen suhde yleisesti pohjoispuoliskossa.

Metsien puuvarojen ja kasvun määrän, ikäluokkasuhteiden, ikäluokittaisten keskikuutiomäärien sekä metsänhoidollisen tilan ja metsänhoidollisten toimenpiteiden määrän tarkastelu rinnakkain arvioidun hakkuukertymän kanssa voi antaa pohjaa hakkuumäärän hahmottelulle kertymän perusteella. Kertymän osoittaessa hakkuumääränä selvästi liian pientä lukua sitä voidaan suurentaa lisäämällä uudistushakkuita likimäärin uudistusvaiheessa

[1]) Yrjö Ilvessalo, Suomen metsät vuosista 1921—24 vuosiin 1951—53. Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuja 47.1. Helsinki 1956.

olevissa metsissä ja vajaatuottoisissa nuoremmissakin metsissä, jotka inventoinnissa tätä tarkoitusta varten erikseen merkitään tarvittavan laskennan suorittamiseksi. Kertymän osoittautuessa hakkuumääränä ilmeisesti liian suureksi sitä voidaan pienentää pidentämällä aikaa, jonka kuluessa metsänhoito-ohjelma uudistushakkuiden osalta toteutetaan.

Tuottohakkuumenetelmän osoittama hakkuumäärä on melkoisen kaavamaisesti saatu laskennallinen tulos, joka hakkuumäärän ohjeena edellyttää metsien yleisen tilan ja metsänhoidollisen tilan sekä metsänhoidollisten toimenpiteiden määrän tuntemisen ja niiden toteuttamisen seuraamisen. Jollei voida suorittaa tai ei suoriteta laskelman edellyttämällä tavalla ja sen edellyttämässä ajassa kasvatushakkuita täysimääräisesti ja uudistushakkuita tehokkaine taimettumisineen laskelman osoittaman alan mukaisesti, laskelma on, niin kuin tällaiset laskelmat yleensä, pakostakin teoreettinen.

Mitä pitemmälle ajassa eteenpäin laskelma ulotetaan tuntematta edellytysten toteutumista ja sen mukaisesti metsien todellista muuttumista, sitä enemmän laskelman hahmottelema tulos muodostuu kuvitteluksi, josta jo laskelmakauden aikana ja sen päättyessä voidaan olla hyvin kaukana. Tätä osoittaa tähän saakka pitkäaikaisimpana esimerkkinä Lihtosen v. 1946 II:een valtakunnan metsien inventointiin nojaten tekemä, aikajaksoa 1936—57 tarkoittava tuottohakkuulaskelma [1]). Se perustui mm. siihen edellytykseen, että uudistushakkuut olisivat johtaneet jo vuoteen 1957 mennessä alaltaan täysimääräiseen nuorimpaan ikäluokkaan, mikä todellisuudessa ei ole tapahtunut sanottavaksi murto-osaksikaan. Laskelma onkin lähinnä käsitettävä esimerkiksi menetelmän soveltamisesta.

Niin kuin jo viitattiin hakkuusuunnitteen laatimisessa ollaan varmemmalla pohjalla nojauduttaessa rinnakkaisesti metsänhoito-ohjelman mukaiseen hakkuukertymään rakenteen selvittelyineen ja tuottohakkuulaskelmaan kuin kummassakaan menetelmässä yksinään. Silloinkin on oltava jatkuvasti selvillä, kuinka metsänhoito-ohjelma ja suunnite toteutuvat. Valtakunnan metsien inventointien väliaika, n. 15 vuotta, on osoittautunut erityisesti tässä mielessä liian pitkäksi, jonka vuoksi III:n inventoinnin v. 1950 tehtyyn suunnitelmaan sisällytettiin ehdotus kehitystä osoittavan osittaisen inventoinnin suorittamisesta välikauden puolivälissä. Tämä näyttääkin toteutuvan maan eteläpuoliskon osalta vuosina 1960—61.

III:ssa inventoinnissa nojauduttiin hakkuusuunnitteen laadinnassa sellaiseen taustaan kuin edellisessä on esitetty. Suunnite laskettiin kahdelle perättäiselle 10-vuotiskaudelle, vaikka maastotyössä hyvin selvisi, että hakkuiden suunnittelu ja vielä enemmän niissä kertyvien puumäärien ja niiden rakenteen arvioiminen jo inventointien 15-vuotisen välikauden jälkipuoliskolle on hyvin epävarmaa. Silloin ei vielä voida tietää, onko ja millä tavalla

[1]) V. Lihtonen, Valtakunnan metsätalouden järjestely metsiemme poistuman ja tuottohakkausmäärän valossa. Acta forestalia fennica 53.3. Helsinki 1946.

metsikössä aikanaan suoritettu inventoinnissa maastossa suunniteltu I:n kauden toimenpide, minkälainen metsikkö sen jälkeen on ja kuinka suuren ja mistä määrästä lasketun osan hakkuu II:na kautena käsittäisi. Vaikuttavia tekijöitä on paljon: metsän omistajan metsänsä käsittelyn halu ja tapa, kaiken kokoisen ja laatuisen puun menekki, työvoiman saanti, puuston kehitys, kasvuun merkittävästi vaikuttava ilmastollisten ym. kasvutekijäin vaihtelu jne.

Tällaisista syistä inventoinnin tuloksissa on käsitelty varsinaisesti vain »lähiajalle» hahmoteltua hakkuusuunnitetta. Lähiajaksi on oletettu lounaiseteläisessä rannikkoalueessa ja Sisä-Suomen järvialueen eteläosassa 10 v., järvialueen pohjoisosassa ja Pohjanmaalla Oulun läänin rajan vaiheille saakka 12 v., Pohjanmaan pohjoisosan — Kainuun alueessa 15 v. sekä Koillismaan — Lapin alueessa 20 v. Tämä hakkuusuunnitteen hahmottelu on perustettu pääasiallisesti I:n 10-vuotiskauden laskelmaan ja II:n kauden laskelma on tehty lähinnä siinä tarkoituksessa, ettei I:n 10-vuotiskauden suunnite toteutettuna vaarantaisi myöhemmän hakkuumäärän kestävyyttä vaan pikemmin johtaisi sen kohoamiseen. Ajateltiin, että riittävin perustein laskettu I:n 10-vuotiskauden suunnite käytännössä voisi ulottua seuraavan inventoinnin aikaan saakka, jollei välikausi-inventointi selvästi aiheuta siihen muutosta.

Vuosien 1951—53 inventoinnin perusteella tehtyyn hakkuusuunnitteeseen vaikutti vähentävästi maan eteläpuoliskossa se, että puuston kuutiomäärästä on suuri pääosa niissä ikäluokissa, joissa kasvu on korkeimmillaan ja joiden keskikuutiomäärät suurempaa kasvua tavoitellen olisi saatava puuntuottokykyä entistä täydellisemmin vastaavasti kohoamaan. Näitä metsiä on tässä tarkoituksessa käsiteltävä kohtuullisin kasvatushakkuin, jolloin kasvun säästö lisää kysymyksessä olevien ikäluokkien keskikuutiomääriä. Maan pohjoispuoliskossa hakkuusuunnitteeseen vaikutti suurentavasti se, että siellä puuston kuutiomäärästä on pääosa vanhoissa, jo kasvussaan hidastuneissa metsissä, joissa enimmin puuta antavat uudistushakkuut ovat laajassa mitassa tarpeen. Vähentävästi vaikutti kasvatusikäisten metsien puuston kartuttamisen tarve ja suoja- yms. metsien lievä käsittely.

Perusajatuksia eri puulajien osalta

M ä n n y n hakkuusuunnitteeseen maan eteläpuoliskossa vaikutti pienentävästi se, että metsien mäntypuuvarat vähenivät 507 milj. m^3:stä vv. 1921—24 439 milj. m^3:iin vv. 1936—38 ja edelleen 392 milj. m^3:iin vv. 1951—53. Vähenemistä aiheutti edellisenä välikautena erityisesti sahateollisuuden ja vilkkaan rakennustoiminnan hyvin suuri mäntytukkien käyttö monena vuotena ja jälkimmäisenä välikautena sotaa v. 1944 seuranneessa alueidenluovutuksessa tapahtunut suuri mäntymetsien menetys. Mäntypuu-

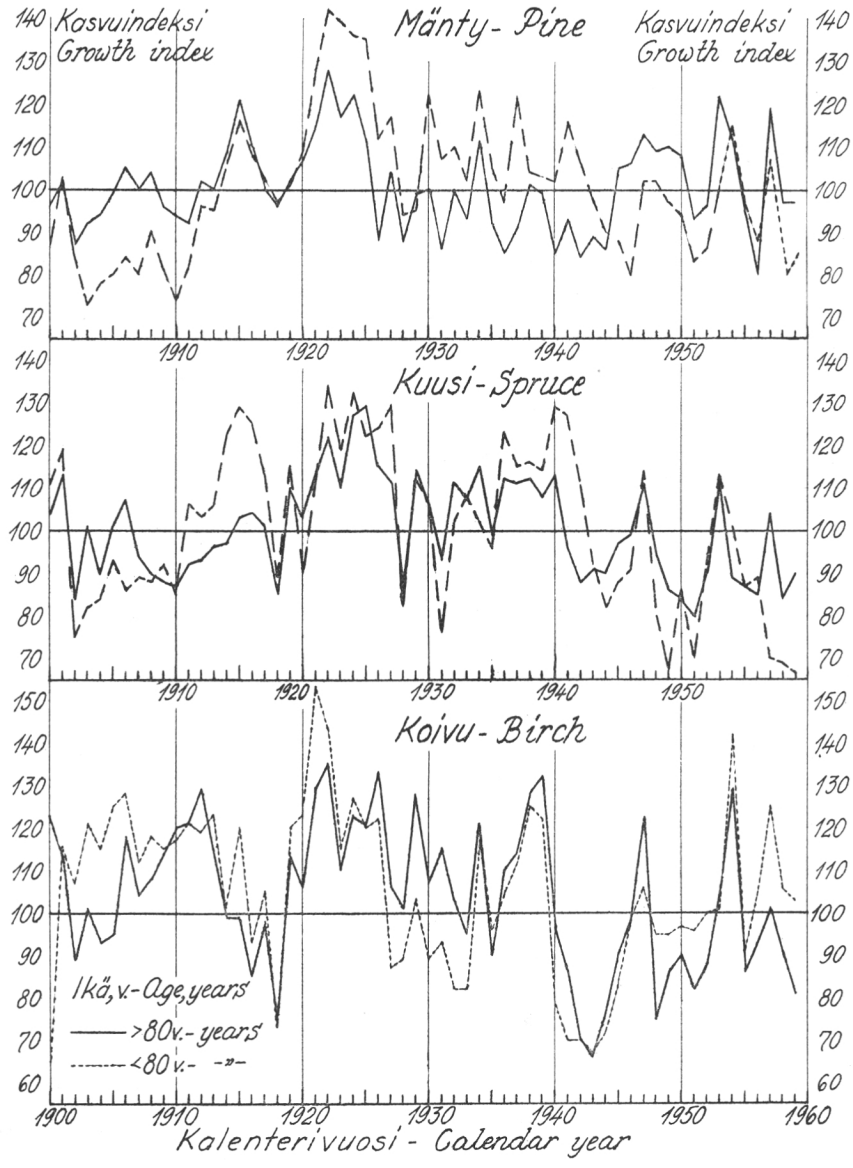
varojen edelleen vähenemisen ehkäiseminen oli selvästi välttämätöntä ja niiden kartuttaminen erittäin toivottavaa. Hakkuusuunnitteessa oli siis pyrittävä noudattamaan pidättävyyttä.

Tällaiseen pidättävyyden tarpeeseen viittasi myös se, että männyn kasvu oli niinä vuosina, joihin inventoinnin kasvuntutkimus perustui, ilmastollisista ym. kasvutekijöistä aiheutuvassa kasvun vaihtelussa n. 7 % keskimääräisen kasvun tason yläpuolella. Tällaista poikkeusta voidaan pitää niin suurena, että se on otettava huomioon verrattaessa keskenään eri aikoihin kohdistuvaa kasvua ja hakkuusuunnitetta. Männyn hakkuusuunnite oli 76.5 % tasoittamattoman ja 82 % tasoitetun kasvun määrästä. Arvioitiin, että jos hakkuusuunnite todella muodostuisi tällaiseksi, saavutettaisiin jo inventointien välisenä 15-vuotisjaksona n. 8 %:n lisäys mäntypuuvaroihin. Syksyllä 1959 tehdyt uudet tutkimukset kasvun vaihtelusta osoittavat, että männyn kasvun vaihtelu on käynyt alenevaan suuntaan. Se on ollut vuosien 1953—59 keskiarvona enää likimäärin n. 3 % keskitason yläpuolella. Kasvun vaihtelun suunta eteenpäin on jälleen tuntematon, joten siihen ei voida perustaa uutta päätelmää hakkuusuunnitteesta. (Kuva 1).

Maan pohjoispuoliskossa mäntypuuvarojen väheneminen oli samoina välikausina 270 milj. m³:stä 267 milj. m³:iin ja edelleen 261 milj. m³:iin, siis eteläpuoliskoon verrattuna pieni. Pohjois-Suomessa ehdottomasti edullisimpana puulajina mänty missään tapauksessa ei saisi siellä vähentyä, vaan se olisi ajan mittaan vahvasti lisääntyvä. Kasvuisimpien ikäluokkien keskikuutiomäärien kartuttamista silmällä pitäen näytti myös suuressa osassa pohjoispuoliskoa tarpeelliselta pyrkiä pidättävyyteen männyn hakkuusuunnitteessa. Pidättävyyteen oli syytä senkin takia, kun pohjoisessa lievimmin käsiteltävät suojametsät ja myös luonnonpuistot yms. ovat valtaosaltaan mäntyä.

Edellisessä mainitussa kasvun vaihtelussa pohjoispuoliskon männyn kasvu oli n. 4 % keskimääräisen kasvun tason alapuolella, siis päinvastaisella puolella kuin eteläpuoliskossa, mutta tietoa suunnan jatkumisesta silloin ei voinut olla. Männyn hakkuusuunnite oli pohjoispuoliskon keskiarvona 91.0 % vv. 1951—53 tulokseksi saadun kasvun ja 88 % tasoitetun kasvun määrästä. Likimääräisesti voitiin arvioida näin saavutettavan 15 vuodessa n. 4 %:n lisäys mäntypuuvaroihin. Syksyllä 1959 tehdyt tutkimukset osoittavat, että männyn kasvun vaihtelu oli edelleen vuosien 1953—59 keskiarvona samalla tasolla kuin inventoinnin kasvuntutkimuksen vuosina. Se ei siis antanut aihetta uusiin päätelmiin männyn hakkuusuunnitteen suhteen. (Kuva 1).

K u u s i puuvarojen kehitys oli edellisessä mainittuina välikausina maan eteläpuoliskossa toisenlainen kuin männyn, 298 milj. m³:stä 341 milj. m³:iin ja edelleen 378 milj. m³:iin, siis voimakkaasti suureneva kuusipuuta käyttävän teollisuuden laajenemisesta ja alueidenluovutuksesta huolimatta.



Kuva 1. Puiden rinnankork. paksuuskasvun vuosittaisia vaihteluita osoittavien kasvuindeksien graafiset sarjat. Männyn ja kuusen sarjat ovat maan eteläpuoliskon (yhtenäinen viiva) ja pohjoispuoliskon (katkoviiva) sekä koivun (kaksi ikäryhmää) eteläpuoliskon keskiarvoja. — *Graphic growth index series showing the variation of radial increment at breast height. The series of pine and spruce are means for the southern half (continuous lines) and for the northern half (broken lines) and those of birch (two age groups) for southern half of Finland.*

Tästä lisääntymisestä ja melkoisessa määrässä tarpeesta siirtää kuusen valtaamia mäntymaita takaisin männylle oli seurauksena, että kuusen hakkuusuunnite muodostui metsien kuusipuuvaroihin verrattuna suuremmaksi kuin männyn hakkuusuunnite metsien mäntypuuvaroihin verrattuna.

Kuusen kasvu oli inventoinnin kasvuntutkimusvuosina ilmastollisista ym. kasvutekijöistä johtuvassa kasvun vaihtelussa n. 9 % keskimääräisen kasvun tason alapuolella, mutta tässäkään tietoa ei voinut olla vaihtelun suunnasta. Kuusen hakkuusuunnite oli 97.8 % vv. 1951—53 tulokseksi saadusta kasvun määrästä ja n. 89 % ilmastollisesti tasoitetun kasvun määrästä. Oli siis todennäköistä, että jos kasvun vaihtelu muuttuisi kohoavaan suuntaan, olisi metsänhoito-ohjelman ja hakkuusuunnitteen toteuttamisen seurauksena kuusipuuvarojen lisääntyminen kasvun säästön johdosta. Syksyllä 1959 tehdyt tutkimukset osoittavat, ettei kuusen kasvun vaihtelussa inventoinnin jälkeen vuosien 1953—59 keskimääränä ole havaittavissa mainittavaa muutosta. Kun edelleen tietoa tällaisesta muutoksesta lähiaikana ei voi olla, ei myös vielä ole luotettavaa perustetta hakkuusuunnitteen suurentamiseen tältä pohjalta lähtien. (Kuva 1).

Maan pohjoispuoliskossa kuusipuuvarat vähenivät tarkasteltuina välikausina 183 milj. m^3:stä 162 milj. m^3:iin ja edelleen 155 milj. m^3:iin. Tämä olisi viitannut pidättävyyden tarpeeseen kuusen hakkuusuunnitteessa kuusipuuvarojen vähenemisen ehkäisemiseksi. Pohjoispuoliskon kuusimetsät ovat kuitenkin pääosalta vanhoja, kasvussaan hyvin hidastuneita ja lisäksi käsittävät suurelta osalta mäntymaita, jotka olisi saatava siirtymään männylle. Näistä syistä kuusen hakkuusuunnite muodostui pohjoispuoliskossa kuusipuuvaroihin verrattuna paljon suuremmaksi kuin männyn hakkuusuunnite mäntypuuvaroihin verrattuna.

Hakkuusuunnite oli pohjoispuoliskon keskiarvona 42 % vv. 1951—53 tulokseksi saatua kasvun määrää suurempi. On kuitenkin huomattava, että kasvun vaihtelussa kuusen kasvu oli n. 17 % keskimääräisen kasvun tason alapuolella. Tämän mukaisesti hakkuusuunnite todennäköisesti ei ole pitkän ajan kasvuun verrattuna enempää kuin ehkä n. 25 % kasvun määrää suurempi. Se merkitsisi suurelta osalta kehittämiskautensa loppupään saavuttaneiden kuusipuuvarojen vähenemistä metsänhoito-ohjelman ja hakkuusuunnitteen toteuttamisesta huolimatta vain n. 10 % 15 vuodessa. Syksyllä 1959 tehdyt tutkimukset osoittavat, ettei kasvun vaihtelussa vuosien 1953—59 keskiarvona ole havaittavissa sanottavaa kohoamista, joka olisi aiheena hakkuusuunnitteen muuttamiseen. (Kuva 1).

K o i v u käsitettiin vielä III:n inventoinnin suunnittelun aikaan yleisesti — joskin jo myös vahvoja epäilyjä esiintyi — siinä määrin tasa-arvoiseksi männyn ja kuusen kanssa, että maan eteläpuoliskossa senkin kasvattamista uudistusvaiheeseen saakka pidettiin tarkoituksen mukaisena. Koivuvaltaiset metsät käsittivät pääosalta niitä ikäluokkia, joissa kasvu on suu-

rimmillaan. Tästä johtuen koivun hakkuusuunnite muodostui yleisesti melkoisen voimakkaiksi suunnitelluista harvennuksista huolimatta vain 95.2 %:ksi vv. 1951—53 tulokseksi saadusta koivun kasvusta. Tämä kasvu oli kasvun vaihtelussa n. 3 % keskitason alapuolella. Vv. 1953—59 koivun kasvu oli yli 80-vuotiaiden metsiköiden keskiarvona edelleen saman verran keskitason alapuolella mutta alle 80-vuotiaiden metsiköiden keskiarvona yläpuolella. Kun edelliset osoittanevat kasvun vaihtelua luotettavammin, käytetään verrattavana kasvuna vv. 1951—53 saatua tulosta.

Pohjoispuoliskossa koivun hakkuusuunnite oli 98.3 % vv. 1951—53 tulokseksi saadusta kasvun määrästä. Hakkuusuunnite ei siis ylittänyt sielläkään kasvun määrää, mihin pohjoisessa vielä keski-ikäisiksi katsottavien koivumetsien runsauden ohella ilmeisesti tahtomattakin ovat voineet jossain määrin vaikuttaa sikäläisen heikkolaatuisen koivun pienestä menekistä johtuvat suhteellisen vähäiset hakkuumahdollisuudet. Koivun kasvun vaihtelusta pohjoispuoliskossa on mittauksia niin vähän, ettei niiden perusteella ole voitu tehdä luotettavia päätelmiä. Vertailuun käytetään vv. 1951—53 saatua tulosta.

Inventoinnin metsänhoito-ohjelmassa ja hakkuusuunnitteessa tarkoitettiin myös hyvässä kasvuvaiheessa oleva osa l e p p ä- ja h a a p a puustoa kasvatettavaksi edulliseen loppuhakkuuseen saakka. Tähän vaikutti samalla se, että molemmat esiintyvät enemmän sekapuina muiden puulajien kasvatusikäisissä metsiköissä kuin leppä- ja haapavaltaisina metsikköinä, joten niitä suurelta osalta poistetaan harvennushakkuussa muiden puulajien mukana.

Hakkuusuunnite laskettiin kiintokuutiometreinä kuoretonta runkopuuta. Tämän kokonaismäärän lisäksi laskettiin sen jakaantuminen puulajien ja edelleen rinnankork. läpimittaluokkien kesken sekä lähinnä metsäteollisuuden tarpeita silmällä pitäen sen yleispiirteinen puutavaralajeittainen rakenne. Viimeksi mainitussa asetettiin jaoittelun pohjaksi tiettyjä yleisiä puutavaralajien mittoja. Hakkuusuunnitteeseen sisältyvät vähintään 6-tuumaiset havupuutukit ja yleensä vähintään 7-tuumaiset lehtipuutukit luettiin järeän puutavaran, lyhyesti sanoen »tukkien» ryhmään. Tätä kokoa pienempi havupuu kuoren alta 8 cm:n latvaläpimittaan saakka luettiin pyöreäksi pinotavaraksi ja lehtipuu haloiksi sekä kaikki 8 cm pienempi puu kuoren päältä 6 cm:n latvaläpimittaan saakka haloiksi. Todellisuudessa pyöreätä pinotavaraa tehdään myös osasta tukkeja ja osasta 8 cm pienempää havupuuta, mutta toisaalta taas etenkin piensahoissa sahataan 6 tuumaa pienempiäkin tukkeja. Haloiksi käytetään osaksi myös 8 cm suurempaa havupuuta sekä polttopuuksi 6 cm pienempää rankaa. Tietenkin on vielä huomattava, ettei näin muodostettujen ryhmien puu kokonaisuudessaan tule ryhmän nimitteen mukaiseen käyttöön, vaan jossain määrin myös muunlaiseksi tarvepuuksi.

Hakkuusuunnitteen uusiminen

Inventoinnin osista voivat metsänhoito-ohjelman sisältämien hakkuiden ja niihin läheisesti perustuvan hakkuusuunnitteen ja sen rakenteen suhteen vallitsevat käsitykset olla helpoimmin ja nopeimmin muuttuvia. Niihin vaikuttavat herkästi ennen kaikkea pysyviltä näyttävät menekkisuhteiden muutokset. Hakkuusuunnite on silloin pyrittävä tältä pohjalta lähtien tarkistamaan, jotta se voisi muuttuneiden olosuhteiden mukaisesti palvella käytännön metsätaloutta.

Uusimisen syyt

H a v u p u i d e n hakkuusuunnitteiden kokonaismäärien muuttamiseen tuskin on syytä, jos aiemmin esitetyt perusteet ja näkökohdat edelleen hyväksytään. Mutta havupuiden hakkuusuunnitteen kokonaismäärän asemesta sen rakenteen tarkistus on välttämätöntä lähinnä siinä mielessä, onko mahdollista muutoksia tehden uudelleen arvioida suuresti laajenevan puuvanuketeollisuuden raaka-aineen saannin mahdollisuuksia. Tähän saakka tämän raaka-aineen hankkiminen nähtävästi ei ole kohdannut vaikeuksia, koska sitä on riittänyt myös ulkomaille vientiin vähintään kysynnän mukaisesti ja koska puuvanuketeollisuus ei ole turvautunut koivupuuhun havupuun lisäksi läheskään siinä määrin kuin joissakin toisissa maissa sekä vielä koska tähän hyvin soveltuvaa havupuutakin käytetään myös polttopuuksi ja jää syrjäseuduilla, etenkin laajoilla alueilla Pohjois-Suomessa metsään hakkuutähteiksi. Muutoksen mahdollisuuksia hakkuusuunnitteen puutavaralajeittaisessa jakaantumisessa tarkastellaan jäljempänä.

Hakkuusuunnitteeseen voivat vaikuttaa paljonkin muutokset, joita inventoinnin suunnitteluvuoden 1950 jälkeen yhä varmemmin on tapahtunut käsityksessä l e h t i p u i d e n edelleen kasvattamisen tarkoituksen mukaisuudesta ja kannattavuudesta. Jo 40 vuotta sitten todettiin kasvu- ja tuottotaulukoilla, että täysitiheiden luonnonkoivikoiden puuntuotto on samanlaisella maalla kokonaismäärältään paljon pienempi ja rakenteelliselta koostumukseltaan paljon vähäarvoisempi kuin männyn ja kuusen. Vaneriteollisuuden hyvänä aikana vallitsi kuitenkin ajatus, että suhde voitaisiin arvonkasvun mielessä muuttaa koivulle edullisemmaksi koivumetsiköitä metsänhoitomme kehittämien menetelmien mukaisesti käsitellen ja erityisesti hyvänlaatuista rauduskoivua vaneripuuksi kasvattaen. Hiljakkoin on kuitenkin K o i v i s t o n vielä julkaisematon tutkimus osoittanut, ettei asianlaita ole näin. Lisäksi on saatu kokea, että koivulla on heikko menekki ja ainespuuna havupuihin verrattuna alhainen hinta. Tämä kaikki on tehnyt selväksi, että metsien tuoton kohottamiseen pyrittäessä koivua on vähennettävä metsistä havupuiden hyväksi. Vielä enemmän on syytä vähentää leppää ja huonolaatuista haapaa.

Taulukko 1. Koivuvaltaisten metsien ala ja koivupuuston kuutiomäärä.

Table 1. Area of forests dominated by birch and growing stock of birch.

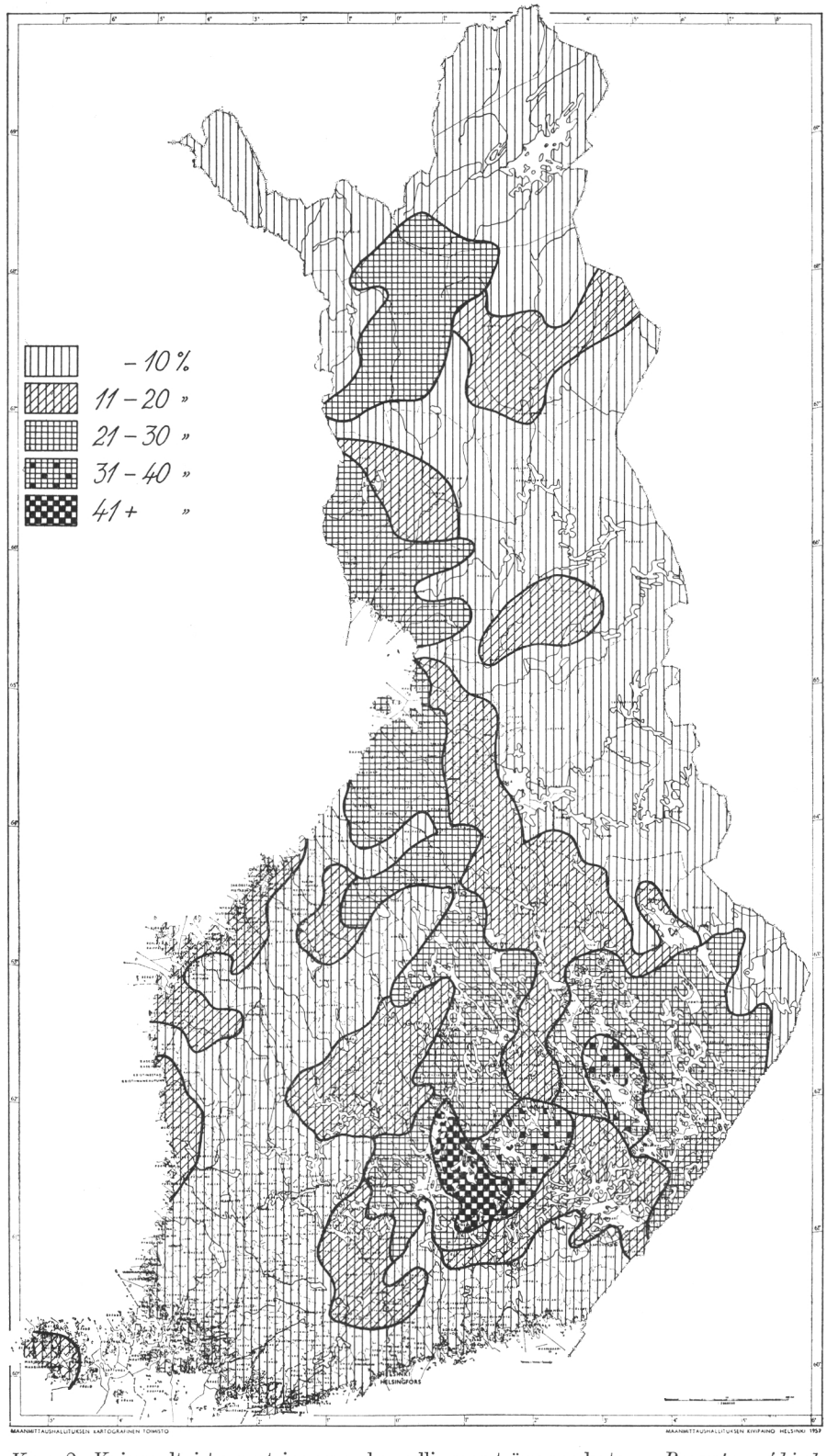
Metsänhoitolautakunta *Forestry Board district*	Koivuvaltaisia metsiä alasta *Forests dominated by birch, of the area*								Koivua puuston koko kuutiomäärästä *Birch of the total growing stock*	
	Kasvullinen metsämaa *of productive forest land*		Lehtomainen maa [1]		Mustikkatyyppi [2] [4]		Kasvulliset korvet [3]			
	1 000 ha	%	1 000 ha	%	1 000 ha	%	1 000 ha	%	milj. m³ *Mill. cu.m.*	%
1. Ahvenanmaa	8	11.7	7	31	1	5	1	27	0.4	5.3
2. Helsingin	31	9.3	7	12	10	8	5	35	3.5	10.0
3. Lounais-Suomen	34	8.5	8	17	14	10	6	25	4.6	11.3
4. Satakunnan	56	10.0	5	10	16	8	12	32	6.4	11.9
5. Uudenmaan-Hämeen	62	12.5	30	17	12	7	13	38	8.5	15.5
6. Pohjois-Hämeen	64	9.2	23	15	18	7	10	22	9.1	12.5
7. Itä-Hämeen	115	21.1	54	32	35	17	11	41	13.9	22.1
8. Etelä-Savon	187	26.1	47	45	97	32	18	31	22.4	28.7
9. Etelä-Karjalan	48	8.8	15	26	22	11	4	13	7.4	13.3
10. Itä-Savon	131	27.0	46	54	64	29	10	32	14.2	27.4
11. Pohjois-Karjalan	202	17.0	40	41	113	26	21	19	24.0	20.5
12. Pohjois-Savon	212	18.2	81	36	73	17	33	22	25.9	23.5
13. Keski-Suomen	194	17.7	57	43	78	20	30	28	24.0	21.2
14. Etelä-Pohjanmaan	73	9.8	1	8	13	8	17	23	7.4	13.5
15. Vaasan	34	9.2	3	12	10	7	9	18	4.7	14.2
16. Keski-Pohjanmaan	90	16.9	4	28	28	22	24	36	7.6	20.0
Eteläpuolisko — *South. half*	1 541	15.5	428	29.8	604	17.2	224	25.9	184.0	18.8
17. Kainuun	90	6.4	4	22	(34)	(5)	25	16	17.8	13.9
18. Pohjois-Pohjanmaan	168	14.2	4	29	(53)	(21)	38	32	14.2	18.9
19. Koillis-Suomen	83	5.3	3	23	(15)	(10)	12	13	14.9	13.7
20. Lapin	388	12.0	20	41	(50)	(27)	71	30	42.1	21.0
Pohjoispuolisko—*North. half*	729	9.9	31	32.3	(152)	(12.0)	146	24.1	89.0	17.3
Koko maa — *Whole country*	2 270	13.1	459	30.0	(756)	(15.8)	370	25.1	273.0	18.3

[1]) *Oxalis-Myrtillus and grass-herb types.*
[2]) *Myrtillus site type.*
[3]) *Productive spruce swamps.*
[4]) Pohjoispuoliskossa mustikkatyyppiin on yhdistetty laskelmissa pohjoinen mustikkatyyppi ja puolukka-mustikkatyyppi, jonka vuoksi luvut eivät ole merkitykseltään samanlaisia kuin eteläpuoliskossa.

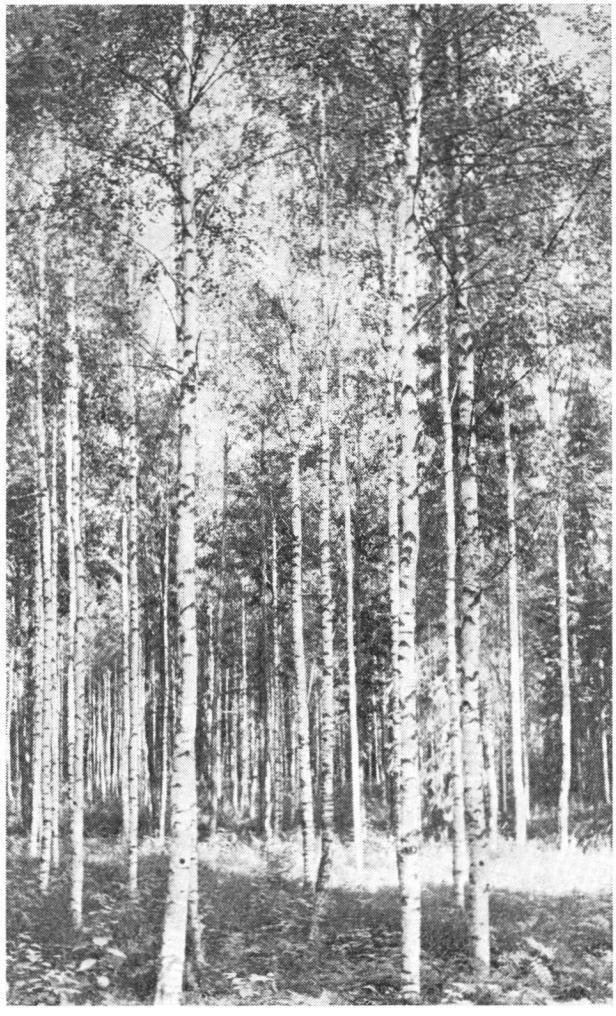
Taulukossa 1 esitetään koivukysymyksen selventämiseksi koivuvaltaisten metsiköiden osuus kasvullisista metsämaista (samoin kuvassa 2) ja yleisimmin koivuvaltaisia metsiä käsittävistä metsätyypeistä sekä koivun osuus puuston kokonaiskuutiomäärästä. Lehtipuiden vähentämiskysymystä valaisemaan on tarkoitettu kirjoittajan kesällä 1959 ottamat kuvat 3—9.

Uusiminen kokonaismäärässä

Hakkuusuunnitteen uusimista tehdään siis suunnitteen k o k o n a i s m ä ä r ä s s ä vain lehtipuiden osalta.



Kuva 2. Koivuvaltaisten metsien osuus kasvullisen metsämaan alasta. — *Percentage of birch-dominated forests of the area of productive forest land.*



Kuva 3. Kasvatushakkuin kehitettävää 43-vuotista koivupuustoa. Harva, epätasainen kuusialikasvos on poistettu äsken suoritetussa harvennuksessa ja uuden odotetaan syntyvän kuusisekapuiden siemennyksestä. Koivun runkoluku väheni harvennuksessa 1 040:stä 628:aan ha kohti. — *A 43-year old birch stand to be developed by intermediate cuttings. The number of birch stems has just been reduced from 1 040 to 628 per hectare. The sparsely growing spruce is expected to seed a new generation, since the poor uneven second growth has been removed along with the thinning.*

K o i v u n vähentämisen suhteen on sanottava, että tuntuu mielivaltaiselta, missä määrin ja kuinka nopeasti siihen on pyrittävä. Suuressa osassa maata koivua on sekapuuna havumetsissä, jopa koivuvaltaisia metsiä niin paljon, että ne ovat muodostuneet metsätalouden heikkoudeksi ja metsän-



Kuva 4. Koivun vähentäminen. Pääosalta hieskoivua käsittävä, menekin puutteen takia hoitamaton 65-vuotias metsikkö, jossa on tarpeen vahva väljennys ja sen jälkeen loppuhakkuu. Uusi polvi on oleva viljelykuusikko. — *Reduction of birch. A 65-year old stand, mainly of white birch, unmanaged owing to poor market conditions, in which a heavy thinning and after that a final cutting is needed. The new generation should be a spruce stand artificially established.*

hoito-ohjelman toteuttamisen vaikeaksi ongelmaksi. Tätä suurentaa se, että koivu, samoin kuin muukin lehtipuusto keskittyy pääosalta laadultaan parhaille metsämaille, sekä se että lehtipuusto sekapuuna havupuuvaltaisissa metsissä hyvin yleisesti latvuksillaan haittaa havupuiden kehitystä.

Kohtalokkaasti on nyt jo ehtinyt vaikuttaa havupuuston tappioksi, niin kuin useassakin yhteydessä on korostettu, se että nykyisistä koivu- ja koivuvaltaisista metsiköistä on ajan mittaan poimittu pois niissä alunperin seka-



Kuva 5. Koivun vähentäminen. Joidenkin harvakseen esiintyvien kuusten siemennyksestä on ajan mittaan syntynyt epätasainen kuusipolvi, joka kuitenkin vapautettuna voisi muodostaa paikalle tyydyttävän kuusimetsikön. — *Reduction of birch. A few individual spruces have in the course of time seeded an uneven generation of spruce which could if liberated form on the spot a satisfactory spruce stand.*

puuna ollutta havupuustoa, etenkin mäntypuustoa, josta oikealla käsittelyllä olisi voitu kehittää metsikön kypsyysikään ehtiessä tyydyttävä tai ainakin siementämiseen riittävä havupuusto. Varsinkin runsaasti koivuvaltaisissa seuduissa tällaista poimintaa jatkuu koivun heikon menekin takia jopa viimeisiinkin havusekapuihin kohdistuvana.

Monien koivuvaltaisten metsälöiden puun tuotannon säännöllistä jatkuvuutta silmällä pidettäessä koivun vähentäminen ei ole mahdollista siinä määrin ja niin nopeasti kuin suotavaa olisi. Toisaalta on paikkakuntia, joissa pois joutavaa koivupuustoa koivun nykyisen menekin puutteellisuuden vuoksi ei saada poistetuksi edes sen alle luontaisesti tai keinollisesti syntyneen, varjossa heikosti kehittyvän kuusen taimikon päältä.



Kuva 6. Koivun vähentäminen. 6 vuotta sitten koivikon alle istutettu kuusen taimikko on voinut kehittyä aukkopaikoissakin hyvin hitaasti. Vapauttaminen edellyttää koivun menekkiä. — *Reduction of birch. A seedling stand of spruce planted 6 years ago has been able to develop very slowly, even in openings. The liberation presupposes a demand for birch.*

Koivun määrällisen ja ajallisen vähentämisen mahdollisuuksista metsien puuvarojen ja niiden kehittämisen kannalta tarkasteltuna on tehty yksityiskohtaisia laskelmia valtakunnan metsien inventoinnin perusteella. Laskelmissa on käsitelty erikseen säilyvä puusto, jonka määrä vaihtelee alueittain koivupuuston runsauden, ikäsuhteiden ja metsätyypeittäisen esiintymisen mukaan, ja erikseen poistopuusto, jonka määrä vaihtelee paljon samoista syistä sekä koivupuuston yleisestä laadusta riippuen. Laajojen laskelmien suoritus sivuutetaan tässä, mutta niiden yleisinä perusajatuksina mainittakoon: 1. vähentäminen ei saa tapahtua niin suuressa määrässä ja niin nopeasti, että siitä aiheutuu huomattavaa koivun kasvun menetystä sekä että syntyvää vajausta aivan ilmeisesti ei ehditä korvata havupuilla; 2. vähentämiseen on käytävä heikkolaatuisen koivun runsauden takia rohkeasti ja määrä on ajan mittaan supistuva.

