

FOLIA FORESTALIA 264

METSÄNTUTKIMUSLAITOS · INSTITUTUM FORESTALE FENNIAE · HELSINKI 1976

YRJÖ VUOKILA

ENSIHARVENNUSKERTYMÄ

YIELD FROM THE FIRST
THINNING

- No 191 Kullervo Kuusela & Alli Salovaara: Ahvenanmaan maakunnan, Helsingin, Lounais-Suomen, Satakunnan, Uudenmaan-Hämeen, Pirkka-Hämeen, Itä-Hämeen, Etelä-Savon ja Etelä-Karjalan piirimetsälautakunnan metsävarat vuosina 1971—72.
Forest resources in the District of Ahvenanmaa, and the Forestry Board Districts of Helsinki, Lounais-Suomi, Satakunta, Uusimaa-Häme, Pirkka-Häme, Itä-Häme, Etelä-Savo and Etelä-Karjala in 1971—72. 7,—
- No 192 Paavo Tiihonen: Puutavaralajirakenteen likimääräisarvioinnissa käytettäviä menetelmiä. Methoden für die annähernde Schätzung des Holzsortenstruktur.
- No 193 Terho Huttunen: Suomen sahateollisuus vuonna 1972.
The sawmill industry in Finland in 1972. 4,—
- No 194 Ukko Rummukainen: Herbisidirakeiden männyn- ja kuusentaimille aiheuttamista kuorivioituksista.
On bark damages caused to Scots pine and Norway spruce plantations by granular herbicides. 2,—
- No 195 Metsätalastollinen vuosikirja 1972.
Yearbook of forest statistics 1972. 12,—
- No 196 Erkki Lähde: The effect of seed-spot shelters and cold stratification on germination of Pine (*Pinus silvestris* L.) seed.
Kylvösuojan ja kylmästratifiointin vaikutus männyn siemenen itämiseen. 2,—
- No 197 Erkki Lähde & Kaarlo Kinnunen: Paperikennon ja turveruukun seinän lujuus ja taimien alkukehitys Pohjois-Suomessa.
The relationship between the wall strength of paper and peat pots and the initial development of seedlings in Northern Finland. 2,—
- No 198 Esko Jaatinen: Metsäteollisuusyhtiöiden omien metsien hakkuupolitiikan motiivit.
Timber cutting motives of forest industry enterprises. 4,—
- No 199 Esko Leinonen: Purunäytteeseen perustuvasta kuivapainomittauksesta.
Dry-weight scaling based on chip samples. 3,—
- No 200 Pentti Hakkila & Markku Mäkelä: Jatkotutkimuksia Pallarin kantoharvesterista.
Further studies of the Pallari Stumpharvester. 2,—
- No 201 Matti Leikola & Risto Rikala: Lannoituksen vaikutus männyn ja kuusen taimien alkukehitykseen kangasmailla.
The effect of fertilization on the initial development of pine and spruce on mineral soils. 2,—
- No 202 Paavo Tiihonen: Leimikon pystymittauksen tarkistaminen.
Zur Kontrolle einer am stehenden zum Einschlag ausgezeichneten Holz durchgeführten Messung. 2,—
- No 203 Seppo Kaunisto: Männyn kylvöajankohta ojitetulla suolla.
Date of direct seeding on drained peatlands. 3,—
- No 204 Pentti Hakkila & Hannu Kalaja: Oksaraaka-aineen kasaus Melroe Bobcat M-600 kuormaajalla.
Bunching of branch raw material by Melroe Bobcat M-600 loader.
- No 205 Terho Huttunen: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase vuosina 1971—73.
Wood consumption, total drain and forest balance in Finland in 1971—73. 5,—
- No 206 Metsäntutkimuslaitoksen päätös puutavaran mittauksessa käytettävistä muuntoluvuista ja kuutioimistaulukoista 2 päivänä toukokuuta 1969 annetun päätöksen muuttamisesta. Skogsforskningsinstitutets beslut angående ändring av institutets beslut av den 2 maj 1969 om omvandlingskoefficienter och kuberingstabeller för virkesmätning. 8,—
- No 207 Kullervo Kuusela ja Alli Salovaara: Etelä-Karjalan, Pohjois-Savon, Keski-Suomen ja Itä-Savon metsävarat vuonna 1973.
Forest resources in the Forestry Board Districts of Etelä-Karjala, Pohjois-Savo, Keski-Suomi and Itä-Savo in 1973. 4,—
- No 208 Tapani Hänninen: Harvennusemetsien puustoisuus ja hakkuumahdollisuudet Suomen eteläpuoliskossa.
The stocking and cutting possibilities in the thinning and accretion forests in the southern half of Finland. 4,—
- No 209 Heikki Nikkilä: Ratapölkkytukkien kuutiointi.
Measurement of railwaytie-logs. 1,50
- No 210 Hakkuutähteiden talteenoton seurannaisvaikutukset.
By-effects of the harvesting of logging residues 2,50.
- No 211 Paavo Tiihonen: Mäntypylväiden kuutioimismenetelmä.
Eine Kubierungsmethode für Kiefernmastholz 2,—
- No 212 Kaarlo Kinnunen, Juha Lind ja Erkki Lähde: Eri ajankohtina istutettujen männyn kennonaimien alkukehitys Pohjois-Suomessa.
Initial development of Scots pine paper pot seedlings planted on different dates in northern Finland. 3,—
- No 213 Kullervo Etholén: Kaatoajankohdan vaikutus koivun ja haavan vesomiseen taimistohoitoaloilla Pohjois-Suomessa.
The effect of felling time on the sprouting of *Betula pubescens* and *Populus tremula* in the seedling stands in northern Finland. 2,—
- No 214 Veijo Heiskanen ja Jorma Riikonen: Tukkien lajittelu sahaukseen kuoren päältä mitatun läpimitan perusteella.
Sorting of logs according to the top diameter on bark. 4,—

