

ODC
181.3
114.52

FOLIA FORESTALIA 157

METSÄNTUTKIMUSLAITOS • INSTITUTUM FORESTALE FENNIAE • HELSINKI 1972

EINO MÄLKÖNEN

HAKKUUTÄHTEIDEN TALTEENOTON
VAIKUTUS MÄNNIKÖN RAVINNEVAROIHIN

EFFECT OF HARVESTING LOGGING
RESIDUES ON THE NUTRIENT STATUS
OF SCOTCH PINE STANDS

- N:ot 1—18 on lueteltu Folia Forestalia-sarjan julkaisuissa 1—41.
 Nos. 1—18 are listed in publications 1—41 of the Folia Forestalia series.
- N:ot 19—55 on lueteltu Folia Forestalia-sarjan julkaisuissa 19—96.
 Nos. 19—55 are listed in publications 19—96 of the Folia Forestalia series.
- N:ot 56—98 on lueteltu Folia Forestalia-sarjan julkaisuissa 56—133.
 Nos. 56—98 are listed in publications 56—133 of the Folia Forestalia series.
- 1971 No 100 Esko Leinonen ja Kalevi Pullinen: Tilavuuspaino-otanta kuitupuun mittauksessa. Gallingsmallar för icke planterade tall- och granbestånd i Finland. Thinning models for natural pine and spruce stands in Finland. 2,—
- No 100 Esko Leinonen — Kalevi Pullinen: Tilavuuspaino-otanta kuitupuun mittauksessa. Green density sampling in pulpwood scaling. 2,—
- No 101 IUFRO, Section 31, Working Group 4: Forecasting in forestry and timber economy. 5,—
- No 102 Sulo Väänänen: Yksityismetsien kantohinnat hakkuuvuonna 1969/70. Stumpage prices in private forests during cutting season 1969/70. 1,—
- No 103 Matti Ahonen: Tutkimuksia kanto- ja juuripuun korjuusta I. Kokeilu puiden kaatamisesta juurakkoineen. Studies on the harvesting of stumps and roots in Finland I. Experiment with the felling of trees with their rootstock. 2,—
- No 104 Ole Oskarsson: Plusmetsiköiden valintaero ja jalostusvoiton ennuste. Selection differential and the estimation of genetic gain in plus stands. 1,50
- No 105 Pertti Harstela: Työjärjestyksen vaikutus tynkäkarsitun ja likipituisen kuusikuitupuun teossa. The effect of the sequence of work on the preparation of approximately 3-m, rough-limbed spruce pulpwood. 2,50
- No 106 Hannu Vehviläinen: Metsätyömiesten moottorisahakustannukset 1969—1970. Power-saw costs of forest workers in 1969—1970 3,—
- No 107 Olli Uusvaara: Vaneritehtaan jätetuusta valmistetun hakkeen ominaisuuksista. On the properties of chips prepared from plywood plant waste. 2,50
- No 108 Pentti Hakkila: Puutavaran vaurioitumisesta leikkuuterää korjuutyössä käytettäessä. On the wood damage caused by shear blade in logging work. 2,—
- No 109 Metsänviljelykustannusten toimikunnan mietintö. Report of the committee on the costs of forest planting and seeding. 9,—
- No 110 Kullervo Kuusela ja Alli Salovaara: Kainuun, Pohjois-Pohjanmaan, Koillis-Suomen ja Lapin metsävarat vuosina 1969—70. Forest resources in the Forestry Board Districts of Kainuu, Pohjois-Pohjanmaa, Koillis-Suomi and Lappi in 1969—70 5,50
- No 111 Kauko Aho ja Klaus Rantapuu: Metsätraktorien veto- ja nousukyvyistä rinteessä. On slope-elevation performance for forest tractors. 2,—
- No 112 Erkki Ahti: Maaveden jännityksen mittaamisesta tensiometrillä. Use of tensiometer in measuring soil water tension. 1,—
- No 113 Olavi Huikari — Eero Paavilainen: Metsänparannustyöt ja luonnon moninaiskäyttö. Forest improvement works and multiple use of nature. 2,—
- No 114 Jouko Virta: Yksityismetsänomistajien puunmyyntialttius Länsi-Suomessa vuonna 1970. Timbers-sales propensity of private forest owners in western Finland in 1970. 6,—
- No 115 Veijo Heiskanen ja Pentti Rikkonen: Tukkien todellisen kiintomitan mittaamisessa käytettävät muunto- ja kuutioimisluvut. Sahatukkien mittaus- ja hinnoittelututkimukseen 1970 perustuvat taulukot. 1,—
- No 116 Veijo Heiskanen: Tyvitukkien ja muiden tukkien koesahauksia Pohjois-Suomessa. Test sawings of butt logs and top logs in Northern Finland. 2,50
- No 117 Paavo Tiihonen: Suomen pohjoispuoliskon mäntytukkipuusto v. 1969—70. Das Kiefernstarkholz der nördlichen Landeshälfte Finnlands i.J. 1969—70. 2,—
- No 118 Pertti Harstela: Moottorisahan värinän vaikutuksesta työntekijän käsiin. On the effect of motor saw vibration on the hands of forest worker. 1,50
- No 119 Lorenzo Runeberg: Plastics as a raw-material base for the paper industry in Finland. Muovit paperiteollisuuden raaka-aineena Suomessa. 2,50
- No 120 Esko Salo ja Risto Seppälä: Kiinteistöjen polttoraakapuun käytön väli-inventointi vuosina 1969/70. Fuelwood consumption on farms and in buildings, intermediate inventory, 1969/70. 3,—
- No 121 Heikki J. Kunnas: Forestry in national accounts. Metsätalouden kansantulo-osuuden laskenta. 2,—
- No 122 Pentti Kuokkanen: Metsänviljelytaimien kasvatuskustannukset vuosina 1969 ja 1972. Costs of growing forest-tree seedlings in nurseries in 1969 and 1972. 2,50
- No 123 Juhani Numminen: Puulevyjen käyttö Uudenmaan talousalueella v. 1967 valmistuneissa rakennuksissa. The use of wood-based panels in buildings completed in 1967 in the Uusimaa Economic Region. 2,50
- No 124 Markku Simula: An econometric model of the sales of printing and writing paper. 3,—
- No 125 Risto Seppälä: Simulation of timber-harvesting systems. Puun korjuuketjujen simulointi. 4,—