Laskelmissa on päädytty siihen tulokseen, että edullisimmaksi muodostuu koivupuuston vähentäminen maan metsistä n. 120 milj. k-m^3 eli n. 40—50 % n. 40 vuoden aikana. Mainittakoon, ettei Osaran tämän kysymyksen alkukäsittelyn vaiheessa kokemuksensa ja harvinaisen laajan metsiemme tuntemuksensa perusteella esittämä ajatus 50 % 30 vuodessa osoittautunut lopullisissa laskelmissa metsävarojen kannalta läheskään niin



Kuva 7. Koivun vähentäminen. Kuusen latvuksia pieksevät koivut on poistettava. — *Reduction of birch. The birch whipping the crowns of spruce should be removed.*

epäedulliseksi kuin laskelmien alkuvaiheessa näytti. Tehtäessä alueittain suoritetussa laskelmassa saman sadanneksen suuruinen vähennys 30-vuotis- ja 40-vuotiskautena saatiin lisähakkuusta 30 vuodessa kertyvän puun määrä edellisessä tapauksessa keskimäärin n. 4 % suuremmaksi kuin jälkimmäisessä, mutta neljäntenä vuosikymmenenä oli sitten 40-vuotiskauteen perustuva poisto keskimäärin n. 60 % suurempi. Ero johtui pääasiallisesti 30-vuotiskauden mukaisesta nopeammasta poistamisesta aiheutuneesta kasvun menetyksestä. Kysymys on kuitenkin erityisesti siitä, kuinka nopeasti koivulta vapautuva tila uudistusaloina ja kasvatusikäisissä metsiköissä suurentuvana väljyytenä voidaan täyttää havupuilla.

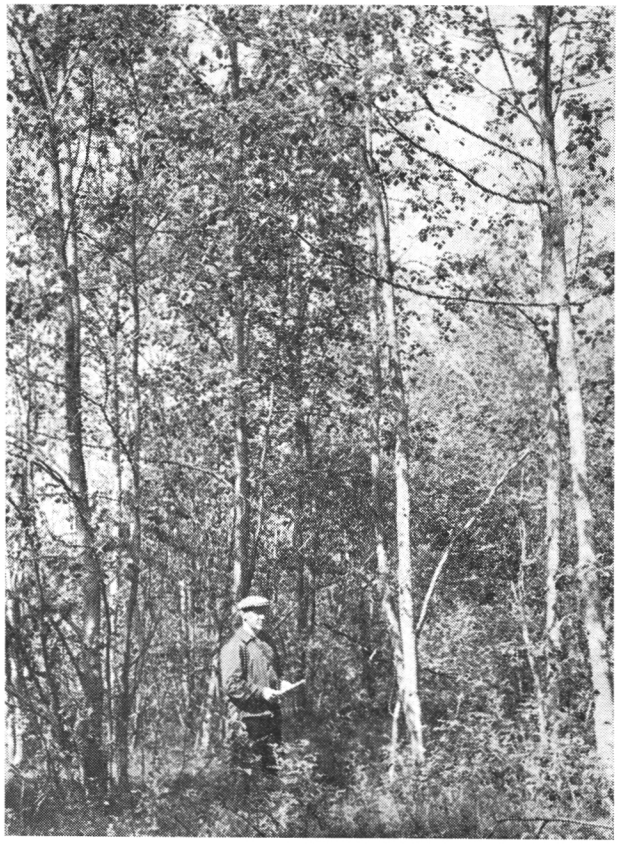
Koivun vähentäminen ei siis suinkaan merkitsisi koivun hävittämistä. Sitä olisi 40-vuotiskauden jälkeen laskelmissa säilyvänä puustona käsitelty osa. Edelleen olisi uutta koivupuustoa, jota jatkuvasti nousee uudistus- ja ojitusaloille ja joka hyvin todennäköisesti suurelta osalta säilyy ainakin havupuuston aukkopaikoissa ja havupuuston puuttuessa valtapuustonakin. Ryhmittäisesti kasvavana sekapuuna koivu ei haittaisi paljon havupuuston kehitystä ja olisi ilmeisesti sellaisena suotava metsämaanhoidon kannalta. Vähentämisestä aiheutuvaa koivupuuston kasvun supistumista pienentää hakkuun kohdistaminen vajaatuottoisten koivikoiden ohella paitsi uudistus-



Kuva 8. Lepän vähentäminen. Paraslaatuisen maan tiheä harmaalepikkö käsittää hyvämuotoisia runkoja, mutta sen on vähäarvoista puuta tuottavana luovutettava paikkansa viljelykuusikolle. — *Reduction of alder. The dense stand of grey alder on the best site includes wellformed stems but, producing wood of little value, should be replaced by cultivated spruce.*

ikäisiin myös likimain tämän iän saavuttaneisiin koivuvaltaisiin ja koivua runsaasti sekapuuna sisältäviin havupuuvaltaisiin metsikköihin. Kokonaiskasvun vähenemistä korvaisi koivunsekaisissa metsiköissä havupuiden nopeampi kehitys niiden kasvutilan väljentyessä ja haittaavien päällispuiden poistuessa. Kohdistettaessa lisähakkuu erityisesti heikkolaatuisiin runkoihin koivupuusto paranisi laadullisesti.

Lisähakkuusta, jota koivun vähentäminen merkitsee, on pääosa polttopuuta, jollei puuvanuketeollisuus ryhdy suuremmassa määrässä käyttämään



Kuva 9. Lepän vähentäminen. Paraslaatuisen maan huonon harmaalepikön olisi pikaisesti luovutettava paikkansa viljelykuusikolle. — *Reduction of alder. The poor grey alder stand should be removed from its good site, without delay, for the cultivation of spruce.*

raaka-aineeksi koivua. Etenkin hyvin runsaskoivuisissa seuduissa lisähakkuuseen sisältyy hakkuiden järjestelyn vuoksi myös koivutukkeja.

Tällainen laskelma, tehtiinpä se miten tahansa, on lähiaikaa pitemmälle ulottuvalta osalta perusteiden hyvin mahdollisten muutosten takia aina epävarma. Sen mukaisesti voidaan ajatella toimittavaksi ensiksi seuraavaan metsien inventointiin saakka ja suorittaa siinä sekä vuorostaan uusissa inventoinneissa tarpeelliset tulosten tarkastelut ja niihin perustaen sekä menetelmän että laskelman tarkistus.

H a r m a a l e p ä n ja tukeiksi ja niiden aineksiksi kelpaamattoman h a a v a n poistamista olisi suoritettava nopeammin kuin koivun vähentämistä, sillä niiden edelleen kasvattaminen on vielä vähemmän kannattavaa. Laskelmassa oletetaan, että ne saataisiin mahdollisimman täydellisesti poistetuiksi n. 20—30 vuoden kuluessa. Tätä viivyttää mm. se edellä mainittu

asianlaita, että lepästä ja haavasta huomattava osa on sellaisena sekapuuna muiden puulajien kasvatusikäisissä metsiköissä, jota voidaan poistaa vain näiden metsiköiden toistuvien harvennusten yhteydessä. Lisähakkuun määrään on tehty tästä syystä 20 %:n vähennys ja arvioitu 20—30 vuoden kuluttua olevan edelleen leppää n. 20 % ja haapaa n. 60 % niiden vv. 1951—53 kokonaismääristä. Lepän ja huonolaatuisen haavan poistamista helpottanee se, että tällaista puuta on pääasiallisesti maatilametsissä, joista se metsän käytön jatkuvasti kehittyessä, parempaa puuta myyden, käytettäisiin kotitarpeeseen.

Lehtipuiden lisähakkuu saattaa olla turhaa kaavailua, kun tunnetaan hakkuun pääasiallisena tuloksena olevan nykyisin miltei yksinomaan polttopuuksi käytettävän lehtipuun heikko menekki. Siihen olisi kuitenkin kaikin keinoin pyrittävä, sillä erityisesti siitä on riippuvainen metsänhoito-ohjelman ja siihen liittyvän hakkuusuunnitteen toteuttamisen mahdollisuus.

Uusiminen jaossa puutavaralajeihin

Muutokset h a v u p u i d e n hakkuusuunnitteiden rakenteessa on tehty seuraavasti.

Mäntytukeista siirretään laadultaan huonoimpia tukkien ryhmästä pyöreän pinotavaran ryhmään, mitä todellisuudessa nykyään tapahtuukin. Tässä rajoitutaan neljännekseen heikoimman, III:n laatuluokan tukeista, koska pääosa sellaisistakin yleisesti käytettäneen edelleen sahapuiksi. Tämä siirto ei voi vaikuttaa kohtalokkaasti sahateollisuuteen, vaan on todennäköisesti sille eduksi. Ensinnäkin maan eteläpuoliskossa pääosalta keskiikäisten metsien siirtyessä luonnollisesti ja uudistushakkuiden riittämättömyyden takia jatkuvasti pitkän aikaa vanhoja ikäluokkia kohti järeässä puustossa tapahtunee edelleen II:n ja III:n inventoinnin välillä havaittua lisääntymistä. Pohjoispuoliskossa lisääntyminen on ollut ja todennäköisesti on edelleen paljon vähäisempää sen johdosta, että metsät ovat niin suurelta osalta vanhoja. Toiseksi sahateollisuuden tuotteissa on hyvää kilpailukykyä silmällä pidettäessä tarpeellista niiden keskimääräisen laadun paraneminen, mihin osaltaan voi vaikuttaa huonolaatuisimpien tukkien siirtäminen puuvanuketeollisuuden käyttöön.

Kuusitukeista siirretään puolet 6-tuumaisista pyöreän pinotavaran ryhmään, mitä todellisuudessa tapahtuu ja vieläpä suurempienkin tukkien osalla, mutta taas sahataan myös 6 tuumaa pienempiä tukkeja. Siirtoa voitaneen pitää käytännössä vähimmäismääränä. On huomattava, että metsien puuston sisältämässä kuusitukkien määrässä tapahtui II:n ja III:n inventoinnin välillä suurempaa lisäystä kuin mäntytukkien määrässä, mikä jatkunee pitkän aikaa samasta syystä kuin mäntypuustosta mainittiin.

Taulukko 2. Puutavaralajeittaisen hakkuusuunnitteen perusteiden muutos.

Puutavaralaji	Hakkuusuunnite Vv. 1951—53	Muutos
1. Tukit yms. (kuoretta)		Siirretään pyöreään pinotavaraan:
Mänty, Kuusi	Vähintään 18′×6″ täyttävät	1/4 III:n laatuluokan mäntytukeista puolet 6-tuumaisista kuusitukeista
Koivu	Vähintään 18′×7″ tai 12′×8″ täyttävät	Ei muutosta; lisäystä koivun vähentämisestä
2. Pyöreä pinotavara (puolipuhtaaksi kuorittuna, puoleksi 1 ja 2 m:n pituus)		
Mänty, Kuusi	Vähin latvaläpimitta kuoren alta 8 cm	Pienennetään 8 cm:stä 5 cm:iin
3. Polttopuu (kuorineen, 1 m:n pituus)		
Havupuut	Vähin latvaläpimitta kuoren päältä 6 cm	Siirretään pyöreään pinotavaraan kuoren alta 8—5 cm paksuiset
»	—»—	Lisätään puolet 6—2 cm paksuisista
Lehtipuut	—»—	—»—
»	—»—	Lisätään lehtipuiden vähentämisestä aiheutuvan lisähakkuun määrä

Pohjoispuoliskon yleisesti vanhoissa ja hidaskasvuisissa kuusimetsissä lisäys on ollut suhteellisen vähäistä.

Esitetynlainen tukkien siirto pyöreän pinotavaran ryhmään voinee olla ja saattaa joissakin osissa maata yleisesti ollakin sekä männyn että kuusen osalla suurempi kuin tässä on oletettu. Ratkaisu riippunee lähinnä siitä, missä määrin puuvanuketeollisuus pystyy kilpailemaan sahateollisuuden kanssa tällaisen puun hinnoissa.

Toinen muutos havupuiden hakkuusuunnitteen rakenteeseen tehdään siten, että pyöreän pinotavaran vähin mitta alennetaan latvapäästä kuoren alta mitattuna 8 cm:stä 5 cm:iin ja siirretään tämän kokoinen puu halkojen ryhmästä pyöreän pinotavaran ryhmään. Todellisuudessa nykyisin käytetäänkin osa 8 cm pienempää puuta, etenkin 1 metriä pitempinä pölkkyinä hankkien, ainespinotavaraksi. Ainespinotavaran tarpeen suuruus ja hankintakustannukset tietenkin lähinnä ratkaisevat, kuinka suuressa määrässä tällainen pienpinotavara voi käyttöä saada. Sen johdosta, että pyöreätä pinotavaraa valmistetaan pääosalta paperipuuna ja sitä pääosalta 1 ja 2 m:n pituisena, esitetään tämän ryhmän hakkuusuunnitetta osoittavat luvut puoleksi 1 m:n ja puoleksi 2 m:n pituutta tarkoittavina.

Seurauksena tästä siirrosta on havupuiden hakkuusuunnitteessa havupuuhalkojen määrän väheneminen. Tämä väheneminen ei ole kuitenkaan

siirron suuruinen, sillä uudessa hakkuusuunnitteessa siirretään kaikkien puulajien kohdalla aiemmin hakkuutähteiksi luetusta 6 cm pienemmästä mutta latvapäästä vähintään 2 cm täyttävästä puusta puolet halkojen ryhmään, jonka nimite erehdysten välttämiseksi muutetaan polttopuuksi. Tämä muutos tehdään siitä syystä, että varsinkin maatalousväestön kotipolttopuussa on mukana paljon tällaista puuta, mikä metsiemme puun käyttöä koskevissa tutkimuksissa sisältyy halkopuuhun, ja myös sen takia että sellaista puuta alkaa tulla suurenevassa määrässä käyttöön hakkeena. Pystyyn kuivuneet puut on jätetty laskelmista pois.

Tiedetään hyvin, että hakkuutähteiksi jää monessa seudussa 6 cm suurempaakin puuta, esim. syrjäisissä valtion metsissä, niin kuin Linnamiehen tutkimuksesta selviää, hyvin paljon [1]). Tässä, samoin kuin hakkuusuunnitteessa muiltakaan osilta, ei ole kuitenkaan, niin kuin jo tämän kirjoituksen alussa sanottiin, kysymys siitä kuinka eri seuduissa nykyisin on asianlaita, minkälaista puuta ja mistä kulloistenkin vaihtelevien menekkiolojen mukaan käyttöön otetaan. Kysymys on siitä, kuinka paljon hakkuusuunnitteen mukaan puuta kaikkiaan ja eri puutavaralajeina on hakattavissa. Mahdolliset vähennykset voidaan tehdä vain paikallisten ja ajallisten olojen kaikinpuolisen tuntemuksen perusteella.

Lopuksi korostettakoon vielä, että tämän kirjoituksen ulkopuolelle jätetään kysymys koivun käytöstä paperipuuksi, samoin kysymys missä määrin lisää paperipuuta kotimaassa voisi olla käytettävissä supistamalla pyöreän pinotavaran ulkomaille vientiä ja vielä edelleen sahateollisuuden jätepuusta saatavan puuvanuketeollisuuden raaka-aineen arvioiminen.

Edellisessä esitetyt muutokset vv. 1951—53 hakkuusuunnitteen perusteissa kerrataan yhdistelmänä taulukossa 2.

Uusi hakkuusuunnite ja sen suhde vv. 1951—53 suunnitteeseen

1. Koko maa sekä etelä- ja pohjoispuolisko

Kokonaismäärä ja vertailu kasvun määrään

Uusi hakkuusuunnite esitetään kuorettomina kiintokuutiometreinä taulukossa 3, johon vertauksen vuoksi on merkitty vv. 1951—53 tulokseksi saatu kasvun määrä sekä myös ilmastollisten ym. kasvutekijäin vaihteluiden mukaisesti tasoitettu kasvu. Täydellä syyllä on korostettu kerta kerran jälkeen, että metsien puuston kasvu on vähän, vain tietyin edellytyksin sopiva vertailukohde metsien käytön, puun poistuman määrän tarkasteluun, toiseksi puoleksi ns. metsätaseisiin. Mainittakoon vain, että syynä tähän on erityisesti puuston rakenteen ja metsänhoidollisen

[1]) Olavi Linnamies, Valtion metsät sekä niiden hoidon ja käytön yleissuunnitelma. Acta forestalia fennica 68.5. Helsinki 1959.

Taulukko 3. Hakkuusuunnite (1.) ja kasvu (2.).

Table 3. Allowable cut (1.) and growth (2.).

Metsänhoitolautakunta *Forestry Board district*	Mänty — *Pine*			Kuusi — *Spruce*			Lehtipuut — *Hardwoods*			Yhteensä — *Total*				
	1.	2.	2 a.	1.	2.	2 b.	1.	1 a.	2.	1.	1 a.	2.	2 a.	(2a b)
	Keskimäärin vuotta kohden milj. k-m³ kuoretta — *Average per year, Mill. solid cu.m. excl. bark*													
1. Ahvenanmaa	0.10	0.10	0.09	0.08	0.08	(0.09)	0.04	0.04	0.02	0.22	0.22	0.20	0.19	(0.20)
2. Helsingin	0.36	0.41	0.38	0.60	0.60	(0.67)	0.16	0.21	0.20	1.12	1.17	1.21	1.18	(1.25)
3. Lounais-Suomen	0.47	0.62	0.58	0.66	0.63	(0.70)	0.24	0.29	0.26	1.37	1.42	1.51	1.47	(1.54)
4. Satakunnan	0.67	0.74	0.69	0.80	0.89	(0.99)	0.30	0.39	0.32	1.77	1.86	1.95	1.90	(2.00)
5. Uudenmaan-Hämeen	0.37	0.44	0.41	1.26	1.25	(1.39)	0.42	0.54	0.48	2.05	2.17	2.17	2.14	(2.28)
6. Pohjois-Hämeen	0.57	0.70	0.65	1.44	1.43	(1.59)	0.39	0.54	0.47	2.40	2.55	2.60	2.55	(2.71)
7. Itä-Hämeen	0.57	0.71	0.66	0.86	0.97	(1.08)	0.71	0.84	0.67	2.14	2.27	2.35	2.30	(2.41)
8. Etelä-Savon	0.92	1.29	1.20	0.70	0.68	(0.75)	0.99	1.36	1.01	2.61	2.98	2.98	2.89	(2.96)
9. Etelä-Karjalan	0.58	0.91	0.85	0.83	0.91	(1.01)	0.55	0.56	0.38	1.96	1.97	2.20	2.14	(2.24)
10. Itä-Savon	0.79	0.87	0.81	0.52	0.49	(0.54)	0.52	0.79	0.67	1.83	2.10	2.03	1.97	(2.02)
11. Pohjois-Karjalan	1.28	1.66	1.54	1.21	1.03	(1.14)	0.95	1.35	1.06	3.44	3.84	3.75	3.63	(3.74)
12. Pohjois-Savon	0.76	0.97	0.90	1.42	1.83	(2.03)	1.07	1.48	1.16	3.25	3.66	3.96	3.89	(4.09)
13. Keski-Suomen	0.94	1.41	1.31	1.52	1.44	(1.60)	1.02	1.32	1.02	3.48	3.78	3.87	3.77	(3.93)
14. Etelä-Pohjanmaan	0.58	0.86	0.80	0.71	0.66	(0.73)	0.28	0.40	0.37	1.57	1.69	1.89	1.83	(1.90)
15. Vaasan	0.23	0.32	0.30	0.55	0.54	(0.60)	0.24	0.30	0.26	1.02	1.08	1.12	1.10	(1.16)
16. Keski-Pohjanmaan	0.45	0.59	0.55	0.33	0.37	(0.41)	0.29	0.43	0.35	1.07	1.21	1.31	1.27	(1.31)
Eteläpuolisko — *South. half*	9.64	12.60	11.72	13.49	13.80	(15.32)	8.17	10.84	8.70	31.30	33.97	35.10	34.22	(35.74)
17. Kainuun	0.78	1.42	1.48	1.73	1.12	(1.34)	0.59	0.68	0.49	3.10	3.19	3.03	3.09	(3.31)
18. Pohjois-Pohjanmaan	0.60	1.05	1.09	0.66	0.59	(0.71)	0.46	0.69	0.61	1.72	1.95	2.25	2.29	(2.41)
19. Koillis-Suomen	1.26	0.96	1.00	0.76	0.57	(0.68)	0.38	0.49	0.35	2.40	2.51	1.88	1.92	(2.03)
20. Lapin	2.18	1.87	1.94	1.26	0.82	(0.98)	1.04	1.30	1.05	4.48	4.74	3.74	3.81	(3.97)
Pohjoispuolisko — *North. half*	4.82	5.30	5.51	4.41	3.10	(3.71)	2.47	3.16	2.50	11.70	12.39	10.90	11.11	(11.72)
Koko maa — *Whole country*	14.46	17.90	17.23	17.90	16.90	(19.03)	10.64	14.00	11.20	43.00	46.36	46.00	45.33	(47.46)

1 a = lehtipuun hakkuusuunnite lisättynä — *The increased cut of hardwood.*
2 a = männyn kasvu ilmasto- ym. kasvutekijäin suhteen tasoitettuna — *Climatically corrected growth of pine.*
2 b = kuusen » » » » » — » » » » *spruce.*

tilan ohella ilmastollisista ym. kasvutekijöistä johtuva puiden kasvun vaihtelu, joka vuodesta toiseen voi kohota useaan kymmeneen sadannekseen. Kun kasvua kuitenkin edelleen hyvin yleisesti käytetään tähän tarkoitukseen, verrataan seuraavassa hakkuusuunnitetta myös kasvun määrään.

Niin kuin aiemmin esitettiin männyn kasvu maan eteläpuoliskon keskiarvona on vähentynyt vv. 1951—53 tulokseksi saadusta korkeasta tasosta vv. 1953—59 lähelle kasvun keskitasoa, joka saadaan kasvun vaihtelu tasoittaen. Hakkuusuunnitteen ja kasvun vertailussa näyttäisi siis nykyisin olevan oikeammin käytettävä keskitason mukaisesti saatua kasvua. Kun pohjoispuoliskon männyn kasvu on edelleen vuosien 1953—59 keskiarvona pysynyt saman verran keskitasoa alempana kuin inventoinnin kasvuntutkimuksen vuosina, ei ole syytä vertailuun käytettävän kasvuluvun muuttamiseen. Kuusen kasvu on aiemman esityksen mukaisesti sekä etelä- että pohjoispuoliskossa ollut vv. 1953—59 jotakuinkin samalla tavalla keskitason alapuolella kuin inventoinnin kasvuntutkimuksen vuosina, joten vertailussa voidaan edelleen käyttää jälkimmäistä. Lehtipuiden osalta vertailuun näyttää myös edelleen soveltuvan vv. 1951—53 tulokseksi saatu kasvun määrä.

Koko maan eri puulajien yhteinen hakkuusuunnite kohoaa suunnitellun lehtipuiden lisähakkuun johdosta 43.00 milj. m^3:stä 46.36 milj. m^3:iin. Hakkuusuunnite on vähän suurempi kuin vv. 1951—53 tulokseksi saatu kasvu 46.00 milj. m^3 ja edelleen vielä jonkin verran suurempi kuin kasvuluku 45.33, johon männyn kasvu sisältyy ilmastollisten ym. kasvutekijäin mukaisesti tasoitettuna, mutta taas pienempi kuin luku 47.46, jossa myös kuusen kasvu on tasoitettuna, mihin ei kuitenkaan riittävää perustetta toistaiseksi näyttäisi olevan.

Maan eteläpuoliskon koko hakkuusuunnite kohoaisi lehtipuiden lisähakkuun johdosta 31.30:stä 33.97 milj. m^3:iin. Uusi luku on vähän pienempi kuin vv. 1951—53 tulokseksi saatu kasvu 35.10 ja suurin piirtein samaa tasoa kuin männyn kasvun oikaistuna käsittävä luku 34.22, mutta taas pienempi kuin myös kuusen kasvun oikaistuna sisältävä luku 35.74, mitä ei vv. 1947—59 kuusen kasvun perusteella olisi syytä vertailuun käyttää.

Pohjoispuoliskon hakkuusuunnite kohoaisi lehtipuiden lisähakkuun johdosta vähän, 11.70:stä 12.39 milj. m^3:iin. Uusi luku on suurempi kuin vv. 1951—53 kasvun luku 10.90 ja myös suurempi kuin 11.11, johon männyn kasvu sisältyy vaihtelut tasoittaen oikaistuna, sekä samoin suurempi kuin 11.72, jossa kuusenkin kasvu olisi oikaistuna.

Sen sijaan, että koko maan vv. 1951—53 hakkuusuunnitteesta oli mäntyä 33.6 %, kuusta 41.6 % ja lehtipuita 24.8 %, ovat sadannekset uudesta suunnitteesta laskettuina vastaavasti 31.2 %, 38.6 % ja 30.2 %. Muutos on lehtipuiden enemmyyden takia suurempi etelä- kuin pohjoispuoliskossa. Eteläpuoliskossa varhemmat sadannekset ovat: mänty 30.8, kuusi 43.1,

lehtipuut 26.1 ja uudet 28.4, 39.7, 31.9 sekä pohjoispuoliskossa varhemmat 41.2, 37.7, 21.1 ja uudet 38.9, 35.6, 25.5.

Sen johdosta, että hakkuusuunnitteen kokonaismäärän pääasiallinen muutos johtuu suunnitellusta koivun vähentämisestä, esitetään koivun uusi suunnite laskelmien hahmottelemana kaikille neljälle vuosikymmenelle ja vielä seuraavallekin taulukossa 4. Jo II:n 10-vuotiskauden luvut ovat epävarmemmat kuin I:n, ja II:n 10-vuotiskauden jälkeen epävarmuus suurenee, niin kuin aina tällaisissa pitkälle tulevaisuuteen ulottuvissa laskelmissa, perusteiden lisääntyvän epävarmuuden takia. Muistettava on, ettei taulukon lukuihin sisälly nousevasta uudesta koivusta aiheutuvaa hakkuusuunnitteen lisäystä, mikä myöhemmillä vuosikymmenillä voi kohota huomattavaksi. Lepän ja huonolaatuisen haavan lisähakkuusta aiheutuva lisäys hakkuusuunnitteen kokonaismäärään on n. 0.63 milj. k-m³ kuoretta eli vain n. 18 % lehtipuiden kokonaismäärän lisäyksestä.

Taulukko 4. Suunnitellusta koivun vähentämisestä aiheutuva koivun hakkuusuunnitteen muutos.

Table 4. Calculated change of the outlined cut aiming at the reduction of birch.

Metsänhoitolautakunta *Forestry Board district*	Koivun hakkuusuunnite — *Outlined cut of birch*					
	Varhempi (1951—53) *The former (1951—53)*	Uusi — *New*				
		10-vuotiskausi — *10-year period*				
		I	II	III	IV	V
	milj. m³ kuoretta — *Mill. cu. m. excl. bark*					
Ahvenanmaa	0.02	(0.03)	(0.03)	(0.02)	(0.02)	(0.02)
Helsingin	0.15	0.18	0.18	0.17	0.16	0.09
Lounais-Suomen	0.21	0.25	0.25	0.23	0.22	0.12
Satakunnan	0.25	0.33	0.31	0.28	0.26	0.16
Uudenmaan-Hämeen	0.32	0.41	0.40	0.38	0.33	0.18
Pohjois-Hämeen	0.34	0.45	0.42	0.41	0.38	0.21
Itä-Hämeen	0.60	0.70	0.70	0.68	0.66	0.34
Etelä-Savon	0.85	1.17	1.11	1.00	0.96	0.43
Etelä-Karjalan	0.39	0.40	0.40	0.38	0.33	0.27
Itä-Savon	0.43	0.67	0.63	0.62	0.60	0.25
Pohjois-Karjalan	0.81	1.07	1.05	0.99	0.93	0.50
Pohjois-Savon	0.89	1.21	1.17	1.14	1.09	0.48
Keski-Suomen	0.88	1.14	1.12	1.06	0.99	0.45
Etelä-Pohjanmaan	0.23	0.33	0.31	0.31	0.31	0.13
Vaasan	0.18	0.21	0.21	0.21	0.20	0.11
Keski-Pohjanmaan	0.21	0.32	0.31	0.31	0.31	0.15
Kainuun	0.53	0.61	0.60	0.58	0.55	0.36
Pohjois-Pohjanmaan	0.37	0.58	0.54	0.54	0.52	0.21
Koillis-Suomen	0.37	0.47	0.46	0.45	0.43	0.23
Lapin	0.99	1.22	1.24	1.24	1.20	0.60
Eteläpuolisko — *Southern half*	6.76	8.87	8.60	8.19	7.75	3.89
Pohjois » — *Northern* »	2.26	2.88	2.84	2.81	2.70	1.40
Koko maa — *Whole country*	9.02	11.75	11.44	11.00	10.45	5.29

Puutavaralajit

Yleisimmin tehtäviksi puutavaralajeiksi arvioituna koko maan metsien hakkuusuunnitteesta on havupuutukkeja 22.6 % varhemman suunnitteen 30.9 %:n asemesta ja koivutukkeja 4.4 % entisen 3.9 %:n asemesta. Pyöreän pinotavaran sadannesosuus suurenee 32.7:stä 40.4:ään, erikseen männyn 12.2:sta 15.1:een ja kuusen 20.5:stä 25.3:een. Polttopuun sadannes on ennallaan, varhemmin 32.5 ja nyt 32.6. Lehtipuisen polttopuun sadannes kohoaa kuitenkin 17.8:sta 24.2:een, mutta havupuisen pienenee 14.7:stä 8.4:ään.

Jakaantuminen on huomattavassa määrässä erilainen maan etelä- ja pohjoispuoliskoissa. Eteläpuoliskossa on havupuutukkien osuus 21.9 %, ja koivutukkien 5.6 %, pyöreän pinotavaran 39.4 % — männyn 13.5, kuusen 25.9 % — ja polttopuun 33.1 % sekä pohjoispuoliskossa vastaavasti 24.5 ja 1.0 %, 43.1 % — männyn 19.6, kuusen 23.5 % — ja polttopuun 31.4 %.

Uuden hakkuusuunnitteen ja vertailua varten vv. 1951—53 hakkuusuunnitteen puutavaralajeittaiset määrät nähdään taulukosta 5. Etelä- ja pohjoispuoliskon rajan muodostavat tässä Pohjois-Pohjanmaan ja Kainuun metsänhoitolautakuntien toiminta-alueiden etelärajat. Määrien lisäksi esitetään sadannesluvut, jotka osoittavat siirtojen ja lisäysten aiheuttamia muutoksia entiseen hakkuusuunnitteeseen verrattuina.

Koko maan metsien hakkuusuunnitteessa mäntytukkien määrä pienenee pyöreän pinotavaran ryhmään tehdyn siirron johdosta varhemmasta määrästään 15 % ja kuusitukkien 17 %. Vaneritukkien määrä taas suurenee 27 %. Vähennys on sadanneksina männyn osalla vähän suurempi pohjoiskuin eteläpuoliskossa ja kuusen osalla päinvastoin. Tämä johtuu siitä, että III:n laatuluokan osuus mäntytukkien kokonaismäärästä on pohjoispuoliskossa suurempi kuin eteläpuoliskossa ja pienten kuusitukkien osuus kuusitukkien kokonaismäärästä taas pohjoispuoliskossa pienempi kuin eteläpuoliskossa. Pohjoispuoliskon pieneen vaneritukkien määrään ei ole tullut lisähakkuun laskelmassa sellaista suurenemista, että se näkyisi luvun ensimmäisessä desimaalissa.

Metsäteollisuutemme nykyisin ajankohtaisimman kehittämisen, puuvanuketeollisuuden laajentamisen kannalta on taulukossa tärkeimpänä tuloksena, että pyöreän pinotavaran hakkuusuunnite esitetyin toimenpitein on lisättävissä n. 7 milj. p-m³, sekä männyn että kuusen entiseen suunnitteeseen verrattuna 41 %. Lisäyksestä maan eteläpuolisko käsittää 76 % ja pohjoispuolisko 24 %. Määrästä on kuusta 62 % ja mäntyä 38 %. Kuusesta on eteläpuoliskon osalla 79 % ja pohjoispuoliskon 21 % sekä männystä eteläpuoliskossa 70 % ja pohjoispuoliskossa 30 %. Eteläpuoliskon metsien paljon suurempi kuusivaltaisuus ja pohjoispuoliskon mäntyvaltaisuus kuvastuu sadanneksissa.

Lukujen suhteen on muistettava, niin kuin jo aiemmin sanottiin, ettei kaikki pyöreän pinotavaran kokoinen puu tule puuvanuketeollisuuden raaka-aineeksi eikä myös kaikki tukkien kokoinen puu sahateollisuuteen, vaan osa menee myös muihin käyttötarkoituksiin. Aivan erityisesti on vielä korostettava, että lukujen osoittama pyöreän pinotavaran lisäys on mahdollinen vain aiemmin esitetyin edellytyksin: siirtäen osa laadultaan heikoimmista mäntytukeista ja pienimmistä kuusitukeista pyöreän pinotavaran ryhmään ja ulottaen yleisesti paperipuun vähin mitta kuoren alta 8 cm:stä 5 cm:iin. Edelleen on vielä korostettava, että ainespinotavaraksi soveltuvan puun määrä voi kohota paljon sitä mukaa kuin siihen lisääntyvästi hyväksytään koivua.

Taulukosta 5 ilmenee edelleen mielenkiintoa herättävästi, että uuden hakkuusuunnitteen polttopuun määrä on huomattavasti, 19 %, suurempi kuin vv. 1951—53 suunnitteen halkopuun määrä, vaikka melkoinen osa mänty- ja kuusihalkopuun määristä on siirretty pyöreän pinotavaran ryhmään. Siirrosta aiheutuvan vähennyksen peittävät lehtipuiden lisähakkuusta ja aiemmin mainitusta 6—2 cm:n paksuisen puun puolesta osasta tulevat polttopuun määrät. Polttopuun lisäys on maan eteläpuoliskossa paljon yleisemmistä nuorehkoista metsistä johtuen suurempi kuin pohjoispuoliskossa.

Hakkuusuunnitteen polttopuun lisäyksen suhteen on kertaavasti korostettava laskelman edellytykset: lehtipuiden vähentämiseen tähtäävän lisähakkuun käytännöllinen mahdollisuus ja polttopuuksi luetun puun yleisen käyttöön oton toteuttaminen pieneen mittaan saakka. Molempien edellytysten täyttäminen on vaikeata, mutta se on myös järkevän metsänhoidon ehto, sillä tällaisen puun huomattavia kustannuksia vaativaa kaatamista kasvatushakkuissa, vieläpä varjossa kituvan taimikon päältäkin, vain maahan lahoamaan ei pääosassa metsiämme voida saada toteutetuksi.

Metsänhoitolautakuntien toiminta-alueittain

Uuden hakkuusuunnitteen laskenta on tehty kaikilta osiltaan metsänhoitolautakuntien toiminta-alueittain. Suunnitteen laskennan yleiset perusajatukset olivat kaikissa alueissa samanlaiset. Lehtipuiden suhteen oli kuitenkin alueittain huomattavaa eroa lähtökohdan erilaisuuden takia: lehtipuu-, erityisesti koivuvaltaisten metsien ala ja osuus erilaisista metsämaista, ikäsuhteet, koivun osuus puuston kuutiomäärästä, varhemman hakkuusuunnitteen suhde kasvun määrään jne. Alueittaiset laskelmat varsin laajoina on tässä sivuutettava. Samasta syystä jätetään tekemättä kunkin alueen tulosten ja muutosten sekä syiden yksityiskohtainen tarkastelu. Kuitenkin esitetään lyhyesti eräitä näkökohtia, jotka voivat olla taulukoita 3 ja 5 selventäviä.

Taulukossa 3 männyn ja kuusen hakkuusuunnitteiden kokonaismäärät ovat samat kuin metsänhoitolautakuntien toiminta-alueittain varhemmin. Lehtipuiden hakkuusuunnitteiden lisäykset ovat edellisessä mainituista syistä sekä määrällisinä että sadanneksina alueittain erilaisia. Koivun hakkuusuunnitteen lisäys on keskimäärää paljon suurempi Sisä-Suomen järvialuetta käsittävissä Etelä-, Itä- ja Pohjois-Savon sekä Pohjois-Karjalan ja Keski-Suomen alueissa. Itä-Hämeessä lisäykseen vaikuttaa vähentävästi se, että koivun varhempi hakkuusuunnite oli tuntuvasti kasvun määrää suurempi, ja Pohjois-Hämeessä koivun edellisiin alueisiin verrattuna vähäinen määrä. Vielä lisäys on suuri laajoissa, suhteellisesti paljon heikkolaatuista koivua käsittävissä Lapin ja Pohjois-Pohjanmaan alueissa. Viimeksi mainitussa myös siitä syystä, että varhempi koivun hakkuusuunnite oli kasvuun verrattuna pieni.

Kasvua osoittavat luvut on merkitty taulukkoon 3 vv. 1951—53 tulokseksi saatuina kasvun määrinä. Männyn kasvulukujen rinnalla ovat ilmastollisten ym. kasvutekijäin vaihteluiden mukaisesti tasoitetut luvut, jotka lähinnä vertailuihin soveltuvat. Ne on laskettu eteläpuoliskon alueille eteläpuoliskon ja pohjoispuoliskon alueille pohjoispuoliskon keskimääräisen kasvuindeksin perusteella. Myös kuusen vv. 1951—53 kasvulukujen rinnalla ovat kasvuindeksin perusteella oikaistut keskitasoiset kasvuluvt. Tässäkin on kuitenkin huomattava, että kuusen kasvu on ollut, niin kuin aiemmin on esitetty, vv. 1953—59 edelleen samalla keskimääräistä alemmalla tasolla kuin vuosien 1951—53 kasvunlaskennan vuosina, joten oikaistuihin lukuihin on vielä nyt suhtauduttava varovasti. Hakkuusuunnitteita ja vastaavia kasvulukuja keskenään vertaamalla voidaan päätellä, missä alueissa todennäköisesti syntyy kasvun säästöä ja hakkuusuunnitetta voidaan lisätä, jos halutaan kohottaa se kasvun määrään ja luovutaan puuston sekä siitä paljon riippuvaisen kasvun kartuttamisesta.

Puutavaralajeina lasketun hakkuusuunnitteen muutokset ovat eri alueissa osaksi melkoisen samantapaisia, osaksi taas esiintyy huomattavaa erilaisuutta.

Hakkuusuunnitteen mänty- ja kuusitukkien vähennystä osoittavissa sadanneksissa kuvastuvat III:n laatuluokan mäntytukkien ja 6-tuumaisten kuusitukkien osuudet mänty- ja kuusitukkien kokonaismääristä. Alueittainen vaihtelu ei ole varsin suuri kummassakaan suhteessa: mäntytukkien vähennys on 12—19 %:n ja kuusitukkien 13—22 %:n rajoissa. Mäntytukkien siirto pyöreän pinotavaran ryhmään on suhteellisesti suurin Pohjois-Pohjanmaan ja Lapin alueissa, joista edellisessä 63.6 % ja jälkimmäisessä 62.4 % mäntytukkien kokonaismäärästä on luettu laatuluokituksessa III:een luokkaan. Kuusitukkien siirto on suhteellisesti suurin Pohjanmaan alueissa, joissa 6-tuumaisten osuus kuusitukkien kokonaismäärästä on 37—39 %. Koivutukkien lisäys on pääasiallisesti niiden alueiden osalla, joissa koivu-

Taulukko 5. Varhempi ja uusi hakkuusuunnite.

Table 5. The earlier and the new allowable cut.