FOLIA FORESTALIA 264

Metsäntutkimuslaitos. Institutum Forestale Fenniae. Helsinki 1976

Yrjö Vuokila

ENSIHARVENNUSKERTYMÄ

Yield from the first thinning

SISÄLLYSLUETTELO

	Sivu
SUMMARY IN ENGLISH	3
TIIVISTELMÄ	3
JOHDANTO	4
TUTKIMUSAINEISTO	4
TUTKIMUSTULOKSET	6
Yhtälöissä käytetyt merkinnät	6
Runkopuun kertymä	6
Käyttöpuun kertymä	8
Harvennuspuiden keskikoko	9
Hukkapuun osuus	10
TULOSTEN TARKASTELUA	11

SUMMARY IN ENGLISH

This publication reports on an investigation concerning the thinning yield obtainable from the present young stands. The investigation is based on 70 temporary sample plots measured in the southern part of the country (cf. Table 1, p. 5).

The results are presented in the form of regression functions and concise tables which give the thinning yield in terms of stem wood and merchantable wood, the mean size of the trees to be removed, and percentage of stem wood wasted. The symbols used in the functions are explained on p. 6).

With reference to the harvesting of wood, the worst situation is encountered in natural overdense pine stands on the poorest of sites. The thinning yield obtainable here is small and structurally unfavourable. On an average,

it is possible to remove in the present young pine stands some 30–40 cu.m. of stem wood per ha. This will yield some 20–30 cu.m. of merchantable wood per ha. In stands like spruce plantations, which have been subjected to an intensive care, the yield from the first thinning amounts to 40–60 cu.m. of stem wood, i.e. 35–45 cu.m. of merchantable wood per ha. This is attributable to the sparse initial spacing which brings about a substantial improvement in diameter relations and makes it possible to postpone the first thinning to the latest possible phase of stand development.

The investigation supports this hypothesis: the prerequisites for a commercially profitable first thinning are created or lost in the early stage of the stand's life.

TIIVISTELMÄ

Tässä tutkimuksessa on pyritty selvittämään 70 tilapäiskoealaa nojautuen nykyisten nuorten metsiköiden ensiharvennuksessa saatavaa harvennuskertymää. Kertymän määrän lisäksi käsitellään harvennuspuiden keskikokoa ja hukkapuun osuutta runkopuun kertymästä. Tulokset esitetään ennusteyhtälöinä ja niiden avulla laskettuina suppeina taulukkoina tai asetelmina.

Pienin ja rakenteellisesti epäedullisin ensiharvennuskertymä saadaan ylitteistä kanervatyypin männiköistä. Keskimäärin ottaen on mahdollista poistaa nykyisistä nuorista männiköistä ja yleensäkin enemmän tai vähemmän

hoitamattomista nuoreikoista 30–40 m³/ha runkopuuta, mistä määrästä saadaan 20–30 m³/ha yli 6 cm:n käyttöpuuta. Alusta alkaen hoidetuissa metsiköissä, ennen muuta istutuskuusikoissa, ensiharvennuskertymä voi olla kuitenkin 40–60 m³/ha runkopuuta (35–45 m³/ha käyttöpuuta). Tämä johtuu avarasta kasvatustiheydestä, mikä jouduttaa järeyskehitystä ja tekee mahdolliseksi ensiharvennuksen lykäämisen myöhäiseen kehitysvaiheeseen.

Tutkimusaineisto tukee sitä käsitystä, että taimistovaiheessa luodaan tai menetetään välittömästi kannattavan ensiharvennuksen edellytykset.

JOHDANTO

Viimeaikaiset tutkimukset (mm. VUOKILA 1975)¹⁾ ovat vahvistaneet sitä käsitystä, että nuoren metsikön ensiharvennuksella on huomattava liike- ja kansantaloudellinen merkitys. Tätä metsänhoidollista kasvatustoimenpidettä ei voida jättää suorittamatta, mikäli tavoitteena pidetään, kuten Suomen kaltaisessa metsätalouksessa on perusteltua, määrällisesti suurinta sekä rakenteellisesti ja arvonsa puolesta edullisinta mahdollista puuntuotantoa.

Metsänhoidollisen ensiharvennuksen johtavat periaatteet ovat olleet monitahoisen keskustelun kohteena. Toimenpiteen merkitys tajuetaan kaikilla asiasta kiinnostuneilla tahoilla. Vaikeutena on kuitenkin puunkorjuun järjestely. Vaikka monet näkökohdat puhuvatkin ihmistyövaltaisten – hevosenkin käyttöön perustuvien – korjuumenetelmien puolesta, kehitys on viemässä kiihtyvää vauhtia koneellistuvaan suuntaan. Ennusteiden mukaan 1980-luku tuo mukanaan myös kasvatushakkuiden täyskoneellistamisen.

Puuston vaurioituminen on koneellistamiseen liittyvä vakava ongelma, johon ei voida tässä yhteydessä puuttua. Jos jätetään vauriokysymys huomiotta, ristiriita metsänhoidon ja puunkorjuun välillä syntyy lähinnä siitä, kuinka voimakkaasti puustoa olisi käsiteltävä. Metsänhoidollisesti on tärkeää säilyttää harvennuksen jälkeen riittävän runsas ja elinvoimainen puusto. Puunkorjuun näkökohdat edellyttävät puoles-

taan mahdollisimman suurta ja järeää harvennuskertymää.

Taimistovaiheessa suunnitelmallisesti hoitettun nuoren metsikön ensiharvennus ei nykyisen käsityksen mukaan ole puunkorjuun kannalta ongelmallinen. Toimenpide voidaan näet lykätä niin myöhäiseen puuston kehitysvaiheeseen, että sekä kertymän määrä että sen rakenne tyydyttävät koneellistamisen kannattavuudelle asetettavat minimivaatimukset.