Metsäntutkimuslaitos. Institutum Forestale Fenniae. Helsinki 1972

Eino Mälkönen

HAKKUUTÄHTEIDEN TALTEENOTON VAIKUTUS MÄNNIKÖN
RAVINNEVAROIHIN

Effect of harvesting logging residues on the nutrient status of Scotch pine stands

NSR*^{*}n alaisen yhteispohjoismaisen hakkuutähdeprojektin osatutkimus

A sub-project of the joint Nordic NSR*^{*}-program for the utilization
of logging residues

ALKUSANAT

Tämä työ kuuluu hakkuutähteiden hyväksikäyttöä selvittävään yhteispohjoismaiseen tutkimusprojektiin. Vaikka projektissa tarkastellaan hakkuutähteitä ensisijaisesti raaka-aineena, pyritään sen puitteissa selvittämään myös hakkuutähteiden talteenottoon liittyviä seurannaisvaikutuksia. Tämä puunkorjuumenetelmän vaikutusta männikön ravinnevaroihin käsittelevä erillistutkimus perustuu metsäntutkimuslaitoksen maantutkimusosastolla kerättyyn ravinteiden kiertokulkua metsikössä selvittävään aineistoon.

Työn eri vaiheissa prof. P.J. VIRO ja prof. PENTTI HAKKILA ovat antaneet arvokkaita ohjeita, ja he ovat myös tarkastaneet käsikirjoituksen. Esitän heille parhaat kiitokseni saamastani avusta. Kiitän myös Suomen Metsätieteellistä Seuraa ja Valtion maatalous-metsätieteellistä toimikuntaa työhön myönnettyistä apurahoista. Tutkimusta ei kuitenkaan olisi voinut toteuttaa ilman useiden henkilöiden apua. Erityisesti haluan kiittää metsäntutkimuslaitoksen maantutkimusosastolla ravinteiden analysointiin osallistuneita henkilöitä.