(— = vähennys — *decrease*, + = lisäys — *increase*)

Metsänhoitolautakunta *Forestry Board district*	Hakkuusuunnite *Allowable cut*	Mänty- *Pine*	Kuusi- *Spruce*	Koivu- *Birch*	Mänty *Pine*	Kuusi *Spruce*	Mänty- *Pine*	Kuusi- *Spruce*	Lehtipuu- *Hardwood*	Yhteensä *Total*
		tukit, milj. kj. kuoretta *logs, Mill. cu. ft. excl. bark*			pyöreä pinotavara milj. p-m³, puolipuht. kuorittuna *round cordwood Mill. cu. ft. piled, halfbarked*		polttopuu, milj. p-m³ kuorineen *fuelwood, Mill. cu. m. piled, incl. bark*			
		keskimäärin vuotta kohden — *average per year*								
1. Ahvenanmaa	1951—53	1.3	0.9	0.2	0.04	0.06	0.01	0.03	0.05	0.09
	Uusi — *New*	1.1	0.7	0.2	0.05	0.07	0.01	0.02	0.07	0.10
	Muutos — *Change*, %	— 15	— 18	0	+ 25	+ 17	0	— 33	+ 40	+ 10
2. Helsingin	1951—53	4.7	6.6	1.2	0.17	0.32	0.08	0.20	0.16	0.44
	Uusi	4.0	5.5	1.4	0.26	0.49	0.06	0.15	0.27	0.48
	Muutos, %	— 15	— 17	+ 17	+ 53	+ 53	— 25	— 25	+ 69	+ 9
3. Lounais-Suomen	1951—53	6.1	5.3	0.6	0.25	0.40	0.09	0.27	0.27	0.63
	Uusi	5.1	4.4	0.6	0.36	0.60	0.06	0.17	0.42	0.65
	Muutos, %	— 16	— 17	0	+ 44	+ 50	— 33	— 37	+ 56	+ 3
4. Satakunnan	1951—53	8.5	7.7	1.8	0.30	0.48	0.15	0.26	0.34	0.75
	Uusi	7.3	6.2	2.2	0.43	0.70	0.12	0.18	0.53	0.83
	Muutos, %	— 14	— 19	+ 22	+ 43	+ 46	— 20	— 31	+ 56	+ 11
5. Uudenmaan-Hämeen	1951—53	4.4	12.0	3.2	0.19	0.70	0.07	0.39	0.41	0.87
	Uusi	3.6	10.1	3.8	0.28	1.03	0.05	0.26	0.70	1.01
	Muutos, %	— 18	— 16	+ 19	+ 47	+ 47	— 28	— 33	+ 71	+ 16
6. Pohjois-Hämeen	1951—53	6.8	10.8	0.8	0.24	0.89	0.15	0.57	0.48	1.20
	Uusi	5.9	8.9	1.0	0.35	1.31	0.12	0.37	0.81	1.30
	Muutos, %	— 13	— 18	+ 25	+ 46	+ 47	— 20	— 35	+ 69	+ 8
7. Itä-Hämeen	1951—53	7.9	8.7	3.5	0.21	0.48	0.12	0.26	0.87	1.25
	Uusi	6.8	7.4	4.2	0.33	0.68	0.09	0.19	1.23	1.51
	Muutos, %	— 14	— 15	+ 20	+ 57	+ 42	— 25	— 27	+ 41	+ 21
8. Etelä-Savon	1951—53	10.8	6.3	4.0	0.37	0.36	0.19	0.23	1.13	1.55
	Uusi	9.0	5.3	5.6	0.54	0.55	0.13	0.15	1.76	2.04
	Muutos, %	— 17	— 16	+ 40	+ 46	+ 53	— 32	— 35	+ 56	+ 32
9. Etelä-Karjalan	1951—53	7.5	5.9	3.3	0.24	0.50	0.13	0.40	0.60	1.13
	Uusi	6.5	4.8	3.4	0.37	0.77	0.08	0.26	0.70	1.04
	Muutos, %	— 13	— 19	+ 3	+ 54	+ 54	— 38	— 35	+ 17	— 8
10. Itä-Savon	1951—53	9.3	4.6	2.1	0.30	0.34	0.17	0.15	0.58	0.90
	Uusi	8.0	3.8	3.4	0.46	0.45	0.11	0.10	1.08	1.29
	Muutos, %	— 14	— 17	+ 62	+ 53	+ 32	— 35	— 33	+ 86	+ 43
11. Pohjois-Karjalan	1951—53	15.5	7.2	3.5	0.53	0.77	0.26	0.54	1.16	1.96
	Uusi	13.6	6.1	5.0	0.77	1.07	0.17	0.40	1.91	2.48
	Muutos, %	— 12	— 15	+ 43	+ 45	+ 39	— 35	— 26	+ 65	+ 26

Taulukko 5. (Jatk.)
Table 5. (Cont.)

Metsänhoitolautakunta *Forestry Board district*	Hakkuusuunnite *Allowable cut*	Mänty- *Pine*	Kuusi- *Spruce*	Koivu- *Birch*	Mänty *Pine*	Kuusi *Spruce*	Mänty- *Pine*	Kuusi- *Spruce*	Lehtipuu- *Hardwood*	Yhteensä *Total*
		tukit, milj. kj. kuoretta *logs, Mill. cu. ft. excl. bark*			pyöreä pinotavara milj. p-m³, puolipuht. kuorittuna *round cordwood Mill. cu. ft. piled, halfbarked*		polttopuu, milj. p-m³ kuorineen *fuelwood, Mill. cu. m. piled, incl. bark*			
		keskimäärin vuotta kohden — *average per year*								
12. Pohjois-Savon	1951—53	9.5	7.4	3.8	0.34	1.02	0.16	0.71	1.29	2.16
	Uusi	8.1	6.3	5.4	0.49	1.37	0.11	0.54	2.17	2.82
	Muutos, %	— 15	— 15	+ 42	+ 44	+ 34	— 31	— 24	+ 68	+ 30
13. Keski-Suomen	1951—53	8.0	7.3	3.9	0.50	0.99	0.28	0.76	1.10	2.14
	Uusi	6.8	5.9	5.3	0.68	1.38	0.20	0.57	1.77	2.54
	Muutos, %	— 15	— 19	+ 36	+ 36	+ 39	— 28	— 25	+ 61	+ 19
14. Etelä-Pohjanmaan	1951—53	4.6	4.0	0.2	0.34	0.47	0.21	0.31	0.35	0.87
	Uusi	4.0	3.2	0.2	0.47	0.69	0.15	0.21	0.61	0.97
	Muutos, %	— 13	— 20	0	+ 38	+ 47	— 28	— 32	+ 74	+ 11
15. Vaasan	1951—53	2.4	3.6	0.3	0.13	0.36	0.08	0.25	0.31	0.64
	Uusi	2.1	2.8	0.3	0.18	0.52	0.06	0.18	0.46	0.70
	Muutos, %	— 12	— 22	0	+ 38	+ 44	— 25	— 28	+ 48	+ 9
16. Keski-Pohjanmaan	1951—53	3.6	1.5	0.3	0.28	0.22	0.16	0.20	0.38	0.74
	Uusi	3.1	1.2	0.3	0.37	0.34	0.13	0.14	0.65	0.92
	Muutos, %	— 14	— 20	0	+ 32	+ 54	— 19	— 30	+ 71	+ 24
17. Kainuun	1951—53	10.5	13.1	1.1	0.30	1.00	0.15	0.67	0.70	1.52
	Uusi	9.0	10.9	1.1	0.46	1.38	0.09	0.52	0.98	1.59
	Muutos, %	— 14	— 17	0	+ 53	+ 38	— 40	— 22	+ 40	+ 5
18. Pohjois-Pohjanmaan	1951—53	5.2	4.2	0.6	0.27	0.32	0.19	0.33	0.54	1.06
	Uusi	4.2	3.5	0.6	0.41	0.52	0.14	0.20	1.03	1.37
	Muutos, %	— 19	— 17	0	+ 52	+ 62	— 26	— 39	+ 91	+ 29
19. Koillis-Suomen	1951—53	12.7	5.9	0.3	0.72	0.55	0.19	0.23	0.52	0.94
	Uusi	10.6	5.1	0.3	0.90	0.69	0.14	0.19	0.79	1.12
	Muutos, %	— 16	— 13	0	+ 25	+ 25	— 26	— 17	+ 52	+ 19
20. Lapin	1951—53	22.2	8.1	0.7	1.07	0.95	0.39	0.49	1.40	2.28
	Uusi	18.2	6.9	0.7	1.44	1.19	0.28	0.40	2.06	2.74
	Muutos, %	— 18	— 15	0	+ 34	+ 25	— 28	— 18	+ 47	+ 20
Suomen eteläpuolisko *Southern half of Finland*	1951—53	110.9	99.8	32.7	4.43	8.36	2.31	5.53	9.48	17.32
	Uusi — *New*	95.0	82.6	42.3	6.39	12.02	1.65	3.89	15.14	20.68
	Muutos — *Change* %	— 14	— 17	+ 29	+ 44	+ 44	— 28	— 30	+ 60	+ 19
Suomen pohjoispuolisko *Northern half of Finland*	1951—53	50.6	31.3	2.7	2.36	2.82	0.92	1.72	3.16	5.80
	Uusi — *New*	42.0	26.4	2.7	3.21	3.78	0.65	1.31	4.86	6.82
	Muutos — *Change* %	— 17	— 16	0	+ 36	+ 34	— 29	— 24	+ 54	+ 17
Koko maa *Whole country*	1951—53	161.5	131.1	35.4	6.79	11.18	3.23	7.25	12.64	23.12
	Uusi — *New*	137.0	109.0	45.0	9.60	15.80	2.30	5.20	20.00	27.50
	Muutos — *Change* %	— 15	— 17	+ 27	+ 41	+ 41	— 29	— 28	+ 58	+ 19

valtaisia metsiä on suhteellisesti enimmin. Koko lisäyksestä Etelä-, Itä- ja Pohjois-Savon ynnä Pohjois-Karjalan alueet yhteisesti käsittävät 62 % ja vielä Keski-Suomi mukaan luettuna 77 %. Näissä alueissa lisäys on myös sadanneksina paljon suurempi kuin muissa alueissa.

Tukeista ja varhemmasta halkojen ryhmästä pyöreään pinotavaraan tehdyt siirrot merkitsevät kaikissa alueissa tässä ryhmässä suurta lisäystä. Sekä mänty- että kuusipinotavaran lisäys on vain muutamassa alueessa alle 40 %, eräissä taas jopa yli 50 %. Kuusen määrällinen lisäys on yleensä hyvin huomattavasti suurempi kuin männyn. Vain Itä-Savon, Koillis-Suomen ja Lapin alueissa männyn lisäys on määrällisesti, mutta useassa alueessa sadanneksina suurempi.

Uuden hakkuusuunnitteen polttopuun määrä on miltei kaikissa alueissa huomattavasti varhemman suunnitteen määrää suurempi. Vaikuttavimpana syynä tähän on suunniteltu koivun lisähakkuu, sen rinnalla eräissä alueissa tuntuvasti myös lepän ja huonolaatuisen haavan lisähakkuu sekä kaikissa alueissa edelleen 6 cm pienemmän puun puolen määrän ottaminen huomioon polttopuuna. Nämä yhteisesti peittävät ja enimmissä alueissa paljon ylittävät sen siirron, joka on tehty mänty- ja kuusipolttopuusta pyöreän pinotavaran ryhmään.

Mainittu siirto vaihtelee männyn osalta metsänhoitolautakuntien alueittain 0.03—0.12 milj. p-m³:n välillä, pienin on Vaasan ja suurin Pohjois-Karjalan alueen luku. 6—2 cm:n paksuisista polttopuuhun tullut lisä vaihtelee 0.01—0.04 milj. p-m³:n välillä, eikä se voi läheskään peittää sitä vähenemistä mäntypolttopuun määrässä, joka aiheutuu 8—5 cm:n läpimittaisen mäntyhalkopuun siirrosta pyöreään mäntypinotavaraan. Mäntypolttopuun määrä on tästä syystä alueittain vaihdellen 19—40 % pienempi kuin mäntyhalkopuun määrä varhemmassa hakkuusuunnitteessa.

Asianlaita on samanlainen kuusipolttopuun osalta. Sen johdosta että pientä kuusta on metsissä nykyisin yleisesti paljon enemmän kuin pientä mäntyä, on 8—5 cm:n läpimittaisen kuusihalkopuun siirto pyöreän pinotavaran ryhmään ja vastaava siirto pienimmästä puusta polttopuuhun useimmissa alueissa paljon suurempi kuin vastaava mäntypuun siirto. Edellinen vaihtelee alueittain 0.06—0.29 milj. p-m³:n välillä, pienimmät ovat Itä-Savon ja Koillis-Suomen, suurimmat Pohjois-Hämeen ja Keski-Suomen luvut. 6—2 cm:n paksuisesta polttopuuhun tullut lisä vaihtelee 0.01—0.10 milj. p-m³:n välillä eikä ole voinut läheskään peittää edellistä siirtoa. Sadanneksina ilmaistu vähennys kuusipolttopuun määrässä varhempaan kuusihalkojen määrään verrattuna vaihtelee 17—39 %:n välillä.

Uudessa hakkuusuunnitteessa lehtipuisen polttopuun määrä on kaikissa alueissa paljon suurempi kuin lehtipuisten halkojen määrä varhemmassa hakkuusuunnitteessa. Se on yleisesti vähintään n. 40 % ja monessa alueessa paljon tätäkin suurempi. Etelä-Karjalan alueen pieni sadannes 17 johtuu

siitä, että siellä jo vv. 1951—53 koivun hakkuusuunnite oli 30 % kasvun määrää suurempi. Samasta syystä johtuu, että Itä-Hämeen ja Kainuun sadannekset jäävät 40:n vaiheille. Eräissä alueissa, etenkin Itä-Savossa ja Pohjanmaan alueissa lisäyssadannes on erityisen suuri sen johdosta, että koivun varhempi hakkuusuunnite oli koivun kasvun määrää huomattavasti pienempi.

Lehtipuisen polttopuun hakkuusuunnitteen lisäyksestä on koko maassa 82 % koivua ja 18 % leppää ja haapaa. Viimeksi mainittujen puulajien lisäys on suurin Pohjois-Karjalassa ja Pohjois-Savossa, joissa leppää on enimmin, mutta lisäys ei ole enempää kuin edellisessä 30 % ja jälkimmäisessä 20 % lehtipuisen polttopuun koko lisäyksestä.

Tarkasteltaessa taulukon 4 lukujen perusteella alueittain koivun hakkuusuunnitetta I:n ja varsinkin II:n 10-vuotiskauden jälkeen on muistettava, mitä jo aiemmin on sanottu tällaisten lukujen epävarmuudesta.

Päävesistöalueittain

Päävesistöalueittain lasketut hakkuusuunnitteen luvut ovat jonkin verran suurpiirteisempiä kuin metsänhoitolautakunnittaiset luvut. Tämä johtuu siitä, että kaikkia työläimpiä laskelmia ei ole tehty täydellisesti toiseen kertaan vaan tarkoin kaikkia vaikuttavia tekijöitä harkiten on käytetty osaksi apuna metsänhoitolautakuntien alueille suoritettuja laskelmia. Viimeksi mainittujen tuloksiin verrattuna näin saaduissa luvuissa kuitenkaan ei ole yleensä suurempaa epävarmuutta kuin tukkien ensimmäisessä sekä pyöreän pinotavaran ja polttopuun toisessa desimaalissa.

Uuden hakkuusuunnitteen luvut k u o r e t t o m i n a k i i n t o k u u t i o m e t r e i n ä nähdään taulukosta 6, jossa männyn ja kuusen suunnitteet ovat jälleen varhemman mukaiset mutta lehtipuiden suunnitteet lisähakkuun määrillä suurennetut. Lisäykset ovat samoista syistä kuin metsänhoitolautakunnittain myös vesistöalueittain sekä määrällisinä että sadanneksina vaihtelevia. Ne ovat suurimmat Saimaan ja Päijänteen vesistöalueissa sekä Pohjanmaan alueissa. Taulukkoon on merkitty myös kasvun määrää osoittavat luvut samalla tavalla kuin metsänhoitolautakuntien taulukkoon. Niiden suhteen on huomattava sama kuin aiemmin esitettiin näistä luvuista koko maan ja metsänhoitolautakuntien määrinä.

P u u t a v a r a l a j e i k s i laskettuna uusi hakkuusuunnite esitetään taulukossa 7.

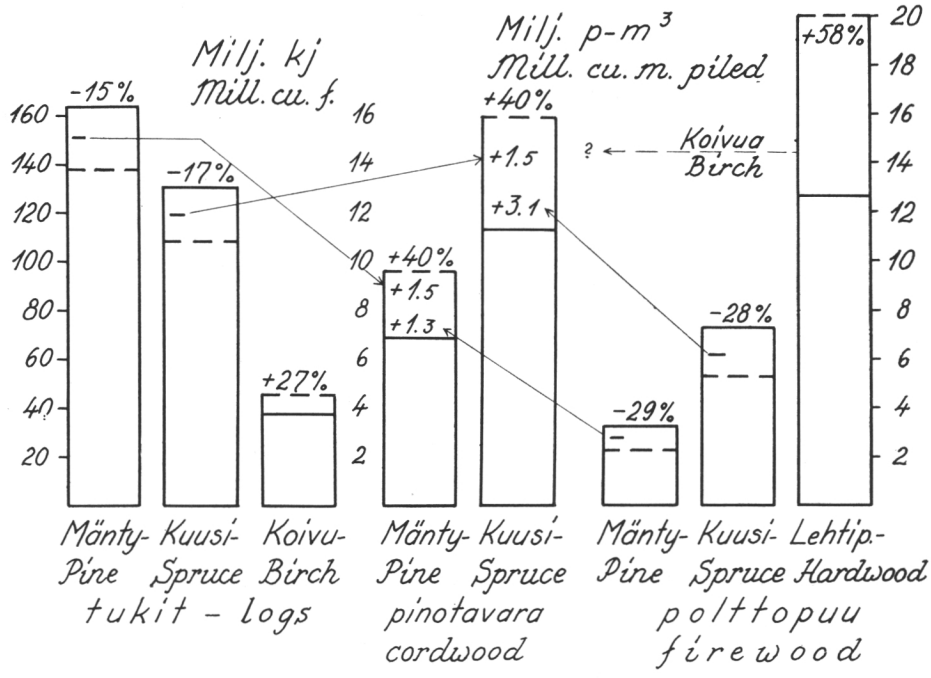
Muutos havupuutukkien määrässä vaihtelee sadanneksina laskettuna alueittain verraten vähän. Se on mäntytukkien osalla huomattavin pohjoisimmissa alueissa, joissa III:n laatuluokan osuus mäntytukkien kokonaismäärästä on suurin. Kuusitukkien osalla muutos on suurin Pohjanmaan ja edelleen Tornio-Muoniojokien alueissa, joissa pienikokoiset tukit ovat

Taulukko 6. Hakkuusuunnite (1.) ja kasvu (2.).

Table 6. Allowable cut (1.) and growth (2.).

Vesistöalue *Water system area*	Mänty — *Pine*			Kuusi — *Spruce*			Lehtipuut — *Hardwoods*			Yhteensä — *Total*				
	1.	2.	2 a.	1.	2.	2 b.	1.	1 a.	2.	1.	1 a.	2.	2 a.	(2a b)
	Keskimäärin vuotta kohden milj. k-m³ kuoretta — *Average per year, Mill. solid cu.m. excl. bark*													
1. Ahvenanmaa	0.10	0.10	0.09	0.08	0.08	0.09	0.04	0.04	0.02	0.22	0.22	0.20	0.19	(0.20)
2. Lounaisen rannikon	0.71	0.91	0.85	0.85	0.87	0.96	0.34	0.41	0.36	1.90	1.97	2.14	2.08	2.17
3. Eteläisen rannikon	0.63	0.80	0.74	1.94	2.03	2.25	0.59	0.70	0.57	3.16	3.27	3.40	3.34	3.56
4. Kokemäenjoen läntinen	0.98	1.15	1.07	1.95	1.90	2.11	0.55	0.70	0.64	3.48	3.63	3.69	3.61	3.82
5. Kokemäenjoen itäinen	0.42	0.54	0.50	1.15	1.07	1.19	0.38	0.50	0.46	1.95	2.07	2.07	2.03	2.15
6. Päijänteen eteläinen	1.12	1.59	1.48	1.15	1.38	1.53	1.54	1.98	1.45	3.81	4.25	4.42	4.31	4.46
7. Päijänteen pohjoinen	0.83	1.27	1.18	1.38	1.33	1.48	0.93	1.25	1.04	3.14	3.46	3.64	3.55	3.70
8. Saimaan eteläinen	1.83	2.33	2.17	1.17	1.19	1.32	1.34	1.91	1.51	4.34	4.91	5.03	4.87	5.00
9. Saimaan pohjoinen	0.69	0.79	0.73	1.21	1.55	1.72	0.91	1.26	0.97	2.81	3.16	3.31	3.25	3.42
10. Pielisen	1.04	1.19	1.11	1.18	0.77	0.85	0.68	0.86	0.69	2.90	3.08	2.65	2.57	2.65
11. Pohjanmaan eteläinen	0.80	1.07	0.99	1.01	1.12	1.24	0.52	0.70	0.53	2.33	2.51	2.72	2.64	2.76
12. Pohjanmaan pohjoinen	0.78	1.18	1.15	0.68	0.76	0.87	0.54	0.86	0.75	2.00	2.32	2.69	2.66	2.77
13. Oulujoen	0.78	1.39	1.45	1.55	1.00	1.20	0.57	0.67	0.49	2.90	3.00	2.88	2.94	3.14
14. Simo—Ii—Kiiminkijokien	0.82	1.10	1.14	0.94	0.78	0.94	0.53	0.68	0.49	2.29	2.44	2.37	2.41	2.57
15. Tornio—Muoniojokien	0.33	0.37	0.38	0.18	0.14	0.17	0.17	0.25	0.20	0.68	0.76	0.71	0.72	0.75
16. Kemijoen läntinen	0.71	0.76	0.79	0.63	0.46	0.55	0.47	0.57	0.45	1.81	1.91	1.67	1.70	1.79
17. Kemijoen itäinen	0.98	0.78	0.81	0.67	0.40	0.48	0.35	0.46	0.36	2.00	2.11	1.54	1.57	1.65
18. Jäämeren	0.91	0.58	0.60	0.18	0.07	0.08	0.19	0.20	0.22	1.28	1.29	0.87	0.89	0.90
Koko maa — *Whole country*	14.46	17.90	17.23	17.90	16.90	(19.03)	10.64	14.00	11.20	43.00	46.36	46.00	45.33	(47.46)

1 a = lehtipuun hakkuusuunnite lisättynä — *The increased cut of hardwood.*
2 a = männyn kasvu ilmasto- ym. kasvutekijäin suhteen tasoitettuna — *Climatically corrected growth of pine.*
2 b = kuusen » » » » » — » » » » *spruce.*

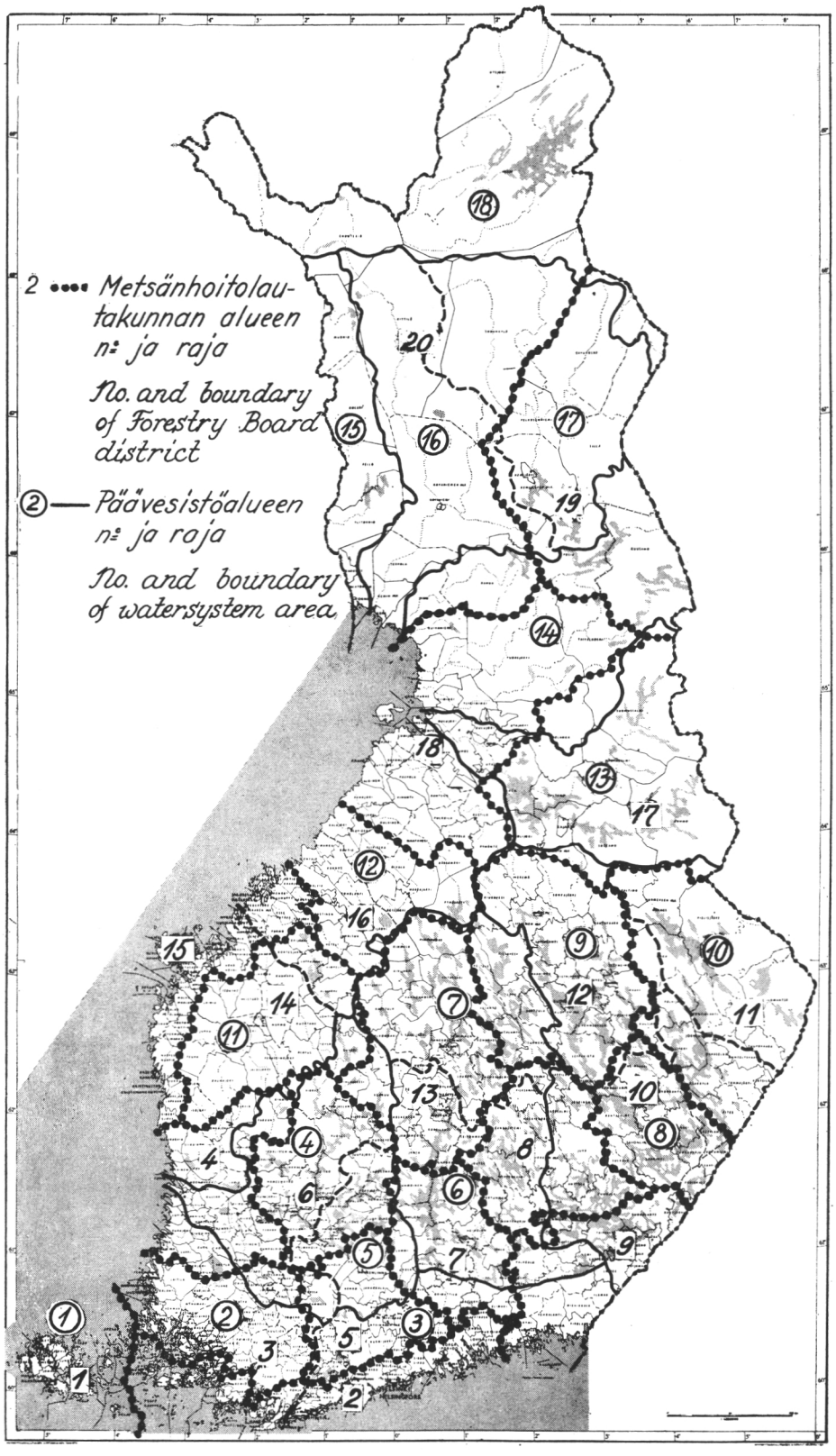


Kuva 10. Puutavaralajeiksi arvioidun hakkuusuunnitteen muutokset. Koko maa. — *Changes of the allowable cut expressed in timber products. The whole of Finland.*

yleisimmät kuusitukkien kokonaismäärissä. Koivutukkien lisäys on sadanneksina huomattavan suuri enimmin koivua ja myös järeätä koivua käsittävissä Saimaan ja Päijänteen alueissa sekä osassa eteläisen rannikon aluetta.

Pyöreään pinotavaraan tukkien ja halkojen ryhmistä tullut lisä on useissa alueissa yli 40 % ja muissakin, vain Jäämeren aluetta ja Kemijoen itäistä aluetta lukuun ottamatta, vähintään 30 % varhempaan verrattuna. Lisäys on yleensä sadanneksina hyvin saman suuruinen mänty- ja kuusipinotavarassa, mutta muutamia merkittäviäkin erilaisuuksia esiintyy.

Pienpaperipuun siirto varhemmasta halkojen ryhmästä pyöreän pinotavaran ryhmään ei yleensä likimainkaan peity havupuisen pienpolttopuun mukaan otolla, vaan havupuisen polttopuun luku on alueissa yleisesti melkoista pienempi kuin varhempi havupuisten halkojen määrä. Lehtipuisen polttopuun määrä sitä vastoin lisääntyy kaikissa alueissa paljon, vähimmin Jäämeren alueessa, jossa koivu on yleisesti kooltaan pienintä. Kaikissa vesistöalueissa lisäys on niin suuri, että se ylittää havupuisen polttopuun vähenemisen, muutamissa alueissa vain pienessä mutta useissa hyvinkin suuressa määrässä.



Kuva 11. Metsänhoitolautakuntien toiminta-alueet ja päävesistöalueet. — *Forestry Board districts and Water system areas.*

Taulukko 7. Varhempi ja uusi hakkuusuunnite.

Table 7. The earlier and the new allowable cut.

(— = vähennys — *decrease*, + = lisäys — *increase*)

Vesistöalue *Water system area*	Hakkuusuunnite *Allowable cut*	Mänty- *Pine*	Kuusi- *Spruce*	Koivu- *Birch*	Mänty *Pine*	Kuusi *Spruce*	Mänty- *Pine*	Kuusi- *Spruce*	Lehtipuu- *Hardwood*	Yhteensä *Total*
		tukit, milj. kj. kuoretta *logs, Mill. cu. ft. excl. bark*			pyöreä pinotavara milj. p-m³, puolipuht. kuorittuna *round cordwood Mill. cu. ft. piled, halfbarked*		polttopuu, milj. p-m³ kuorineen *fuelwood, Mill. cu. m. piled, incl. bark*			
		keskimäärin vuotta kohden — *average per year*								
1. Ahvenanmaa	1951—53	1.3	0.9	0.2	0.04	0.06	0.01	0.03	0.05	0.09
	Uusi — *New*	1.1	0.7	0.2	0.05	0.07	0.01	0.02	0.07	0.10
	Muutos — *Change*, %	— 15	— 18	0	+ 25	+ 17	0	— 33	+ 40	+ 10
2. Lounaisen rannikon	1951—53	9.3	6.5	1.4	0.35	0.54	0.15	0.37	0.38	0.90
	Uusi	7.8	5.4	1.4	0.50	0.79	0.10	0.26	0.57	0.93
	Muutos, %	— 16	— 17	0	+ 43	+ 46	— 33	— 30	+ 50	+ 3
3. Eteläisen rannikon	1951—53	8.2	20.0	3.8	0.23	1.02	0.11	0.61	0.59	1.31
	Uusi	7.1	16.7	4.5	0.37	1.56	0.08	0.42	0.90	1.40
	Muutos, %	— 14	— 17	+ 18	+ 61	+ 53	— 27	— 31	+ 53	+ 7
4. Kokemäenjoen läntinen	1951—53	11.4	14.2	2.5	0.41	1.21	0.25	0.76	0.63	1.64
	Uusi	9.8	11.7	3.1	0.58	1.73	0.19	0.53	1.00	1.72
	Muutos, %	— 14	— 18	+ 24	+ 41	+ 43	— 24	— 30	+ 59	+ 5
5. Kokemäenjoen itäinen	1951—53	5.1	10.7	1.9	0.19	0.69	0.10	0.40	0.42	0.92
	Uusi	4.3	8.9	2.3	0.28	0.99	0.08	0.26	0.70	1.04
	Muutos, %	— 16	— 17	+ 21	+ 47	+ 43	— 20	— 35	+ 67	+ 13
6. Päijänteen eteläinen	1951—53	12.3	7.9	6.5	0.51	0.69	0.27	0.47	1.83	2.57
	Uusi	10.3	6.6	8.6	0.75	0.99	0.17	0.32	2.72	3.21
	Muutos, %	— 16	— 16	+ 32	+ 47	+ 43	— 37	— 32	+ 49	+ 25
7. Päijänteen pohjoinen	1951—53	7.6	7.9	3.2	0.44	0.90	0.24	0.68	1.04	1.96
	Uusi	6.5	6.5	4.5	0.60	1.25	0.17	0.52	1.69	2.38
	Muutos, %	— 14	— 18	+ 41	+ 36	+ 39	— 29	— 23	+ 62	+ 21
8. Saimaan eteläinen	1951—53	22.0	8.8	6.7	0.70	0.74	0.38	0.47	1.47	2.32
	Uusi	19.1	7.3	9.0	1.06	1.09	0.24	0.30	2.62	3.16
	Muutos, %	— 13	— 17	+ 34	+ 51	+ 47	— 37	— 36	+ 78	+ 36
9. Saimaan pohjoinen	1951—53	8.5	6.6	3.4	0.30	0.87	0.15	0.57	1.07	1.79
	Uusi	7.2	5.5	4.8	0.43	1.18	0.10	0.42	1.80	2.32
	Muutos, %	— 15	— 17	+ 41	+ 43	+ 36	— 33	— 26	+ 68	+ 30
10. Pielisen	1951—53	12.7	6.4	2.0	0.45	0.76	0.21	0.54	0.86	1.61
	Uusi	11.1	5.3	2.8	0.62	0.99	0.15	0.46	1.30	1.91
	Muutos, %	— 12	— 17	+ 40	+ 38	+ 30	— 28	— 15	+ 51	+ 19
11. Pohjanmaan eteläinen	1951—53	7.3	7.4	0.6	0.46	0.64	0.24	0.39	0.66	1.29
	Uusi	6.2	5.9	0.6	0.64	0.95	0.17	0.26	1.06	1.49
	Muutos, %	— 15	— 20	0	+ 39	+ 48	— 29	— 33	+ 61	+ 16

Taulukko 7. (Jatk.)
Table 7. (Cont.)

Vesistöalue *Water system area*	Hakkuusuunnite *Allowable cut*	Mänty- *Pine*	Kuusi- *Spruce*	Koivu- *Birch*	Mänty *Pine*	Kuusi *Spruce*	Mänty- *Pine*	Kuusi- *Spruce*	Lehtipuu- *Hardwood*	Yhteensä *Total*
		tukit, milj. kj. kuoretta *logs, Mill. cu. ft. excl. bark*			pyöreä pinotavara milj. p-m³, puolipuht. kuorittuna *round cordwood Mill. cu. ft. piled, halfbarked*		polttopuu, milj. p-m³ kuorineen *fuelwood, Mill. cu. m. piled, incl. bark*			
		keskimäärin vuotta kohden — *average per year*								
12. Pohjanmaan pohjoinen	1951—53	6.3	3.5	0.5	0.44	0.46	0.30	0.40	0.68	1.38
	Uusi	5.2	2.8	0.5	0.63	0.68	0.22	0.26	1.31	1.79
	Muutos, %	— 17	— 20	0	+ 43	+ 48	— 27	— 35	+ 93	+ 30
13. Oulujoen	1951—53	10.2	11.9	0.9	0.28	0.87	0.15	0.59	0.71	1.45
	Uusi	8.9	10.0	0.9	0.43	1.21	0.09	0.45	0.97	1.51
	Muutos, %	— 13	— 16	0	+ 53	+ 39	— 40	— 24	+ 37	+ 4
14. Simo—Ii—Kiiminkijokien	1951—53	9.5	7.3	0.8	0.38	0.52	0.18	0.40	0.69	1.27
	Uusi	8.1	6.2	0.8	0.54	0.78	0.13	0.27	1.04	1.44
	Muutos, %	— 15	— 15	0	+ 42	+ 50	— 28	— 32	+ 51	+ 13
15. Tornio—Muoniojokien	1951—53	3.1	0.9	0.3	0.15	0.14	0.07	0.07	0.22	0.36
	Uusi	2.6	0.7	0.3	0.20	0.19	0.05	0.05	0.37	0.47
	Muutos, %	— 16	— 22	0	+ 33	+ 36	— 28	— 28	+ 68	+ 30
16. Kemijoen läntinen	1951—53	7.5	3.6	0.4	0.37	0.44	0.12	0.28	0.61	1.01
	Uusi	6.2	3.0	0.4	0.52	0.58	0.09	0.23	0.87	1.19
	Muutos, %	— 17	— 17	0	+ 40	+ 32	— 25	— 18	+ 43	+ 18
17. Kemijoen itäinen	1951—53	9.1	5.3	0.2	0.58	0.50	0.16	0.19	0.47	0.82
	Uusi	7.5	4.6	0.2	0.75	0.63	0.13	0.14	0.71	0.98
	Muutos, %	— 17	— 13	0	+ 29	+ 26	— 19	— 26	+ 51	+ 19
18. Jäämeren	1951—53	10.1	1.3	0.1	0.51	0.13	0.14	0.03	0.26	0.43
	Uusi	8.0	1.2	0.1	0.65	0.14	0.13	0.03	0.30	0.46
	Muutos, %	— 21	(— 8)	0	+ 27	(+ 8)	— 7	(0)	+ 15	+ 7
Koko maa *Whole country*	1951—53	161.5	131.1	35.4	6.79	11.18	3.23	7.25	12.64	23.12
	Uusi — *New*	137.0	109.0	45.0	9.60	15.80	2.30	5.20	20.00	27.50
	Muutos — *Change* %	— 15	— 17	+ 27	+ 41	+ 41	— 29	— 28	+ 58	+ 19

CUTTING POSSIBILITIES OF THE FORESTS OF FINLAND IN THE LIGHT OF ALLOWABLE CUT, AIMING AT THE DEVELOPMENT OF FOREST RESOURCES

Summary in English

In the Third National Forest Inventory of Finland, carried out in the years 1951—53, an outline was given of the allowable cut of the forests. An attempt was made in this way to determine the amount of wood which can be cut from the forests of the whole country, and the different districts, following the silvicultural programme outlined on the basis of the inventory, and without endangering the long-term favourable development of the forests. The growing stock of the forests may not diminish, with the exception of temporary periods which for certain reasons occur in limited areas, but it must increase. The increase should take place in those age classes which present the highest growth, since the mean cubic volume and, accordingly, the mean growth of these age classes are generally considerably lower than presupposed by the productive capacity.

The allowable cut does not take into consideration the changing annual demand for timber of differing quality and size, but it does specify the total amount from which deviations must be made on the basis of local experience. The allowable cut is a guiding figure, to which the annual cut of the forests is supposed to correspond on an average. When giving an outline of it, all pertinent factors are taken into consideration, based on standwise observations and on measurement of sample plots and their trial markings carried out along survey lines.

In accordance with these principles, there is calculated the amount and structure of the removal which would accumulate in different kinds of cuttings in realization of the silvicultural programme. The cut obtained this way may prove distinctly too small, in which case it can be enlarged by the suggestion of regeneration cuttings for forests approaching the regeneration age. It can equally result in a figure which is clearly too large, necessitating its reduction by the postponement of regeneration cuttings in the forests nearest the regeneration age. For this purpose, the stands near the boundary of the regeneration phase are separately tallied along the survey lines. The total amount of allowable cut, with which the comparison is made and of which the total amount is applied, is calculated by means of the method of what is termed »regulated cut», aiming at the progressive yield of the forests [1]).

With these principles as a basis the amount and the structure of allowable cut for the first 10-year period were outlined in 1951—53. Similar calculations were also carried out for the second 10-year period, but due to the uncertainties of many factors attributable to a long-term prognosis, they took into consideration only the broad features, and were intended mainly to ensure that the calculated allowable cut for the first 10-year period would not endanger the later continuity of the cut.

The amount of allowable cut was considerably affected by certain general factors:

[1]) Cf. e.g. Yrjö Ilvessalo, Suomen metsät vuosista 1921—24 vuosiin 1951—53. (Summary: The forests of Finland from 1921—24 to 1951—53. Comm. Inst. Forest. Fenn. 47.1. Helsinki 1956).

1. When outlining the allowable cut for pine, restraint had to be exercised for two reasons. First of all, the pine resources of the forests of Finland had been decreasing for 30 years due to the excessive consumption of pine saw logs by the saw mill industry, and to the lively construction activities of a number of years during the 1920's and 1930's, as well as to the later losses in the eastern part of the country in those areas which had to be ceded to the Soviet Union. As an average for the whole country, the allowable cut was 86 per cent of current annual increment, corrected for fluctuations in climatic and other growth factors.

2. The resources of spruce had increased during 30 years, from the 1920's to 1950's, despite the expansion of wood-processing industry and the territorial cessions, from 298 million cu. m. in 1921—24 to 378 million cu. m. in 1951—53. In northern Finland particularly, the allowable cut of spruce was increased owing to the abundance of mature, slow-growing spruce forests on sites where pine is more productive. There the allowable cut for spruce was 42 per cent greater than the growth figure obtained in the inventory, and 25 per cent greater than that corrected for climatic changes and other growth factors. In the southern half of the country, the allowable cut figure was respectively 98 and 89 per cent of the growth in order to bring about an increase also in the mean cubic volume and in the mean annual increment of the spruce forests.

3. At the beginning of the 1950's, the birch was generally considered as being equivalent to the coniferous species to the extent that in the southern half of the country its raising to the normal regeneration phase was deemed worth while. Owing to the fact that the majority of birch-dominated forests are to be found in age classes with the highest growth, the allowable cut for birch amounted to 95 per cent of the growth of birch, despite the heavy degree of thinning suggested. The same was true of the alder and aspen.

The allowable cut was calculated in solid cubic metres of barkless stem wood. In addition, a calculation was made of the amounts of different kinds of timber generally prepared, such as saw and veneer logs, round cordwood and fuelwood, which would be obtainable from the amount of cut, provided it were totally consumed. The minimum top diameter inside bark for coniferous logs was 6 in., and for hardwood logs 7 in., for cordwood 8 cm., and for fuelwood 6 cm. outside bark. All the calculations were made for the country as a whole, for Forestry Board districts for their special use, and for main Water system areas, as they have great importance in the long-distance transportation of timber.

The allowable cut thus calculated must now be regarded as out-of-date, mainly for the following two reasons:

1. Since 1950, the planning year of the inventory, a change of opinion has become more and more established regarding the suitability and profitability of growing hardwood species. Already the growth and yield tables published in 1920 showed that the productive capacity of fully-stocked virgin birch stands was considerably lower as regards the total volume yield, and materially less valuable as regards the structure of the yield, than that of the coniferous species on equal sites. The investigations newly finished by Koivisto prove that this unfavourable circumstance for birch cannot be improved by the treatment of birch stands with regular thinnings. In addition, as a result of the poor demand and low price of birch wood in comparison with the coniferous species, birch must be reduced in favour of coniferous species when aiming at a progressive yield of the forests. An equal reduction must also be recommended for alder and poor-quality aspen.