Pääosa nykyisiä nuoria metsiköitä on kuitenkin saanut kehittyä lähes hoitamattomana, luonnontilassa, nykypäivään saakka. Mikäli ensiharvennus halutaan suorittaa metsänhoidollisessa mielessä oikea-aikaisesti, sen on tapahduttava tilanteessa, jolloin kertymä on vähäinen ja käsitteä minimikokoista käyttöpuuta. Kysymykseen saattaa tällöin tulla vain tavalla tai toisella toteutettu haketusmenetelmä, mikä ei tyydyttäne puunkorjaajaa, eikä työn jälki henkilöä, joka vastaa puuston metsänhoidollisesta käsitteystä.

Keskustelua on vaikeuttanut ensiharvennusmetsiköitä koskevien perustietojen puute. Käsilä oleva tutkimus pyrkii omalta osaltaan lisäämään sitä tietoutta, jota tarvitaan nuorten harvennuskasvatuksen käsitteilyn suunnittelussa. Pyrkimyksenä on selvittää, kuinka paljon ja minkä kokoista puuta saadaan vaihtelevien nuorten metsiköiden ensiharvennuksissa. Tulokset luonevat pohjaa entistä tasasuhtaisemman sovittelemisen löytämiseen metsänhoidon ja puunkorjuun välillä Suomen metsien tulevaisuuden kannalta tärkeissä nuorissa harvennuskasvatuksissa.

1) YRJÖ VUOKILA: Nuoren istutuskasvatuksen harvennus puuntuotannollisena ongelmana. -Folia Forestalia 247.

TUTKIMUSAINEISTO

Tutkimusaineisto käsittää 70 koelaa, jotka on mitattu eri puolilla Etelä-Suomea. Kun tulosten tarkastelu tapahtuu kuitenkin valta-pituuden ja pohjapinta-alan avulla, tulokset ovat sovellutuskelpoisia koko maassa.

Tutkimusaineistoon kuuluu 44 männikköä ja 26 kuusikko. Männiköt ovat sekä luontaisesti että kylvään perustettuja. Kuusikot ovat pääasiassa istutettuja. Taulukko 1 osoittaa, miten koelat jakautuvat runkoluvun ja pohja-

Taulukko 1. Tutkimusmetsiköiden jakaantuminen runkoluvun ja pohjapinta-alan avulla ilmaistuihin tiheysluokkiin.

Table 1. Distribution of sample plots into density classes based on the number of stems and the basal area per ha.

Valtapiuus, m Dominant height, m.	Runkoluku, kpl/ha – Number of stems per ha.				
	–2000	2001–3000	3001–4000	4001–5000	5001+
	Koealojen lukumäärä – Number of sample plots Mänty – Pine (Kuusi – Spruce)				
10		2			1
11		2 (1)	1		
12		5	3		
13	1 (1)	4 (4)		1	
14		4 (4)	(2)	1	
15	3 (1)	5 (1)	1		
16	2	(1)	3 (1)		2
17	1	(3)	(2)	(1)	
18	1 (1)	(2)	1		
19			(1)		
	Pohjapinta-ala, m ² /ha – Basal area, sq.m. per ha.				
	– 20.0	20.1–30.0	30.1–40.0	40.1+	
	Koealojen lukumäärä, kpl – Number of sample plots				
10	1	2			
11	1	2 (1)			
12	2	6			
13	2	4 (5)			
14		4 (3)	1 (3)		
15	2	7	(2)		
16		5	2 (2)		
17		1	(5)	(1)	
18		1	1 (2)	(1)	
19			(1)		

pinta-alan avulla ilmaistuihin tiheysluokkiin valtapiuuden funktiona. Taulukosta nähdään, että aineisto käsittää laajan tiheysvaihtelun, nykyisin suositeltavina pidetyistä aina äärimmäisiin ylitiheyksiin asti.

Tutkituilla koealoilla suoritettiin puidenluku ja mitattiin 20 pituushavaintoa metsikköä kohden. Koeapuista tehtiin myös latvusta koskevia mittauksia.

Jokaisessa tutkimuskohteessa suoritettiin kolme koeleimausta. Lievimmän koeleimauksen jälkeen jäi kaikissa tapauksissa 1800 runkoa

hehtaarille. Seuraavassa vaiheessa voimistettiin tätä lievintä leimausta niin, että jäljelle jäi 1400 kpl/ha. Voimakkain leimaus johti asentoon 1000 kpl/ha.

Harvennuskertymiä koskevat koealakohtaiset laskelmat suoritettiin ATK-menetelmin. Näistä peruslaskelmista johdettiin regressioanalyttisin menetelmin ennusteyhtälöt vaihtelevan voimakkaissa ensiharvennuksissa saataville runko- ja käyttöpuun kertymille. Poistettavien puiden keskikoon ja hukkapuun osuuden arvioimista varten laskettiin omat yhtälönsä.

TUTKIMUSTULOKSET

Tutkimuksen päätulokset koostuvat yhtälöistä, joiden avulla voidaan arvioida harvennuskertymän määrä, poistettavien puiden keskikoko sekä hukkapuun osuus.

Yhtälöt soveltuvat käytettäviksi lähinnä 10–17 m:n valtapituusvaiheessa olevissa metsiköissä. Männiköiden osalta ei ole metsikön syntytapaa koskevia rajoituksia, mutta kuusiköiden kysymyksessä ollen arvion tarkkuus on paras eteläsuomalaisissa istutusmetsiköissä.

Yhtälöissä käytetyt merkinnät

Jäljempänä esitettävissä yhtälöissä sovelletuilla merkinnöillä tarkoitetaan seuraavaa.