Helsingissä, kesäkuussa 1972

Eino Mälkönen

*Nordiska Skogsarbetsstudiernas Råd

SISÄLLYSLUETTELO

	sivu
ALKUSANAT	1
SISÄLLYSLUETTELO	2
SUMMARY	3
1. JOHDANTO	4
2. MENETELMÄT JA AINEISTO	4
3. HAKKUUTÄHTEIDEN KUIVA-AINEEN MÄÄRÄ	7
31. Oksat	7
311. Oksapuu	7
312. Neulaset	8
32. Kannot ja juuret	8
4. HAKKUUTÄHTEIDEN SISÄLTÄMÄT RAVINTEET	10
41. Oksat	10
411. Oksapuu	10
412. Neulaset	11
42. Kannot ja juuret	11
5. PUUNKORJUUSSA METSIKÖSTÄ POISTUVAT RAVINNEMÄÄRÄT	12
6. TULOSTEN TARKASTELU	13
KIRJALLISUUSLUETTELO	14

LYHENNELUETTELO

Kasvupaikkoja koskevat lyhenteet
Abbreviations describing the sites

IR_{oj} = Isovarpuinen räme, ojikko – *Drawf-shrub pine swamp, recently drained*
MT = Mustikkatyyppe – *Myrtillus type*
VT = Puolukkatyyppe – *Vaccinium type*

Puun tunnuksia koskevat lyhenteet
Abbreviations describing tree characteristics

d = Läpimitta rinnankorkeudelta, cm – *Diameter at breast height, cm*
d_k = Läpimitta kannonkorkeudelta, cm – *Diameter at stump height, cm*
h = Pituus, m – *Height, m*
v = Kuorellinen kuutiomäärä, m³ – *Overbark stem volume, m³*
 $\frac{\Delta h}{h}$ = Latvussuhde, % – *Crown ratio, %*

SUMMARY

When the possibilities of utilizing logging residues have been investigated, attention has been drawn to the side-effects caused by the harvesting of the slash and roots. As the technical development of harvesting methods will, in the immediate future, make it possible to collect the parts of the tree which nowadays remain in the forest as logging residues, the aim of this study was to determine the amounts of nutrients which are removed from the forests when different harvesting methods are used.

The material was collected from five pine stands. In order to find out what is the total amount of dry matter in the part of the trees above ground, 76 sample trees were randomly selected. The nutrient contents of the different parts of 59 sample trees were analysed in detail except for the stumps and roots, the dry weight and nutrient contents of which were determined on the basis of 30 sample trees.

The tree-to-tree variation in the dry weight of the parts of the tree which remains as logging residues was examined by means of stepwise regression analysis (equations 1–5). The dry weight of the slash, branches and needles was best explained by the diameter of the tree at breast height and the crown ratio.

The nutrient contents of the slash and the branches (equations 6–13) were found to depend to a certain extent on the size of the tree, because the relative proportions of needles,

branches and the unmerchantable top change to some extent according to the size of the tree.

Even though the material was collected by means of a method which in the first place gave results for single trees, it was possible in the scope of the experimental plots to make estimations of the nutrient amounts of the logging residues for whole stands (table 9). In the case of whole-tree skidding, when it was assumed that half of the slash remained in the forest, almost twice as much nitrogen and phosphorus was removed than in the traditional short-wood method. In the case of whole-tree chipping in a pine stand, up to three times as much nitrogen and phosphorus can be removed in thinning as compared to the short-wood method. On the other hand the loss of nutrients caused by harvesting the stumps and roots remains relatively insignificant.

However, the loss of nutrients caused by logging is not limited to those nutrients removed in the wood or slash, because the leaching of nutrients in soil has been found to increase after logging. In order to maintain the fertility of forest soils it is probable that the nutrients lost through harvesting will sooner or later have to be replaced by fertilizers. As a large proportion of the nutrients given as fertilizers are leached, much greater amounts of nutrients will have to be used in fertilization than those removed in the harvested wood.

1. JOHDANTO

Puupulan helpottamiseksi on metsänhoidollisten toimenpiteiden tehostamisen ohella kiinnitetty yhä enemmän huomiota hakkuutähteidän käyttömahdollisuuksiin. Hakkuutähteet muodostavat suuria mahdollisuuksia tarjoavan raaka-ainereservin, sillä Suomenkin oloissa keskimäärin 40 % kaadettavan puun kuiva-aineesta jää nykyään tähteinä metsään tai kuorintapikalle (HAKKILA 1971 a).