Poor-quality birch and aspen, as well as the alder, have in particular become rather burdensome for forestry, and a problem for the realization of the silvicultural

programme outlined on the basis of the inventory. It varies a great deal in different parts of the country, and is most serious in those regions where birch, the dominating hardwood species, is most abundant (Table 1 and Fig. 2). The importance of this problem is further accentuated by the fact that the hardwood stands are by and large concentrated on the best forest sites, and that in mixed stands the hardwood individuals generally hamper, by their crowns, the development of the coniferous species.

2. A change in the total amount of allowable cut for coniferous species can hardly as yet be motivated. But a check of its structure is necessary, particularly to ascertain whether and in what way it would be possible to increase the amount of round cordwood available for cutting, in order to meet the requirements of the forthcoming expansion of the wood-pulp industry.

A new allowable cut, better suited than the former to the present circumstances, was outlined by making the following changes in accordance with the considerations given above:

1. The allowable cut for hardwood species was enlarged, to bring about a reduction of hardwood in such a way that the yield of coniferous species will increase. The calculations have shown that it would be most advisable to reduce the birch resources over about 40 years, as an average for the whole country, by about 40—50 per cent, and the alder and poor-quality aspen resources by about 80 per cent of the amount indicated by the 1951—53 inventory. A more rapid reduction would obviously result in considerable growth losses and in an excess of most laborious tasks of the silvicultural programme, particularly of artificial regeneration. The percentage of reduction mentioned varies by districts, in accordance with the abundance of hardwood forests and other such factors.

The reduction of birch would not mean the destruction of birch. According to the calculations, outside the additional cuttings there would remain after the 40-year period a birch growing stock of better average quality than at present. In addition, on cutting and drainage areas there will come up new generations of birch which should be more as mixed components in coniferous forests than as birch-dominated stands. Growing in mixed groups, the birch would not appreciably disturb the development of conifers, and it would obviously be even advisable for the maintenance of the productive capacity of the soil. The reduction of birch should be brought about by clear-cutting stands of poor quality and by regenerating stands which have already exceeded or are approaching the regeneration phase, and in coniferous forests by the removal in thinnings of birch individuals which in particular hamper the development of coniferous species.

More rapidly than suggested for birch, there should take place the reduction of alder and poor-quality aspen which are less valuable than the birch. However, the majority of these are located admixed in stands of coniferous species, and can be removed only in intermediate cuttings. Consequently, it is assumed that after 20—30 years there will still be left in the forests about 20 per cent of alder, and in all about 60 per cent of aspen, of the total amounts found in the 1951—53 inventory.

2. In the timber structure of the allowable cut for coniferous species, the following alterations are made. From the group of saw logs, one fourth of the logs belonging to the poorest, III quality class, and one half of the 6-in. spruce logs, are transferred to the group of round cordwood. This can hardly be regarded as a severe setback in the raw material of the saw mill industry. In any case it is done in a considerable degree in practice nowadays. On the average quality of saw mill products, this

could have a favourable effect. It must also be noted that the large-sized dimensions of the forests of Finland have shown an increasing trend, and will presumably continue to do so in the southern half of the country, along with the development of medium age classes abundantly represented now.

Another change necessary in order to meet the raw material requirements of the wood-pulp industry is the lowering of the diameter limit from 8 cm. in the earlier plan to 5 cm., measured inside bark at the top. This is also to a great extent done already in practice. In this way, a part of coniferous wood earlier considered as fuelwood is transferred to the group of round cordwood. The minimum top diameter for fuelwood is lowered to 2 cm., following which it better coincides with the requirements for domestic fuelwood. However, of the wood ranging in diameter from 6 to 2 cm. only one half is treated as fuelwood, while the other half is considered as cutting wastes, which are at present even more abundant and of larger dimensions, particularly in remote regions.

The use of birch as pulpwood, which would mean a considerable contribution, the reduction in the exports of round cordwood, and the estimation of the raw material of the wood-pulp industry obtainable from the waste wood of the saw mill industry are outside the scope of the present paper.

The reduction in hardwood resources and the suggested changes between the timber groups may be, at least for the moment, in part imaginary, particularly when one takes into account the present great difficulties in the demand for hardwoods, and the incomplete consumption of even small-sized coniferous wood. The purpose of the new allowable cut is to indicate how much is available for cutting under the definite premises underlying the calculations.

These premises must be complied with before long if the full-scale raw material supply of the greatly expanding wood-pulp industry is to be secured, and if an attempt is made to implement the silvicultural programme aiming at the progressive yield of the forests.

The new allowable cut expressed in solid cubic metres, excluding bark, is given in Tables 3 and 6. For the sake of comparison, these tables also include the growth figures obtained in the inventory of 1951—53, and the same corrected for fluctuations of climatic and other growth factors. As is well known, growth constitutes only with certain premises a suitable figure of comparison for the cut, i.e. the other factor for the »wood balance». In addition to the considerations pertaining to the age class and development class structure, as well as to the silvicultural condition of the growing stock, this is also due to the variations of growth attributable to climatic fluctuations and other growth factors, which may amount to percentages running well into double figures.

As an average for the southern half of the country, the growth of pine was 7 per cent above the average level in the years 1947—51, on which the growth calculations of the inventory were based, but already in the years 1953—59 it was on an average close to the mean level. When comparing the new allowable cut and the growth, it would, therefore, seem more justified to apply the mean level of growth. In the northern half of the country, the growth of pine maintained in 1953—59 the same level, about 4 per cent below the average, as in 1947—51. Equally, the growth of spruce in 1953—59 was as much below the average as in 1947—51, in the southern half of the country about 9 per cent and in the northern half about 17 per cent. For this reason, when comparing the allowable cut and the growth, it would hardly be right to use for the moment the corrected growth figure for spruce. The investigations

into the growth of the years 1953—59 seem to indicate that the results obtained in the inventory can be applied in the comparison as far as the hardwoods are concerned.

Owing to the fact that the change in the total amount of allowable cut is mainly brought about by the suggested reduction of birch, the new allowable cut for birch is given for all four decades, and even for the next succeeding one, in accordance with the calculations in Table 4. The figures of the second 10-year period are already less reliable than those of the first one, and after the second 10-year period the uncertainty further increases, as is the case with any long-term prognosis of this sort, due to the accumulating uncertainty of underlying premises. The figures in the Table do not include the increase of allowable cut attributable to the new generation of birch, which may become considerable during later decades.

The new allowable cut expressed in the timber products most generally prepared is to be seen in Tables 5 and 7. In these tables, there are given the amounts of the former and the new allowable cut, as well as percentages indicating the changes occasioned by the transfers and additions mentioned above.

In the allowable cut for the whole country, the quantity of pine saw logs decreases by 15 per cent, and that of spruce saw logs by 17 per cent of the former amounts, owing to the transfers to the group of round cordwood. The amount of hardwood logs is, on the contrary, increased by 27 per cent. The changes vary according to districts owing to the fact that the share of III-grade pine saw logs, and the share of small spruce saw logs of the respective total amounts, as well as the need for additional cuttings of hardwood vary by districts.

In view of the needs of the expanding wood-pulp industry, a development of most current interest in the wood-processing industry, the most important result obtainable from the Table 5 is that the allowable cut of round cordwood can be increased by 7 million cu. m., piled measure, i.e. by 41 per cent in comparison with the earlier allowable cut for both pine and spruce. As mentioned earlier, however, all wood which meets the requirements of round cordwood is not used as the raw material of the wood-pulp industry.

The group denoted as fuelwood of the new allowable cut is considerably (viz. 19 per cent) higher than the corresponding amount of the 1951—53 allowable cut, even though a sizable proportion of the pine and spruce fuelwood has been transferred to the group of round cordwood. The reductions caused by these transfers are compensated for by the additional cuttings of hardwood, and by the amounts of fuelwood obtainable from the wood of 6—2 cm. in diameter. Increase in fuelwood is greater in the southern half of the country, due to the greater representation of youngish forests and hardwood forests in comparison with the northern half of the country.

As regards the increase in the fuelwood amounts of the allowable cut, the premises of the calculations must be anew stressed: the possibility to carry out in practice the additional cuttings purporting to reduce the hardwood resources, and the general consumption of wood down to small dimensions as fuelwood. Both of these premises are hard to fulfill, and are obstacles to the realization of rational silviculture, because the felling of this proportion of growing stock in intermediate cuttings, or even from above the suppressed seedling stand, cannot be effected at present in a great part of the forests due to the high costs of such measures.

Finally, it must be stressed that the more the cutting of the forests and the consumption of wood can be carried out in accordance with the allowable cut, the better are the chances for sustained timber supply of the wood-processing industry, and the better the possibilities of carrying out the silvicultural programme and increasing the yield of the forests.

LEHTIKUUSEN KUUTIOIMISYHTÄLÖT JA -TAULUKOT

YRJÖ VUOKILA

TREE VOLUME FUNCTIONS AND TABLES FOR LARCH

SUMMARY IN ENGLISH

HELSINKI 1960

Helsinki 1960. Valtioneuvoston kirjapaino

Alkusanat

Metsäntutkimuslaitoksessa suoritetaan eri osastojen toimesta monipuolisia kestokokeita, joiden tarkoituksena on eri lehtikuusilajien kasvattamiseen liittyvien ongelmien selvittäminen. Nämä kokeet ovat ajan mittaan muodostuneet työläiksi siitä syystä, että tarkkojen tulosten saavuttamiseksi esim. puustoa tutkittaessa on ollut pakko turvautua aikaa ja kustannuksia vaativiin mittausmenetelmiin, mm. kiipeillen suoritettaviin runkoanalyyseihin. Tästä syystä esimieheni, Suomen Akatemian jäsen, prof. Yrjö Ilvessalo antoi v. 1956 tehtäväkseni lehtikuusen kuutioimistaulukoiden laatimisen. Tarkoitusta varten hän luovutti käytettäväkseni metsänarvioimisen osaston kestokoealoilla vuosikymmenien mittaan kertyneen kaatokoepuuaineiston, johon saatiin hänen ansiostaan muista pohjoismaista täydennystä. Käsikirjoituksen valmistuttua hän on sen lisäksi tarkastanut ja tehnyt monia varteen otettavia huomautuksia. Käsikirjoituksen on hänen lisäkseen lukenut prof. Risto Sarvas.

Lähinnä metsäntutkimuslaitosta palvelevan ensisijaisen tavoitteensa ohella käsillä oleva julkaisu on kuitenkin samalla menetelmätutkimus, joka pyrkii löytämään laajemmaltikin käyttökelpoisen ratkaisun pystypuiden kuutiointitehtävään varsinkin Ruotsissa sovelletun, ns. regressioanalyysiin perustuvan menetelmän pohjalta. Meikäläisiin metsänarvioimistehtäviin soveltuvien kuutioimisyhtälöiden laadinnassa ja valmiiden yhtälöiden luotettavuuden tarkastelussa on avustanut maisteri Olli Varho, joka on suorittanut aineiston käsittelyn tilastokonein. Hän on lisäksi tarkastanut käsikirjoituksen matemaattisen osan.

Kuutioimistaulukoiden laskennassa ja muissa vastaavissa tehtävissä on avustanut metsänarvioimisen osaston henkilökunta maisteri Alli Salovaaran johdolla. Erityisesti haluan hänen lisäkseen mainita rouva Greta Lautson ja rouva Eimi Pakkalan.

Tutkimuksen nyt valmistuessa pyydän saada esittää kaikille yllä mainitsemilleni henkilöille mitä parhaimmat kiitokseni.

Helsinki, marraskuussa 1959.

Yrjö Vuokila

Sisällysluettelo

Sivu

Johdanto 5

Aineisto 8

Aineiston käsittely 12

- Yleiset periaatteet 12
- Käsittelyn eri vaiheet 15

Lehtikuusen kuutioimisyhtälöt 18

- Yhtälöissä käytetyt merkinnät 18
- Kuorellisen kuutiomäärän yhtälö 18
- Kuorettoman kuutiomäärän yhtälöt 18
- Lyhyiden puiden yhtälöt 19

Kuutioimisyhtälöiden tarkkuus 20

- Teoreettinen tarkkuus 20
- Havaintovirheiden merkitys 23
- Käytännössä saavutettava tarkkuus 25
- Vertailu muihin vastaaviin tutkimuksiin 26

Kuutioimistaulukoiden laadinta, rakenne ja käyttö 30

Loppupäätelmät 32

Kirjallisuusluettelo 35

Summary in English 36

Kuutioimistaulukot 43

- Kuorellinen kuutiomäärä 43
- Kuoreton kuutiomäärä 67

Johdanto

Pystypuiden kuutiomäärän riittävän tarkka ja nopea määrittäminen on ongelma, jonka parissa tutkijat ovat jo puolen toista vuosisadan ajan työskennelleet tuloksekkaasti, mutta josta sen näennäisestä selväpiirteisyydestä huolimatta näyttää löytyvän jatkuvasti uusia tarkkuutta parantavia ajatuksia sekä tehtävän suoritusta jouduttavia ja taloudellisesti edullisia ratkaisuja. Viimeaikaisessa tutkimustyössä ovat tavoitteet olleet kuitenkin jossain määrin erilaisia kuin varhemmissa selvittelyissä. Kun aiemmin oli kiinnitettävä päähuomio kenttätyöhön sekä tarkkuus- ja nopeusvaatimusten tasapainottamiseen tässä vaiheessa, nykyisin voidaan suunnittelu keskittää entistä enemmän metsänmittausta seuraavan laskentavaiheen niveltämiseen kenttämenetelmiin niin, että tarkkuutta heikentämättä tai mahdollisesti sitä parantaenkin kokonaisajankäyttö ja -kustannukset saataisiin vähenemään niin paljon kuin mahdollista.

Valtakunnan metsien inventoinnissa v. 1936—38 käytettiin jo kotimaisia pystypuiden kuutioimistaulukoita. Mutta yleensä jouduttiin Suomessa vielä runsas vuosikymmen sitten turvautumaan pystypuuston kuutiointitehtävissä ruotsalaisen J o n s o n i n (1909) laatimiin kuutioimistaulukkoihin, jotka samankaltaiseen metsäluontoon perustuvina täyttivätkin — kotimaisten taulukoiden puuttuessa — tyydyttävästi tehtävänsä. Ajan pitkään ne eivät kuitenkaan voineet tyydyttää yhä monipuolistuvaa tarvetta jo yksistään siitä syystä, että niiden perustana alunperin ollut rungon muodon määritysmenetelmä, joka edellytti rinnankorkeuden ja huipun puolivälistä suoritettavaa läpimitan mittausta, oli vaikea käytäntöön sovelluttaa. Vaikka taulukoiden laatija pyrki myöhemmin helpottamaan runkomuodon määristysmenetelmäänsä esittämällä yleisesti tunnetun muotopisteperiaatteen, taulukoiden käyttökelpoisuus siitä tuskin olennaisesti parani. Tästä syystä kotimaisten pystypuiden kuutioimistaulukoiden (I l v e s s a l o 1947) ilmestyminen oli käytännön metsänarvioimistehtävien kannalta merkityksellinen tapahtuma, varsinkin kun nämä taulukot osoittautuivat alusta alkaen edeltäjiänsä käytännöllisemmiksi ja tarkemmiksi. Kuten tunnettua, kotimaisissa kuutioimistaulukoissa on rungon muodon kuvaamiseen käytetty 6 m:n (lyhyissä puissa 3.5 m:n) korkeudelta mitatun läpimitan ja rinnankorkeusläpimitan erotuksen perusteella muodostettuja kapenemisluokkia.

Yli vuosikymmenen kestänyt käytännöllinen sovellutus on osoittanut, että Ilvessalon taulukoissa pystypuuston kuutiointitehtävän tarkkuus- ja nopeusnäkökohdat on saatu onnistuneeseen tasapainoon. Monia etuja käsittävät laajat taulukot voivat kuitenkin olla sellaisinaan sovellettaessa epäkäytännölliset nopeutta kysyviin tehtäviin. Varsinkin suurten alueiden inventointiaineistoja käsiteltäessä, missä nykyaikaiset matematiikkakoneet pääsevät parhaiten oikeuksiinsa, taulukkomuodon varjopuolet tulevat korostetusti esille. Kolmeen kuutiomäärätekijään perustuvien kuutioimistaulukoiden sijoittaminen matematiikkakoneisiin ei ole näet ainakaan toistaiseksi kohtuullisin kustannuksin mahdollista. Tästä syystä on eduksi, jos kuutioimistaulukoiden rinnalla ja niiden täydennyksenä on ns. kuutioimisyhtälöitä, joita voidaan soveltaa silloin, kun kuutiointitehtävän laajuuden vuoksi matematiikkakoneiden käyttö on kannattavaa.

Ruotsissa on viime aikoina tehty runsaasti tutkimustyötä yleisimpien puulajien kuutioimisyhtälöiden muodostamiseksi. Ensimmäisinä ilmestyivät siellä Näslundin (1940) laatimina kuutioimisyhtälöt Pohjois-Ruotsin männylle, kuuselle ja koivulle. Vuonna 1947 olivat vuorossa yhtälöt Etelä-Ruotsin vastaaville puulajeille ja koko maan metsille (Näslund 1947). Kotimaisten puulajien lisäksi on käytettävissä Carbonnierin alustavat kuutioimisyhtälöt eräille lehtikuusilajeille.

Ruotsalaisia kuutioimisyhtälöitä on kahta päätyyppiä, ns. pienemmät ja suuremmat yhtälöt. Edelliset perustuvat vain rinnankorkeudelta mitattuun läpimittaan ja puun pituuteen, jälkimmäisissä on näiden lisäksi kolmantena kuutiomäärätekijänä vihreän latvuksen alareunan korkeus maasta, joka edustaa yhtälössä rungon muodon vaihtelua. Pienempiä yhtälöitä voidaan käyttää vaativissakin laajoissa metsänarvioinneissa, kuten valtakunnan metsien inventoinnissa, jos runkomuodon vaihteluiden voidaan odottaa riittävässä määrässä tasoittavan toisensa, tai toisarvoisissa arviointitehtävissä suppeilla alueilla. Suurempia yhtälöitä sovelletaan tarkkuutta vaativiin inventointeihin etenkin pienten metsäalueiden puitteissa. Molemmat yhtälötyypit on esitetty myös kuorettomalle kuutiomäärälle, joten kasvunlaskentakin on mahdollista suorittaa matematiikkakonein erotusmenetelmää käyttäen.

Suomessa ruotsalaisia ja muitakaan kuutioimisyhtälöitä ei liene sovellettu. Tämän ei kuitenkaan tarvitse merkitä sitä, etteikö kuutioimisyhtälöiden periaate olisi Suomessakin kokeilemisen ja mahdollisesti käytännöllisen sovellutuksen arvoinen.

Käsillä olevan tutkimuksen päätarkoituksena on lehtikuusen kuutioimisongelman ratkaisemisen ja kuutioimistaulukoiden laadinnan ohella tällainen menetelmän kokeilu. Lehtikuusen kuutioimistaulukoita laadittaessa ei sen vuoksi sovellettu graafista tasoitusta, mikä sinänsä on tietenkin moitteeton menetelmä ja mikä pelkästään lehtikuusen kuutiointitehtävää ajatellen

olisi ollut pitkällä tähtäimelläkin riittävä, sillä lehtikuusikoiden vähyyden vuoksi matematiikkakoneiden käyttö ei meillä liene niiden osalta koskaan tarpeen. Aineiston käsittelyssä käytettiin yksinomaan laskennallisia menetelmiä, muodostettiin niiden perusteella aluksi kuutioimisyhtälöt ja näiden avulla laadittiin kuutioimistaulukot.

Aineisto

Esitettävien kuutioimisyhtälöiden ja -taulukoiden perusteena oleva aineisto käsittää 2 813 siperialaisen *(Larix sibirica Ledeb.)* ja eurooppalaisen *(Larix decidua Mill.)* lehtikuusen koepuuta. Käsittelyteknillisistä syistä tämä kokonaismäärä jaetaan kahteen pituusryhmään:

pituus, m	koepuiden lukumäärä, kpl
—10.0	300
10.1+	2 513
	yhteensä 2 813

Puulajien kesken 10.1 + m pituisten puiden aineisto jakaantuu seuraavasti:

siperialainen	lehtikuusi	1 722 kpl
eurooppalainen	lehtikuusi	791 „
	yhteensä	2 513 kpl

Pääosa koepuista on siis siperialaista lehtikuusta. Kun on kysymyksessä aineiston numeerinen tasoitus, myös eurooppalaisen lehtikuusen aineistoa voidaan pitää ei vain riittävänä, vaan jopa suurena sen seikan selvittämiseen, ovatko erilliset yhtälöt ja taulukot eurooppalaiselle lehtikuuselle välttämättömät (vrt. s. 32).

Aineistoon sisältyy, paitsi kotimaisia, myös ruotsalaisia ja norjalaisia koepuita, joita koskevat tiedot on saatu sikäläisten metsäntutkimuslaitosten suosiollisella myötävaikutuksella osittain puutteellista kotimaista aineistoa täydentämään. Nimenomaan eurooppalaisen lehtikuusen aineisto olisi jäänyt vähäiseksi ilman tätä lisäystä, kuten seuraava asetelma osoittaa:

		siperialaisen lehtikuusen	eurooppalaisen lehtikuusen
kotimaisia koepuita, kpl	.....	1 636	315
norjalaisia »	.....	86	161
ruotsalaisia »	.....	—	315
	yhteensä	1 722	791

Kotimaisen aineiston pääosan muodostavat ne mittaustulokset, joita on vuosikymmenien kuluessa kertynyt metsäntutkimuslaitoksen metsänarvioimisen tutkimusosaston toistuvasti mitattavilta kestokoealoilta. Niihin sisältyvät myös järeydestään kuulussa Raivolan lehtikuusikossa ennen viime maailmansotaa suoritetut koepuumittaukset. Onkin syytä korostaa, että mainittu aineiston osa on tutkimuksen kannalta erityisen arvokas ja ainoalaatuinenkin pohjoismaissa. Kotimaisista puulajeista vastaavaa aineistoa tuskin voitaisiin saada. Tästä syystä nyt käytettävissä oleva aineisto tarjoaa poikkeuksellisen edulliset ja vaihtelevat mahdollisuudet tietyn menetelmän käyttökelpoisuutta ja tarkkuutta tutkittaessa.

Kotimainen aineisto on kokonaisuudessaan 62. leveysasteen eteläpuolelta. Tarkkaa tietoa Norjasta ja Ruotsista saadun aineiston maantieteellisestä sijainnista ei ole käytettävissä. Sen verran on kuitenkin tiedossa, että nämäkin koepuut ovat kasvaneet suurin piirtein samanlaisissa ilmastollisissa oloissa kuin kotimaiset. Näin ollen ei ole syytä olettaa, että niiden rungon muoto, mikäli se ilmaistaan tietyltä ylemmältä korkeudelta mitatun läpimitan avulla, olisi tavalla tai toisella suomalaisissa oloissa kasvavista poikkeava. Asianlaita olisi kokonaan toinen, jos laskelmissa käytettäisiin ruotsalaiseen tapaan vihreän latvuksen alareunan korkeutta rungon muodon kuvaajana. Tällöin aineiston maantieteellisellä jakaantumisella olisi ratkaiseva merkitys tulosten sovellutusmahdollisuuksia tulkit-

Taulukko 1. Siperialaisen lehtikuusen koepuuaineisto pituus- ja läpimittaluokittain.

Table 1. Sample tree material of the Siberian larch by height and diameter classes.

D1.3—luokka, cm *Dbh. class, cm.*	Pituusluokka, m — *Height class, m.*															Yht. *Sum*
	10.1—12.0	12.1—14.0	14.1—16.0	16.1—18.0	18.1—20.0	20.1—22.0	22.1—24.0	24.1—26.0	26.1—28.0	28.1—30.0	30.1—32.0	32.1—34.0	34.1—36.0	36.1—38.0	38.1—40.0	40.1—42.0	
	Koepuita, kpl — *Number of sample trees*															
—10.0	61	15	7													83
10.1—15.0	58	79	68	36	15	3										259
15.1—20.0	20	37	66	59	34	19	10	4	2							251
20.1—25.0	1	10	16	37	37	66	30	22	13	1						233
25.1—30.0	1	—	8	15	15	33	41	27	48	36	3					227
30.1—35.0				1	7	13	25	14	39	50	31	7	5			192
35.1—40.0						7	4	8	18	22	35	17	16	12		139
40.1—45.0							3	2	5	4	18	18	19	17	5	91
45.1—50.0							1	—	—	3	8	11	27	29	15	2	96
50.1—55.0										—	4	6	16	14	22	1	63
55.1—60.0										1	2	1	9	16	11	5	45
60.1—65.0												4	1	9	8	2	24
65.1—70.0													2	5	3	—	10
70.1—75.0														4	5	—	9
Yhteensä *Sum*	141	141	165	148	108	141	114	77	125	117	101	64	95	106	69	10	1 722

Taulukko 2. Eurooppalaisen lehtikuusen koepuuaineisto pituus- ja läpimittaluokittain.

Table 2. Sample tree material of the European larch by height and diameter classes.

D1.3—luokka, cm *Dbh. class, cm.*	Pituusluokka, m — *Height class, m.*													Yht. *Sum*
	10.1—12.0	12.1—14.0	14.1—16.0	16.1—18.0	18.1—20.0	20.1—22.0	22.1—24.0	24.1—26.0	16.1—28.0	28.1—30.0	30.1—32.0	32.1—34.0	34.1—36.0	
	Koepuita, kpl — *Number of sample trees*													
—10.0	6	7	1											14
10.1—15.0	7	18	21	21	3	1								71
15.1—20.0		1	4	21	35	18	8	3						90
20.1—25.0				5	22	84	25	12	5	1				154
25.1—30.0				1	9	57	41	21	4	3	2			138
30.1—35.0					1	8	23	34	15	13	6	3		103
35.1—40.0							7	19	10	7	22	5		70
40.1—45.0							2	2	17	13	30	11	1	76
45.1—50.0								2	6	5	13	13	1	40
50.1—55.0									1	1	12	8	1	23
55.1—60.0									1	2	2	2	—	7
60.1—65.0											1	1	—	2
65.1—70.0												1	1	2
70.1—75.0												—	—	—
75.1—80.0												1	—	1
Yhteensä *Sum*	13	26	26	48	70	168	106	93	59	45	88	45	4	791

taessa, mihin viittaa se, että Ruotsissa on laskettu erilliset yhtälöt maan etelä- ja pohjoispuoliskoille.

Taulukossa 1 esitetään siperialaisen lehtikuusen koepuiden jakaantuminen läpimitta- ja pituusluokkiin. Vastaavat eurooppalaista lehtikuusta koskevat tiedot ovat nähtävissä taulukossa 2. Varsinkin ensiksi mainitusta taulukosta voidaan panna merkille erittäin laaja vaihtelualue, joka ylärajallaan ulottuu läpimitassa yli 70 cm:n ja pituudessa yli 40 m:n. Eurooppalaisen lehtikuusen aineistosta huippupituudet puuttuvat, mutta läpimitan vaihtelualue on yhtä avara kuin siperialaisella lehtikuusella. Aineiston vaihtelualue on siis poikkeuksellisen laaja.

Valtaosa aineistosta on kaatokoepuita, jotka on kuutioitu pätkittäin. Norjalainen ja ruotsalainen koepuumateriaali on mitattu pituudesta riippumatta 1 m:n välein. Kotimaisista koepuista 12 m:ä lyhyemmät on kuutioitu 1 m:n ja sitä pitemmät 2 m:n välein tehtyjen mittausten perusteella. Aineistoon sisältyy kaatokoepuiden lisäksi pieni määrä pystykoepuita, jotka on tutkittu eri tarkoituksia varten kiipeilyvälineitä käyttäen. Kun näistäkin puista on silmävaraisen arvioinnin varaan jäänyt vain latvan ohuin huippu, joka ei aina näy edes kuutiomäärän kolmannessa desimaalissa, mittaustarkkuus on kaatokoepuihin rinnastettavissa.

Mittaustekniikkaa ei ole aiheellista yksityiskohtaisesti selostaa, koska se on noudatellut samoja periaatteita, joita kaatokoepuiden kuutioinnissa on Suomessa käytetty pitkään. On kuitenkin jo tässä vaiheessa mainittava, että mittauskorkeuksien lähtökohtana on esillä olevassa aineistossa ja sen perusteella laadittavissa yhtälöissä ja taulukoissa maanpinnan taso puun tyvellä. Tässä suhteessa esitettävät taulukot poikkeavat esim. Ilvessalon kuutioimistaulukoista, joissa rinnankorkeuden lähtökohtana on ylin katkaisua haittaava juurenhaaran niska, ts. se alin kohta, josta puu voidaan lumettomana aikana katkaista. Viimeksi mainitulle lähtökohdalle on omat painavat perustelunsa. Kun nyt on käytetty toisenlaista menettelyä, on siihenkin useita syitä. Tärkeimmät niistä ovat seuraavat.

1) Aineiston maastomittauksissa on vuosikymmenien mittaan ollut johdonmukaisesti lähtökohtana maanpinnan taso puun tyvellä. Siirtyminen johonkin toiseen menettelyyn ei ollut mahdollista, sillä se olisi edellyttänyt rungon tyviosan kapenemismittauksia, mihin esim. Raivolasta kerätyn koepuuaineiston osalta ei ole enää tilaisuutta. Nyky-Suomessa niin järeitä lehtikuusia ei taas vielä ole.

2) Kun lähtökohdaksi otetaan maan pinta, rinnankorkeus on pysyvä käsite kovilla mailla, ts. se ei siirry puuston vanhetessa ylöspäin. Rinnankorkeuden pysyvyys on välttämätöntä ennen kaikkea kestokoealoilla, joilla perättäisten mittausten on oltava täsmälleen vertailukelpoisia ja joilla nyt esitettäviä tuloksia tullaan ensisijaisesti soveltamaan.

3) Tutkimukselliselta kannalta on oma etunsa sillä, että rinnastuskelpoisuus ruotsalaisiin funktiolaskelmiin on mahdollisimman hyvä. Näin tarjoutuu tilaisuus esim. ruotsalaisen ja meikäläisen runkomuodon määritysmenetelmän tehokkuuden ja tarkkuuden vertailuun. Kansainvälistä vertailukelpoisuutta yleensäkin ajatellen, mikä lehtikuusen osalta on ehkä tärkeämpi kuin kotimainen, maanpinnan tasoa puun tyvellä voidaan pitää lähtökohtana suositeltavana.

Vielä on syytä tähdentää, että taulukoissa esitettävät kuutiomäärät tarkoittavat rungon kuutiomäärää ilman kantoa, jolla ymmärretään etäisyyttä maan pinnasta ylimpään katkaisua haittaavaan juurenhaaran niskaan. Kantovähennys, joka vaihteli 1:stä 4 %:een kuutiomäärästä eri läpimittaluokissa, tehtiin maastossa suoritettujen kantomittausten perusteella. Kuten tunnettua, kotimaisissa pystypuiden kuutioimistaulukoissa on vähennetty hakkuissa keskimäärin jäävä kanto, joka Ilvessalon mukaan on n. 10—15 cm edellä mainittua juurenhaaran niskan määrittämää kantoa korkeampi. Mikäli lehtikuusikoiden hakkuissa ei käytetä alinta katkaisukohtaa, esitettävistä kuutiomääristä on suoritettava tarpeen mukaan vähennys käyttöön tulevan puumäärän tarkkaa arvioimista varten.

Aineiston käsittely

Yleiset periaatteet

Kuutioimisyhtälöiden laskenta tapahtuu ns. korrelaatio- ja regressioanalyysien avulla. Tämä laskentamenetelmä, jota varsinkin ruotsalaiset P e t t e r s o n (1932, 1934, 1954) ja N ä s l u n d (1936, 1940, 1947), mutta myös eräät muut tutkijat (mm. v a n S o e s t 1959) ovat menestyksellisesti soveltaneet, nojautuu seuraavaan yksinkertaiseen perusyhtälöön:

$$y = ax_1 + bx_2 + cx_3 + dx_4 + \ldots\ldots\ldots,$$

missä

y = riippuva muuttuja (puun kuutiomäärä),

x_1, x_2, x_3, x_4 = riippumattomia muuttujia (rinnankorkeusläpimitta, pituus jne. tai niistä muodostettu kompleksitekijä),

a, b, c, d = kertoimia, jotka ratkaistaan regressioanalyysillä.

Kun jokaisesta koepuusta tunnetaan riippumattomat muuttujat joko suoranaisten mittausten tai niiden perusteella suoritettujen laskelmien jälkeen, yhtälön kertoimien määrittäminen tapahtuu niin, että poikkeuksien neliösumma on pienin mahdollinen. Seuraava kaava osoittaa, mistä tällöin on kysymys:

$$\Sigma\,[(ax_1 + bx_2 + cx_3 + dx_4 + \ldots.) - Y]^2 = \text{minimi},$$

missä

Y = kunkin koepuun mitattu kuutiomäärä.

Yhtälön kertoimien ratkaisemista varten voidaan muodostaa seuraavat ns. normaaliyhtälöt:

$$\begin{aligned}
a\,\Sigma(x_1^2) + b\,\Sigma(x_1 x_2) &+ c\,\Sigma(x_1 x_3) + d\,\Sigma(x_1 x_4) - \Sigma(x_1 Y) = 0\\
+ b\,\Sigma(\ \ x_2^2) &+ c\,\Sigma(x_2 x_3) + d\,\Sigma(x_2 x_4) - \Sigma(x_2 Y) = 0\\
&+ c\,\Sigma(\ \ x_3^2) + d\,\Sigma(x_3 x_4) - \Sigma(x_3 Y) = 0\\
&\qquad + d\,\Sigma(\ \ x_4^2) - \Sigma(x_4 Y) = 0
\end{aligned}$$

Nämä normaaliyhtälöt, joiden muodostaminen on käsikonein suoritettavissa laskelmissa välttämätöntä, voidaan ratkaista yksinkertaisimmin

Doolittlen oikomenetelmällä (vrt. esim. Mills 1938). Tulokseksi saadaan yhtälön kertoimet, joiden määrittämiseen regressioanalyysi juuri pyrkii.

Mikäli aineiston käsittely tapahtuu matematiikkakonein (esim. IBM 650), kuten pääasiassa käsillä olevassa selvittelyssä, laskenta etenee toista tietä. Aluksi lasketaan ns. korrelaatiomatriisi, joka sisältää yhtälön kaikkien muuttujien väliset kokonaiskorrelaatiokertoimet. Tämän jälkeen saatu korrelaatiomatriisi käännetään. Käänteismatriisin elementtien avulla voidaan regressiokertoimet keskivirheineen määrittää. Ryhtymättä tämän seikkaperäisemmin tekemään selkoa matematiikkakonein tapahtuvasta aineiston käsittelystä, joka on erikoistuneiden matemaatikkojen alaa, todettakoon vielä, että laskelmissa voidaan käyttää IBM 650:n kirjastoohjelmaa N:o 6.0.001 (multiple regression analysis).

Regressioyhtälön soveltuvuutta aineiston tasoitukseen voidaan yksinkertaisimmin tarkastella vertailemalla keskenään läpimitta- ja pituusluokittain koepuiden mitattujen ja yhtälöllä laskettujen kuutiomäärien keskiarvoja. Näin saadaan tarpeellinen selvitys siitä, miten yhtälö tasoittaa aineiston eri osat.

Yhtälön yleistä luotettavuutta ilmaisee seuraava kaava, joka on käyttökelpoinen varsinkin silloin, kun kertoimet määritetään äsken mainitulla Doolittlen menetelmällä:

$$s_y = \sqrt{\frac{\Sigma\, Y^2 - a\,\Sigma\,(x_1\, Y) - b\,\Sigma\,(x_2\, Y) - c\,\Sigma\,(x_3\, Y) - d\,\Sigma\,(x_4\, Y)}{n}},$$

missä

s_y = riippuvan muuttujan (puun kuutiomäärän) arvion keskivirhe,
n = koepuiden lukumäärä.

Edellistä havainnollisemman käsityksen antaa kuitenkin arvion suhteellinen keskivirhe, joka on helposti laskettavissa varsinkin matematiikkakonein ja jota määritettäessä lähdetään edullisimmin koepuiden mitattujen kuutiomäärien suhteellisista poikkeamista yhtälöillä lasketuista kuutiomääristä. Laskemalla näiden poikkeamien hajonta saadaan suhteellinen keskivirhe, joka osoittaa yhtälön tarkkuutta yhden puun kuutioinnissa. Yksinkertaistettuna laskentakaava on seuraava:

$$s_{y\,\%} = 100 \cdot \sqrt{\frac{\sum \left(\frac{y - Y}{y}\right)^2}{n - 1}},$$

missä

$s_{y\,\%}$ = riippuvan muuttujan arvion suhteellinen keskivirhe,
y = koepuun yhtälöllä laskettu kuutiomäärä,
Y = koepuun mitattu kuutiomäärä.

Kaavan itse asiassa antama hajontasadannes tulkitaan arvion keskivirhesadanneksena siten, että kuutioitaessa yksittäisiä puita kuutioimisyhtälöä käyttäen on olemassa 68 %:n todennäköisyys, että laskettu kuutiomäärä poikkeaa todellisesta kuutiomäärästä korkeintaan keskivirhesadanneksen verran, 95 %:n mahdollisuus, että virhe on pienempi kuin kaksi kertaa keskivirhesadannes, ja vihdoin, että virhe on käytännöllisesti katsoen aina pienempi kuin kolme kertaa keskivirhesadannes.

Regressioyhtälön luotettavuutta tutkittaessa voidaan mittana käyttää myös ns. multippelikorrelaatiokerrointa R (multiple correlation coefficient). Se ilmaisee regressioyhtälön riippuvan muuttujan havaittujen ja yhtälön avulla laskettujen arvojen välisen korrelaation. Mitä paremmin regressioyhtälö esittää riippuvaa muuttujaa, sitä lähempänä R on arvoa + 1.

Yhtälön riippumattomien muuttujien merkitsevyyttä voidaan tarkastella niiden kertoimien keskivirheiden avulla. Kertoimen keskivirheen kaava on seuraava:

$$\varepsilon_b = \frac{b}{r'} \sqrt{\frac{1 - r'^2}{n - N}} ,$$

missä

b = kysymyksessä oleva regressiokerroin,
r' = vastaavan riippumattoman muuttujan ja riippuvan muuttujan välinen partiaalikorrelaatiokerroin,
n = koepuiden lukumäärä,
N = yhtälön muuttujien lukumäärä.

Kertoimien keskivirheiden suuruusjärjestys osoittaa riippumattomien muuttujien tärkeysjärjestyksen siten, että muuttuja, jonka kertoimen keskivirhe on suhteellisesti pienin, on riippuvan muuttujan kannalta merkitsevin. Muuttujien tärkeysjärjestyksestä voidaan tosin tehdä varsin pitkälle meneviä päätelmiä pelkästään korrelaatiokertoimienkin avulla (vrt. s. 17).

Riippumattomien muuttujien muoto voi olla miltei millainen tahansa. Esim. nyt kysymyksessä olevassa tapauksessa puun kuutiomäärä voidaan asettaa ainakin kokeilumielessä riippuvaksi rinnankorkeusläpimitasta ja pituudesta sellaisinaan. Yleensä kuitenkin riippuvuussuhde on tätä monimutkaisempi, josta syystä joudutaan käyttämään potensseja, tuloja, osamääriä, jopa trigonometrisia funktioitakin.

Tässä yhteydessä on syytä korostaa sitä olennaista eroa, joka esiintyy nyt selostettavien laskelmien ja vastaavien ruotsalaisten yhtälömääritysten välillä. Ruotsissa on riippuvaksi muuttujaksi otettu rungon muotoluku rinnankorkeudelta mitattuna ($f_{1.3}$). Varsinaiset kuutioimisyhtälöt on saatu tämän jälkeen kertomalla muotoluvun yhtälö tekijällä $\frac{\pi}{4} d^2h$. Nyt esitet-

tävissä laskelmissa on edetty suorempaa tietä. Puun kuutiomäärä on asetettu suoraan riippuvaksi rinnankorkeusläpimitan, pituuden ja 6 m:n korkeudelta mitatun läpimitan perusteella muodostetuista muuttujista.

Regressionanalyysin työmäärä riippuu ratkaisevasti tutkijan tiedoista niistä riippuvuussuhteista, joita ilmiössä esiintyy, sekä luonnollisesti aikaisempiin vastaaviin selvittelyihin sisältyvistä tuloksista ja kokemuksista. Aineiston käsittely muodostuu nim. kokeilun luonteiseksi siten, että lukuisista muuttujamahdollisuuksista on usein työläin ja kustannuksia vaativin laskelmin valittava ne, joiden perusteella ongelma lopullisesti ratkaistaan. Mikäli tutkija ei ole tarpeeksi selvillä ilmiöstä ja siinä esiintyvistä riippuvuussuhteista, jokin olennaisesti vaikuttava tekijä saattaa jäädä kokonaan huomiotta, jolloin yhtälön merkitsevyys vastaavasti kärsii. Samalla kun regressioanalyysi on merkittävä tilastomatemaattinen apuväline, se sisältää siis myös omat puutteellisuutensa ja vaikeutensa. Loppujen lopuksi on mahdotonta päätellä, onko lopullinen regressioyhtälö muodoltaan paras mahdollinen, vai voitaisiinko sitä vielä tavalla tai toisella muokata yhä paremmat ja paremmat tarkkuusvaatimukset täyttäväksi.