Selittävät muuttujat:

V = harvennuskertymä, 1/10 m³/ha k meen runkopuuta – *thinning yield, 1/10 of cu.m. stem wood incl. bark per ha.*

K = harvennuskertymä, 1/10 m³/ha käyttöpuuta – *thinning yield, 1/10 of cu.m. merchantable wood (diam. over 6 cm.) per ha.*

v = harvennuspuiden keskikoko, 1/10 l runkopuuta – *mean size of thinned trees, 1/10 of litre, stem wood*

k = harvennuspuiden keskikoko, 1/10 l käyttöpuuta – *mean size of thinned trees, 1/10 of litre, merchantable wood*

w = hukkapuun osuus runkopuun kertymästä, % – *percentage of waste wood*

Selittävät muuttujat:

G = pohjapinta-ala, 1/10 m²/ha – *basal area, 1/10 of sq.m. per ha.*

H = valtapituus, dm – *dominant height, dm.*

N = runkoluku, kpl/ha – *number of stems per ha.*

Alaviitat:

m = mänty – *pine*

n = kuusi – *spruce*

e = ennen harvennusta – *before thinning*

j = harvennuksen jälkeen – *after thinning*

Runkopuun kertymä

Runkopuulla tarkoitetaan tässä tutkimuksessa kuorellista kuutiomäärää kaatoleikkauksesta latvan huippuun. Näin määritetylle harvennuskertymälle on johdettu seuraavat kuusi yhtälöä, joissa valtapituuden lisäksi on selittävänä muuttujana joko pohjapinta-ala tai runkoluku hehtaaria kohden.

Männiköitä varten tarkoitettuja ovat seuraavat yhtälöt.

$$V_m = 0,040 (G_e - G_j) \cdot H \quad (1)$$

$$V_m = 163,81 \frac{N_e}{N_j} \quad R = 0,979 \quad (2)$$

$$R = 0,636$$

$$V_m = 2,272 (G_e - G_j) + 0,018267 (G_e - G_j) \cdot H + 0,006626 (G_e - G_j)^2 \quad (3)$$

$$R = 0,990$$

Yhtälöt 1 ja 2 ovat tarkoitettut maastossa tapahtuvaa nopeaa, likimääräistä arviointitoimitusta varten. Tällöin arvioidaan aluksi puuston pohjapinta-ala relaskoopilla tai runkoluku ympyräkoealaa tai -aloja käyttäen. Saatua tulosta verrataan käytettävissä oleviin harvennuskertymäläisiin tai muuhun vastaavaan ohjelukuun, jolloin saadaan poistettava pohjapinta-ala tai runkoluku harvennuksen jälkeen. Yhtälön 1

soveltamiseen tarvitaan lisäksi silmävaraisesti tai mitaten saatu valtapituusarvio.

Tarkin kertymäarvio saadaan yhtälöllä 3. Yhtälön soveltamiseen tarvitaan poistettavan pohjapinta-alan ja valtapituuden tunteminen. Yhtälö on kuitenkin käytännön sovellutusta ajatellen liian monimutkainen. Siksi on taulukossa 2 esitetty yhtälöä käyttäen saadut, keskimääräisiksi luonnehdittavat arvot.

Taulukko 2. Runkopuun kertymä (V_m) männiköissä.
 Table 2. Thinning yield of stem wood (V_m) in pine stands.

Metsikön valtapituus, m <i>Dominant height, m.</i>	Poistuma, m ² /ha – Removal, sq. m. per ha.					
	2	4	6	8	10	12
	Harvennuskertymä, m ³ /ha – Thinning yield, cu. m. per ha.					
10	8	17	27	37		
11	9	18	28	38	49	
12	9	19	29	40	51	
13	10	20	30	41	53	
14		20	31	43	55	67
15			32	44	57	70
16			34	46	59	72

Kuusikoiden vastaavat yhtälöt ovat seuraavat.

$$V_n = 0,037 (G_e - G_j) \cdot H \quad R = 0,979 \quad (4)$$

$$V_n = 908,14 \frac{N_e - N_j}{N_e} \quad R = 0,736 \quad (5)$$

$$V_n = 0,0292 (G_e - G_j) \cdot H - 0,0098 (G_e - G_j)^2 + 6,27 \frac{(G_e - G_j)^2}{G_e} \quad R = 0,988 \quad (6)$$

Yhtälöt 4 ja 5 ovat kenttäkäyttöön tarkoitettuja. Ne ovat tästä syystä yksinkertaisia ja antavat epätarkemman tuloksen kuin yhtälö 6. Yhtälön 6 käyttö on suositeltava kaikissa vähänkin vaativammassa sovellutuksissa. Taulukko 3 esittää yhtälöllä 6 lasketuista kertymä-arvioista supistelmaa.

On korostettava, että yhtälöt soveltuvat lähinnä istutuskuusikon ensiharvennuspoistuman arviointiin. Luontaisesti syntyneissä kuusikoissa ne todennäköisesti useimmiten liioittelevat kertyvää puumäärää.

Taulukko 3. Runkopuun kertymä (V_n) istutuskuusikoissa.
 Table 3. Thinning yield of stem wood (V_n) in spruce plantations.