Hakkuutähteidän käyttömahdollisuuksia selviteltäessä on herännyt kysymys, millaisia biologisia seurannaisvaikutuksia oksien ja juurten talteenotto aiheuttaa metsäekosysteemissä. Sienien ja hyönteisten elinmahdollisuuksien muuttumisen lisäksi on erityisesti kiinnitetty huomiota ravinteiden kulkeutumiseen pois metsästä.

Pelkän runkokuun korjuu ei AALTOSEN (1940) mukaan varsinaisesti köyhdytä metsämaata, koska puuaineen sisältämä typpimäärä on erittäin pieni metsämaan typpivaroihin verrattuna ja kivennäisravinteiden on katsottu meidän oloissamme riittävän määrättömän

kauan. Toisaalta lukuisat saksalaiset tutkimukset (MAYER 1956) osoittavat, että puunkorjuun lisäksi toistuva karikkeiden keräys on suhteellisen nopeasti johtanut maan viljavuuden varsin tuntuvaan heikkenemiseen.

Hakkuun vaikutus ravinteiden kiertokulkuun metsikössä ei kuitenkaan muodostu yksinomaan haitalliseksi, vaikka puu korjattaisiin nykyistä tarkemmin. Hakkuun seurauksena maassa vilkastuvan mikrobitoiminnan ansiosta humuksesta vapautuu ravinteita kasvien käyttöön usein nopeammin kuin ennen hakkuuta (ROMELL 1957). Hakkuun vaikutus metsikön ravinteiden kiertokulkuun on siis hyvin monitahoinen, ja sen kokonaisvaikutusta on vaikea arvioida.

Tämän tutkimuksen tavoitteena on selvittää, millaisia ravinnemääriä metsästä kulkeutuu pois erilaisia puunkorjuumenetelmiä käytettäessä, koska puunkorjuumenetelmien tekninen kehittyminen tarjoaa lähiaikoina mahdollisuuksia nykyään vielä hakkuutähteenä metsään jäävien puunosien talteenottoon.

2. MENETELMÄT JA AINEISTO

Tämän tutkimuksen aineisto kerättiin viidestä eri metsiköstä, joiden sijainti ja yleistiedot ilmenevät taulukosta 1. Maan pintakerroksen ravinneanalyysin tulokset esitetään taulukossa 2. Puiden maanpäällisen osan kuiva-ainemäärän selvittämiseksi arvottiin koemetsiköistä kaikkiaan 76 koepuuta. Puun eri osien ravinnepitoisuus analysoitiin yksityiskohtaisesti 59 koepuusta lukuunottamatta kanto- ja juuripuuta, jonka kuivapaino ja ravinnepitoisuus määritettiin 30 koepuun perusteella. Koepuiden jakaantuminen läpimittaluokkiin käy ilmi seuraavasta asetelmasta.

Läpimitta cm Diameter cm	Puuston maanpäällinen osa <i>Part of trees above ground</i>		Kannot ja juuret <i>Stumps and roots</i>
	Kuiva-aine <i>Dry matter</i>	Ravinnepitoisuus <i>Nutrient content</i>	
Kocpuuta kpl — <i>Number of sample trees</i>			
—10.0	16	15	3
10.1—15.0	28	20	15
15.1—20.0	17	12	8
20.1—25.0	8	5	4
25.1—	7	7	0

Taulukko 1. Koemetsiköiden sijainti ja yleistiedot.
 Table 1. The location and principal data of experimental stands.

Kocala Sample plot	Sijainti Location	Maalaji Soil type	Metsä- tyyppi Site type	Metsikön ikä, v. Age in years	Runkoluku, kpl/ha Number of stems per ha	Kuutio- määriä, m ³ /ha Stand volume, m ³ /ha	Kocpuita kpl Number of sample trees	Näyttet kiäty Year of sampling
1	Tammela, 60° 31' N 23° 53' E	Hietainen moreeni <i>Fine-sand moraine</i>	VT	30	2911	27.4	10	1968
2	Tammela, 60° 31' N 23° 51' E	Hietainen moreeni <i>Fine-sand moraine</i>	MT	40	1430	146.9	17	1968
3 *	Juupajoki, 61° 49' N 24° 19' E	Hieno hiekka <i>Fine sand</i>	VT	45	848	74.1	20	1969
4	Vilppula, 62° 01' N 24° 49' E	Hieno hiekka <i>Fine sand</i>	VT	70	492	207.5	9	1961
5	Orivesi, 61° 48' N 24° 17' E	Turve <i>Peat</i>	IR _{oj}	75	853	53.6	20	1966