Käsittelyn eri vaiheet

Aineiston käsittelyssä oli kolme päävaihetta:

— käsikonein suoritetut esilaskelmat,
— matematiikkakonein suoritetut esilaskelmat ja
— matematiikka- ja käsikonein suoritetut lopulliset laskelmat.

K ä s i k o n e i n s u o r i t e t u n e s i l a s k e n t a v a i h e e n tarkoituksena oli lähinnä selvittää, missä muodossa 6 m:n korkeudelta mitattu rungon läpimitta (D_6) olisi sijoitettava kuutioimisyhtälöön niin, että se vain yhdessä muuttujassa esiintyen antaisi mahdollisimman edullisen tuloksen.

Noin 100 puuhun perustuvien erillisten regressioanalyysien avulla kokeiltiin seuraavien muuttujien kelpoisuutta kuorellisen kuutiomäärän yhtälössä:

$$D_6,\ D_6^2,\ D_6^3,\ DD_6,\ D_6h,\ D_6h^2,\ D_6^2h,\ DD_6h.$$

Tässä tarkastelussa kävi ilmi, että 6 m:n korkeudelta mitattu läpimitta (D_6) on sijoitettava kuutioimisyhtälöön jollakin tavalla yhdistettynä puun pituuden (h) ja mahdollisesti rinnankorkeusläpimitan (D) kanssa. Luetelluista muuttujista D_6^2h ja DD_6h havaittiin selvästi muita tehokkaammiksi muodon kuvaajiksi. Ratkaisua näiden kahden muuttujan välillä ei kuitenkaan voitu näin pienen aineiston perusteella tehdä, vaan se oli jätettävä matematiikkakonein tapahtuvien esilaskelmien varaan.

Matematiikkakonein (IBM 650) suoritettujen esilaskelmien tavoitteena oli seuraavien kohtien tutkiminen:
— onko siperialaiselle ja eurooppalaiselle lehtikuuselle laskettava erilliset funktiot vai voidaanko molempien aineistot yhdistää,
— mikä on kokeiltavien muuttujien tärkeysjärjestys ja mitkä muuttujat on otettava lopullisten yhtälöiden tekijöiksi ja
— onko olemassa jokin pituuden alaraja, jota lyhemmille puille on laskettava erilliset yhtälöt?

Taulukko 3. Muuttujien väliset korrelaatiokertoimet (tyhjän keskirivin yläpuolella siperialaisen ja alapuolella eurooppalaisen lehtikuusen aineistolle).
Table 3. Correlation coefficients between different variables (above the central empty line for the Siberian larch and below it for the European larch).

Muuttuja *Variable*	v	V	h	D^2	Dh^2	Dhb	Dh	D^2h	$D_6{}^2h$	DD_6h
	Korrelaatiokerroin — *Correlation coefficient*									
v	—	0.998	.852	**.978**	**.979**	.768	.972	**.985**	**.997**	.995
V	0.997	—	.861	**.983**	**.985**	.777	.979	**.990**	**.998**	.997
h	.840	.839	—	.844	.908	.678	.936	.830	.859	.848
D^2	**.975**	**.982**	.814	—	.965	.788	.973	**.991**	.977	.987
Dh^2	**.980**	**.983**	.898	.956	—	.777	**.991**	.978	.984	.985
Dhb	.900	.926	.734	.938	.905	—	.775	.792	.772	.785
Dh	.975	.978	.919	.971	**.990**	.900	—	.969	.976	.976
D^2h	**.986**	**.993**	.811	**.990**	.974	.950	.970	—	**.986**	.996
$D_6{}^2h$	**.996**	**.998**	.829	.979	.979	.926	.972	**.992**	—	**.997**
DD_6h	.993	.997	.822	.986	.979	.940	.973	.998	**.998**	—

Näiden ongelmien ratkaisemiseksi laskettiin aluksi korrelaatiomatriisi (taul. 3) aineistosta tasavälisesti poimitusta näytteestä, kustannusten säästämiseksi ainoastaan kuorenpäällisin mitoin. Taulukkoon, jonka pohjana on 609 siperialaisen ja 558 eurooppalaisen lehtikuusen koepuuta, on lihavalla painettu ne korrelaatiokertoimet, joihin seuraavassa esitettävät päätelmät nojautuvat.

Ensiksi esitettyyn ongelmaan saadaan vastaus suoraan taulukosta 3. Havaitaan, että sekä kuorellisen (V) että kuorettoman (v) kuutiomäärän riippuvuus kokeilluista muuttujista[1]) on miltei täsmälleen sama molemmilla lehtikuusilajeilla. Näin ollen voidaan päätellä, että siperialaiselle ja eurooppalaiselle lehtikuuselle voidaan laskea yhteiset funktiot kummankaan puulajin kuutioinnin tarkkuutta olennaisesti heikentämättä. Tätä päätelmää tukevat myös Carbonnierin tulokset, jotka ovat niin ikään johtaneet näiden lehtikuusilajien yhdistämiseen kuutioimisyhtälöitä laskettaessa. Päätelmien luotettavuutta lisännee se, että ne on saavutettu erilaisin menetelmin.

[1]) Muuttujassa Dhb tarkoittaa b kuoren paksuutta rinnankorkeudella.

Kokeiltavien muuttujien valinnassa nojauduttiin osin aiempiin ruotsalaisiin selvittelyihin. Muuttujien merkitsevyyttä tarkasteltaessa käytettiin ruotsalaisesta tavasta poiketen tässä vaiheessa kuitenkin taulukossa 3 esitettyä korrelaatiomatriisimenetelmää. Kyseisestä taulukosta käy näet varsin luotettavasti selville eri muuttujien tärkeysjärjestys: mitä suurempi muuttujan ja puun kuutiomäärän välinen korrelaatiokerroin, sitä merkitsevämpi muuttuja on kuutiomäärän kannalta. Korrelaatiomatriisista saadaan havainnollinen käsitys myös siitä, onko tietty muuttuja korvattavissa toisella siinä määrin, että se voidaan jättää kokonaan yhtälöstä pois.

Korrelaatiomatriisin mukaan puun kuutiomäärä riippuu kokeilluista tekijöistä seuraavassa järjestyksessä:

$$D_6{}^2h,\ DD_6h,\ D^2h,\ Dh^2,\ D^2,\ Dh,\ h,\ Dhb.$$

Kun eräät luettelon alkupäässä olevat muuttujat voidaan korvata toisella, näyttää käsillä olevan tarkastelun perusteella siltä, että kuutioimisyhtälössä tarvitaan ainoastaan kolme muuttujaa:

$$D_6{}^2h,\ Dh^2 \text{ ja } D^2.$$

Koeyhtälön laskenta osoittikin, ettei esim. D^2h ole tarpeen, sillä $D_6{}^2h$ ja D^2 korvaavat sen lähes täydellisesti.

Tässä yhteydessä on syytä vielä todeta, että laskelmien aikana kokeiltiin ruotsalaisen esikuvan mukaisesti myös pienempien yhtälöiden laadintaa. Näin saavutetuista kokemuksista tehdään selkoa jäljempänä (s. 33).

Koeyhtälön avulla saatiin selvyys myös kolmanteen esilaskelmien päämääränä olleeseen tavoitteeseen: onko olemassa jokin pituuden alaraja, jota lyhemmille puille olisi laskettava eri yhtälöt? Tarkastelemalla koeyhtälön sopivuutta aineistoon todettiin vakuuttavan selvästi, että 10 m:ä lyhemmille puille on laskettava omat yhtälönsä. Tämä johtuu siitä, että 6 m:n korkeudelta mitattu läpimitta on tällaisissa puissa niin korkealla, että aineiston numeerisessa tasoituksessa järeämpien puiden painollisen aseman vuoksi syntyy systemaattista positiivista virhettä.

Lopullisia yhtälölaskelmia suoritettiin sekä matematiikkakonein että käsityönä. Viimeksi mainitulla työläällä tavalla laskettiin lyhyiden (alle 10 m:n) puiden yhtälöiden regressiokertoimet. Matematiikkakonein saatiin pääyhtälöt keskivirhelaskelmineen.

Lehtikuusen kuutioimisyhtälöt

Yhtälöissä käytetyt merkinnät

Kuutioimisyhtälöissä käytetään seuraavia merkintöjä:

V = puun rungon kuorellinen kuutiomäärä ilman kantoa (vrt. s. 11) kiintokuutiodesimetreinä (k-dm^3),

v = puun rungon kuoreton kuutiomäärä ilman kantoa kiintokuutiodesimetreinä (k-dm^3),

D = rungon läpimitta rinnankorkeudella (1.3 m maanpinnan tason yläpuolella) kuoren päältä senttimetreinä (cm),

d = rungon läpimitta rinnankorkeudella kuoren alta senttimetreinä (cm),

D_6 = rungon läpimitta 6 m:n korkeudella maanpinnan tason yläpuolella kuoren päältä senttimetreinä (cm),

h = puun pituus maanpinnan tasosta mitaten metreinä (m).

Kuorellisen kuutiomäärän yhtälö

Kuorellisen kuutiomäärän yhtälö on lopullisten laskelmien mukaan seuraava:

(1) $$V = 0.1882\, D^2 + 0.003866\, Dh^2 + 0.03476\, D_6{}^2 h$$

Kaava soveltuu käytettäväksi ainoastaan puille, joiden pituus on suurempi kuin 10 m.

Kuorettoman kuutiomäärän yhtälöt

Kuorettomalle kuutiomäärälle laskettiin kaksi yhtälöä. Vähäisempää tarkkuutta vaativien mittaustehtävien tarpeita ajatellen laskettiin yhtälö kuorenpäällisin läpimitoin. Tämän lisäksi esitetään kuitenkin yhtälö, jossa myös kuoren paksuus on otettu huomioon. Jälkimmäisessäkin yhtälössä 6 m:n läpimitta on kuitenkin käytännöllisistä syistä kuorenpäällisin mitoin. Kuutioimisyhtälöt ovat seuraavat:

(2) $$v_1 = 0.07417\, D^2 + 0.001219\, Dh^2 + 0.03266\, D_6{}^2 h + 6.0$$

(3) $$v_2 = 0.13059\, d^2 + 0.000777\, dh^2 + 0.03225\, D_6{}^2 h + 5.0$$

Molemmat yhtälöt ovat tarkoitettuja ainoastaan puille, joiden pituus on suurempi kuin 10 m.

Lyhyiden puiden yhtälöt

Lyhyiden (alle 10 m:n pituisten) puiden kuutiomäärä voidaan laskea seuraavien yhtälöiden avulla:

$$(4) \qquad V = 0.0753\ D^2 + 0.03345\ D^2h - 0.00243\ Dh^2 + 0.5$$

$$(5) \qquad v = 0.03355\ D^2h - 0.0100\ D^2 - 0.00359\ Dh^2 + 0.4$$

Lyhyiden puiden yhtälöt ovat pienempien yhtälöiden tyyppiä, sillä muototekijää niissä ei esiinny samassa mielessä kuin edellä esitetyissä suurten puiden yhtälöissä. Vakiotermi yhtälön lopussa vaikuttaa ensi näkemältä merkityksettömän pieneltä. Parin metrin mittaisten puitten kuutioinnissa sillä on kuitenkin merkitystä.

Kuutioimisyhtälöiden tarkkuus

Teoreettinen tarkkuus

Teoreettinen tarkkuus ilmaisee aineiston tasoituksesta ja luontaisesta vaihtelusta aiheutuvat virherajat. Tarkastelun perusedellytyksenä pidetään, että puun pituus tunnetaan desimetrin ja rungon läpimitat millimetrin tarkkuudella. Esitys nojautuu vain 10 m:ä pitempien puiden yhtälöihin.

Kenties havainnollisimman käsityksen kuutioimisyhtälön luotettavuudesta antaa keskivirhelaskelma, joka ilmaisee yhden puun kuutioinnissa saavutettavan tarkkuuden. Eri yhtälöillä laskettujen kuutiomäärien suhteelliset keskivirheet ovat seuraavat:

yhtälö	keskivirhe, %
(1)	±4.9
(2)	±7.5
(3)	±6.6

Asetelma osoittaa, että kuorellisen kuutiomäärän laskenta kuutioimisyhtälöllä on selvästi tarkempaa kuin kuorettoman kuutiomäärän. Toisaalta kuorettoman kuutiomäärän tarkkuus paranee yllättävän vähän siitä, jos kuorellisten läpimittojen asemesta yhtälössä käytetään kuorenalaista rinnankorkeusläpimittaa. Kysymys, onko esitettyjä keskivirhesadanneksia pidettävä hyvinä vai huonoina, otetaan esille jäljempänä (s 26) vertailtaessa eri tutkimusten tuloksia keskenään.

On syytä toistaa vielä esitettyjen keskivirhesadannesten merkitys. Esim. ensiksi mainitun yhtälön keskivirhe tarkoittaa (vrt. s. 14), että suoritettaessa yhden puun kuutiointi kyseisellä kaavalla teoreettinen virhe on 68 %:n todennäköisyydellä pienempi kuin 4.9 %, 95 tapauksessa 100:sta alle 9.8 %:n ja käytännöllisesti katsoen aina enintään 14.7 %.

Kuutioimisyhtälöiden tarkkuus ei ole kaikenkokoisille puille sama. Tätä havainnollistaa taulukko 4, joka esittää keskivirheet pituusluokittain ja johon on merkitty myös esillä olevassa luotettavuustarkastelussa käytetyn näytteen suuruus. Taulukko osoittaa, että keskivirhe lisääntyy melkoisen johdonmukaisesti puun pituuden vähentyessä. Nähdään edelleen, että 15 m:ä pitempien puiden kuutiointi on merkittävästi tarkempaa kuin sitä lyhyempien.

Taulukko 4. Kuutioimisyhtälöiden keskivirheet pituusluokittain.
Table 4. Standard errors of tree volume functions by height classes.

Pituusluokka, m *Height class, m.*	Yhtälö — *Function* (1)	(2)	(3)	Näytteen suuruus *Sample size*
	Keskivirhe, % — *Standard error, %*			
10.1—12.5	9.4	13.7	11.5	20
12.6—15.0	8.4	11.7	9.9	46
15.1—20.0	4.2	7.4	6.1	125
20.1—25.0	4.3	6.7	5.9	176
25.1—30.0	4.0	6.1	5.9	104
30.1—35.0	4.7	7.2	6.9	80
35.1—40.0	3.6	4.3	4.2	43

Regressioyhtälöiden luotettavuutta kuvaavat edelleen seuraavat multippelikorrelaatiokertoimet (vrt. s. 14):

yhtälö	korrelaatiokerroin R
(1)	0.9952
(2)	0.9965
(3)	0.9967

Kun korkein mahdollinen kerroin on 1, asetelma osoittaa tasoituksen onnistuneen erinomaisesti ja regressioyhtälöiden luotettavuuden täyttävän korkeat vaatimukset.

Täydentävän käsityksen yhtälöstä ja sen muuttujista antavat regressiokertoimien keskivirheet (vrt. s. 14), jotka on esitetty taulukossa 5. Muuttuja D_6^2h havaitaan vallitsevaksi, sillä sen keskivirhe on erittäin pieni, vain 1.0—1.8 %. Tämä onkin ymmärrettävää, sillä 6 m:n korkeus ei ole yleensä enää tyvilaajentuman vaikutuspiirissä. Myös muuttujan D^2 (d^2) keskivirhe on kaikissa yhtälöissä vielä tyydyttävä. Sitä vastoin

Taulukko 5. Regressiokertoimien (b) keskivirheet.
Table 5. Standard errors of regression coefficients (b).

Yhtälö *Function*	Muuttuja *Variable*	$b \pm \varepsilon$	ε/b, %
(1)	D^2	0.1882 ± 0.0102	5.4
	Dh^2	0.003866 ± 0.000475	12.3
	D_6^2h	0.03476 ± 0 00064	1.8
(2)	D^2	0.07417 ± 0.00691	9.3
	Dh^2	0.001219 ± 0.000323	26.5
	D_6^2h	0.03266 ± 0.00043	1.3
(3)	d^2	0.13059 ± 0.00828	6.3
	dh^2	0.000777 ± 0.000303	39.0
	D_6^2h	0.03225 ± 0.00033	1.0

muuttujan Dh^2 (dh^2) keskivirhe on varsinkin yhtälöissä (2) ja (3) niin suuri, ettei muuttujan sijoittaminen yhtälöön tunnu tällä pohjalla oikeutetulta. Kun suoritettujen koelaskelmien mukaan on kuitenkin ilmeistä, että kyseinen muuttuja näissäkin yhtälöissä kaikesta huolimatta parantaa yhtälön luotettavuutta tiettyjen aineiston osien kohdalla, sen säilyttäminen yhtälössä on perusteltavissa. Varsin tarkat yhtälöt voitaisiin kuitenkin laskea myös kahden muuttujan, esim. $D_6{}^2h$ ja D^2, avulla.

Suurten puuerien kuutioinnissa keskivirhelaskelmat, joita edellä on esitetty, eivät ole niin tärkeitä kuin tieto siitä, johtavatko yhtälöt kokonaisuutena tai erikokoisissa puustoissa puoleen tai toiseen virheelliseen tulokseen. Tätäkin ongelmaa tutkittiin saman 594 koepuuta käsittävän näytteen avulla, johon keskivirhelaskelmat perustuvat. Tulokset ovat nähtävinä taulukossa 6.

Taulukko 6. Kuutioimisyhtälöiden systemaattinen virhe pituusluokittain.
Table 6. Systematic error of tree volume functions by height classes.

Pituusluokka, m *Height class, m.*	Yhtälö — *Function*		
	(1)	(2)	(3)
	Systemaattinen virhe, % — *Systematic error, %*		
10.1—12.5	—3.4	+1.0	+0.8
12.6—15.0	+1.5	—0.7	—0.7
15.1—20.0	—0.6	—0.9	—0.4
20.1—25.0	—0.8	—1.0	—0.5
25.1—30.0	—0.1	+0.8	+1.0
30.1—35.0	—0.5	+0.6	+0.6
35.1—40.0	—0.2	+0.1	0

Kun kysymyksessä on vain aineistosta tasavälisesti poimittu pienehkö näyte, on luonnollista, että taulukossa varsinkin lyhimpien puiden osalta esiintyy suhteellisen korkeita virhesadanneksia. Erityistä huomiota kiinnittää yhtälön (1) pituusluokassa 10.1—12.5 m esiintyvä virhesadannes 3.4. Sen voidaan tulkita viittavaan siihen suuntaan, että pituuden alarajaa olisi nostettava. Itse asiassa virheen suuruus saattaa tässä luokassa johtua suureksi osaksi näytteen pienuudesta (20 kpl). Kokonaisuutena ottaen taulukko 6 joka tapauksessa osoittaa, että kuutioimisyhtälöt tasoittavat vähintäänkin tyydyttävästi aineiston eri osat. Virhe on näet kaikilla yhtälöillä yleensä alle 1 %:n. Kun virheiden suunta kaiken lisäksi vaihtelee, kokonaistasoituksessa ei merkittävää systemaattista virhettä voi esiintyä.

Tähän mennessä suoritettu luotettavuustarkastelu on tuonut esille yksittäisten puiden tai useita metsiköitä käsittävien puuerien kuutioinnissa saavutettavan tarkkuuden. On kuitenkin tunnettu tosiasia, että puuston runkomuodossa esiintyy metsiköittäistä systemaattista vaihtelua. Näin ollen on varmaa, että tietyn metsikön kuutiomäärää

Taulukko 7. Kuorellisen kuutiomäärän yhtälön (1) tarkkuus metsiköittäin tarkasteltuna.

Table 7. Accuracy of the function for cubic volume incl. bark (1) scrutinized by stands.

Koealan n:o *Number of sample plot*	Puiden keskikuutiomäärä, k-m³ *Mean cubic volume of trees, cu.m.*		Ero, % edellisestä *Difference, % of the former*
	yhtälöllä laskettuna *acc. to the function*	pätkittäin mitaten *acc. to sectional measurements*	
1	1.242	1.249	—0.6
2	1.321	1.335	—1.1
3	0.248	0.247	+0.4
4	0.860	0.876	—1.9
5	0.928	0.931	—0.3
6	0.173	0.175	—1.2
7	0.184	0.182	+1.1
8	0.308	0.298	+3.2
9	0.434	0.431	+0.7
10	0.205	0.219	—6.8
11	0.298	0.295	+1.0

laskettaessa kuutioimisyhtälöt voivat antaa merkittävästi suuremman systemaattisen virheen kuin samansuuruisille useita metsiköitä käsittäville puuerille. Tämän virhelähteen suuruuden paljastamiseksi esitetään taulukko 7. Siinä on asetettu rinnan kuutioimisyhtälöllä (1) laskettu ja pätkittäin mitaten saatu runkojen keskikuutiomäärä, tosin vain 10 koepuun perusteella metsikköä kohden. Taulukko osoittaa, että metsiköittäinkin tarkastellen virhe on yleensä vähäinen. Poikkeustapauksissa puuston runkomuoto on kuitenkin niin paljon keskimääräisestä poikkeava, että virhe on huomattava, esim. nyt suoritetuissa mittauksissa —6.8 ja +3.2 %.

Havaintovirheiden merkitys

Teoreettisten virhetekijäin ohella pystypuuston maasta käsin tapahtuvan kuutioinnin tarkkuutta heikentävät kojeista ja mittausta suorittavasta henkilöstä johtuvat havaintovirheet. Kuutioimisyhtälöiden luotettavuutta tarkasteltaessa on sen vuoksi välttämätöntä esittää, mikä osuus puunmittaustunnusten havaintovirheillä on kuutiomäärän virheen muodostumiseen. On saatava käsitys rinnankorkeusläpimitan, 6 m:n korkeudelta mitatun läpimitan ja puun pituuden havaintotarkkuudesta.

R i n n a n k o r k e u s l ä p i m i t t a on mainituista kolmesta tunnuksesta se, joka voidaan tarkimmin mitata. Tämänkin läpimitan mittauksessa saattaa siitä huolimatta syntyä virhettä esim. mittamiehen huolimattomuuden tai kaulaimen puutteellisuuden vuoksi. Mikäli nämä vain tilapäisesti vaikuttavat virhetekijät jätetään kuitenkin huomiotta, on perus-

teltua todeta, että rinnankorkeusläpimitta voidaan mitata kohtuullisin vaivoin ja kustannuksin niin tarkasti, ettei sen havaintovirhettä tarvitse ottaa huomioon kuutioimisyhtälöiden luotettavuuden tarkastelussa. Yksittäisten puiden osalta tämä päätelmä edellyttää, että mittaus suoritetaan millimetrikaulaimella kahdessa toisiaan vastaan kohtisuorassa suunnassa ja että näiden läpimittojen keskiarvo sijoitetaan yhtälöön. Suurehkoja puueriä kuutioitaessa voidaan kuitenkin vaaratta käyttää luokkakaulaimia ja umpimähkäisesti yhdeltä puolelta tapahtuvaa mittausta, sillä puoleen tai toiseen syntyvät virheet tasoittavat toisensa. Systemaattinen virhe on rinnankorkeusläpimitan mittauksessa yleensä merkityksetön.

Kun rungon läpimitta 6 m:n korkeudella joudutaan ainakin vielä nykyisin mittaamaan tasaavalla luokkakaulaimella, on luonnollista, että virhe saattaa olla melkoinen. Virheen suuruus on epäilemättä jossain määrin riippuvainen henkilöstä ja varsinkin hänen perehtyneisyydestään tehtävään. Seuraavassa selostettavissa kokeissa, jotka käsittivät 160 eri läpimitta- ja pituusluokkaan kuuluvaa puuta, havainnon suorittajina toimi kaksi metsäkoulua varten harjoittelevaa mittausapulaista. Heitä on tuskin syytä pitää poikkeuksellisen taitavina, vaan pikemminkin keskitasoa edustavina henkilöinä, joilla kuitenkin oli riittävän pitkäaikainen kokemus tämäntapaisiin tehtäviin. Mittausapulaiset suorittivat toistensa tulosta tietämättä koepuiden läpimitan mittauksen 6 m:n korkeudelta latvakaulaimella 1 cm:n tasaavin luokin. Mittauksessa ei siis pyrittykään millimetrin tarkkuuteen, vaan ainoastaan läpimittaluokan toteamiseen. Välittömästi tämän jälkeen sama läpimitta mitattiin millimetrikaulaimella kahdessa toisiaan vastaan kohtisuorassa suunnassa.

Rungon läpimitan mittaukseen 6 m:n korkeudelta liittyy nyt kysymyksessä olevien mittausapulaisten toimittamana ja selostetulla kaulaimella suoritettuna seuraavan suuruinen keskivirhe:

mittausapulainen	keskivirhe, %
A	±3.5
B	±3.0

Kyseisen mittausvirheen merkitys ei ole täsmälleen sama kaikenkokoisissa puustoissa. Keskimäärin 3.25 %:n virhe 6 m:n läpimitassa merkitsee seuraavan suuruisia puun kuutiomäärän virheitä eri kuutioimisyhtälöitä sovellettaessa:

yhtälö	keskivirhe, %
(1)	±4.4
(2)	±5.3
(3)	±5.3

Kaiken kaikkiaan 6 m:n korkeuden läpimitan mittaus on kohtalaisen tarkkaa ja sen aiheuttama virhe puun kuutiomäärässä vielä tyydyttävän pieni.

Systemaattista virhettä ei tottuneella mittamiehellä näytä syntyvän 6 m:n korkeudelta läpimittaa mitattaessa.

P u u n p i t u u d e n mittaustarkkuus riippuu jälleen jossain määrin henkilöstä, mutta ehkä vielä sitäkin enemmän käytetystä kojeesta. Seuraavassa selostettavissa kokeissa, joissa mittamiehinä toimi kaksi kokenutta metsäteknikkoa, käytettiin kojeena Blumen-Leissin korkeusmittaria. Vertailevissa kokeissa havaittiin kuitenkin myös maassamme yleisesti käytetty Lönnrothin hypsometri lähes Blumen-Leissin kojeen veroiseksi, varsinkin 20 m:ä lyhemmissä puissa.

Pituusmittauksen keskivirhe todettiin mainittujen kokeiden perusteella seuraavaksi:

metsäteknikko	keskivirhe, %
A	± 2.4
B	± 2.2

Puun kuutiomäärään esitetyn suuruinen pituusmittauksen virhe aiheuttaa n. $\pm$ 2.0 %:n keskivirheen kaikkia kolmea kuutioimisfunktiota käytettäessä.

Systemaattinen virhe on myös pituusmittausten osalta merkityksetön.

Käytännössä saavutettava tarkkuus

Kun tasoituksesta, luontaisesta hajonnasta ja havaintojen suorituksesta johtuvat virhelähteet yhdistetään, saadaan käsitys siitä, minkälaiseksi kuutioimisyhtälöiden tarkkuus muodostuu käytännössä. Tällöin on syytä keskittyä vain keskivirheisiin, sillä suurten puuerien kuutiointia ajatellen havaintovirheiden tarkastelu ei tuonut mitään lisättävää teoreettiseen luotettavuuslaskelmaan.

K u o r e l l i s e n k u u t i o m ä ä r ä n yhtälön (1) luotettavuutta tarkasteltaessa havaittiin luontaisesta hajonnasta ja tasoituksesta aiheutuvaksi keskivirheeksi ± 4.9 %, 6 m:n korkeuden läpimitan mittauksesta koituvaksi keskivirheeksi ± 4.4 % ja pituuden mittauksesta johtuvaksi keskivirheeksi ± 2.0 %. Kun nämä virhetekijät yhdistetään, päädytään seuraavaan luotettavuuslaskelmaan:

$$(1) \qquad \sqrt{4.9^2 + 4.4^2 + 2.0^2} = \pm 6.9 \ \%$$

Yksittäisiä puita kuutioitaessa kuorellisen kuutiomäärän yhtälöä käyttäen keskivirhe on käytännön metsänmittaustehtävissä nyt suoritettujen

selvittelyjen mukaan siis ± 6.9 %. Tämän virhesadanneksen merkitystä on jo aiemmin selostettu (vrt. s. 14).

Kuoreton kuutiomäärä kuorenpäällisiin läpimittoihin nojautuen (yhtälö 2) on merkittävästi epätarkemmin käytännössä laskettavissa kuin kuorellinen kuutiomäärä. Yhtälön (2) osalta vastaava luotettavuuslaskelma on näet seuraava:

$$\sqrt{7.5^2 + 5.3^2 + 2.0^2} = \pm 9.4\ \% \qquad (2)$$

Mikäli kuorettoman kuutiomäärän laskenta perustetaan kuorenalaisiin läpimittoihin rinnankorkeudella (yhtälö 3), luotettavuus on kuitenkin yllättäen vain niukasti parempi kuin kuorenpäällisiä mittoja käytettäessä. Tämä johtuu osaksi siitä, että kuoren paksuuden mittaukseen liittyy merkittävä keskivirhemahdollisuus, jonka vaikutus kuutiomäärään on todettu n. ± 2.0 %:ksi. Kun kaikki neljä virhetekijää yhdistetään, saadaan seuraava laskelma:

$$\sqrt{6.6^2 + 5.3^2 + 2.0^2 + 2.0^2} = \pm 8.9\ \% \qquad (3)$$

Eroa edelliseen on siis vain 0.5 %. Tämä viittaa siihen suuntaan, että kuorettoman kuutiomäärän laskenta kuorenpäällisin läpimitoin olisi yleensä riittävä.

Vertailu muihin vastaaviin tutkimuksiin

Oman huomionarvoisen lisän lehtikuusen kuutioimisyhtälöiden luotettavuustarkasteluun tuo vertailu muihin vastaaviin tutkimuksiin. Tällöin tulevat ennen muita kysymykseen Näslundin (1940) yhtälöt Etelä-Ruotsin metsille ja Carbonnierin tosin alustaviksi tarkoitetut yhtälöt eräille lehtikuusilajeille. Tämän ohella voidaan vertailua suorittaa, tosin edellistä heikommin perustein, myös Ilvessalon (1947) pystypuiden kuutioimistaulukkoihin sekä niissä esitettyihin tuloksiin Jonsonin (1909) kuutioimistaulukoiden luotettavuudesta. Kun kahden viimeksi mainitun taulukon osalta ei ole keskivirhelaskelmia käytettävissä samassa mielessä kuin muista mainituista tutkimuksista, vertailu niihin jää jossain määrin epävarmaksi. Lisäksi on korostettava, että Ilvessalo on taulukoittensa luotettavuutta tarkastellessa pyöristänyt läpimitan ja kapenemisluokan täyteen senttimetriin ja pituuden lähimpään metriin, mikä on tietenkin omiaan antamaan näiden taulukoiden tarkkuutta väheksyvän tuloksen. Myös Ollinmaa (1953) on tarkastellut Ilvessalon taulukoiden luotettavuutta.

Vertailu on rajoitettava lähinnä teoreettiseen tarkkuuteen siitä syystä, ettei aiemmissa selvittelyissä ole havaintovirheiden merkitystä tarkasteltu. Edelleen on syytä keskittyä kuorelliseen kuutiomäärään, koska vain sitä koskevia luotettavuuslukuja on kaikissa mainituissa julkaisuissa esitetty.

Näslundin Etelä-Ruotsin metsille esittämistä yhtälöistä on tilastomatemaattisesti tarkin kuusen suurempi yhtälö kuorelliselle kuutiomäärälle. Tämän yhtälön teoreettinen keskivirhe on Näslundin mukaan ±6.93 %. Männyn vastaavalle yhtälölle keskivirhe on ±7.05 % ja koivulle ±8.82 %. Samaa suuruusluokkaa on myös Carbonnierin lehtikuusen yhtälöiden keskivirhe, ±7.01 %.

Kun tässä julkaisussa esitetyn kuorellisen kuutiomäärän yhtälön vastaava keskivirhe on ±4.9 %, on todettava, että ainakin teoreettinen tarkkuus on merkittävästi parempi kuin ruotsalaisissa yhtälölaskelmissa. Tämä saavutus johtuu ratkaisevasti siitä, että 6 m:n korkeudelta mitattu läpimitta on rungon muodon kuvaajana parempi kuin Ruotsissa käytetty vihreän latvuksen alareunan korkeus maasta. Viimeksi mainitun muototekijän tehottomuutta kuvastaa ainakin yhtä selvästi kuin juuri suoritettu vertailu myös se, että esim. Carbonnier on saanut ns. pienemmälle lehtikuusen yhtälölle, josta tämä muototekijä puuttuu, vain 0.09 % heikomman keskivirhearvon kuin suuremmalle yhtälölle. Vihreän latvuksen alareunan korkeus olisi siis ehkä voitu jättää ruotsalaisista yhtälöistä poiskin.

Vihreän latvuksen alareunan korkeuden käyttöä muototekijässä puolustettaneen lähinnä sillä, että se voitaisiin mitata tarkemmin kuin läpimitta 6 m:n korkeudelta. Näin saattaa ollakin, vaikka tuskin ero on niin merkittävä, että sitä kannattaisi korostaa ainakaan lehtikuusikoissa, missä myöhäisversot vaikeuttavat latvuksen alareunan määritystä. Mutta mittaustarkkuus ei ole suinkaan nyt ratkaiseva. Onhan edellä todettu, että tässä julkaisussa esitetyn kuorellisen kuutiomäärän yhtälön käytännössä saavutettava keskivirhe, joka sisältää kaikki havaintovirheet, on vain ±6.9 %. Toisin sanoen yhtälön käytännössä saavutettava luotettavuus on sama kuin ruotsalaisten yhtälöiden teoreettinen tarkkuus. Tämä lienee vakuuttava todistus siitä, että 6 m:n korkeudelta mitattu läpimitta on muodon kuvaajana käsillä olevaa tehtävää ajatellen onnistuneempi ratkaisu kuin vihreän latvuksen alareuna. Tässä onkin syytä todeta, että myös van Soest (1959) on tämän tutkimuksen suoritusaikana julkaisemassaan selvittelyssä havainnut 6 m:n korkeudelta mitatun läpimitan edut ja käyttänyt sitä kuutioimisyhtälössä, tosin erilaisessa muodossa kuin tässä julkaisussa.

Kotimaisten pystypuiden kuutioimistaulukoiden luotettavuus käy ilmi seuraavasta Ilvessalon laskelmiin perustuvasta asetelmasta:

virhe, %	mänty	kuusi % koepuista	koivu
< 5	68.4	74.0	60.1
<10	93.2	95.2	86.8
<15	98.2		97.3
<20	99.7	100.0	

Lisävalaistusta saadaan Ollinmaan esittämistä tuloksista, joiden mukaan männyn taulukoiden virhe on keskimäärin 5.0 %, kuusen 4.1 % ja koivun 5.8 %.

Ilvessalon esittämät luotettavuuslaskelmat osoittavat, että männyn taulukoiden teoreettinen keskivirhe on jokseenkin täsmälleen ±5.0 %, kuusen jonkin verran tätä alhaisempi, ehkä n. ±4.7 % ja koivun ainakin ±5.5 %, mahdollisesti hieman enemmän. Ollinmaan tarkkuuslaskelmat taas näyttäisivät viittaavan 0.5—1.0 % suurempaan keskivirheeseen.

Huomioon ottaen kaikki edellä esitetyt näkökohdat, niiden joukossa varsinkin Ilvessalon varovainen luotettavuustarkastelu ja puulajien väliset vaihteluerot, näyttää ilmeiseltä, että tässä julkaisussa esitettyjen kuutioimisyhtälöiden ja Ilvessalon pystypuiden kuutioimistaulukoiden teoreettinen tarkkuus on suurin piirtein sama. Tästä taas voidaan johtaa sellainen päätelmä, että pelkästään kuutiointitehtävän teoreettista tarkkuutta silmällä pitäen graafinen ja numeerinen tasoitus ovat samanarvoisia.

Jonsonin taulukoiden teoreettinen tarkkuus, johon ei sisälly havaintovirheitä, käy ilmi seuraavista Ilvessalon esittämistä luvuista:

virhe, %	mänty	kuusi % koepuista	koivu
< 5	66.7	69.8	53.3
<10	93.3	95.9	82.3
<15	99.1		95.8
<20	99.7	99.8	

Asetelma osoittaa, että Jonsonin taulukoiden teoreettinen tarkkuus on suurin piirtein sama kuin kotimaisten pystypuiden kuutioimistaulukoiden luotettavuus. Eroa viimeksi mainittujen eduksi on tosin havaittavissa varsinkin kuusen ja koivun taulukoissa, mutta sanottavaa merkitystä tällä erolla ei ole. Käytännön metsänarvioimistehtävissä kotimaisilla taulukoilla saavutetaan kuitenkin yleensä pienempien havaintovirheiden vuoksi tarkempia tuloksia.

Tämän jälkeen otetaan tarkasteltavaksi systemaattisen virheen suuruus eri tutkimuksissa (vrt. taul. 6, s 22). Näslundin (1947) Etelä-Ruotsin funktioiden systemaattinen virhe on nähtävissä kysymyksessä olevan julkaisun taulukoissa 5, 6 ja 7 (s. 19—22). Näiden taulukoiden mukaan

ruotsalaisten yhtälöiden systemaattinen virhe näyttää pituusluokittain tarkasteltuna olevan merkittävästi suurempi kuin esillä olevan julkaisun yhtälöiden. Sama havainto tehdään myös Carbonnierin alustavien yhtälöiden systemaattisesta virheestä. Tässäkin mielessä siis kirjoittajan tutkimuksessa esitetyt yhtälöt kestävät vertailun ruotsalaisiin yhtälölaskelmiin.

Ilvessalo on todennut, että kun koko aineisto otetaan huomioon, hänen kuutioimistaulukkojensa systemaattinen virhe on eri puulajeille seuraava:

puulaji	virhe, %
mänty	—0.4
kuusi	—0.6
koivu	—0.6

Vastaavat virheluvut, jotka tosin perustuvat vain taulukossa 6 esitettyyn näytteeseen, ovat lehtikuusen kuutioimisyhtälöiden kohdalla seuraavat:

yhtälö	virhe, %
(1)	—0.4
(2)	+0.1
(3)	+0.2

Vertailu kotimaisiin pystypuiden kuutioimistaulukkoihin osoittaa, että systemaattinen virhe on nyt esitetyissä yhtälöissä likimain sama.

Metsiköittäin virhe on vaihdellut Näslundin laskelmissa +2.70 %:sta —3.99 %:een kuorellisen kuutiomäärän suurempia yhtälöitä käytettäessä. Virheiden numeerinen keskiarvo on tällöin ollut 1.76 %. Vastaavat vaihtelurajat Carbonnierin yhtälölle ovat olleet +2.73 ja —3.18 % (eurooppalainen lehtikuusi) sekä +5.72 ja —3.23 % (siperialainen lehtikuusi). Virheiden numeeriset keskiarvot ovat olleet vastaavasti 1.44 ja 2.13 %.

Taulukosta 7 havaitaan, että nyt esitettyjen yhtälöiden vastaavan virheen vaihtelualue (+3.2 %:sta —6.8 %:een) on jonkin verran edellä esitettyjä laajempi, mutta virheiden numeerinen keskiarvo 1.7 % on täysin verrattavissa ruotsalaisiin tuloksiin.

Suoritetun vertailun mukaan on siis asetetussa tehtävässä, kuutioimisyhtälöiden laadinnassa, todennäköisesti onnistuttu paremmin kuin ruotsalaisissa ja yhtä hyvin kuin vastaavissa kotimaisissa tutkimuksissa.

Kuutioimistaulukoiden laadinta, rakenne ja käyttö

Lehtikuusen kuutioimistaulukot, jotka on liitetty tämän julkaisun loppuun, nojautuvat suurelta osalta samoihin periaatteisiin kuin Ilvessalon pystypuiden kuutioimistaulukot. Niinpä rungon muoto on molemmissa taulukoissa ilmaistu samalla tavalla, ts. rinnankorkeusläpimitan ja 6 m:n korkeudelta mitatun läpimitan erotuksen perusteella muodostettujen kapenemisluokkien avulla. Käsillä olevan julkaisun kuutioimistaulukoiden laadinnassa tämä on käynyt päinsä siten, että kulloinkin kysymyksessä olevaan yhtälöön on 6 m:n korkeudelta mitattava läpimitta sijoitettu kapenemisluokan osoittaman senttimetrimäärän verran pienempänä kuin rinnankorkeusläpimitta. Muuten kuutioimistaulukoiden laadinta on tapahtunut mekaanisesti sijoittamalla rinnankorkeusläpimitan ja pituuden erilaisia arvoja yhtälöihin.