Metsikön valtapituus, m <i>Dominant height, m.</i>	Poistuma, m ² /ha – Removal, sq. m. per ha.					
	2	4	6	8	10	12
	Harvennuskertymä, m ³ /ha – Thinning yield, cu. m. per ha.					
10	7	15	24	35		
11	7	16	26	37	50	
12	8	17	27	39	52	
13	8	18	29	41	54	
14		19	30	43	56	72
15			32	45	59	75
16			34	47	62	78

Käyttöpuun kertymä

Käyttöpuulla tarkoitetaan tässä tutkimuksessa sitä osaa kuorellisesta runkopuusta, jonka paksuus on suurempi kuin 6 cm kuoren alta.

$$K_m = 0,028 (G_e - G_j) \cdot H \quad (7)$$

$$R = 0,926$$

$$K_m = 115,62 \frac{N_e}{N_j} \quad (8)$$

$$R = 0,570$$

$$K_m = 0,0217 (G_e - G_j) \cdot H + 0,0087 (G_e - G_j)^2 \quad (9)$$

$$R = 0,936$$

Taulukko 4 esittää yhtälöllä 9 lasketuista kertymäärvioista ne, jotka keskimääräisinä näyttäisivät olevan käytännössä sovellutuskelpoisia.

$$K_n = 0,029 (G_e - G_j) \cdot H \quad (10)$$

$$R = 0,962$$

$$K_n = 738,31 \frac{N_e - N_j}{N_e} \quad (11)$$

$$R = 0,695$$

$$K_n = 0,0212 (G_e - G_j) \cdot H + 3,654 \frac{(G_e - G_j)^2}{G_e} \quad (12)$$

$$R = 0,974$$

Kuusikoissa käyttöpuun kertymä voidaan arvioida jollakin seuraavista kolmesta yhtälöstä.

Taulukko 5 on supistelma yhtälöllä 12 lasketuista kertymäärvioista. Se soveltuu lähinnä istutuskuusikoissa käytettäväksi.

Taulukko 4. Käyttöpuun kertymä (K_m) männiköissä.

Table 4. Thinning yield of merchantable wood (K_m) in pine stands.

Metsikön valtapituus, m Dominant height, m.	Poistuma, m ² /ha – Removal, sq. m. per ha.					
	2	4	6	8	10	12
Harvennuskertymä, m ³ /ha – Thinning yield, cu. m. per ha.						
10	5	10	16	23		
11	5	11	17	25	33	
12	6	12	19	26	35	
13	6	13	20	28	37	
14		14	21	30	39	49
15			23	32	41	52
16			24	33	43	54

Taulukko 5. Käyttöpuun kertymä (K_n) istutuskuusikoissa.

Table 5. Thinning yield of merchantable wood (K_n) in spruce plantations.

Metsikön valtapituus, m <i>Dominant height, m.</i>	Poistuma, m ² /ha – <i>Removal, sq.m. per ha.</i>					
	2	4	6	8	10	12
	Harvennuskertymä, m ³ /ha – <i>Thinning yield, cu.m. per ha.</i>					
10	5	11	19	28		
11	5	12	20	29	39	
12	6	13	21	31	41	
13	6	13	22	32	43	
14		14	23	33	45	57
15			24	35	46	59
16			26	36	49	62

Harvennuspuiden keskikoko

Harvennuksessa poistettavien puiden keskikoko tarkoittaa runkoluvulla punnittua, arit-

meettistä keskiarvoa. *Männikköyhtälöt* ovat seuraavat.

$$v_m = 18,17 \sqrt{G_e - G_j} + 0,005277 H^2 \quad (13)$$

$$R = 0,536$$

$$k_m = -59,58 + 23,813 \sqrt{G_e - G_j} + 0,006719 H^2 \quad (14)$$

$$R = 0,655$$

Yhtälöiden selitysaste on suuren vaihtelun vuoksi heikohko. Yhtälöllä 13 saadaan taulukossa 6 ja yhtälöllä 14 taulukossa 7 esitetyt arvot.

Vastaavat *kuusikköyhtälöt* ovat seuraavat.

$$v_n = 36,165 \sqrt{G_e - G_j} \quad (15)$$

$$R = 0,646$$

$$k_n = 40,551 \sqrt{G_e - G_j} \quad (16)$$

$$R = 0,679$$

Yhtälöiden avulla saadaan seuraavassa asetelmassa esitetyt luvut:

	Poistuma, m ² /ha – <i>Removal, sq.m. per ha.</i>					
	2	4	6	8	10	12
	Keskikoko, l – <i>Mean size, litres</i>					
Runkopuuta – <i>Stem wood</i>	16	23	28	32	36	40
Käyttöpuuta – <i>Merchantable wood</i>	18	26	31	36	41	44

Taulukko 6. Harvennuspuiden keskikoko runkopuuna (v_m) männiköissä.
 Table 6. Mean size (v_m) of the thinned trees in pine stands.

Valtapiuus, m Dominant height, m.	Poistuma, m ² /ha – Removal, sq.m. per ha.					
	2	4	6	8	10	12
Keskikoko, l – Mean size, litres						
10	13	17	19	22		
11	15	18	20	23	25	
12	16	19	22	24	26	
13	17	20	23	25	27	
14		22	24	27	29	30
15			26	28	30	32
16			28	30	32	33

Koska yhtälöissä esiintyy selittävänä muuttujana vain harvennuksessa poistettava pohjapinta-ala, voi yhtälö yksistään tästä syystä antaa tietyissä tapauksissa huomattavan virheellisiä tuloksia. Ei ole myöskään varmuutta siitä, että esitettyt luvut olisivat maan metsien keskiarvoja. Tutkitut metsiköt voivat olla keskimäärää tiheämpiä, ja tiheys vaikuttaa tunnetusti juuri järeyskehitykseen.

Hukkapuun osuus

Hukkapuun osuus ilmaistaan seuraavassa runkopuun ja käyttöpuun erotuksen suhteellisenä osuutena runkopuun määrästä. Ennusteyhtälöt ovat seuraavat.

$$w_m = 98,181 + 0,6731 (G_e - G_j) - 13,844 \sqrt{G_e - G_j} \quad R = 0,665 \quad (17)$$

$$w_n = 94,55 + 0,5698 (G_e - G_j) - 13,447 \sqrt{G_e - G_j} \quad R = 0,732 \quad (18)$$

Taulukko 7. Harvennettujen käyttörunkojen keskikoko (k_m) männiköissä.
 Table 7. Mean size (k_m) of the thinned merchantable trees in pine stands.