* IBP kocala (Leikola-Lähdeoja-Mälkönen)

Taulukko 2. Vaihtuvan kalsiumin ja kaliumin, helppoliukoisen fosforin ja kokonaistypen määrä koemetsiköiden pintamaassa, kg/ha.

Table 2. The amount of exchangeable calcium and potassium, easily soluble phosphates and total nitrogen in the surface soil layer of the experimental stands, kg/ha.

Kocala Sample plot	Kerros Layer	CaO	K ₂ O	P ₂ O ₅	N _{kok.}
1	Humus Humus	110	34	30	230
	0-30	205	73	40	2280
	Yhteensä Total	315	107	70	2510
2	Humus Humus	128	37	12	360
	0-30	291	97	29	1370
	Yhteensä Total	419	134	41	1730
3	Humus Humus	40	22	9	190
	0-30	64	82	47	1560
	Yhteensä Total	104	104	56	1750
4	Humus Humus	148	32	19	360
	0-30	293	129	104	1310
	Yhteensä Total	441	161	123	1670
5	0-20	316	133	68	2900

Koepuiden tärkeimmät keskimääräiset tunnus-
set olivat seuraavat:

keskiläpimitta 15.2 cm,
keskipituus 12.7 m,
keskikuutio 0.170 m³,
latvussuhde 54 %.

Runkoanalyysiä varten katkottiin alle 12 m pituiset puut 1 m ja yli 12 m pituiset 2 m pölkyiksi. Oksat jaettiin pölkyttäin eläviin ja kuolleisiin. Oksia pidettiin kuolleina, jos niissä ei ollut vihreitä neulasia. Oksat punnittiin tuoreina pölkyttäin, ja niistä määritettiin oksa- ja neulasjakautuma sekä kuiva-aine- ja ravinnepitoisuus. Pölkköjen päistä kuorittiin 10 cm levyinen kaistale, josta saatu kuori otettiin näytteeksi.

Runkopuun kuivapaino määritettiin tuoreeseen tilavuuteen perustuvien tiheysarvojen mukaan (HAKKILA 1966). Ainespuuna pidettiin sitä rungon osaa, josta voitiin valmistaa 2 m paperipuuta minimiläpimitan ollessa 6 cm kuoren päältä. Hakkuutähteeksi jääneen rungon latvakappaleen tiheytenä käytettiin HAKKILAN (1971 b) esittämää keskimääräistä arvoa 372 kg/m³.

Kun koepuut kaadettiin juuren niskan tasalta, jäi maahan juuriston lisäksi kanto, joka on rungon suoranaista jatketta. Puun maanalaisen osan määrittämisessä selvitettiin kannon ja yli 5 cm läpimittaisten juurten osuus erikseen. Näiden osien tilavuus määritettiin mittaamalla niiden veteen upotettaessa syrjäyttämä ainemäärä. Kuivapaino laskettiin tuoreen tilavuuden ja puuaineen keskimääräisen tiheyden perusteella.

3. HAKKUUTÄHTEIDEN KUIVA-AINEEN MÄÄRÄ

31. Oksat

Oksien kuiva-aine koostuu neulasista, oksien puuaineesta ja kuoresta. Koska hakkuussa rungon latvaosa jää oksien yhteyteen, ei niiden erottamista katsottu aiheelliseksi tässäkin tarkastelussa. Näin ollen myös rungon latvaosan kuiva-aine sisältyy oksien kuivapainoon.