Eräin kohdin nyt julkaistavat kuutioimistaulukot poikkeavat kuitenkin kotimaisista pystypuiden kuutioimistaulukoista. Merkittävin ero on, että kuoretonta kuutiomäärää varten on laadittu samanlaiset kuorenpäälliseen rinnankorkeusläpimittaan perustuvat taulukot kuin kuorelliselle kuutiomäärälle, kun Ilvessalon taulukoissa on tunnetusti käytetty sadannesmenetelmää kuorettoman kuutiomäärän laskentaa varten. Viimeksi mainitun menetelmän etu on, että kuoren paksuuden vaihtelut voidaan ottaa sadanneksia korjaamalla huomioon, kun taas ensiksi mainitussa tapauksessa tällainen korjaus ei ole mahdollinen. Milloin tarpeellista, laskelmissa voidaan lehtikuusikoiden osalta käyttää kuitenkin kuorenalaiseen rinnankorkeusläpimittaan perustuvaa yhtälöä (3), jonka nojalla ei ole kuutioimistaulukoita esitetty.

Toinen olennainen ero kysymyksessä olevien taulukoiden välillä koskee ns. lyhyiden puiden kuutiointia. Alle 10 m:n pituisten lehtikuusten kuutiomäärän laskentaa varten on laadittu vain rinnankorkeusläpimittaan ja pituuteen perustuvat taulukot.

Lehtikuusen kuutioimistaulukot ulottuvat rinnankorkeusläpimitan osalta 53 cm:iin ja pituuden osalta 35 m:iin. Eräissä tapauksissa esiintyy epäilemättä tarvetta tätä järeämpien tai pitempien puiden kuutioimiseen. Tällaisissa tapauksissa voidaan käyttää kulloinkin parhaaksi katsottua yhtälöä yksikkökuutiomäärien laskennassa.

Lähinnä laskentateknillisistä syistä kuutioimisyhtälöt antavat puun kuutiomäärän kuutiodesimetreinä. Taulukkoihin on yksikkökuutiomäärät merkitty yleisen käytännön mukaisesti kiintokuutiometreinä. Yksikkökuutiomäärät tarkoittavat rungon kuutiomäärää ilman kantoa (vrt. s. 11).

Esitetyt kuutioimisyhtälöt ja -taulukot soveltuvat parhaiten mittaushetken kuorellisen ja kuorettoman kuutiomäärän laskentaan. Kasvun laskentaa varten olisi näet tunnettava läpimitan kehitys 6 m:n korkeudella kasvunmittausjakson aikana. Usein voidaan kuitenkin lähteä siitä oletamuksesta, että puun runkomuoto säilyy ennallaan lyhyen kasvunmittausjakson, esim. 5-vuotiskauden kuluessa, ts. että läpimitan kasvu rinnankorkeudella ja 6 m:n korkeudella on sama. Keskimääräistä runkomuodon muutosta 5-vuotiskauden kuluessa osoittaa seuraava asetelma, johon on verraten runsaan koepuuaineiston perusteella laskettu 6 m:n korkeudelta mitatun paksuuskasvun suhde rinnankorkeudelta mitattuun paksuuskasvuun eri ikä- ja läpimittaluokissa alaharvennuksin käsitellyissä lehtikuusikoissa:

ikäluokka, v *age class, years*	läpimittaluokka, cm — *diameter class, cm.*				
	—10.0	10.1—20.0	20.1—30.0	30.1—40.0	40.1—50.0
	kasvusuhde D6/D1.3, % — *growth ratio D6/Dbh., per cent*				
21—40	150	118	108		
41—60		95	109	114	
61+			94	97	101
keskim.—*average*	150	117	108	108	101

Asetelma osoittaa, että edellä esitetty olettamus kasvun vertikaalisesta yhtäläisyydestä 6 m:n tyviosalla ei pidä täysin paikkaansa. Merkittävää virhettä näyttää kuitenkin syntyvän vain nuorissa, alle 40-vuotisissa metsiköissä ja niissäkin vain ohuimmissa puissa. Varsinkin keski-ikäisissä ja vanhoissa metsiköissä runkomuodon stabiliteetti voidaan asetelman mukaan katsoa miltei täydelliseksi.

Loppupäätelmät

Suoritettu tutkimus on osoittanut, että regressioanalyysiin perustuvat kuutioimisyhtälöt soveltuvat tarkkuutensa puolesta hyvin kuutioimistaulukoiden laadintaan. Näyttää lisäksi ilmeiseltä, että pienten aineistojen perusteella suoritettavissa tasoituksissa regressioanalyysi on graafista menetelmää luotettavampi. Tätä päätelmää tukee seuraava tutkimuksen kestäessä tehty havainto. Kuten sivulla 17 mainittiin, laskettiin vain 609 siperialaisen lehtikuusen koepuun perusteella aluksi koeyhtälö. Vaikka aineisto oli näin pieni, saatiin kuitenkin jo senkin perusteella yhtälö, joka oli likimain yhtä tarkka kuin koko aineistosta laskettu lopullinen yhtälö. Mikäli näin pienestä aineistosta olisi yritetty kuutioimistaulukoiden laadintaa graafisin menetelmin, se olisi ollut jo etukäteen tuomittu epäonnistumaan. Ilmeisesti numeerisessa tasoituksessa on siis mahdollista jo vähäisestä aineistosta löytää ne riippuvuussuhteet, joihin kuutioimisyhtälöt nojautuvat.

Saavutetut tulokset osoittavat kuitenkin toisaalta, että milloin aineisto on runsas ja monipuolinen, myös graafinen tasoitus puolustaa edelleen paikkaansa. Samoja perusteita käytettäessä regressioanalyysin avulla saadut kuutioimisyhtälöt johtavat näet todennäköisesti suurin piirtein yhtä tarkkoihin kuutioimistaulukkoihin kuin taitavan ja kokeneen henkilön runsaan aineiston turvin suorittama graafinen tasoitus. Vastaavaan tulokseen on äskettäin päätynyt myös v a n S o e s t (1959).

Kuutioimisyhtälöiden varsinaisia etuja on kuitenkin haettava toisaalta. Tällöin on ennen muuta korostettava niiden merkitystä inventointiaineistojen koneellisissa laskenta- ja käsittelytehtävissä. Kun käytettävissä ovat kuutioimisyhtälöt, voidaan sekä puuston kuutiomäärä että kasvu nopeasti laskea matematiikkakonein, millä seikalla on jo nyt ja varsinkin tulevaisuudessa suuri merkitys. Tästä syystä näyttäisi nyt alkuun saatettua tutkimusta olevan syytä meilläkin jatkaa ja edelleen kehittää, kunnes käytettävissä ovat kuutioimisyhtälöt myös kotimaisia puulajeja varten. Korostettakoon, että tällaisten yhtälöiden tarkoituksena ei ole korvata vaan ennen muuta täydentää kuutioimistaulukoita.

Tutkimus on osoittanut, että kuutioimisyhtälöitä laadittaessa ei ole aina välttämätöntä asettaa riippuvaksi muuttujaksi rinnankorkeusmuotoluku, kuten tähän mennessä on poikkeuksetta tapahtunut, vaan että

tietyin edellytyksin myös puun kuutiomäärä voi esiintyä samassa asemassa jo yhtälöiden laskentavaiheessa. Tosin on käynyt yhtä selväksi, että ns. pienempiä yhtälöitä laskettaessa, jolloin varsinainen muototekijä puuttuu, puun kuutiomäärää ei voida ottaa riippuvaksi muuttujaksi, sillä silloin syntyy alle 20 m:n mittaisissa puissa systemaattista virhettä. Tietenkin on mahdollista laatia erilliset yhtälöt mainittua mittaa pitemmille ja lyhemmille puille. Tällainen ratkaisu olisi kuitenkin epäkäytännöllinen. Pienempiä yhtälöitä laskettaessa on sen vuoksi välttämätöntä asettaa riippuvaksi muuttujaksi rinnankorkeusmuotoluku $f_{1.3}$, josta kuutiomäärän yhtälö saadaan yksinkertaisella kertoimella (vrt. s. 14). Tällöin on paikallaan kokeilla myös van Soestin äskettäin ehdottamaa logaritmista tasoitusta, joka hänen mukaansa on ruotsalaisissa ja nyt julkaistuissa yhtälöissä sovellettua tarkempi. Logaritmisen tasoituksen etuja on syytä vastaisuudessa kokeilla myös suurempien yhtälöiden laadinnassa, olkoonkin että ne silloin eivät vaikean matemaattisen asunsa vuoksi sovellu »jokamiehen» yhtälöiksi.

Läpimitta 6 m:n korkeudelta, jota Ilvessalo on ensimmäisenä käyttänyt runkomuodon kuvaamiseen ja jota myös tässä tutkimuksessa on sovellettu, on osoittautunut tehokkaaksi tähän tarkoitukseen ja merkittävästi paremmaksi kuin esim. ruotsalainen vihreän latvuksen alareunan korkeuteen perustuva menetelmä. Vaikka tämän läpimitan mittausvirhekin otetaan huomioon, eroa ruotsalaiseen menetelmään on siksi paljon, ettei jääne epäilystä, kumpi menetelmä on parempi. Itse asiassa vihreän latvuksen alareunan korkeuden heikkous runkomuodon kuvaajana käy selvästi ilmi jo ruotsalaisista yhtälölaskelmista.

Kuuden metrin korkeudelta mitattu läpimitta on tehokkaimmin sijoitettavissa kuutioimisyhtälöön jollakin tavalla yhdistettynä pituuden kanssa. Tässä julkaisussa on tehokkaimmaksi havaittu muuttuja $D_6{}^2h$. Miltei samanarvoinen on kuitenkin myös muuttuja DD_6h, jossa kolmantena osatekijänä on rinnankorkeusläpimitta ja joka sen vuoksi ei ole aivan yhtä herkkä mittausvirheiden vaikutukselle kuin ensiksi mainittu muuttuja. On tietysti mahdollista, että voidaan löytää vielä näitäkin tehokkaampi yhdistelmä esim. logaritmisen tasoituksen tietä. Ylhäältä mitattua läpimittaa ei ole käytettävä useammassa kuin yhdessä muuttujassa, ettei sen mittausvirhe muodostu liian painolliseksi. Mikäli 6 m:n läpimitta sisällytetään vaikkapa vain kahteen muuttujaan, se kykenee lisäksi miltei täydellisesti korvaamaan rinnankorkeusläpimitan, jota kuitenkaan ei monestakaan syystä voida jättää yhtälöstä pois.

Kun yhtälössä käytetään 6 m:n korkeudelta mitattua läpimittaa ja kun puun kuutiomäärä asetetaan laskelmissa riippuvaksi muuttujaksi, yhtälö voidaan luotettavasti laskea vain vähintään 10 m:n mittaisille puille. Mainittua mittaa lyhemmissä puissa 6 m:n korkeus sijaitsee niin latvaosassa, ettei tältä korkeudelta mitatulla läpimitalla ole puun kuutiomäärän kan-

nalta samaa merkitystä kuin pitemmissä puissa. Lyhyille puille on löydettävä oma muototekijänsä, esim. I l v e s s a l o n tapaan 3.5 m:n korkeuden läpimitan avulla, tai laskettava pienemmät yhtälöt, jotka tämänkokoisten puiden vähäisen taloudellisen merkityksen vuoksi lienevät yleensä riittävät. Tässä julkaisussa on päädytty jälkimmäiseen ratkaisuun.

Kirjallisuusluettelo

Carbonnier, Charles. Funktioner för kubering av europeisk, sibirisk och japansk lärk. Moniste.

Ilvessalo, Yrjö. 1947. Pystypuiden kuutioimistaulukot. Summary: Volume tables for standing trees. — Metsätiet. tutk. laitoksen julk. 34.4.

Jonson, Tor. 1909. Massatabeller för träduppskattning. Stockholm.

Mills, Frederick Cecil. 1938. Statistical methods applied to economics and business. Revised. New York.

Näslund, Manfred. 1936. Skogsförsöksanstaltens gallringsförsök i tallskog. Primärbearbetning. Zusammenfassung: Die Durchforstungsversuche der Forstlichen Versuchsanstalt Schwedens in Kiefernwald. Primärbearbeitung. — Medd. fr. Stat. skogsförsöksanst., H. 29.

—»— 1940. Funktioner och tabeller för kubering av stående träd. Tall, gran och björk i norra Sverige. Zusammenfassung: Funktionen und Tabellen zur Kubierung stehender Bäume. Kiefer, Fichte und Birke in Nordschweden. — Ibid., H. 32.

—»— 1947. Funktioner och tabeller för kubering av stående träd. Tall, gran och björk i södra Sverige samt i hela landet. Summary: Functions and tables for computing the cubic volume of standing trees. Pine, spruce and birch in Southern Sweden, and in the whole of Sweden. — Medd. fr. Stat. skogsforskningsinst., Bd 36.

Ollinmaa, Paavo J. 1953. Kuutioimiskaavojen ja kuutioimistaulukoiden tarkkuudesta kokonaisten runkojen kuutioimisessa. Summary: The accuracy of some volume formulas and volume tables. — Metsätal. Aikakausl., s. 56—60.

Petterson, Henrik. 1932. Skogsförsöksanstaltens gallringsförsök, en bearbetning och ett program. Zusammenfassung: Die Durchforstungsversuche der Forstlichen Versuchsanstalt, eine Bearbeitung und ein Programm. — Sv. Skogsvårdsför. tidskr.

—»— 1934. Några synpunkter på metodiken vid korrelationsanalys. Summary: Some view points on the methods of correlation analysis. — Ibid.

—»— 1954. Barrskogens volymproduktion. Die Massenproduktion des Nadelwaldes. — Medd. fr. Stat. skogsforskningsinst., Bd 45.

Soest, J. van. 1959. Stem form and volume of Japanese larch (Larix leptolepis Gord.) in the Netherlands. Zusammenfassung: Schaftform und Masse der japanischen Lärche in den Niederlanden. — Uitvoerige Verslagen van de Stichting Bosbouwproefstation »De Dorschkamp», Bd 4, Verslag Nr. 1.

TREE VOLUME FUNCTIONS AND TABLES FOR LARCH

Summary in English

Introduction

Until recent years, tree volume tables, constructed in the main by means of graphic fitting, have been the only practical solution for the computation of the cubic volume of trees and stands. Nevertheless, in the calculation of the extensive materials of large-scale forest inventories, tree volume tables have proved rather tedious and inconvenient, since they involve a great deal of manual work. Electronic computors, which have opened up great technical potentialities for forest mensuration, cannot be used to the maximum advantage if tree volume tables only are available. Tree volume functions, such as those published by Näslund (1940, 1947), and recently by van Soest (1959), are necessary in order to render electronic computations effective and sufficiently economical for practical purposes. On the other hand, volume functions are also very useful in the construction of tree volume tables, which will undoubtedly continue to maintain great importance in the future, particularly in the treatment of less comprehensive materials.

In addition to constructing tree volume functions and tables for larch, the present publication has the aim of contributing to the technique of functional calculations and to the testing of their reliability, with particular reference to the requirements of practical forestry in Finland.

Material

The material consists of 2,813 sample trees of Siberian and European larch *(Larix sibirica Ledeb.* and *Larix decidua Mill)*. The distribution of sample trees higher than 10 metres into groups by diameter and height appears in Tables 1 and 2 (p. 9, 10), which show — at least according to northern standards — an exceptionally wide range of variation covered by the material.

In determining the breast height, the starting point has been the average level of ground surface at the base of the tree. The cubic volumes given in this publication indicate the solid stem volume without stump. Where reference is made to the stump, this indicates the distance between the ground level and the lowest point at which the tree can be felled during the summer.

Treatment of material

Basic principles

In this chapter, a discussion is made of the basic principles and formulae underlying the multiple regression analysis applicable in the construction of tree volume functions,

the Doolittle method and library programme N:o 6.0.001 (multiple regression analysis) of IBM 650 (magnetic drum data-processing machine) being included.

The cubic volume of the tree is here considered to be the dependent variable, instead of the form factor $f_{1.3}$ applied in other publications on the same subject.

Different phases of treatment

Preliminary tests with conventional hand calculators showed that the tree form is best expressed in the function by the diameter at a height of 6 metres (D_6), first applied by Ilvessalo (1947), combined with tree height (h) and possibly with dbh. (D). Variables D_6^2h and DD_6h proved practically equal in these calculations, in which 8 different variables were tested.

Preliminary calculations with IBM 650 resulted in a correlation table between the dependent variable, the cubic volume including bark (V) and excluding bark (v), and the different independent variables tested (cf. Table 3, p. 16). On the basis of this correlation table and preliminary functions, it was possible to conclude that:

— combined functions can be calculated for the larch species concerned,

— only three independent variables are necessary in the tree volume functions: D^2, Dh^2 and D_6^2h,

— separate functions are indispensable for trees shorter than 10 metres.

The final calculations based on these principles were carried out largely by means of IBM 650.

Tree volume functions for larch

Symbols and definitions

The symbols used in the functions have the following definitions:

V = cubic volume incl. bark in solid cubic decimetres (dm^3) of stem wood without stump (cf. p. 36),
v = cubic volume excl. bark in solid cubic decimetres (dm^3) of stem wood without stump,
D = diameter breast high (1.3 metres above the average ground level at the base of the tree) outside bark in centimetres (cm.),
d = diameter breast high inside bark in centimetres (cm.),
D_6 = diameter outside bark at the height of 6 metres above the ground in centimetres (cm.),
h = tree height above the ground in metres (m.).

Function for cubic volume incl. bark

The final function for the tree volume incl. bark is:

$$V = 0.1882\,D^2 + 0.003866\,Dh^2 + 0.03476\,D_6^2h \qquad (1)$$

This function is applicable to trees higher than 10 metres.

Functions for cubic volume excl. bark

Two functions have been calculated for cubic volume excl. bark, one for dbh. outside bark and the other for dbh. inside bark:

$$v_1 = 0.07417\ D^2 + 0.001219\ Dh^2 + 0.03266\ D_6{}^2h + 6.0 \quad (2)$$

$$v_2 = 0.13059\ d^2 + 0.000777\ dh^2 + 0.03225\ D_6{}^2h + 5.0 \quad (3)$$

Both functions apply to trees higher than 10 metres.

Functions for short trees

For trees shorter than 10 metres, the following functions have been obtained:

$$V = 0.0753\ D^2 + 0.03345\ D^2h - 0.00243\ Dh^2 + 0.5 \quad (4)$$

$$v = 0.03355\ D^2h - 0.0100\ D^2 - 0.00359\ Dh^2 + 0.4 \quad (5)$$

There are no lower diameter or height limits for these functions.

Accuracy of functions

Theoretical accuracy

The theoretical accuracy of the tree volume functions is indicated by standard errors of estimate, calculated as the standard deviation of residuals (differences between the calculated and the measured values of sample trees):

function	standard error, %
(1)	±4.9
(2)	±7.5
(3)	±6.6

The accuracy of the present functions depends to a great extent upon the tree height (cf. Table 4, p. 21). Trees higher than 15 metres are measured with greater accuracy than trees shorter than this height. However, the accuracy is also adequate for the latter.

The multiple correlation coefficients for the functions are:

function	correlation coefficient R
(1)	0.9952
(2)	0.9965
(3)	0.9967

The multiple correlation coefficients are very high, and indicate successful carrying out of the total regression.

The standard errors of regression coefficients appear in Table 5 (p.21). It can be noticed that the variables $D_6{}^2h$ and D^2 (d^2) are very significant for the functions, but that the variable Dh^2 (dh^2) has a rather large standard error, particularly in functions (2) and (3). This implies that satisfactory functions could apparently be achieved with two independent variables alone.

The systematic error to be encountered on application of tree volume functions of larch in practical inventories is visualized by Table 6 (p.22), which is based upon an equidistant sample of 594 trees from the material. The systematic error in such a small sample appears rather acceptable, in general less than 1 % in different height classes.

On studying the reliability of tree volume functions by stands (cf. Table 7, p. 23) the chances of error are found to be greater than those for large numbers of trees in general. This error, which is due to the systematic trends in tree form by stands, was found to vary from + 3.2 % to — 6.8 % in the 11 stands studied. Generally speaking, the error is better than is indicated by this variation range, and is acceptable in practice.

Importance of observation errors

The measurement of diameter breast high can be carried out with such accuracy that errors of observation can be regarded as negligible.

The diameter at a height of 6 metres is usually measured in Finland by means of a curve caliper on a pole, as described by Ilvessalo (1947). With the aid of this instrument and experienced observers, the standard error of this diameter measurement was found to be:

person	standard error, %
A	±3.5
B	±3.0

An error of this magnitude introduces the following standard errors in the calculations of cubic volume:

function	standard error, %
(1)	±4.4
(2)	±5.3
(3)	±5.3

Normally, no systematic error is encountered in measurement of the upper diameter in question.

The measurement of tree height, as carried out by experienced foresters with a Blume-Leiss altimeter, involves the following standard errors as far as the present investigation is concerned:

forest technicist	standard error, %
A	±2.4
B	±2.2

An error of this extent is equivalent to an error of ±2.0 % in the cubic volume, calculated by means of any of the three functions concerned. No systematic trend is involved in the measurement of height.

The measurement of bark thickness required by function (3) was estimated as bringing a standard error of ±2.0 % in the estimate of cubic volume.

Accuracy obtainable in practice

When the theoretical and observational errors are pooled, the resulting standard errors indicate the accuracy of tree volume functions obtainable in practice:

function	standard error, %
(1)	±6.9
(2)	±9.4
(3)	±8.9

It is apparent that the accuracy of any of these functions is adequate for practical purposes.

Comparison with other investigations

The theoretical accuracy of what Näslund (1947) terms complete functions for Southern Sweden is: ±6.93 % (spruce), ± 7.05 % (pine) and ±8.82 % (birch). Consequently, the theoretical accuracy of the corresponding function for volume incl. bark, ±4.9 %, in this publication is considerably better than that of the Swedish functions. As a matter of fact, the accuracy obtainable in practice according to function (1), ±6.9 %, is about the same as the theoretical reliability of the Swedish functions. This is mostly due to the efficiency of the diameter at a height of 6 metres as an indicator of stem form in comparison with the lower limit of green crown applied in Swedish functions.

The theoretical accuracy of the present functions is approximately equal to that of the tree volume tables of Ilvessalo (1947) and Jonson (1909). This, in turn, implies that from the point of view of accuracy, the graphic and numerical fittings are by and large equal. A similar conclusion has recently been reached by van Soest (1959).

In addition, the comparison of theoretical systematic errors proves that the present task of constructing tree volume functions and tables for larch has been reliably completed.

Conclusions

The present investigation has proved that the functions of volume are a very useful means of constructing tree volume tables. However, the results also indicate that from the point of view of accuracy the graphic and numerical adjustments are approximately equal. The advantages of multiple regression analysis are most pronounced if the material is rather small. It was found in the present investigation, for instance, that a preliminary function, which was based upon only 609 sample trees, fulfilled exacting requirements as to reliability. The graphic method would undoubtedly fail totally in an attempt to construct tree volume tables on the basis of such a small material. This idea can also be expressed as follows: when using regression analysis, the same degree of accuracy can be obtained with a considerably smaller material than when the graphic method is employed.

The advantages proper of the tree volume functions can be found in the practical sector, however. When such functions are available, the calculation of large-scale inventory materials can be carried out by modern electronic computors in a fraction of the time required by conventional calculators.

As indicated by the present investigation, the cubic volume of the tree can be used as a dependent variable. Nevertheless, when computing the lesser functions, using as bases the dbh. and height alone, the form factor $f_{1.3}$ must be set as a dependent variable in order to avoid systematic errors for trees less in height than 20 metres.

The diameter at a height of 6 metres is an efficient indicator of stem form, and better than the lower limit of green crown applied in the Swedish functions. The accuracy in practice of the function containing this upper diameter has been found about the same as the theoretical accuracy of functions with the lower limit of green crown as a form indicator. Accordingly, despite the observational error to be encountered in measuring the diameter at a height of 6 metres it can with advantage be used in tree volume functions.

The upper diameter is most effectively employed in the tree volume functions combined with tree height and possibly dbh. The diameter at a height of 6 metres

must not be included in more than one variable, in order to maintain the dbh. in the function.

If the stem form is expressed by means of an upper diameter, and if the tree volume is used as the dependent variable in calculations, separate functions must be obtained for trees shorter than a certain measurement. If the upper diameter is measured at a height of 6 metres, this lower limit is 10 metres.

The tree volume functions published in this paper are most useful in calculating the cubic volume, incl. and excl. bark, of the present growing stock. They can also be used to calculate the growth, however. This presupposes either that the growth of the upper diameter is taken to equal the increase in dbh. or that the experience figures given on p. 31 are applied as regards development of stem form.

KUUTIOIMISTAULUKOT

Tree volume tables

Kuutiomäärä kuorineen — *Volume incl. bark*

Yhtälöt — *Functions*

Lyhyet puut — *Short trees*

$$V = 0.0753\ D^2 + 0.03345\ D^2h - 0.00243\ Dh^2 + 0.5$$

Pitkät puut — *High trees*

$$V = 0.1882\ D^2 + 0.003866\ Dh^2 + 0.03476\ D_6{}^2h$$

Lyhyet puut (pituus 2—10 m)
Short trees (height 2—10 m.)

D 1.3 kuoren päältä, cm *Dbh., outside bark, cm.*	Puun pituus, m — *Tree height, m.*								
	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Puun rungon kuutiomäärä kuorineen (kannotta), k-m³ *Volume incl. bark of the stem (without stump), solid cu.m.*								
2	0.0010	0.0012	0.0013						
3	0018	0020	0023	0.0025	0.0027				
4	0027	0032	0037	0041	0046	0.0050			
5	004	005	006	006	007	008	0.008	0.009	0.010
6		007	008	009	010	011	012	013	014
7			010	012	013	015	016	018	019
8				016	017	019	021	023	025
9				020	022	024	027	029	032
10					027	030	033	036	039
11					033	037	040	044	047
12						044	048	052	057
13						051	056	062	067
14						059	066	072	077
15							075	082	089
16							086	094	102
17								106	115
18								119	129
19									144

Kuutiomäärä kuorineen — *Volume incl. bark*

D 1.3 kuoren päältä, cm *Dbh., outside bark, cm.*	Puun pituus maasta, metriä											
	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
	Puun rungon kuutiomäärä kuorineen (kannotta), k-m³											
8	0.032	0.035	0.037	0.039	0.042	0.045	0.047					
9	041	044	047	050	053	056	060	0.063				
10	051	054	058	062	066	070	074	078	0.082			
11	062	066	071	075	080	084	089	094	099	0.104		
12	074	079	084	090	095	101	106	112	118	124	0.130	
13	087	093	099	105	112	118	125	131	138	145	152	0.159
14	101	108	115	122	130	137	145	152	160	168	176	184
15	116	124	132	141	149	158	166	175	184	193	202	211
16	133	142	151	160	170	179	189	199	209	219	229	240
17	150	160	171	181	192	203	214	225	236	247	259	270
18	168	180	192	203	215	227	240	252	264	277	290	303
19	188	201	214	227	240	253	267	281	294	308	323	337
20		223	237	251	266	281	296	311	326	342	357	373
21			262	278	294	310	326	343	360	376	394	411
22			287	305	322	340	358	376	395	413	432	451
23				333	353	372	392	411	431	451	472	492
24				363	384	405	426	448	469	491	513	535
25				394	417	440	463	486	509	533	557	581
26					451	476	501	526	551	576	602	628
27					487	513	540	567	594	621	649	677
28					524	552	581	610	639	668	698	727
29						592	623	654	685	717	748	780
30						634	667	700	733	767	800	834
31							712	747	783	818	854	891
32							759	796	834	872	910	949
33								847	887	927	968	1.01
34									942	984	1.03	1.07
35									998	1.04	1.09	1.13
36										1.10	1.15	1.20
37											1.22	1.27
38												1.34
39												1.41
40												
41												
43												
45												
47												
49												
51												
53												

Kapenemisluokka — *Taper class*, (D 1.3—D 6.0), 1 cm

Height of the stem from the ground, metres														D 1.3, cm *Dbh, cm.*
22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	
Volume incl. bark of the stem (without stump), solid cu.m.														
														8
														9
														10
														11
														12
														13
0.192														14
220	0.230													15
250	261	0.272												16
282	294	306	0.318											17
316	329	342	356	0.369										18
351	366	381	395	410	0.426									19
389	405	421	437	454	470	0.487								20
428	446	463	481	499	518	536	0.554							21
470	489	508	527	547	567	587	607	0.628						22
513	534	555	576	597	619	640	662	684						23
558	580	603	626	649	673	696	720	744	0.768					24
605	629	654	679	704	729	754	780	805	831					25
654	680	707	733	760	787	814	842	869	897	0.925				26
705	733	761	790	819	848	877	906	936	966	996				27
757	788	818	849	880	911	942	973	1.01	1.04	1.07	1.10			28
812	844	877	910	943	976	1.01	1.04	1.08	1.11	1.14	1.18			29
869	903	938	973	1.01	1.04	1.08	1.11	1.15	1.19	1.22	1.26	1.30		30
927	964	1.00	1.04	1.07	1.11	1.15	1.19	1.23	1.27	1.30	1.34	1.38	1.42	31
988	1.03	1.07	1.11	1.14	1.18	1.23	1.27	1.31	1.35	1.39	1.43	1.47	1.51	32
1.05	1.09	1.13	1.17	1.22	1.26	1.30	1.34	1.39	1.43	1.48	1.52	1.56	1.61	33
1.11	1.16	1.20	1.25	1.29	1.34	1.38	1.43	1.47	1.52	1.56	1.61	1.66	1.70	34
1.18	1.23	1.27	1.32	1.37	1.41	1.46	1.51	1.56	1.61	1.65	1.70	1.75	1.80	35
1.25	1.30	1.35	1.40	1.45	1.50	1.55	1.60	1.65	1.70	1.75	1.80	1.85	1.90	36
1.32	1.37	1.42	1.47	1.53	1.58	1.63	1.68	1.74	1.79	1.85	1.90	1.96	2.01	37
1.39	1.44	1.50	1.55	1.61	1.66	1.72	1.77	1.83	1.89	1.95	2.00	2.06	2.12	38
1.46	1.52	1.58	1.63	1.69	1.75	1.81	1.87	1.93	1.99	2.05	2.11	2.17	2.23	39
1.54	1.60	1.66	1.72	1.78	1.84	1.90	1.96	2.03	2.09	2.15	2.21	2.28	2.34	40
1.62	1.68	1.74	1.81	1.87	1.93	2.00	2.06	2.13	2.19	2.26	2.32	2.39	2.46	41
	1.85	1.92	1.98	2.05	2.12	2.20	2.27	2.34	2.41	2.48	2.55	2.62	2.70	43
	2.02	2.10	2.17	2.25	2.32	2.40	2.48	2.56	2.63	2.71	2.79	2.87	2.95	45
			2.37	2.45	2.53	2.62	2.70	2.79	2.87	2.96	3.04	3.13	3.21	47
			2.57	2.66	2.75	2.84	2.93	3.02	3.12	3.21	3.30	3.39	3.49	49
			2.78	2.88	2.98	3.08	3.17	3.27	3.37	3.47	3.57	3.67	3.77	51
			3.00	3.11	3.22	3.32	3.43	3.53	3.64	3.75	3.85	3.96	4.07	53

Kuutiomäärä kuorineen — *Volume incl. bark*

D 1.3 kuoren päältä, cm *Dbh., outside bark, cm.*	Puun pituus maasta, metriä											
	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
	Puun rungon kuutiomäärä kuorineen (kannotta), k-m³											
8	0.028	0.030	0.032	0.034	0.036	0.038						
9	036	038	041	043	046	049	0.051					
10	045	048	051	054	058	061	064	0.068				
11	055	059	063	067	071	075	079	083	0.087			
12	066	071	075	080	085	090	095	100	105	0.110		
13	079	084	090	095	101	106	112	118	124	130	0.136	
14	092	099	105	111	118	124	131	138	145	152	159	0.166
15	107	114	121	129	136	144	151	159	167	175	183	191
16	122	131	139	147	156	164	173	182	191	200	209	219
17	139	148	158	167	177	186	196	206	216	227	237	248
18	157	167	178	188	199	210	221	232	244	255	267	279
19	176	187	199	211	223	235	247	260	273	285	298	311
20		209	222	235	248	262	275	289	303	317	331	346
21			245	260	275	290	305	320	335	351	366	382
22			270	286	302	319	335	352	369	386	403	421
23				314	332	350	368	386	404	423	442	461
24				343	362	382	401	421	441	462	482	503
25				373	394	415	437	458	480	502	524	546
26					427	450	473	497	520	544	568	592
27					462	487	512	537	562	588	613	639
28					498	524	551	578	606	633	661	689
29						564	592	621	651	680	710	740
30						604	635	666	697	729	761	793
31							679	712	746	780	813	848
32							725	760	796	832	868	904
33								810	848	886	924	963
34									901	941	982	1.02
35									956	999	1.04	1.08
36										1.06	1.10	1.15
37											1.17	1.21
38												1.28
39												1.35
40												
41												
43												
45												
47												
49												
51												
53												

Kapenemisluokka — *Taper class*, (D 1.3—D 6.0), 2 cm

Height of the stem from the ground, metres														D 1.3, cm *Dbh., cm.*
22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	
Volume incl. bark of the stem (without stump), solid cu.m.														
														8
														9
														10
														11
														12
														13
0.173														14
200	0.208													15
228	238	0.247												16
258	269	280	0.291											17
290	302	315	327	0.339										18
324	338	351	365	379	0.393									19
360	375	390	405	420	436	0.451								20
398	415	431	447	464	481	498	0.515							21
438	456	474	492	510	528	547	566	0.585						22
480	499	519	538	558	578	598	619	639						23
523	544	566	587	609	630	652	674	697	0.719					24
569	592	615	638	661	685	708	732	756	781					25
616	641	666	691	716	741	767	792	818	844	0.871				26
666	692	719	746	773	800	827	855	883	911	939				27
717	745	774	803	832	861	890	920	950	980	1.01	1.04			28
770	800	831	862	893	924	956	987	1.02	1.05	1.08	1.12			29
825	858	890	923	956	990	1.02	1.06	1.09	1.13	1.16	1.20	1.23		30
882	917	951	987	1.02	1.06	1.09	1.13	1.17	1.20	1.24	1.28	1.31	1.35	31
941	978	1.01	1.05	1.09	1.13	1.17	1.20	1.24	1.28	1.32	1.36	1.40	1.44	32
1.00	1.04	1.08	1.12	1.16	1.20	1.24	1.28	1.32	1.36	1.40	1.45	1.49	1.53	33
1.06	1.11	1.15	1.19	1.23	1.27	1.32	1.36	1.40	1.45	1.49	1.54	1.58	1.62	34
1.13	1.17	1.22	1.26	1.31	1.35	1.40	1.44	1.49	1.53	1.58	1.63	1.67	1.72	35
1.19	1.24	1.29	1.33	1.38	1.43	1.48	1.53	1.57	1.62	1.67	1.72	1.77	1.82	36
1.26	1.31	1.36	1.41	1.46	1.51	1.56	1.61	1.66	1.71	1.77	1.82	1.87	1.92	37
1.33	1.39	1.44	1.49	1.54	1.59	1.65	1.70	1.75	1.81	1.86	1.92	1.97	2.03	38
1.41	1.46	1.52	1.57	1.62	1.68	1.74	1.79	1.85	1.91	1.96	2.02	2.08	2.14	39
1.48	1.54	1.60	1.65	1.71	1.77	1.83	1.89	1.95	2.01	2.07	2.13	2.19	2.25	40
1.56	1.62	1.68	1.74	1.80	1.86	1.92	1.98	2.04	2.11	2.17	2.23	2.30	2.36	41
	1.78	1.85	1.91	1.98	2.05	2.11	2.18	2.25	2.32	2.39	2.46	2.53	2.60	43
	1.95	2.02	2.10	2.17	2.24	2.32	2.39	2.47	2.54	2.62	2.69	2.77	2.84	45
			2.29	2.37	2.45	2.53	2.61	2.69	2.77	2.85	2.94	3.02	3.10	47
			2.49	2.58	2.66	2.75	2.84	2.93	3.01	3.10	3.19	3.28	3.37	49
			2.70	2.79	2.89	2.98	3.08	3.17	3.27	3.36	3.46	3.55	3.65	51
			2.92	3.02	3.12	3.22	3.32	3.43	3.53	3.63	3.74	3.84	3.94	53

Kuutiomäärä kuorineen — *Volume incl. bark*

D 1.3 kuoren päältä, cm *Dbh., outside bark, cm.*	Puun pituus maasta, metriä											
	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
	Puun rungon kuutiomäärä kuorineen (kannotta), k-m³											
8	0.024	0.025	0.027	0.029	0.030							
9	031	033	035	037	040	0.042						
10	040	042	045	047	050	053	0.056	0.059				
11	049	052	056	059	062	065	069	073	0.077			
12	060	064	068	072	076	080	084	088	093	0.097		
13	072	076	081	085	090	095	100	105	111	116	0.121	
14	084	090	095	101	106	112	118	124	130	136	143	0.149
15	098	104	111	117	124	130	137	144	151	158	166	173
16	113	120	128	135	143	150	158	166	174	182	190	199
17	129	137	146	154	163	171	180	189	198	208	217	226
18	146	155	165	174	184	194	204	214	224	235	245	256
19	164	175	185	196	207	218	229	240	252	264	275	287
20	183	195	207	219	231	243	256	268	281	294	307	320
21		217	230	243	257	270	284	298	312	326	341	355
22		239	254	269	283	298	314	329	345	360	376	392
23			279	295	312	328	345	362	379	396	413	431
24				323	341	359	377	396	414	433	452	471
25				353	372	392	412	432	452	472	493	514
26				383	404	426	447	469	491	513	535	558
27					438	461	484	508	531	555	579	604
28					473	498	523	548	574	599	625	652
29						536	563	590	618	645	673	701
30						576	605	634	663	693	723	753
31							648	679	710	742	774	806
32							692	725	759	793	827	861
33								774	809	845	882	918
34									861	900	938	977
35									915	956	997	1.04
36										1.01	1.06	1.10
37											1.12	1.16
38											1.18	1.23
39												1.30
40												1.37
41												1.44
43												
45												
47												
49												
51												
53												

Kapenemisluokka — *Taper class*, (D 1.3—D 6.0), 3 cm

Height of the stem from the ground, metres														D 1.3, cm *Dbh., cm.*
22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	
Volume incl. bark of the stem (without stump), solid cu.m.														
														8
														9
														10
														11
														12
														13
														14
0.181	0.188													15
207	216	0.225												16
236	246	256	0.266											17
267	278	289	300	0.311										18
299	311	324	336	349	0.362									19
334	347	361	375	389	403	0.417								20
370	385	400	415	431	446	462	0.478							21
408	425	441	458	475	492	509	527							22
448	466	484	503	521	540	559	578	0.597						23
491	510	530	550	570	590	610	631	652	0.673					24
535	556	577	599	620	642	664	687	709	732					25
580	603	626	650	673	697	721	745	769	794					26
628	653	678	703	728	754	780	806	832	858	0.885				27
678	704	731	758	786	813	841	869	897	925	954				28
729	758	787	816	845	874	904	934	964	994	1.02	1.06			29
783	814	844	875	907	938	970	1.00	1.03	1.07	1.10	1.13			30
838	871	904	937	970	1.00	1.04	1.07	1.11	1.14	1.18	1.21	1.25	1.28	31
896	931	966	1.00	1.04	1.07	1.11	1.14	1.18	1.22	1.25	1.29	1.33	1.37	32
955	992	1.03	1.07	1.10	1.14	1.18	1.22	1.26	1.30	1.34	1.38	1.42	1.46	33
1.02	1.06	1.09	1.13	1.17	1.22	1.26	1.30	1.34	1.38	1.42	1.46	1.50	1.55	34
1.08	1.12	1.16	1.20	1.25	1.29	1.33	1.38	1.42	1.46	1.51	1.55	1.60	1.64	35
1.14	1.19	1.23	1.28	1.32	1.37	1.41	1.46	1.50	1.55	1.60	1.64	1.69	1.74	36
1.21	1.26	1.30	1.35	1.40	1.45	1.49	1.54	1.59	1.64	1.69	1.74	1.79	1.84	37
1.28	1.33	1.38	1.43	1.48	1.53	1.58	1.63	1.68	1.73	1.78	1.84	1.89	1.94	38
1.35	1.40	1.45	1.51	1.56	1.61	1.67	1.72	1.77	1.83	1.88	1.94	1.99	2.05	39
1.42	1.48	1.53	1.59	1.64	1.70	1.75	1.81	1.87	1.92	1.98	2.04	2.10	2.16	40
1.50	1.56	1.61	1.67	1.73	1.79	1.85	1.91	1.97	2.02	2.08	2.14	2.21	2.27	41
1.65	1.72	1.78	1.84	1.91	1.97	2.04	2.10	2.17	2.23	2.30	2.36	2.43	2.50	43
1.81	1.88	1.95	2.02	2.09	2.16	2.23	2.31	2.38	2.45	2.52	2.59	2.67	2.74	45
	2.06	2.14	2.21	2.29	2.36	2.44	2.52	2.60	2.68	2.75	2.83	2.91	2.99	47
		2.33	2.41	2.49	2.58	2.66	2.74	2.83	2.91	3.00	3.08	3.17	3.26	49
			2.61	2.70	2.80	2.89	2.98	3.07	3.16	3.25	3.35	3.44	3.53	51
			2.83	2.93	3.02	3.12	3.22	3.32	3.42	3.52	3.62	3.72	3.82	53