Valtapiuus, m Dominant height, m.	Poistuma, m ² /ha – Removal, sq.m. per ha.					
	2	4	6	8	10	12
Keskikoko, l – Mean size, litres						
10	18	19	20	22		
11	19	20	21	23	26	
12	20	21	23	24	27	
13	21	22	24	25	28	
14		23	25	27	29	32
15			26	28	30	33
16			27	28	31	34

Yhtälöt ovat suurpiirteisiä, koska niissä esiintyy selittävänä muuttujana vain harvennuksessa poistettava pohjapinta-ala. Yhtälöiden selityksaste on yleisestikin ottaen heikohko, mikä johtuu suuresta luontaisesta vaihtelusta.

Seuraava asetelma osoittaa yhtälöillä lasketut hukkapuun osuuden arvot käytännössä kysymykseen tulevissa tapauksissa.

	Poistuma, m ² /ha — Removal, sq. m. per ha.					
	2	4	6	8	10	12
	Hukkapuu-% — Percentage of waste wood					
Mänty — Pine	50	38	31	28	27	27
Kuusi — Spruce	46	32	25	20	17	16

Puulajien väliset erot johtuvat lähinnä siitä, että kuusikot ovat pääasiassa istutettuja, kun taas männiköissä on runsaasti ylitieheitä luontaisesti syntyneitä metsiköitä.

Asetelma on jossain määrin ristiriidassa niiden lukujen kanssa, joita voidaan laskea edellä

esitetystä taulukoista. Erot johtuvat osaksi siitä, että taulukoissa on suoritettu pyörityksiä täysille kuutiometreille, osaksi siitä, että kysymys on kahdella eri menetelmällä saaduista luvuista.

TULOSTEN TARKASTELUA

Kuten käytännössä on jouduttu toistuvasti toteamaan, ensiharvennuksessa saatava kertymä on yleensä pieni. Jos voimassa olevia harvennuskasvatustapa-alueja noudatetaan, voidaan 12–13 m:n valtapituusvaiheessa olevassa männikössä poistaa keskimääräisillä kasvupaikoilla tavallisesti 6 m²/ha pohjapinta-alaa, keskimääräistä paremmilla mahdollisesti 8 m²/ha. Tämän tutkimuksen tulosten mukaan kertyy tällaisessa harvennuksessa 30–40 m³/ha runkopuuta, mistä saadaan 20–30 m³/ha yli 6 cm:n käyttöpuuta.

Keskimääräistä heikoimmilla kasvupaikoilla kertymä jää edellä esitettyjä määriä selvästi pienemmäksi. Erityisen vähäiseksi kertymä muodostuu kanervatyypin ylitieheissä, hoitamattomissa mäntynuoreikoissa. Poistettava pohjapinta-ala on niissä vähäinen ja hukkapuun osuus suuri. Kertymä jääneekin niissä yleisesti vain puoleen edellä esitettyistä luvuista. Ensiharvennusta ajatellen lienevätkin juuri heikoimmat kasvupaikat niitä, joilla taimiston käsittelyllä on saavutettavissa suurimmat korjuukustannusten säästöt.

Kannattavan koneellisen puunkorjuun alarajana on usein esitetty 30 m³:n harvennuskertymää hehtaaria kohden. Jos tällä tarkoitetaan runkopuun kertymää, välittömästi kannat-

tava harvennus on mahdollista saavuttaa pääosassa nuoria männiköitä keskimääräisillä tai sitä paremmilla kasvupaikoilla. Jos sitä vastoin mainittu tavoite tarkoittaa käyttöpuuta, 30 m³:n kertymä jää männiköissä yleensä saavuttamatta.

Istutuskuusikoissa, jotka sijaitsevat hyvillä kasvupaikoilla ja joissa ensiharvennus voidaan lykätä 14–15 m:n valtapituusvaiheeseen, pohjapinta-alan poistuma on 8–10 m²/ha. Runkopuun kertymä vaihtelee tällöin rajoissa 40–60 m³/ha ja käyttöpuun kertymä 35–45 m³/ha. Äärimmäistapauksissa, erittäin hyvillä kasvupaikoilla, voi runkopuuta kertyä jopa 70–75 m³/ha, josta tulee lähes 60 m³/ha käyttöpuuta.

Istutuskuusikoissa ei ensiharvennuksen puunkorjuuongelmaa itse asiassa ole olemassa, sillä kertymä täyttää lähes poikkeuksetta kannattavalle koneelliselle harvennukselle asetettavat vaatimukset. Tämä johtuu suotuisasta kasvatus-tilanteesta ja sen kautta tapahtuvasta järeysuhteiden nopeasta kehittymisestä. Sitä suurempi on puunkorjuun kustannusongelma luontaisesti syntyneissä nuorissa kuusikoissa, jotka ovat saaneet kehittyä joko täysin luonnontilaisina tai jotka on käsitelty liian lievästi aikaisemmassa hoitovaiheessa.

Poistettavien puiden keskikoko on nykyisissä nuorissa metsiköissä erittäin pieni, parhaassakin tapauksessa tämän aineiston mukaan vain 40 l. Tällöin on kuitenkin muistettava, että aineistoon sisältyneet metsiköt saattavat olla keskimäärää tiheämpiä; tiheyden vaikutus tulee taas selvimmin esiin juuri harvennuspuiden keski-koossa. Niinpä aineistoon sisältyvissä kuusikoissa on runkoluku pääosin yli 3000 kpl/ha. Jos runkoluku on tätä merkittävästi pienempi, esim. 2000 kpl/ha, poistettavien puiden keskikoko on vastaavasti suurempi. Kestokokeissa tehdyt havainnot osoittavat, että esim. istutuskuusikossa voi harvennuspuiden keskikoko olla 14–15 m:n valtapituusvaiheessa 50–60 l.

On ilmeistä, että juuri riittävän voimakkaalla taimiston alkutiheyden säätelyllä voidaan vaikuttaa enimmäen puunkorjuun kustannuksiin nuoreikon harvennuksessa. Jos taimiston hoidossa on menetelty oikein, kaikki tuotetut puut täyttävät ensiharvennuksessa käyttöpuun minimivaatimukset, ja poistettavien puiden keskikoko on huomattavasti suurempi kuin

taimistovaiheessa ilman hoitoa jääneessä metsikössä.

Taimiston hoidolla voidaan kuitenkin vaikuttaa vasta vuosikymmenien kuluttua tapahtuviin nuoren metsän harvennuksiin. Nykyisissä nuorissa metsiköissä on harvennuksen asennoiduttava nimenomaan hoitotoimenpiteenä, jonka ei tarvitse välttämättä olla välittömästi kannattava. Toimenpiteen kannattavuus tulee näkyviin vasta ajan mittaan jäljelle jääneen puuston parantuneen järeyskehityksen muodossa. Tutkimukset ovat osoittaneet (esim. VUOKILA 1975)¹⁾, että nuoren metsän harvennuksella on erittäin myönteinen vaikutus puuston kehitykseen, niin myönteinen, että se korvaa moninkertaisesti korkeatkin puunkorjuukustannukset. Vähäpätöinen ei ole puupulan aikana sekään näkökohta, että harvennuspuu tulee nykytilanteessa, vaikkapa korkein korjuukustannuksin, teollisuuden ja kansantalouden käyttöön.

¹⁾ Katso kirj. viittaus s. 4.

- No 215 Pertti Harstela ja Sauli Takalo: Kokeita oksaraaka-aineen kuorauksesta ja kuljetuksesta.
Experiments on loading and transportation of branch raw material. 1,50
- No 216 Gunnar Wilhelmson: Puutavaran käsittely. 7,—
- No 217 Pentti Rikkonen: Koivuvaneritukkien kuutiointi. 1,50.
Calculation of the volume of birch veneer logs.
- No 218 Pentti Nisula: Makroilmaston vaikutus varastoidun pinotavaran painoon.
Effect of macroclimate on the weight of stored cordwood. 2,50
- No 219 Terho Huttunen: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase vuosina 1972—74.
Wood consumption, total drain and forest balance in Finland in 1972—74. 6,—
- No 220 Pentti Nisula: Eräs herbisidien levityslaite.
An apparatus for the application of herbisides. 2,50
- 1975 No 221 Simo Penttilä ja Jouko Hämäläinen: Päiväänsio ja työn tuotos urakkapalkkaisessa istutustyössä 1972.
Daily earnings and work output in piece rate planting in Finland 1972. 4,—
- No 222 Veli-Pekka Jarveläinen: Yksityismetsänomistajien metsätaloudellinen käyttäytyminen.
Forestry behaviour of private forest owners in Finland. 20,—
- No 223 Jan Heino: Finlands stadsägda skogar betraktade speciellt ur friluftssynvinkel. 5,—
- No 224 Pentti Hakkila: Kanto- ja juuripuun kuoriprosentti, puuaineen tiheys ja asetoniutteitten määrä.
Bark percentage, basic density, and amount of acetone extractives in stump and root wood. 1,50
- No 225 Metsätalastollinen vuosikirja 1973.
Yearbook of forest statistics 1973.
- No 226 Bo Långström: Eräiden insektisidien testaus tukkimiehentäin, *Hylobius abietis* L. (Col., Curculionidae), tuhojen torjumiseksi.
Testing of some insecticides for the control of damages caused by the large pine weevil, *Hylobius abietis* L. (Col., Curculionidae). 1,50
- No 227 Veijo Heiskanen: Kuitupuun latvaläpimitaan perustuva työmittausten menetelmä ("pölkky-menetelmä").
A wage-payment measuring method based on pulpwood top diameter (Bolt method). 4,—
- No 228 Pentti Nisula: Liikkuva sadetuslaitteisto.
Revolving Sprinkler. 3,—
- No 229 Veijo Heiskanen ja Pentti Rikkonen: Sahatukkien todellisen kiintomitan määrittämismenetelmät.
Methods for the measurement of softwood sawlogs. 3,—
- No 230 Aulikki Kauppila ja Erkki Lähde: Koetuloksia maan käsittelyn vaikutuksesta metsämaan ominaisuuksiin Pohjois-Suomessa.
On the effects of soil treatments on forest soil properties in North-Finland. 3,—
- No 231 Olli Uusvaara ja Kari Löyttyniemi: Tikaskuoriaisen (*Trypodendron lineatum* Oliv., Col., Scolytidae) aiheuttaman vioituksen vaikutus sahatavaran laatuun ja arvoon.
Effect of injury caused by the ambrosia beetle (*Trypodendron lineatum* Oliv., Col., Scolytidae) on sawn timber quality and value. 1,50
- No 232 Seppo Ervasti ja Kullervo Kuusela: Suomen metsätase vuosina 1965—72 ja metsäteollisuuden raaka-ainenäköymät vuoteen 2000.
Forest balance of Finland in 1965—72 and the prospects of industrial wood until 2000. 1,50
- No 233 Jouko Laasasenaho: Runkopuun saannon riippuvuus kannon korkeudesta ja latvan katkaisuläpimitasta.
Dependence of the amount of harvestable timber upon the stump height and the top-logging diameter. 2,—
- No 234 Olli Uusvaara ja Veijo Heiskanen: Sahanhakkeen valmistus, käsittely, mittaus ja laadunmääritys Suomessa.
Preparation, handling, measurement and quality determination of sawmill chips in Finland. 3,—
- No 235 Seppo Kaunisto: Jyrsintämuokkaus ja lannoitus männyn ja kuusen kylvön yhteydessä turvemaalla.
Rotavation and fertilization in connection with direct seeding of Scots pine and Norway spruce on peat greenhouse experiments 1,50
- No 236 Veijo Heiskanen ja Juhani Salmi: Kuitupuupinon kiintotilavuuden määrittämisestä koskevia tutkimuksia. Mutkainen lehtikuitupuu, järeeä kuitupuu sekä likipituinen havukuitupuu.
Studies on the determination of the solid volume of a pulpwood pile. Crooked broadleaved pulpwood, large-sized pulpwood and coniferous pulpwood of approximate length. 3,—
- No 237 Markku Mäkelä: Oksaraaka-aineen kasaus ja kuljetus.
Bunching and transportation of branch raw material 2,—
- No 238 Mirja Ruokonen: Lehtien kautta annetun fenoksiherbisidin käyttäytyminen kasvissa. Kirjallisuuteen perustuva tarkastelu.