Kuutiomäärä kuorineen — *Volume incl. bark*

D 1.3 kuoren päältä, cm *Dbh., outside bark, cm.*	Puun pituus maasta, metriä											
	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
	Puun rungon kuutiomäärä kuorineen (kannotta), k-m³											
8	0.021	0.022	0.023	0.024								
9	027	029	031	032	0.034							
10	035	037	039	042	044	0.046						
11	044	047	049	052	055	058	0.061					
12	054	057	060	064	067	071	075	0.078	0.082			
13	065	069	073	077	081	085	090	094	099	0.103		
14	077	082	086	091	096	101	106	112	117	122	0.128	
15	090	096	101	107	113	118	124	131	137	143	150	0.156
16	104	111	117	124	130	137	144	151	158	166	173	181
17	120	127	134	142	150	157	165	173	181	190	198	207
18	136	144	153	161	170	179	188	197	206	216	225	235
19	154	163	172	182	192	202	212	222	233	243	254	265
20	172	183	193	204	215	226	237	249	260	272	284	296
21	192	203	215	227	240	252	265	277	290	303	316	330
22	212	225	238	252	265	279	293	307	321	336	350	365
23		248	263	278	293	308	323	339	354	370	386	402
24		273	289	305	321	338	355	372	389	406	424	441
25		298	315	333	351	369	388	406	425	444	463	482
26				363	382	402	422	442	463	483	504	525
27				394	415	436	458	480	502	524	547	569
28				426	449	472	496	519	543	567	591	616
29					484	509	535	560	586	612	638	664
30						548	575	602	630	658	685	714
31							617	646	676	706	736	766
32							660	692	723	755	787	820
33								739	772	806	841	875
34									823	859	896	932
35									876	914	953	992
36										970	1.01	1.05
37										1.03	1.07	1.12
38											1.13	1.18
39											1.20	1.25
40											1.26	1.32
41												1.39
43												1.53
45												1.68
47												1.85
49												
51												
53												

Kapenemisluokka — *Taper class*, (D 1.3—D 6.0), 4 cm

Height of the stem from the ground, metres														D 1.3, cm *Dbh., cm.*
22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	
Volume incl. bark of the stem (without stump), solid cu.m.														
														8
														9
														10
														11
														12
														13
														14
														15
0.188	0.196													16
215	224	0.233												17
245	254	265	0.275											18
276	287	298	309	0.321										19
308	321	333	346	359										20
343	357	371	385	399	0.413									21
380	395	410	426	441	457	0.473								22
419	435	452	469	486	503	521	0.538							23
459	477	496	514	533	551	570	590	0.609						24
502	521	541	561	582	602	623	643	664						25
546	567	589	611	633	655	677	700	722	0.745					26
592	615	639	662	686	710	734	758	783	808	0.833				27
640	665	690	716	741	767	793	819	846	872	899				28
690	717	744	771	799	827	854	883	911	940	968	0.997			29
742	771	800	829	859	888	918	948	979	1.01	1.04	1.07			30
796	827	858	889	921	952	984	1.02	1.05	1.08	1.11	1.15	1.18	1.22	31
852	885	918	951	985	1.02	1.05	1.09	1.12	1.16	1.19	1.23	1.26	1.30	32
910	945	980	1.02	1.05	1.09	1.12	1.16	1.20	1.23	1.27	1.31	1.35	1.38	33
969	1.01	1.04	1.08	1.12	1.16	1.20	1.24	1.27	1.31	1.35	1.39	1.43	1.47	34
1.03	1.07	1.11	1.15	1.19	1.23	1.27	1.31	1.35	1.40	1.44	1.48	1.52	1.56	35
1.09	1.14	1.18	1.22	1.26	1.31	1.35	1.39	1.44	1.48	1.52	1.57	1.62	1.66	36
1.16	1.20	1.25	1.29	1.34	1.38	1.43	1.48	1.52	1.57	1.61	1.66	1.71	1.76	37
1.23	1.27	1.32	1.37	1.42	1.46	1.51	1.56	1.61	1.66	1.71	1.76	1.81	1.86	38
1.30	1.34	1.39	1.44	1.50	1.55	1.60	1.65	1.70	1.75	1.80	1.86	1.91	1.96	39
1.37	1.42	1.47	1.52	1.58	1.63	1.68	1.74	1.79	1.85	1.90	1.96	2.01	2.07	40
1.44	1.49	1.55	1.60	1.66	1.72	1.77	1.83	1.89	1.94	2.00	2.06	2.12	2.18	41
1.59	1.65	1.71	1.77	1.84	1.90	1.96	2.02	2.08	2.15	2.21	2.27	2.34	2.40	43
1.75	1.82	1.88	1.95	2.02	2.09	2.15	2.22	2.29	2.36	2.43	2.50	2.57	2.64	45
1.92	1.99	2.06	2.14	2.21	2.28	2.36	2.43	2.51	2.58	2.66	2.73	2.81	2.89	47
2.09	2.17	2.25	2.33	2.41	2.49	2.57	2.65	2.73	2.82	2.90	2.98	3.06	3.15	49
	2.36	2.45	2.53	2.62	2.71	2.79	2.88	2.97	3.06	3.15	3.24	3.33	3.42	51
		2.57	2.66	2.75	2.84	2.93	3.02	3.12	3.21	3.30	3.40	3.49	3.58	53

Kuutiomäärä kuorineen — *Volume incl. bark*

D 1.3 kuoren päältä, cm *Dbh., outside bark, cm.*	Puun pituus maasta, metriä											
	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
	Puun rungon kuutiomäärä kuorineen (kannotta), k-m³											
8	0.018	0.019										
9	024	026	0.027									
10	031	033	035	0.037	0.039							
11	040	042	044	046	049							
12	049	051	054	057	060	0.063						
13	059	062	066	069	073	076	0.080	0.084	0.088			
14	070	074	078	083	087	091	096	100	105	0.110		
15	083	088	092	097	102	108	113	118	124	129	0.135	
16	096	102	108	113	119	125	131	138	144	150	157	0.164
17	111	117	124	131	137	144	151	158	166	173	181	188
18	127	134	141	149	157	165	173	181	189	198	206	215
19	143	152	160	169	178	187	196	205	214	224	234	243
20	161	171	180	190	200	210	220	231	241	252	263	274
21	180	191	201	212	223	235	246	258	269	281	293	306
22	200	212	224	236	248	261	274	286	299	313	326	340
23	221	234	248	261	275	289	303	317	331	346	360	375
24	243	258	272	287	302	318	333	349	364	380	396	413
25		282	298	315	331	348	365	382	399	417	434	452
26		308	326	343	362	380	398	417	436	455	474	493
27		335	354	374	393	413	433	453	474	495	515	536
28				405	426	448	469	491	514	536	559	581
29				438	461	484	507	531	555	579	604	628
30				471	496	521	547	572	598	624	650	677
31					533	560	588	615	643	671	699	727
32						601	630	659	689	719	749	779
33							674	705	737	769	801	834
34							719	753	786	820	855	889
35								801	837	874	910	947
36									890	929	968	1.01
37										986	1.03	1.07
38											1.09	1.13
39											1.15	1.20
40											1.21	1.26
41												1.33
43												1.48
45												1.63
47												1.78
49												1.95
51												
53												

Kapenemisluokka — *Taper class*, (D 1.3—D 6.0), 5 cm

Height of the stem from the ground, metres														D 1.3, cm *Dbh., cm.*
22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	
Volume incl. bark of the stem (without stump), solid cu.m.														
														8
														9
														10
														11
														12
														13
														14
														15
0.171														16
196	0.204	0.212												17
224	233	242	0.251											18
253	264	274	284	0.295										19
285	296	308	319	331										20
318	331	343	356	369	0.382									21
353	367	381	395	410	424	0.439								22
390	406	421	437	452	468	485	0.501							23
429	446	463	480	497	515	532	550	0.568						24
470	489	507	526	544	563	583	602	622						25
513	533	553	573	594	614	635	656	678	0.699					26
558	579	601	623	645	668	690	713	736	759	0.782				27
604	628	651	675	699	723	747	772	797	822	847				28
653	678	703	729	755	781	807	833	860	887	914	0.941			29
703	730	758	785	813	841	869	897	926	954	983	1.01			30
756	785	814	843	873	903	933	963	994	1.02	1.06	1.09	1.12	1.15	31
810	841	872	904	935	967	999	1.03	1.06	1.10	1.13	1.16	1.20	1.23	32
866	899	932	966	1.00	1.03	1.07	1.10	1.14	1.17	1.21	1.24	1.28	1.32	33
924	959	995	1.03	1.07	1.10	1.14	1.18	1.21	1.25	1.29	1.33	1.36	1.40	34
984	1.02	1.06	1.10	1.14	1.17	1.21	1.25	1.29	1.33	1.37	1.41	1.45	1.49	35
1.05	1.09	1.13	1.17	1.21	1.25	1.29	1.33	1.37	1.41	1.46	1.50	1.54	1.58	36
1.11	1.15	1.19	1.24	1.28	1.32	1.37	1.41	1.45	1.50	1.54	1.59	1.63	1.68	37
1.18	1.22	1.26	1.31	1.36	1.40	1.45	1.49	1.54	1.59	1.63	1.68	1.73	1.78	38
1.24	1.29	1.34	1.39	1.43	1.48	1.53	1.58	1.63	1.68	1.73	1.78	1.83	1.88	39
1.31	1.36	1.41	1.46	1.51	1.56	1.61	1.67	1.72	1.77	1.82	1.87	1.93	1.98	40
1.38	1.44	1.49	1.54	1.59	1.65	1.70	1.76	1.81	1.87	1.92	1.98	2.03	2.09	41
1.53	1.59	1.65	1.71	1.77	1.82	1.88	1.94	2.00	2.06	2.12	2.19	2.25	2.31	43
1.69	1.75	1.82	1.88	1.94	2.01	2.07	2.14	2.21	2.27	2.34	2.41	2.47	2.54	45
1.85	1.92	1.99	2.06	2.13	2.20	2.28	2.35	2.42	2.49	2.56	2.64	2.71	2.78	47
2.02	2.10	2.18	2.25	2.33	2.41	2.48	2.56	2.64	2.72	2.80	2.88	2.96	3.04	49
2.20	2.29	2.37	2.45	2.54	2.62	2.70	2.79	2.87	2.96	3.05	3.13	3.22	3.31	51
	2.48	2.57	2.66	2.75	2.84	2.93	3.02	3.12	3.21	3.30	3.39	3.49	3.58	53

Kuutiomäärä kuorineen — *Volume incl. bark*

D 1.3 kuoren päältä, cm *Dbh., outside bark, cm.*	Puun pituus maasta, metriä											
	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
	Puun rungon kuutiomäärä kuorineen (kannotta), k-m³											
8	0.017											
9	022	0.023										
10	028	030	0.031									
11	036	037	039	0.041								
12	044	046	049	051	0.054							
13	054	057	059	062	066	0.069	0.072					
14	065	068	071	075	079	082	086	0.090	0.094			
15	076	080	084	089	093	098	102	107	112	0.117	0.122	
16	089	094	099	104	109	114	120	125	131	137	142	0.148
17	103	109	114	120	126	132	139	145	151	158	165	172
18	118	124	131	138	145	152	159	166	174	181	189	197
19	134	141	149	157	165	173	181	189	197	206	215	224
20	151	160	168	177	186	195	204	213	223	233	242	252
21	169	179	189	198	208	219	229	239	250	261	272	283
22	189	199	210	221	232	244	255	267	279	291	303	315
23	209	221	233	245	258	270	283	296	309	323	336	350
24	230	244	257	270	284	298	312	327	341	356	371	386
25	253	267	282	297	312	328	343	359	375	391	407	424
26	276	292	309	325	342	358	375	393	410	428	446	464
27		318	336	354	372	390	409	428	447	466	486	505
28		346	365	385	404	424	444	465	485	506	527	549
29			395	416	438	459	481	503	526	548	571	594
30				449	472	496	519	543	567	592	616	641
31					508	534	559	585	611	637	663	690
32					546	573	600	628	656	684	712	741
33						614	643	673	702	732	763	793
34							687	719	751	783	815	848
35								767	801	835	869	904
36									852	888	925	962
37										944	983	1.02
38										1.00	1.04	1.08
39											1.10	1.15
40											1.17	1.21
41											1.23	1.28
43											1.37	1.42
45												1.57
47												1.72
49												1.89
51												2.05
53												2.23

Kapenemisluokka — *Taper class*, (D 1.3—D 6.0), 6 cm

Height of the stem from the ground, metres														D 1.3, cm *Dbh., cm.*
22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	
Volume incl. bark of the stem (without stump), solid cu.m.														
														8
														9
														10
														11
														12
														13
														14
														15
0.155														16
179	0.186													17
205	213	0.221												18
233	242	251	0.261											19
263	273	283	294	0.305										20
294	306	317	329	341	0.353									21
328	341	354	367	380	393	0.407								22
364	378	392	406	421	436	451	0.466							23
401	417	432	448	464	480	496	513	0.530						24
440	457	474	492	509	527	545	563	581						25
482	500	519	538	557	576	595	615	635	0.655					26
525	545	565	586	606	627	648	670	691	713	0.735				27
570	592	614	636	658	681	703	726	750	773	797				28
617	641	664	688	712	736	761	786	811	836	862	0.887			29
666	691	717	742	768	795	821	848	874	902	929	956			30
717	744	771	799	827	855	883	912	940	970	999	1.03	1.06	1.09	31
770	799	828	857	887	917	948	978	1.01	1.04	1.07	1.10	1.13	1.17	32
824	855	887	918	950	982	1.01	1.05	1.08	1.11	1.15	1.18	1.21	1.25	33
881	914	947	981	1.01	1.05	1.08	1.12	1.15	1.19	1.22	1.26	1.30	1.33	34
939	974	1.01	1.05	1.08	1.12	1.16	1.19	1.23	1.27	1.30	1.34	1.38	1.42	35
1.00	1.04	1.07	1.11	1.15	1.19	1.23	1.27	1.31	1.35	1.39	1.43	1.47	1.51	36
1.06	1.10	1.14	1.18	1.22	1.26	1.30	1.35	1.39	1.43	1.47	1.52	1.56	1.60	37
1.13	1.17	1.21	1.25	1.30	1.34	1.38	1.43	1.47	1.52	1.56	1.61	1.65	1.70	38
1.19	1.24	1.28	1.33	1.37	1.42	1.46	1.51	1.56	1.60	1.65	1.70	1.75	1.80	39
1.26	1.31	1.35	1.40	1.45	1.50	1.55	1.60	1.65	1.70	1.75	1.80	1.85	1.90	40
1.33	1.38	1.43	1.48	1.53	1.58	1.63	1.68	1.74	1.79	1.84	1.89	1.95	2.00	41
1.48	1.53	1.59	1.64	1.70	1.75	1.81	1.87	1.93	1.98	2.04	2.10	2.16	2.22	43
1.63	1.69	1.75	1.81	1.87	1.94	2.00	2.06	2.12	2.19	2.25	2.32	2.38	2.44	45
1.79	1.86	1.92	1.99	2.06	2.13	2.19	2.26	2.33	2.40	2.47	2.54	2.61	2.68	47
1.96	2.03	2.10	2.18	2.25	2.33	2.40	2.48	2.55	2.63	2.70	2.78	2.86	2.93	49
2.13	2.21	2.29	2.37	2.45	2.53	2.61	2.70	2.78	2.86	2.94	3.03	3.11	3.19	51
2.32	2.40	2.49	2.58	2.66	2.75	2.84	2.93	3.02	3.11	3.20	3.29	3.38	3.47	53

Kuutiomäärä kuorineen — *Volume incl. bark*

D 1.3 kuoren päältä, cm *Dbh., outside bark, cm.*	Puun pituus maasta, metriä											
	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
	Puun rungon kuutiomäärä kuorineen (kannotta), k-m³											
10	0.026											
11	033	0.034	0.036									
12	040	042	044	0.046								
13	049	052	054	057	0.059							
14	059	062	065	068	071	0.075	0.078					
15	070	074	077	081	085	089	093	0.097	0.101			
16	083	087	091	095	100	104	109	114	119	0.124		
17	096	101	106	111	116	121	127	132	138	144	0.150	
18	110	116	121	127	134	140	146	153	159	166	173	0.180
19	125	132	139	145	152	159	167	174	182	190	197	205
20	142	149	157	165	173	181	189	197	206	215	224	233
21	159	168	176	185	194	203	213	222	232	242	252	262
22	178	187	197	207	217	228	238	249	259	270	282	293
23	197	208	219	230	242	253	265	277	289	301	313	326
24	218	230	242	255	267	280	293	306	319	333	346	360
25	240	253	267	280	294	308	323	337	352	366	381	397
26	263	277	292	307	323	338	354	370	386	402	418	435
27	287	303	319	336	352	369	386	404	421	439	457	475
28	312	329	347	365	383	402	421	439	459	478	497	517
29		357	376	396	416	436	456	477	497	518	540	561
30			407	428	450	471	493	516	538	561	584	607
31				461	485	508	532	556	580	605	629	654
32					521	546	572	598	624	650	677	704
33						586	614	641	669	697	726	755
34							657	686	716	746	777	808
35								733	765	797	830	863
36									815	850	884	919
37										904	941	978
38										959	999	1.04
39											1.06	1.10
40											1.12	1.16
41											1.18	1.23
43											1.32	1.37
45												1.51
47												1.66
49												1.82
51												1.99
53												2.16

Kapenemisluokka — *Taper class*, (D 1.3—D 6.0), 7 cm

Height of the stem from the ground, metres														D 1.3, cm *Dbh., cm.*
22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	
Volume incl. bark of the stem (without stump), solid cu.m.														
														10
														11
														12
														13
														14
														15
														16
														17
0.187	0.195													18
214	222													19
242	251	0.261	0.270											20
272	283	293	304	0.315	0.326									21
304	316	328	340	352	364	0.377								22
338	351	364	378	391	405	418	0.432							23
374	389	403	418	432	447	462	478							24
412	428	444	460	476	492	509	526	0.542						25
452	469	486	504	521	539	557	576	594	0.613					26
494	512	531	550	569	589	608	628	648	669	0.689				27
537	557	578	598	619	640	662	683	705	727	749				28
583	605	627	649	671	694	717	740	764	788	811	0.836			29
630	654	677	701	726	750	775	800	825	851	877	903			30
679	705	730	756	782	809	835	862	889	917	944	972	1.00	1.03	31
731	758	785	813	841	869	898	927	956	985	1.01	1.04	1.07	1.10	32
784	813	842	872	902	932	963	994	1.02	1.06	1.09	1.12	1.15	1.18	33
839	870	901	933	965	998	1.03	1.06	1.10	1.13	1.16	1.20	1.23	1.26	34
896	929	963	996	1.03	1.06	1.10	1.13	1.17	1.21	1.24	1.28	1.31	1.35	35
954	990	1.03	1.06	1.10	1.13	1.17	1.21	1.25	1.28	1.32	1.36	1.40	1.44	36
1.02	1.05	1.09	1.13	1.17	1.21	1.25	1.29	1.33	1.37	1.41	1.45	1.49	1.53	37
1.08	1.12	1.16	1.20	1.24	1.28	1.32	1.36	1.41	1.45	1.49	1.53	1.58	1.62	38
1.14	1.18	1.23	1.27	1.31	1.36	1.40	1.45	1.49	1.53	1.58	1.63	1.67	1.72	39
1.21	1.25	1.30	1.34	1.39	1.44	1.48	1.53	1.58	1.62	1.67	1.72	1.77	1.82	40
1.28	1.32	1.37	1.42	1.47	1.52	1.57	1.61	1.66	1.71	1.76	1.81	1.87	1.92	41
1.42	1.47	1.52	1.58	1.63	1.69	1.74	1.79	1.85	1.90	1.96	2.02	2.07	2.13	43
1.57	1.63	1.69	1.74	1.80	1.86	1.92	1.98	2.04	2.10	2.17	2.23	2.29	2.35	45
1.72	1.79	1.86	1.92	1.98	2.05	2.12	2.18	2.25	2.31	2.38	2.45	2.52	2.58	47
1.89	1.96	2.03	2.10	2.17	2.25	2.32	2.39	2.46	2.53	2.61	2.68	2.76	2.83	49
2.07	2.14	2.22	2.30	2.37	2.45	2.53	2.61	2.69	2.77	2.84	2.92	3.01	3.09	51
2.25	2.33	2.41	2.50	2.58	2.66	2.75	2.83	2.92	3.01	3.09	3.18	3.27	3.35	53

Kuutiomäärä kuorineen — *Volume incl. bark*

D 1.3 kuoren päältä, cm *Dbh., outside bark, cm.*	Puun pituus maasta, metriä											
	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
	Puun rungon kuutiomäärä kuorineen (kannotta), k-m³											
11	0.030											
12	037	0.039	0.040									
13	046	047	049	0.052								
14	055	057	060	062	0.065							
15	065	068	071	074	078	0.081						
16	077	080	084	088	091	095	0.100					
17	089	093	098	102	107	111	116	0.121				
18	103	108	113	118	123	129	134	140	0.146	0.152		
19	117	123	129	135	141	148	154	161	167	174	0.181	
20	133	140	146	153	161	168	175	183	190	198	206	0.214
21	150	157	165	173	181	189	198	206	215	224	233	242
22	168	176	185	194	203	212	222	231	241	251	261	272
23	187	196	206	216	226	237	247	258	269	280	292	303
24	207	218	229	240	251	263	275	287	299	311	323	336
25	228	240	252	265	277	290	303	316	330	343	357	371
26	250	263	277	291	305	319	333	348	363	378	393	408
27	273	288	303	318	333	349	365	381	397	413	430	447
28	297	314	330	347	363	380	398	415	433	451	469	487
29	323	340	358	377	395	413	432	451	471	490	510	530
30		368	388	408	428	448	468	489	510	531	552	574
31			419	440	462	484	506	528	551	573	597	620
32				474	497	521	545	569	593	618	643	668
33					534	560	585	611	637	664	690	717
34						600	627	655	683	711	740	769
35							671	700	730	761	791	822
36								747	780	812	845	878
37									830	864	900	935
38										919	956	994
39											1.01	1.05
40											1.07	1.12
41											1.14	1.18
43											1.27	1.32
45											1.40	1.46
47												1.61
49												1.76
51												1.93
53												2.10

Kapenemisluokka — *Taper class*, (D 1.3—D 6.0), 8 cm

Height of the stem from the ground, metres														D 1.3, cm *Dbh., cm.*
22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	
Volume incl. bark of the stem (without stump), solid cu.m.														
														11
														12
														13
														14
														15
														16
														17
														18
														19
														20
0.252														21
283	0.293													22
315	326	0.338												23
349	362	375	0.389	0.402										24
385	400	414	429	444	0.459									25
424	439	455	472	488	505	0.521								26
464	481	498	516	534	552	570	0.589	0.608						27
506	525	544	563	582	602	622	642	662	0.683					28
550	570	591	612	633	654	675	697	719	741	0.764				29
596	618	640	662	685	708	731	755	778	802	826	0.851			30
643	667	691	715	740	765	790	815	840	866	892	918	0.945		31
693	719	745	771	797	824	850	877	905	932	960	988	1.02	1.05	32
745	772	800	828	856	885	913	942	972	1.00	1.03	1.06	1.09	1.12	33
798	828	857	887	917	948	979	1.01	1.04	1.07	1.10	1.14	1.17	1.20	34
854	885	917	949	981	1.01	1.05	1.08	1.11	1.15	1.18	1.21	1.25	1.28	35
911	944	978	1.01	1.05	1.08	1.12	1.15	1.19	1.22	1.26	1.29	1.33	1.37	36
970	1.01	1.04	1.08	1.11	1.15	1.19	1.23	1.26	1.30	1.34	1.38	1.42	1.46	37
1.03	1.07	1.11	1.15	1.18	1.22	1.26	1.30	1.34	1.38	1.42	1.46	1.51	1.55	38
1.09	1.13	1.17	1.22	1.26	1.30	1.34	1.38	1.42	1.47	1.51	1.55	1.60	1.64	39
1.16	1.20	1.24	1.29	1.33	1.37	1.42	1.46	1.51	1.55	1.60	1.64	1.69	1.74	40
1.23	1.27	1.32	1.36	1.41	1.45	1.50	1.55	1.59	1.64	1.69	1.74	1.79	1.84	41
1.37	1.42	1.47	1.52	1.57	1.62	1.67	1.72	1.78	1.83	1.88	1.93	1.99	2.04	43
1.51	1.57	1.62	1.68	1.74	1.79	1.85	1.91	1.97	2.02	2.08	2.14	2.20	2.26	45
1.67	1.73	1.79	1.85	1.91	1.98	2.04	2.10	2.17	2.23	2.29	2.36	2.42	2.49	47
1.83	1.90	1.96	2.03	2.10	2.17	2.24	2.31	2.38	2.45	2.52	2.59	2.66	2.73	49
2.00	2.07	2.15	2.22	2.29	2.37	2.44	2.52	2.60	2.67	2.75	2.83	2.90	2.98	51
2.18	2.26	2.34	2.42	2.50	2.58	2.66	2.74	2.82	2.91	2.99	3.07	3.16	3.24	53

Kuutiomäärä kuorineen — *Volume incl. bark*

D 1.3 kuoren päältä, cm *Dbh., outside bark, cm.*	Puun pituus maasta, metriä											
	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
	Puun rungon kuutiomäärä kuorineen (kannotta), k-m³											
12	0.035											
13	042	0.044										
14	051	053	0.055									
15	061	063	066	0.068								
16	071	074	078	081	0.084							
17	083	087	091	094	098	0.103						
18	096	100	105	109	114	119	0.124					
19	110	115	120	126	131	137	142	0.148				
20	125	131	137	143	149	156	162	169	0.176			
21	141	148	155	162	169	176	184	192	199	0.207	0.216	
22	158	166	174	182	190	198	207	216	224	233	243	0.252
23	177	185	194	203	212	222	231	241	251	261	271	282
24	196	206	216	226	236	247	257	268	279	290	302	314
25	216	227	238	250	261	273	285	297	309	322	334	347
26	238	250	262	275	288	301	314	327	341	354	368	383
27	260	274	287	301	315	330	344	359	374	389	404	420
28	284	299	314	329	344	360	376	392	408	425	442	459
29	309	325	341	358	375	392	409	427	445	463	481	500
30	334	352	370	388	407	425	444	464	483	502	522	542
31	361	380	400	420	440	460	481	502	523	544	565	587
32		410	431	453	474	496	519	541	564	587	610	633
33			464	487	510	534	558	582	607	631	656	682
34				522	547	573	599	625	651	678	705	732
35					586	613	641	669	697	726	755	784
36						655	685	715	745	776	806	837
37							730	762	795	827	860	893
38								811	846	880	915	950
39									898	935	972	1.01
40										992	1.03	1.07
41											1.09	1.13
43											1.22	1.27
45											1.35	1.40
47											1.49	1.55
49												1.70
51												1.86
53												2.03

Kapenemisluokka — *Taper class*, (D 1.3—D 6.0), 9 cm

Height of the stem from the ground, metres														D1.3, cm *Dbh., cm.*
22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	
Volume incl. bark of the stem (without stump), solid cu.m.														
														12
														13
														14
														15
														16
														17
														18
														19
														20
														21
														22
0.292														23
325	0.337													24
360	373	0.387												25
397	411	426	0.441											26
435	451	468	484	0.501	0.517									27
476	493	511	529	547	565									28
518	537	557	576	596	615	0.635	0.656							29
563	583	604	625	646	668	690	711							30
609	631	654	676	699	722	746	770	0.793	0.818					31
657	681	705	730	754	779	805	830	856	882					32
707	733	759	785	812	839	866	893	920	948	0.976	1.00			33
759	787	815	843	871	900	929	958	988	1.02	1.05	1.08			34
813	843	872	903	933	964	995	1.03	1.06	1.09	1.12	1.15	1.19	1.22	35
869	900	932	964	997	1.03	1.06	1.10	1.13	1.16	1.20	1.23	1.27	1.30	36
926	960	994	1.03	1.06	1.10	1.13	1.17	1.20	1.24	1.28	1.31	1.35	1.39	37
986	1.02	1.06	1.09	1.13	1.17	1.21	1.24	1.28	1.32	1.36	1.40	1.44	1.47	38
1.05	1.09	1.12	1.16	1.20	1.24	1.28	1.32	1.36	1.40	1.44	1.48	1.52	1.57	39
1.11	1.15	1.19	1.23	1.27	1.32	1.36	1.40	1.44	1.49	1.53	1.57	1.62	1.66	40
1.18	1.22	1.26	1.31	1.35	1.39	1.44	1.48	1.53	1.57	1.62	1.66	1.71	1.76	41
1.31	1.36	1.41	1.46	1.51	1.55	1.60	1.65	1.70	1.75	1.80	1.86	1.91	1.96	43
1.46	1.51	1.56	1.62	1.67	1.72	1.78	1.83	1.89	1.94	2.00	2.06	2.11	2.17	45
1.61	1.67	1.73	1.78	1.84	1.90	1.96	2.02	2.09	2.15	2.21	2.27	2.33	2.39	47
1.77	1.83	1.90	1.96	2.03	2.09	2.16	2.22	2.29	2.36	2.43	2.49	2.56	2.63	49
1.93	2.00	2.07	2.15	2.22	2.29	2.36	2.43	2.51	2.58	2.65	2.73	2.80	2.88	51
2.11	2.18	2.26	2.34	2.42	2.50	2.57	2.65	2.73	2.81	2.89	2.97	3.05	3.13	53

Kuutiomäärä kuorineen — *Volume incl. bark*

D 1.3 kuoren päältä, cm *Dbh. outside bark, cm.*	Puun pituus maasta, metriä											
	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
	Puun rungon kuutiomäärä kuorineen (kannotta), k-m³											
14	0.048											
15	057	0.059										
16	067	069	0.072									
17	078	081	084	0.088								
18	090	094	098	102	0.106							
19	103	108	112	117	122	0.127						
20	118	123	128	134	139	145	0.151					
21	133	139	145	151	158	164	171	0.178				
22	150	156	163	171	178	185	193	201	0.209			
23	167	175	183	191	199	208	216	225	234	0.243		
24	186	195	204	213	222	231	241	251	261	271	0.282	
25	205	215	225	236	246	257	268	279	290	301	313	0.324
26	226	237	248	259	272	283	295	308	320	333	345	358
27	248	260	273	285	298	311	325	338	352	366	380	394
28	271	285	298	312	326	341	355	370	385	401	416	432
29	295	310	325	340	356	372	388	404	420	437	454	471
30	320	336	353	370	387	404	422	439	457	475	494	513
31	346	364	382	400	419	438	457	476	496	515	535	556
32	373	393	412	432	452	473	494	514	536	557	579	601
33	402	423	444	466	487	509	532	554	577	600	624	647
34			477	500	524	547	572	596	621	645	671	696
35				536	561	587	613	639	665	692	719	746
36					600	628	656	684	712	741	770	799
37						670	700	730	760	791	822	853
38							745	778	810	843	876	909
39							793	827	861	896	931	967
40								878	914	951	989	1.03
41									969	1.01	1.05	1.09
43										1.13	1.17	1.22
45										1.25	1.30	1.35
47											1.44	1.50
49											1.59	1.65
51											1.74	1.80
53												1.97

Kapenemisluokka — *Taper class*, (D 1.3—D 6.0), 10 cm

Height of the stem from the ground, metres														D 1.3, cm *Dbh., cm.*
22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	
Volume incl. bark of the stem (without stump), solid cu.m.														
														14
														15
														16
														17
														18
														19
														20
														21
														22
														23
														24
														25
0.372														26
409	0.423													27
448	464	0.480												28
489	506	524	0.542											29
531	551	570	589	0.609	0.629									30
576	597	618	639	660	682	0.704	0.726							31
623	645	668	691	714	737	761	785	0.809	0.833					32
671	695	720	744	769	794	820	845	871	898	0.924	0.951			33
722	748	774	800	827	854	881	909	937	965	993	1.02			34
774	802	830	858	887	916	945	974	1.00	1.03	1.06	1.09	1.13	1.16	35
828	858	888	918	949	980	1.01	1.04	1.07	1.11	1.14	1.17	1.20	1.24	36
884	916	948	981	1.01	1.05	1.08	1.11	1.15	1.18	1.22	1.25	1.28	1.32	37
942	976	1.01	1.04	1.08	1.11	1.15	1.19	1.22	1.26	1.29	1.33	1.37	1.41	38
1.00	1.04	1.07	1.11	1.15	1.19	1.22	1.26	1.30	1.34	1.38	1.42	1.45	1.49	39
1.06	1.10	1.14	1.18	1.22	1.26	1.30	1.34	1.38	1.42	1.46	1.50	1.54	1.59	40
1.13	1.17	1.21	1.25	1.29	1.33	1.38	1.42	1.46	1.50	1.55	1.59	1.64	1.68	41
1.26	1.31	1.35	1.40	1.44	1.49	1.54	1.59	1.63	1.68	1.73	1.78	1.83	1.88	43
1.40	1.45	1.50	1.55	1.61	1.66	1.71	1.76	1.82	1.87	1.92	1.98	2.03	2 08	45
1.55	1.61	1.66	1.72	1.78	1.83	1.89	1.95	2.01	2.07	2.12	2.18	2.24	2.30	47
1.71	1.77	1.83	1.89	1.95	2.02	2.08	2.14	2.21	2.27	2.34	2.40	2.47	2.53	49
1.87	1.94	2.01	2.07	2.14	2.21	2.28	2.35	2.42	2.49	2.56	2.63	2.70	2.78	51
2.04	2.12	2.19	2.26	2.34	2.41	2.49	2.56	2.64	2.72	2.80	2.87	2.95	3.03	53

Kuutiomäärä kuoretta — *Volume excl. bark*

Yhtälöt — *Functions*

Lyhyet puut — *Short trees*

$$v = 0.03355\ D^2h - 0.0100\ D^2 - 0.00359\ Dh^2 + 0.4$$

Pitkät puut — *High trees*

$$v = 0.07417\ D^2 + 0.001219\ Dh^2 + 0.03266\ D_6{}^2h + 6.0$$

Lyhyet puut (pituus 2—10 m)
Short trees (height 2—10 m.)

D 1.3 kuoren päältä, cm *Dbh. outside bark, cm.*	Puun pituus, m — *Tree height, m.*								
	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Puun rungon kuutiomäärä kuoretta (ilman kantoa), k-m³ *Volume excl. bark of the stem (without stump), solid cu.m.*								
2	0.0006	0.0007	0.0008						
3	0009	0011	0013	0.0015	0.0017				
4	0013	0017	0022	0026	0029	0.0033			
5	002	003	003	004	005	005	0.006	0.006	0.007
6		003	005	006	007	007	008	009	010
7			006	007	009	010	011	013	014
8				010	012	013	015	017	018
9				012	015	017	019	021	024
10					018	021	024	027	029
11					022	026	029	033	036
12						031	035	039	043
13						036	041	046	051
14						042	048	054	059
15							055	062	068
16							063	070	078
17								080	088
18								090	099
19									111

Kuutiomäärä kuoretta — *Volume excl. bark*

D 1.3 kuoren päältä, cm *Dbh., outside bark, cm.*	Puun pituus maasta, metriä											
	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
	Puun rungon kuutiomäärä kuoretta (ilman kantoa), k-m³											
8	0.028	0.030	0.031	0.033	0.035	0.037	0.039					
9	034	036	039	041	043	046	048	0.051				
10	041	044	047	050	053	056	059	062	0.065			
11	049	052	056	060	063	067	071	074	078	0.082		
12	058	062	066	071	075	079	084	088	093	097	0.102	
13	067	072	077	082	087	093	098	103	108	114	119	0.124
14	077	083	089	095	101	107	113	119	125	132	138	144
15	089	095	102	109	116	123	130	137	144	151	158	165
16	100	108	116	124	132	140	148	156	164	172	180	188
17	113	122	131	140	149	158	167	176	185	194	203	212
18	127	137	146	156	166	177	187	197	207	217	228	238
19	141	152	163	174	185	197	208	219	231	242	254	265
20		168	181	193	206	218	231	243	256	268	281	294
21			199	213	227	240	254	268	282	296	310	324
22			219	234	249	264	279	295	310	325	341	356
23				255	272	289	305	322	339	356	373	390
24				278	296	314	333	351	369	388	406	424
25				302	322	341	361	381	401	421	441	461
26					348	369	391	412	434	455	477	499
27					376	399	422	445	468	491	515	538
28					404	429	454	479	504	529	554	579
29						460	487	514	541	568	595	622
30						493	522	550	579	608	637	666
31							557	588	619	649	680	711
32							594	627	660	692	725	758
33								667	702	737	772	807
34									745	782	820	857
35									790	830	869	909
36										878	920	962
37											972	1.02
38												1.07
39												1.13
40												
41												
43												
45												
47												
49												
51												
53												

Kapenemisluokka — *Taper class*, (D 1.3—D 6.0), 1 cm

Height of the stem from the ground, metres														D 1.3, cm *Dbh., cm.*
22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	
Volume excl. bark of the stem (without stump), solid cu.m.														
														8
														9
														10
														11
														12
														13
0.150														14
172	0.180													15
196	204	0.213												16
221	231	240	0.249											17
248	259	269	280	0.290										18
277	288	300	312	324	0.335									19
307	320	333	346	359	372	0.385								20
338	353	367	381	396	410	425	0.439							21
372	387	403	419	435	450	466	482	0.498						22
407	424	441	458	475	492	510	527	545						23
443	462	480	499	518	537	555	574	593	0.612					24
481	501	521	542	562	583	603	624	644	665					25
521	542	564	586	608	630	653	675	697	719	0.742				26
562	585	609	633	656	680	704	728	752	776	800				27
604	630	655	681	706	732	758	783	809	835	861	0.887			28
649	676	703	731	758	786	813	841	868	896	924	952			29
695	724	753	782	812	841	870	900	930	959	989	1.02	1.05		30
742	773	805	836	867	898	930	961	993	1.02	1.06	1.09	1.12	1.15	31
791	824	858	891	924	958	991	1.02	1.06	1.09	1.13	1.16	1.19	1.23	32
842	877	913	948	984	1.02	1.06	1.09	1.13	1.16	1.20	1.23	1.27	1.31	33
894	932	969	1.01	1.04	1.08	1.12	1.16	1.20	1.23	1.27	1.31	1.35	1.39	34
948	988	1.03	1.07	1.11	1.15	1.19	1.23	1.27	1.31	1.35	1.39	1.43	1.47	35
1.00	1.05	1.09	1.13	1.17	1.21	1.26	1.30	1.34	1.38	1.43	1.47	1.51	1.56	36
1.06	1.10	1.15	1.19	1.24	1.28	1.33	1.37	1.42	1.46	1.51	1.55	1.60	1.64	37
1.12	1.17	1.22	1.26	1.31	1.35	1.40	1.45	1.50	1.54	1.59	1.64	1.69	1.73	38
1.18	1.23	1.28	1.33	1.38	1.43	1.48	1.53	1.58	1.63	1.68	1.73	1.78	1.83	39
1.24	1.29	1.34	1.40	1.45	1.50	1.55	1.61	1.66	1.71	1.76	1.82	1.87	1.92	40
1.30	1.36	1.41	1.47	1.52	1.58	1.63	1.69	1.74	1.80	1.85	1.91	1.96	2.02	41
	1.50	1.56	1.62	1.68	1.74	1.80	1.86	1.92	1.98	2.04	2.10	2.16	2.22	43
	1.64	1.70	1.77	1.84	1.90	1.97	2.04	2.10	2.17	2.24	2.30	2.37	2.44	45
			1.93	2.00	2.08	2.15	2.22	2.30	2.37	2.44	2.51	2.59	2.66	47
			2.10	2.18	2.26	2.34	2.42	2.50	2.57	2.65	2.73	2.81	2.89	49
			2.28	2.36	2.45	2.53	2.62	2.70	2.79	2.87	2.96	3.05	3.13	51
			2.46	2.55	2.65	2.74	2.83	2.92	3.01	3.11	3.20	3.29	3.38	53