- The behaviour of leaf-applied phenoxy-herbicides in plants. A study based on literature. 2,50
- No 239 Eero Paavilainen: Koetuloksia lannoituksen vaikutuksesta korpikuusikossa. On the response to fertilizer application of Norway spruce growing on peat. 1,—
- No 240 Pentti Hakkila, Hannu Kalaja ja Markku Mäkelä: Kokopuunkäyttö pienpuuongelman ratkaisuna. Full-tree utilization as a solution to the problem of small-sized trees. 8,—
- No 241 Victor Ipatiev & Eero Paavilainen: Lannoituksen vaikutuksen kesto aika vanhassa tupasvillarämeen männikössä. Duration of the effect of fertilization in an old pine stand on a cottongrass pine swamp. 1,50.
- No 242 Pertti Harstela: Työn tuotos ja työntekijän kuormittuminen vyöhykekasausmenetelmää käytettäessä. The effect of bunching into zones on productivity and strain of the worker cutting pulpwood. 2,—
- No 243 Paavo Valonen: Tekomiehen fyysinen kuormitus kehittyneissä työvaltaisissa kuitupuun tekomenetelmissä. The physical strain on the logger in advanced labour intensive pulpwood preparation methods. 4,—
- No 244 Eero Lehtonen: Kourakuormauksen oppiminen. Learning of grapple loading. 4,—
- No 245 Pentti Nisula: Kantoloukku. Stump Crusher. 3,—
- No 246 Hans G. Gustavsen ja Erkki Lipas: Lannoituksella saatavan kasvunlisäyksen riippuvuus annetusta typpimäärästä. Effect of nitrogen dosage on fertilizer response. 2,—
- No 247 Yrjö Vuokila: Nuoren istutuskusikon harvennus puuntuotannollisena ongelmana. Thinning of young spruce plantations as a problem of timber production. 2,50
- No 248 Timo Kurkela ja Yrjö Norokorpi: Kuusen lumikaristesien (*Lophophacidium hyperboreum* Lagerb.) esiintyminen Suomessa. Occurrence of spruce snow blight fungus, *Lophophacidium hyperboreum* Lagerb. in Finland. 1,—.
- No 249 Pentti Hakkila ja Markku Mäkelä: Pallarin vesakkoharvesteri. Pallari Bushharvester 2,—
- 1976 No 250 Veijo Heiskanen ja Pentti Rikkonen: Havusahatukien kuoren määrä ja siihen vaikuttavat tekijät. Bark amount in coniferous sawlogs and factors affecting it. 7,—
- No 251 Veijo Heiskanen: Havusahatukkeja koskevia arvolaskelmia vuosina 1974—1975. Value calculations for softwood sawlogs in 1974—1975. 7,—.
- No 252 Jyrki Raulo ja Eino Mälkönen: Koivun luontainen uudistuminen muokatulla kangasmaalla. Natural regeneration of birch (*Betula verrucosa* Ehrh. and *B. pubescens* Ehrh.) on tilled mineral soil. 1,50
- No 253 S.-E. Appelroth: Työntutkimus Lamu-kylvökoneesta. Work Study of the Lamu Seeding Machine. 2,50
- No 254 Matti Kärkkäinen: Havutukien kiintomittausmenetelmän seurantajärjestelmä. A control method for the measurement of pine and spruce logs. 2,—
- No 256 Pentti Hakkila, Hannu Kalaja ja Yrjö Schildt: Bobcat M-721 kaatokasauskone männikön ensiharvennuksessa. Bobcat M-721 feller-buncher in early thinning of Scots pine. 2,—.
- No 257 Pirkko Velling: Mänty- ja kuusiprovenienssien puuaineen tiheyden vaihtelusta. The wood basic density variation of pine and spruce provenances. 4,—
- No 258 Nisula Pentti: Muovihuoneen sadetuskone. A sprinkler for a plastic greenhouse. 1,50
- No 259 Matti Uusitalo: Puun kasvatuksen kulut vuosina 1972 ja 1973. Costs of timber production in Finland in 1972 and 1973. 5,—.
- No 260 Harstela Pertti: Työn tuotos ja työntekijän kuormittuminen tehtäessä kuitupuuta liukupuomikuormausta varten. Work output and the worker's strain in cutting pulpwood for slide-boom loading. 2,50
- No 261 Eero Lehtonen: Pienpuun kaato moottori- ja raivaussahoihin perustuvilla laitteilla. Felling of small-size trees with felling devices based the chain saw and clearing saw. 3,—
- No 264 Yrjö Vuokila: Ensiharvennuskertymä. Yield from the first thinning. 1,50