Kuutiomäärä kuoretta — *Volume excl. bark*

D 1.3 kuoren päältä, cm *Dbh., outside bark, cm.*	Puun pituus maasta, metriä											
	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
	Puun rungon kuutiomäärä kuoretta (ilman kantoa), k-m³											
8	0.023	0.025	0.026	0.028	0.029	0.031						
9	029	031	033	035	037	038	0.040					
10	036	038	040	043	045	048	050	0.052				
11	043	046	049	052	055	058	061	064	0.067			
12	051	054	058	062	065	069	073	076	080	0.084		
13	060	064	068	073	077	081	086	090	095	099	0.104	
14	069	074	079	085	090	095	100	105	111	116	121	0.127
15	080	086	092	098	104	110	116	122	128	134	140	147
16	091	098	105	112	118	125	132	139	147	154	161	168
17	103	111	119	126	134	142	150	158	166	175	183	191
18	116	125	134	142	151	160	169	179	188	197	206	215
19	129	139	149	159	169	180	190	200	210	220	231	241
20		155	166	177	189	200	211	223	234	246	257	269
21			184	196	209	221	234	247	259	272	285	298
22			203	216	230	244	258	272	286	300	314	328
23				237	252	268	283	298	314	329	345	360
24				259	276	292	309	326	343	360	377	394
25				282	300	318	337	355	373	392	410	429
26					326	345	365	385	405	425	445	465
27					352	374	395	417	438	460	481	503
28					380	403	426	449	473	496	519	543
29						433	458	483	508	534	559	584
30						465	492	519	546	572	599	627
31							526	555	584	613	642	671
32							562	593	624	655	685	716
33								632	665	698	731	764
34									707	742	777	812
35									751	788	825	863
36										835	875	914
37											926	968
38												1.02
39												1.08
40												
41												
43												
45												
47												
49												
51												
53												

Kapenemisluokka — *Taper class*, (D 1.3—D6.0), 2 cm

Height of the stem from the ground, metres														D 1.3, cm *Dbh., cm.*
22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	
Volume excl. bark of the stem (without stump), solid cu.m.														
														8
														9
														10
														11
														12
														13
0.132														14
153	0.159													15
175	183	0.190												16
199	207	216	0.224											17
225	234	243	253	0.262										18
252	262	273	283	294	0.305									19
280	292	304	315	327	339	0.351								20
310	323	336	349	363	376	389	0.402							21
342	357	371	385	400	414	429	443	0.458						22
376	391	407	423	439	455	471	487	503						23
411	428	445	462	479	497	514	532	549	0.565					24
447	466	485	503	522	541	560	579	598	617					25
485	506	526	546	567	587	608	628	649	670	0.691				26
525	547	569	591	613	635	657	680	702	724	747				27
566	590	614	637	661	685	709	733	757	781	806	0.830			28
609	635	660	686	711	737	763	789	814	840	866	893			29
654	681	708	736	763	791	818	846	874	902	930	958	0.986		30
700	729	758	788	817	846	876	906	935	965	995	1.02	1.05	1.08	31
747	779	810	841	873	904	936	967	999	1.03	1.06	1.09	1.13	1.16	32
797	830	863	897	930	964	997	1.03	1.06	1.10	1.13	1.17	1.20	1.23	33
848	883	918	954	989	1.02	1.06	1.10	1.13	1.17	1.20	1.24	1.28	1.31	34
900	937	975	1.01	1.05	1.09	1.13	1.16	1.20	1.24	1.28	1.32	1.36	1.39	35
954	994	1.03	1.07	1.11	1.15	1.19	1.23	1.27	1.31	1.36	1.40	1.44	1.48	36
1.01	1.05	1.09	1.14	1.18	1.22	1.26	1.31	1.35	1.39	1.43	1.48	1.52	1.56	37
1.07	1.11	1.16	1.20	1.24	1.29	1.33	1.38	1.42	1.47	1.52	1.56	1.61	1.65	38
1.13	1.17	1.22	1.27	1.31	1.36	1.41	1.46	1.50	1.55	1.60	1.65	1.69	1.74	39
1.19	1.24	1.28	1.33	1.38	1.43	1.48	1.53	1.58	1.63	1.68	1.73	1.78	1.83	40
1.25	1.30	1.35	1.40	1.46	1.51	1.56	1.61	1.67	1.72	1.77	1.82	1.88	1.93	41
	1.43	1.49	1.55	1.61	1.66	1.72	1.78	1.84	1.90	1.95	2.01	2.07	2.13	43
	1.57	1.64	1.70	1.76	1.83	1.89	1.95	2.02	2.08	2.14	2.21	2.27	2.34	45
			1.86	1.93	2.00	2.07	2.14	2.21	2.28	2.35	2.42	2.49	2.56	47
			2.03	2.10	2.18	2.25	2.33	2.40	2.48	2.55	2.63	2.71	2.78	49
			2.20	2.28	2.36	2.44	2.52	2.61	2.69	2.77	2.85	2.94	3.02	51
			2.38	2.47	2.56	2.64	2.73	2.82	2.91	3.00	3.09	3.18	3.27	53

Kuutiomäärä kuoretta — *Volume excl. bark*

D 1.3 kuoren päältä, cm *Dbh., outside bark, cm.*	Puun pituus maasta, metriä											
	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
	Puun rungon kuutiomäärä kuoretta (ilman kantoa), k-m³											
8	0.020	0.021	0.022	0.023	0.024							
9	025	026	028	029	031	0.032						
10	031	032	034	036	038	040	0.042	0.044				
11	037	040	042	044	047	049	052	054	0.057			
12	045	048	051	054	057	060	063	066	069	0.072		
13	053	056	060	064	067	071	075	079	082	086	0.090	
14	062	066	070	075	079	084	088	093	097	102	106	0.111
15	072	077	082	087	092	097	103	108	113	119	124	130
16	082	088	094	100	106	112	118	124	131	137	143	150
17	094	100	107	114	121	128	135	142	149	157	164	171
18	106	114	121	129	137	145	153	161	169	178	186	194
19	119	128	136	145	154	163	172	182	191	200	209	219
20	132	142	152	162	173	183	193	203	213	224	234	245
21		158	169	181	192	203	215	226	237	249	261	272
22		175	187	200	212	225	237	250	263	276	288	301
23			206	220	234	248	261	275	289	304	318	332
24				241	256	271	287	302	317	333	348	364
25				263	280	296	313	330	347	364	381	398
26				286	304	322	341	359	377	396	414	433
27					330	350	369	389	409	429	449	470
28					357	378	399	421	443	464	486	508
29						408	431	454	477	501	524	548
30						438	463	488	513	538	564	589
31							497	523	550	577	605	632
32							531	560	589	618	647	676
33								598	629	660	691	722
34									670	703	736	769
35									713	748	783	818
36										794	831	868
37											881	920
38											932	974
39												1.03
40												1.09
41												1.14
43												
45												
47												
49												
51												
53												

Kapenemisluokka — *Taper class*, (D 1.3—D 6.0), 3 cm

Height of the stem from the ground, metres														D 1.3, cm *Dbh., cm.*
22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	
Volume excl. bark of the stem (without stump), solid cu.m.														
														8
														9
														10
														11
														12
														13
														14
0.135	0.141													15
156	162	0.169												16
178	186	193	0.200											17
202	211	219	227	0.236										18
228	237	247	256	266	0.275									19
255	266	276	287	298	308	0.319								20
284	296	307	319	331	343	355	0.367							21
314	327	340	353	367	380	393	406							22
346	361	375	389	404	418	433	448	0.462						23
380	395	411	427	443	459	475	491	507	0.523					24
415	432	449	467	484	501	519	536	554	572					25
452	470	489	508	527	546	565	584	603	622					26
490	510	531	551	571	592	613	633	654	675	0.696				27
530	552	574	596	618	640	662	685	707	730	752				28
571	595	619	642	666	690	714	738	763	787	811	0.835			29
614	640	665	691	717	742	768	794	820	846	872	898			30
659	686	714	741	769	796	824	852	879	907	935	963	0.992	1.02	31
705	734	764	793	822	852	882	911	941	971	1.00	1.03	1.06	1.09	32
753	784	815	847	878	910	941	973	1.00	1.04	1.07	1.10	1.13	1.16	33
802	836	869	902	936	969	1.00	1.04	1.07	1.10	1.14	1.17	1.21	1.24	34
853	889	924	960	995	1.03	1.07	1.10	1.14	1.17	1.21	1.25	1.28	1.32	35
906	943	981	1.02	1.06	1.09	1.13	1.17	1.21	1.25	1.29	1.32	1.36	1.40	36
960	1.00	1.04	1.08	1.12	1.16	1.20	1.24	1.28	1.32	1.36	1.40	1.44	1.48	37
1.02	1.06	1.10	1.14	1.18	1.23	1.27	1.31	1.36	1.40	1.44	1.48	1.53	1.57	38
1.07	1.12	1.16	1.21	1.25	1.30	1.34	1.39	1.43	1.48	1.52	1.57	1.61	1.66	39
1.13	1.18	1.23	1.27	1.32	1.37	1.41	1.46	1.51	1.56	1.61	1.65	1.70	1.75	40
1.19	1.24	1.29	1.34	1.39	1.44	1.49	1.54	1.59	1.64	1.69	1.74	1.79	1.84	41
1.32	1.37	1.43	1.48	1.54	1.59	1.65	1.70	1.76	1.81	1.87	1.92	1.98	2.04	43
1.45	1.51	1.57	1.63	1.69	1.75	1.81	1.87	1.93	1.99	2.06	2.12	2.18	2.24	45
	1.65	1.72	1.79	1.85	1.92	1.99	2.05	2.12	2.19	2.25	2.32	2.39	2.45	47
		1.88	1.95	2.02	2.09	2.17	2.24	2.31	2.38	2.46	2.53	2.60	2.68	49
			2.12	2.20	2.28	2.35	2.43	2.51	2.59	2.67	2.75	2.83	2.91	51
			2.30	2.38	2.47	2.55	2.64	2.72	2.81	2.89	2.98	3.07	3.15	53

Kuutiomäärä kuoretta — *Volume excl. bark*

D 1.3 kuoren päältä, cm *Dbh., outside bark, cm.*	Puun pituus maasta, metriä											
	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
	Puun rungon kuutiomäärä kuoretta (ilman kantoa), k-m³											
8	0.017	0.018	0.018	0.019								
9	021	022	023	024	0.026							
10	026	028	029	031	032	0.034						
11	032	034	036	038	040	042	0.044					
12	039	041	044	046	049	051	054	0.056	0.059			
13	047	050	053	056	059	062	065	068	071	0.075		
14	055	059	062	066	070	073	077	081	085	089	0.093	
15	064	068	073	077	082	086	091	095	100	104	109	0.114
16	074	079	084	089	095	100	105	111	116	121	127	132
17	085	091	097	103	109	115	121	127	134	140	146	152
18	096	103	110	117	124	131	138	145	152	160	167	174
19	109	116	124	132	140	148	156	164	173	181	189	197
20	122	131	140	149	158	167	176	185	194	203	213	222
21	136	146	156	166	176	186	196	207	217	227	238	248
22		162	173	184	195	207	218	230	241	253	264	276
23		178	191	203	216	228	241	254	267	279	292	305
24		196	210	223	237	251	265	279	293	308	322	336
25		214	230	245	260	275	291	306	321	337	353	368
26				267	284	300	317	334	351	368	385	402
27				290	308	327	345	363	382	400	419	437
28				314	334	354	374	394	414	434	454	474
29					361	383	404	426	447	469	491	513
30						412	435	459	482	505	529	553
31							468	493	518	543	569	594
32							502	529	556	583	610	637
33								565	594	623	652	681
34									634	665	696	727
35									676	709	742	775
36										753	789	824
37										800	837	874
38											887	926
39											938	980
40											991	1.04
41												1.09
43												1.21
45												1.33
47												1.46
49												
51												
53												

Kapenemisluokka — *Taper class*, (D 1.3—D 6.0), 4 cm

Height of the stem from the ground, metres														D1.3, cm *Dbh., cm.*
22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	
Volume excl. bark of the stem (without stump), solid cu.m.														
														8
														9
														10
														11
														12
														13
														14
														15
0.138	0.143													16
159	165	0.172												17
181	189	196	0.204											18
206	214	222	231	0.240										19
231	241	250	260	270										20
259	269	280	291	301	0.312									21
288	299	311	323	335	347	0.359								22
318	331	344	358	371	384	397	0.411							23
350	365	379	394	408	423	437	452	0.467						24
384	400	416	431	447	463	480	496	512						25
419	436	454	471	489	506	524	541	559	0.577					26
456	475	494	513	532	551	570	589	608	627	0.647				27
495	515	535	556	576	597	618	638	659	680	701				28
535	557	579	601	623	645	668	690	713	735	758	0.780			29
576	600	624	648	672	696	720	744	768	792	817	841			30
619	645	670	696	722	748	774	800	826	852	878	904	0.930	0.957	31
664	692	719	746	774	802	829	857	885	913	941	969	998	1.03	32
711	740	769	799	828	858	887	917	947	977	1.01	1.04	1.07	1.10	33
758	790	821	852	884	916	947	979	1.01	1.04	1.07	1.11	1.14	1.17	34
808	841	875	908	942	975	1.01	1.04	1.08	1.11	1.14	1.18	1.21	1.25	35
859	895	930	966	1.00	1.04	1.07	1.11	1.14	1.18	1.22	1.25	1.29	1.33	36
912	949	987	1.02	1.06	1.10	1.14	1.18	1.22	1.25	1.29	1.33	1.37	1.41	37
966	1.01	1.05	1.09	1.13	1.17	1.21	1.25	1.29	1.33	1.37	1.41	1.45	1.49	38
1.02	1.06	1.11	1.15	1.19	1.23	1.28	1.32	1.36	1.40	1.45	1.49	1.53	1.58	39
1.08	1.12	1.17	1.21	1.26	1.30	1.35	1.39	1.44	1.48	1.53	1.57	1.62	1.67	40
1.14	1.19	1.23	1.28	1.33	1.37	1.42	1.47	1.52	1.56	1.61	1.66	1.71	1.76	41
1.26	1.31	1.37	1.42	1.47	1.52	1.58	1.63	1.68	1.73	1.79	1.84	1.89	1.95	43
1.39	1.45	1.51	1.56	1.62	1.68	1.74	1.79	1.85	1.91	1.97	2.03	2.09	2.14	45
1.53	1.59	1.65	1.71	1.78	1.84	1.91	1.97	2.03	2.10	2.16	2.22	2.29	2.35	47
1.67	1.74	1.81	1.87	1.94	2.01	2.08	2.15	2.22	2.29	2.36	2.43	2.50	2.57	49
	1.89	1.97	2.04	2.12	2.19	2.27	2.34	2.42	2.49	2.57	2.65	2.72	2.80	51
		2.13	2.21	2.30	2.38	2.46	2.54	2.62	2.71	2.79	2.87	2.95	3.04	53

Kuutiomäärä kuoretta — *Volume excl. bark*

D 1.3 kuoren päältä, cm *Dbh., outside bark, cm.*	Puun pituus maasta, metriä											
	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
	Puun rungon kuutiomäärä kuoretta (ilman kantoa), k-m³											
8	0.015	0.015										
9	018	019	0.020									
10	023	024	025	0.026	0.027							
11	028	030	031	033	034							
12	034	036	038	040	042	0.044						
13	041	043	046	048	051	053	0.056	0.059	0.061			
14	049	052	055	058	061	064	067	070	074	0.077		
15	057	061	065	068	072	076	080	083	087	091	0.095	
16	066	071	075	080	084	089	093	098	102	107	112	0.117
17	077	082	087	092	097	103	108	113	119	124	130	135
18	087	093	099	105	112	118	124	130	136	143	149	156
19	099	106	113	120	127	134	141	148	156	163	170	177
20	112	119	127	135	143	151	159	168	176	184	192	201
21	125	134	143	152	161	170	179	188	198	207	216	226
22	139	149	159	169	179	190	200	210	220	231	241	252
23	154	165	176	188	199	210	222	233	245	256	268	280
24	170	182	194	207	220	232	245	258	270	283	296	309
25		200	214	227	241	255	269	283	297	312	326	340
26		218	234	249	264	279	295	310	326	341	357	373
27		238	254	271	288	305	321	338	355	372	389	407
28				295	313	331	349	368	386	405	423	442
29				319	339	359	378	398	418	439	459	479
30				344	366	387	409	430	452	474	496	518
31					394	417	440	464	487	510	534	558
32						448	473	498	523	548	574	599
33							507	534	561	588	615	642
34							542	571	600	629	658	687
35								609	640	671	702	733
36									681	714	747	781
37										759	794	830
38											843	880
39											893	933
40											944	986
41												1.04
43												1.16
45												1.28
47												1.41
49												1.54
51												
53												

Kapenemisluokka — *Taper class*, (D 1.3—D 6.0), 5 cm

Height of the stem from the ground, metres														D 1.3, cm *Dbh., cm.*
22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	
Volume excl. bark of the stem (without stump), solid cu.m .														
														8
														9
														10
														11
														12
														13
														14
														15
0.121														16
141	0.147	0.152												17
162	169	175	0.182											18
185	192	200	207	0.215										19
209	218	226	235	243										20
235	245	254	264	273	0.283									21
263	273	284	295	305	316	0.327								22
292	303	315	327	339	351	364	0.376							23
322	335	349	362	375	388	402	415	0.429						24
355	369	383	398	413	427	442	457	472						25
388	404	420	436	452	468	484	500	517	0.533					26
424	441	458	476	493	511	528	546	564	582	0.600				27
461	480	498	517	536	556	575	594	613	633	652				28
499	520	540	561	581	602	623	644	665	686	707	0.728			29
540	562	584	606	628	651	673	695	718	741	763	786			30
581	605	629	653	677	701	725	749	774	798	822	847	0.872	0.896	31
625	650	676	702	727	753	779	805	831	858	884	910	937	963	32
670	697	724	752	780	807	835	863	891	919	947	976	1.00	1.03	33
716	745	775	804	834	864	893	923	953	983	1.01	1.04	1.07	1.10	34
764	795	827	858	890	922	953	985	1.02	1.05	1.08	1.11	1.15	1.18	35
814	847	881	914	948	982	1.02	1.05	1.08	1.12	1.15	1.19	1.22	1.25	36
865	901	936	972	1.01	1.04	1.08	1.12	1.15	1.19	1.22	1.26	1.30	1.33	37
918	956	993	1.03	1.07	1.11	1.15	1.18	1.22	1.26	1.30	1.34	1.38	1.41	38
972	1.01	1.05	1.09	1.13	1.17	1.21	1.25	1.29	1.33	1.38	1.42	1.46	1.50	39
1.03	1.07	1.11	1.16	1.20	1.24	1.28	1.33	1.37	1.41	1.45	1.50	1.54	1.58	40
1.09	1.13	1.18	1.22	1.26	1.31	1.36	1.40	1.45	1.49	1.54	1.58	1.63	1.67	41
1.21	1.26	1.31	1.35	1.40	1.45	1.50	1.55	1.61	1.66	1.71	1.76	1.81	1.86	43
1.33	1.39	1.44	1.50	1.55	1.61	1.66	1.72	1.77	1.83	1.88	1.94	2.00	2.05	45
1.47	1.53	1.59	1.65	1.71	1.77	1.83	1.89	1.95	2.01	2.07	2.13	2.19	2.26	47
1.60	1.67	1.74	1.80	1.87	1.93	2.00	2.07	2.13	2.20	2.27	2.34	2.40	2.47	49
1.75	1.82	1.89	1.97	2.04	2.11	2.18	2.26	2.33	2.40	2.47	2.55	2.62	2.69	51
	1.98	2.06	2.14	2.21	2.29	2.37	2.45	2.53	2.61	2.69	2.77	2.85	2.93	53

Kuutiomäärä kuoretta — *Volume excl. bark*

D 1.3 kuoren päältä, cm *Dbh., outside bark, cm.*	Puun pituus maasta, metriä											
	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
	Puun rungon kuutiomäärä kuoretta (ilman kantoa), k-m³											
8	0.013											
9	016	0.017										
10	020	021	0.022									
11	024	026	027	0.028								
12	030	031	033	034	0.036							
13	036	038	040	042	044	0.046	0.048					
14	043	046	048	050	053	056	058	0.061	0.064			
15	051	054	057	060	063	067	070	073	076	0.080	0.083	
16	060	063	067	071	075	078	082	086	090	094	098	0.102
17	069	073	078	082	087	091	096	101	105	110	115	120
18	079	084	090	095	100	106	111	116	122	127	133	138
19	090	096	102	108	115	121	127	133	140	146	152	159
20	102	109	116	123	130	137	144	152	159	166	173	181
21	115	123	131	139	147	155	163	171	179	188	196	204
22	128	137	146	155	164	173	183	192	201	210	220	229
23	142	152	163	173	183	193	203	214	224	235	245	256
24	157	169	180	191	203	214	226	237	249	260	272	284
25	173	186	198	211	223	236	249	262	274	287	300	313
26	190	204	217	231	245	259	273	287	302	316	330	344
27		222	238	253	268	284	299	314	330	346	361	377
28		242	259	275	292	309	326	343	360	377	394	411
29			281	299	317	335	354	372	391	409	428	447
30				323	343	363	383	403	423	443	464	484
31					370	392	414	435	457	479	501	523
32					399	422	445	469	492	516	539	563
33						453	478	503	528	554	579	604
34							512	539	566	593	620	648
35								576	605	634	663	692
36									645	676	708	739
37										720	753	787
38										765	800	836
39											849	887
40											899	939
41											951	993
43											1.06	1.11
45												1.22
47												1.35
49												1.48
51												1.62
53												1.76

Kapenemisluokka — *Taper class*, (D 1.3—D 6.0), 6 cm

Height of the stem from the ground, metres														D 1.3, cm *Dbh., cm.*
22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	
Volume excl. bark of the stem (without stump), solid cu.m.														
														8
														9
														10
														11
														12
														13
														14
														15
0.106														16
124	0.129													17
144	150	0.156												18
165	172	179	0.185											19
188	196	203	211	0.219										20
213	221	230	238	247	0.256									21
239	248	258	268	277	287	0.297								22
266	277	288	299	310	321	332	0.343							23
296	308	320	332	344	356	368	380	0.392						24
326	340	353	366	380	393	406	420	434						25
359	373	388	403	417	432	447	462	477	0.492					26
393	409	425	441	457	473	489	505	522	538	0.555				27
428	446	463	481	498	516	534	551	569	587	605				28
466	484	503	522	541	561	580	599	619	638	657	0.677			29
504	525	545	566	587	607	628	649	670	691	712	733			30
545	567	589	611	634	656	678	701	724	746	769	792	0.815	0.838	31
587	610	634	658	682	706	731	755	779	804	828	853	878	902	32
630	656	681	707	733	759	785	811	837	864	890	916	943	969	33
675	703	730	758	786	813	841	869	897	925	954	982	1.01	1.04	34
722	751	781	810	840	870	899	929	959	989	1.02	1.05	1.08	1.11	35
770	801	833	864	896	928	960	991	1.02	1.06	1.09	1.12	1.15	1.18	36
820	853	887	920	954	988	1.02	1.06	1.09	1.12	1.16	1.19	1.23	1.26	37
871	907	942	978	1.01	1.05	1.09	1.12	1.16	1.19	1.23	1.27	1.30	1.34	38
924	962	1.00	1.04	1.08	1.11	1.15	1.19	1.23	1.27	1.31	1.34	1.38	1.42	39
979	1.02	1.06	1.10	1.14	1.18	1.22	1.26	1.30	1.34	1.38	1.42	1.46	1.51	40
1.04	1.08	1.12	1.16	1.20	1.25	1.29	1.33	1.38	1.42	1.46	1.51	1.55	1.59	41
1.15	1.20	1.25	1.29	1.34	1.39	1.44	1.48	1.53	1.58	1.63	1.68	1.72	1.77	43
1.28	1.33	1.38	1.43	1.48	1.54	1.59	1.64	1.70	1.75	1.80	1.86	1.91	1.96	45
1.41	1.46	1.52	1.58	1.64	1.69	1.75	1.81	1.87	1.93	1.99	2.04	2.10	2.16	47
1.54	1.60	1.67	1.73	1.79	1.86	1.92	1.99	2.05	2.11	2.18	2.24	2.31	2.37	49
1.68	1.75	1.82	1.89	1.96	2.03	2.10	2.17	2.24	2.31	2.38	2.45	2.52	2.59	51
1.83	1.91	1.98	2.06	2.13	2.21	2.29	2.36	2.44	2.51	2.59	2.67	2.74	2.82	53

Kuutiomäärä kuoretta — *Volume excl. bark*

D 1.3 kuoren päältä, cm *Dbh., outside bark, cm.*	Puun pituus maasta, metriä											
	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
	Puun rungon kuutiomäärä kuoretta (ilman kantoa), k-m³											
10	0.018											
11	022	0.022	0.023									
12	026	027	029	0.030								
13	032	033	035	036	0.038							
14	038	040	042	044	046	0.048	0.051					
15	045	048	050	053	056	058	061	0.064	0.066			
16	053	056	060	063	066	069	072	076	079	0.082		
17	062	066	070	073	077	081	085	089	093	097	0.101	
18	072	076	081	085	090	094	099	104	108	113	118	0.123
19	082	087	093	098	103	109	114	119	125	130	136	142
20	093	099	105	112	118	124	130	137	143	149	156	162
21	105	112	119	126	133	140	148	155	162	170	177	184
22	118	126	134	142	150	158	166	175	183	191	200	208
23	132	141	150	159	168	177	186	195	205	214	224	233
24	146	156	166	176	187	197	207	218	228	239	249	260
25	161	172	184	195	206	218	229	241	253	264	276	288
26	177	190	202	215	227	240	253	266	279	292	305	318
27	194	208	222	235	249	263	278	292	306	320	335	349
28	212	227	242	257	272	288	303	319	334	350	366	382
29		247	263	280	297	313	330	347	364	381	399	416
30			285	304	322	340	359	377	396	414	433	452
31				328	348	368	388	408	428	448	469	489
32					375	397	419	440	462	484	506	528
33						427	450	474	497	521	544	568
34							483	508	534	559	584	610
35								544	572	599	626	653
36									611	640	669	698
37										682	713	745
38										726	759	793
39											807	842
40											856	893
41											906	946
43											1.01	1.06
45												1.17
47												1.29
49												1.42
51												1.55
53												1.69

Kapenemisluokka — *Taper class*, (D 1.3—D 6.0), 7 cm

Height of the stem from the ground, metres													D 1.3, cm *Dbh., cm.*
22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	
Volume excl. bark of the stem (without stump), solid cu.m.														
														10
														11
														12
														13
														14
														15
														16
														17
0.128	0.133													18
147	153													19
169	176	0.182	0.189											20
192	199	207	215	0.222	0.230									21
217	225	234	242	251	260	0.269								22
243	252	262	272	282	291	301	0.311							23
271	281	292	303	314	325	336	347							24
300	312	324	336	348	360	373	385	0.397						25
331	344	357	371	384	398	411	425	438	0.452					26
363	378	393	407	422	437	452	467	482	497	0.512				27
398	413	429	446	462	478	494	511	527	543	560				28
433	451	468	486	503	521	539	557	574	592	610	0.629			29
471	489	508	528	547	566	585	605	624	643	663	683			30
509	530	551	571	592	613	634	655	676	697	718	739	0.761	0.782	31
550	572	594	617	639	662	684	707	729	752	775	798	821	844	32
592	616	640	664	688	712	736	761	785	810	834	859	884	909	33
636	661	687	713	739	765	791	817	843	870	896	923	949	976	34
681	708	736	764	791	819	847	875	903	932	960	988	1.02	1.05	35
728	757	787	816	846	876	906	936	966	996	1.03	1.06	1.09	1.12	36
776	807	839	871	902	934	966	998	1.03	1.06	1.09	1.13	1.16	1.19	37
826	859	893	927	960	994	1.03	1.06	1.10	1.13	1.16	1.20	1.23	1.27	38
878	913	949	985	1.02	1.06	1.09	1.13	1.16	1.20	1.24	1.27	1.31	1.35	39
931	968	1.01	1.04	1.08	1.12	1.16	1.20	1.24	1.27	1.31	1.35	1.39	1.43	40
985	1.03	1.07	1.11	1.15	1.19	1.23	1.27	1.31	1.35	1.39	1.43	1.47	1.51	41
1.10	1.14	1.19	1.23	1.28	1.32	1.37	1.41	1.46	1.51	1.55	1.60	1.64	1.69	43
1.22	1.27	1.32	1.37	1.42	1.47	1.52	1.57	1.62	1.67	1.72	1.77	1.82	1.87	45
1.35	1.40	1.46	1.51	1.57	1.62	1.68	1.73	1.79	1.84	1.90	1.96	2.01	2.07	47
1.48	1.54	1.60	1.66	1.72	1.78	1.84	1.91	1.97	2.03	2.09	2.15	2.21	2.27	49
1.62	1.69	1.75	1.82	1.88	1.95	2.02	2.08	2.15	2.22	2.29	2.35	2.42	2.49	51
1.77	1.84	1.91	1.98	2.05	2.13	2.20	2.27	2.35	2.42	2.49	2.57	2.64	2.71	53

Kuutiomäärä kuoretta — *Volume excl. bark*

D 1.3 kuoren päältä, cm *Dbh., outside bark, cm.*	Puun pituus maasta, metriä											
	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
	Puun rungon kuutiomäärä kuoretta (ilman kantoa), k-m³											
11	0.019											
12	023	0.024	0.024									
13	028	029	031	0.032								
14	034	036	037	039	0.040							
15	040	042	044	047	049	0.051						
16	048	050	053	055	058	061	0.063					
17	056	059	062	065	069	072	075	0.078				
18	065	069	073	076	080	084	088	092	0.096	0.100		
19	075	079	084	088	093	097	102	107	111	116	0.121	
20	085	090	096	101	106	112	117	123	128	134	139	0.145
21	096	103	109	115	121	127	134	140	146	153	159	166
22	109	116	123	130	137	144	151	158	166	173	181	188
23	122	129	137	145	154	162	170	178	187	195	203	212
24	135	144	153	162	172	181	190	199	209	218	228	237
25	150	160	170	180	190	201	211	222	232	243	253	264
26	165	176	188	199	210	222	234	245	257	269	280	292
27	181	194	206	219	232	244	257	270	283	296	309	322
28	198	212	226	240	254	268	282	296	310	325	339	354
29	216	231	246	262	277	292	308	323	339	355	371	386
30		251	268	284	301	318	335	352	369	386	404	421
31			290	308	327	345	363	382	400	419	438	457
32				333	353	373	393	413	433	453	474	494
33					380	402	424	445	467	489	511	533
34						432	456	479	503	526	550	574
35							489	514	539	565	590	616
36								550	577	604	632	659
37									617	646	675	704
38										688	720	751
39											766	799
40											813	848
41											862	900
43											964	1.01
45											1.07	1.12
47												1.24
49												1.36
51												1.49
53												1.63

Kapenemisluokka — *Taper class*, (D 1.3—D 6.0), 8 cm

Height of the stem from the ground, metres													D 1.3, cm *Dbh., cm.*
22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	
Volume excl. bark of the stem (without stump), solid cu.m.														
														11
														12
														13
														14
														15
														16
														17
														18
														19
														20
0.173														21
196	0.203													22
220	229	0.238												23
247	256	266	0.276	0.286										24
275	286	296	307	318	0.329									25
304	316	328	340	353	365	0.377								26
335	349	362	375	389	402	416	0.430	0.443						27
368	383	397	412	427	442	457	472	487	0.502					28
402	418	434	451	467	483	499	516	532	549	0.565				29
438	456	473	491	508	526	544	562	580	598	616	0.634			30
476	495	514	533	552	571	591	610	630	649	669	689	0.708		31
515	535	556	577	597	618	639	660	681	703	724	745	767	0.788	32
555	577	600	622	645	667	690	713	735	758	781	804	827	850	33
598	621	645	670	694	718	742	767	791	816	841	865	890	915	34
641	667	693	719	745	771	797	823	850	876	902	929	956	982	35
687	714	742	770	798	825	853	882	910	938	966	995	1.02	1.05	36
734	763	793	822	852	882	912	942	972	1.00	1.03	1.06	1.09	1.12	37
782	814	845	877	909	941	972	1.00	1.04	1.07	1.10	1.13	1.17	1.20	38
832	866	899	933	967	1.00	1.04	1.07	1.10	1.14	1.17	1.21	1.24	1.28	39
884	920	955	991	1.03	1.06	1.10	1.14	1.17	1.21	1.24	1.28	1.32	1.36	40
937	975	1.01	1.05	1.09	1.13	1.17	1.20	1.24	1.28	1.32	1.36	1.40	1.44	41
1.05	1.09	1.13	1.18	1.22	1.26	1.30	1.35	1.39	1.43	1.48	1.52	1.56	1.61	43
1.17	1.21	1.26	1.31	1.36	1.40	1.45	1.50	1.55	1.60	1.64	1.69	1.74	1.79	45
1.29	1.34	1.40	1.45	1.50	1.55	1.61	1.66	1.71	1.76	1.82	1.87	1.92	1.98	47
1.42	1.48	1.54	1.59	1.65	1.71	1.77	1.83	1.88	1.94	2.00	2.06	2.12	2.18	49
1.56	1.62	1.68	1.75	1.81	1.88	1.94	2.00	2.07	2.13	2.20	2.26	2.32	2.39	51
1.70	1.77	1.84	1.91	1.98	2.05	2.12	2.19	2.26	2.33	2.40	2.47	2.54	2.61	53

Kuutiomäärä kuoretta — *Volume excl. bark*

D 1.3 kuoren päältä, cm *Dbh., outside bark, cm.*	Puun pituus maasta, metriä											
	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
	Puun rungon kuutiomäärä kuoretta (ilman kantoa), k-m³											
12	0.021											
13	025	0.026										
14	030	032	0.033									
15	036	038	039	0.041								
16	043	045	047	049	0.051							
17	050	053	056	058	061	0.063						
18	059	062	065	068	071	075	0.078					
19	068	072	075	079	083	087	091	0.095				
20	078	082	087	091	096	100	105	110	0.115			
21	088	094	099	104	110	115	121	126	132	0.137	0.143	
22	100	106	112	118	124	131	137	143	150	156	163	0.170
23	112	119	126	133	140	148	155	162	170	177	184	192
24	125	133	141	149	157	166	174	182	190	199	207	216
25	139	148	157	166	175	185	194	203	213	222	232	241
26	154	164	174	184	194	205	215	226	236	247	258	268
27	169	180	192	203	215	226	238	249	261	273	285	297
28	185	198	211	223	236	249	262	274	287	300	314	327
29	203	216	230	244	258	272	286	301	315	329	344	358
30	220	236	251	266	282	297	313	328	344	360	375	391
31	239	256	272	289	306	323	340	357	374	391	409	426
32		277	295	313	331	350	368	387	406	424	443	462
33			318	338	358	378	398	418	438	459	479	500
34				364	386	407	429	451	473	495	517	539
35					414	438	461	485	508	532	555	579
36						469	494	520	545	570	596	621
37							529	556	583	610	638	665
38								593	623	652	681	710
39									663	694	726	757
40										739	772	805
41											820	855
43											919	959
45											1.02	1.07
47											1.14	1.19
49												1.31
51												1.44
53												1.57

Kapenemisluokka — *Taper class*, (D 1.3—D 6.0), 9 cm

Height of the stem from the ground, metres														D 1.3, cm *Dbh., cm.*
22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	
Volume excl. bark of the stem (without stump), solid cu.m.														
														12
														13
														14
														15
														16
														17
														18
														19
														20
														21
														22
0.200														23
225	0.233													24
251	261	0.271												25
279	290	301	0.312											26
309	321	333	345	0.357	0.370									27
340	353	367	380	394	407									28
373	388	402	417	432	447	0.462	0.477							29
407	423	439	456	472	488	505	521							30
443	461	478	496	514	532	550	568	0.586	0.604					31
481	500	519	538	558	577	596	616	635	655					32
520	541	561	582	603	624	645	666	687	709	0.730	0.751			33
561	583	606	628	650	673	696	719	741	764	787	810			34
603	627	651	675	700	724	748	773	798	822	847	872	0.897	0.922	35
647	673	699	725	751	777	803	829	856	882	909	936	962	989	36
693	720	748	776	804	832	860	888	916	945	973	1.00	1.03	1.06	37
740	769	799	829	859	888	918	949	979	1.01	1.04	1.07	1.10	1.13	38
788	820	852	883	915	947	979	1.01	1.04	1.08	1.11	1.14	1.17	1.21	39
839	872	906	940	974	1.01	1.04	1.08	1.11	1.14	1.18	1.21	1.25	1.28	40
891	926	962	998	1.03	1.07	1.11	1.14	1.18	1.22	1.25	1.29	1.33	1.36	41
999	1.04	1.08	1.12	1.16	1.20	1.24	1.28	1.32	1.36	1.40	1.45	1.49	1.53	43
1.11	1.16	1.20	1.25	1.29	1.34	1.38	1.43	1.48	1.52	1.57	1.61	1.66	1.70	45
1.24	1.28	1.33	1.38	1.43	1.48	1.54	1.59	1.64	1.69	1.74	1.79	1.84	1.89	47
1.36	1.42	1.47	1.53	1.58	1.64	1.69	1.75	1.81	1.86	1.92	1.97	2.03	2.09	49
1.50	1.56	1.62	1.68	1.74	1.80	1.86	1.92	1.98	2.04	2.11	2.17	2.23	2.29	51
1.64	1.70	1.77	1.84	1.90	1.97	2.04	2.10	2.17	2.24	2.30	2.37	2.44	2.51	53

Kuutiomäärä kuoretta — *Volume excl. bark*

D 1.3 kuoren päältä, cm *Dbh., outside bark, cm.*	Puun pituus maasta, metriä											
	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
	Puun rungon kuutiomäärä kuoretta (ilman kantoa), k-m³											
14	0.027											
15	033	0.034										
16	039	040	0.042									
17	046	048	050	0.052								
18	053	056	058	061	0.064							
19	062	065	068	071	074	0.078						
20	071	075	078	082	086	090	0.094					
21	081	085	090	094	099	104	108	0.113				
22	092	097	102	108	113	118	124	130	0.135			
23	103	109	116	122	128	134	141	147	154	0.160		
24	116	123	130	137	144	151	159	166	173	181	0.188	
25	129	137	145	153	161	169	178	186	194	203	212	0.220
26	143	152	161	170	179	189	198	207	217	226	236	246
27	158	168	178	188	199	209	220	230	241	251	262	273
28	173	185	196	207	219	231	242	254	266	278	289	301
29	190	202	215	228	240	253	266	279	292	305	318	332
30	207	221	235	249	263	277	291	305	320	334	349	363
31	225	240	256	271	286	302	317	333	349	365	380	396
32	244	261	277	294	311	328	345	362	379	396	414	431
33	264	282	300	318	337	355	374	392	411	430	448	467
34			323	343	363	383	403	424	444	464	485	505
35				369	391	413	434	456	478	500	522	544
36					420	443	467	490	514	537	561	585
37						475	500	525	551	576	602	627
38							535	562	589	616	644	671
39							570	599	629	658	687	717
40								638	670	701	732	763
41									712	745	778	812
43										838	875	913
45										936	978	1.02
47											1.09	1.13
49											1.20	1.25
51											1.32	1.38
53												1.51

Kapenemisluokka — *Taper class*, (D 1.3—D 6.0), **10 cm**

Height of the stem from the ground, metres														D 1.3, cm *Dbh., cm.*
22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	
Volume excl. bark of the stem (without stump), solid cu.m.														
														14
														15
														16
														17
														18
														19
														20
														21
														22
														23
														24
														25
0.255														26
284	0.295													27
313	326	0.338												28
345	358	372	0.385											29
378	393	407	422	0.437	0.452									30
412	429	445	461	477	494	0.510	0.527							31
449	466	484	502	519	537	555	573	0.591	0.609					32
486	505	525	544	563	583	602	622	641	661	0.681	0.701			33
526	546	567	588	609	630	651	672	693	715	736	758			34
567	589	611	634	656	679	702	725	748	771	794	817	0.840	0.864	35
609	633	657	681	706	730	755	779	804	829	854	879	904	929	36
653	679	705	731	757	783	810	836	862	889	916	942	969	996	37
699	727	754	782	810	838	866	895	923	951	980	1.01	1.04	1.07	38
746	776	805	835	865	895	925	955	986	1.02	1.05	1.08	1.11	1.14	39
795	827	858	890	922	954	986	1.02	1.05	1.08	1.12	1.15	1.18	1.21	40
845	879	913	947	981	1.01	1.05	1.08	1.12	1.15	1.19	1.22	1.26	1.29	41
951	989	1.03	1.07	1.10	1.14	1.18	1.22	1.26	1.30	1.33	1.37	1.41	1.45	43
1.06	1.11	1.15	1.19	1.23	1.28	1.32	1.36	1.41	1.45	1.49	1.54	1.58	1.62	45
1.18	1.23	1.28	1.32	1.37	1.42	1.47	1.51	1.56	1.61	1.66	1.71	1.76	1.80	47
1.31	1.36	1.41	1.46	1.52	1.57	1.62	1.67	1.73	1.78	1.83	1.89	1.94	2.00	49
1.44	1.49	1.55	1.61	1.67	1.73	1.78	1.84	1.90	1.96	2.02	2.08	2.14	2.20	51
1.57	1.64	1.70	1.76	1.83	1.89	1.96	2.02	2.08	2.15	2.21	2.28	2.34	2.41	53