Puussa olevien oksien määrä on suurelta osalta riippuvainen geneettisistä tekijöistä ja metsikön tiheydestä eri kehitysvaiheissa. Oksien kuivapainon puittaista vaihtelua pyrittiin selittämään rungon kokoa kuvaavilla tunnuksilla ja latvussuhteella, joka kuvastaa puiden välistä kilpailua ja kasvupaikkasuhteita. Latvussuhdetta määritettäessä pidettiin latvuksen alarajana alinta elävää oksaa. Näiden riippumattomien muuttujien ja oksien kuivapainon väliset korrelaatiokertoimet olivat seuraavat:

d	0.94 ⁺⁺⁺
h	0.83 ⁺⁺⁺
v	0.86 ⁺⁺⁺
$\frac{\Delta h}{h}$	-0.23
d ²	0.92 ⁺⁺⁺

Oksien kuivapaino korreloi voimakkaammin puun rinnankorkeusläpimitan kuin rungon tilavuuden kanssa. Tämä johtuu siitä, että vaikka oksien paino kasvaa puun läpimitan ja tilavuuden lisääntyessä, on tietyn läpimittaluokan puilla sitä enemmän oksia mitä jyrkemmin runko kapenee eli mitä pienempi on sen tilavuus.

Valikoivan regressioanalyysin perusteella saatiin yksittäisten puiden oksien kuivapainon kuvaajaksi seuraava yhtälö. Sen yhteydessä R tarkoittaa yhteiskorrelaatiokerrointa ja S jännöshajontaa.

Taulukko 3. Oksien kuivapaino, kg/puu.
Table 3. The dry weight of slash, kg/tree.

d	Latvussuhde, % Crown ratio, %		
	35	50	65
10	5.7	7.7	9.7
15	11.5	16.0	20.5
20	19.6	27.7	35.6
25	30.2	42.6	55.1
30	43.0	60.9	78.9

$$(1) \quad y = 1.05 + 0.00133^{+++} d^2 \left(\frac{\Delta h}{h} \right)$$

$$R = 0.97^{+++} \quad S = 3.5 \text{ kg}$$

Yhtälö sopii parhaiten 8–30 cm läpimittaisille puille. Sen perusteella laskettiin taulukossa 3 esitettävät oksien kuivapainot erikokoisille puille. Oksien kuivapainot ovat hyvin yhdenmukaisia HAKKILAN (1971 b s. 25) tulosten kanssa. Niiden perusteella saadaan tämän aineiston pienimmille puille n. 1 kg pienempiä ja järeimmille puille n. 3 kg suurempia arvoja.

311. Oksapuu

Massa- ja levyteollisuuden kannalta oksien puuaine on hakkuutähteiden arvokkain osa, mutta metsikön ravinnevaroja ajatellen neulaset muodostavat puuston tärkeimmän osan. Tämän takia on syytä tarkastella hakkuutähteen jakautumista kuorellisen oksapuun ja neulasten kesken.

Kuorellisen oksapuun, rungon latvaosa mukaan luettuna, kuivapainon kuvaajaksi saatiin seuraava yhtälö:

$$(2) \quad y = -0.03 + 0.0011^{+++} d^2 \left(\frac{\Delta h}{h} \right)$$

$$R = 0.96^{+++} \quad S = 3.0 \text{ kg}$$

Tämä yhtälö, joka on samaa muotoa oksien kuivapainon kuvaajan kanssa, selitti varsin hyvin kuorellisen oksapuun kuivapainoa. Sen perusteella laskettiin taulukossa 4 esitettävät kuivapainot.

Taulukko 4. Kuorellisen oksapuun kuivapaino, kg/puu.

Table 4. The dry weight of branches including bark, kg/tree.

d	Latvussuhde, % Crown ratio, %		
	35	50	65
10	3.9	5.5	7.2
15	8.6	12.3	16.0
20	15.4	22.0	28.6
25	24.0	34.3	44.7
30	34.7	49.5	64.4

Käyttämättä jäävän rungon latvaosan kuivapaino, joka sisältyy taulukon arvoihin, oli keskimäärin vain 2.5 kg puun koosta paljoakaan riippumatta.

312. Neulaset

Puussa olevien neulasten määrä vaihtelee vuoden eri aikoina. Tämän aineiston näytteet kerättiin aina elokuussa ennen karikesadon huippua, joten tulokset osoittavat ehkä jonkin verran suurempaa neulasmassaa kuin mikä on puussa keskimäärin hakkuukauden aikana.

Valikoivan regressioanalyysin perusteella saatiin neulasten kuivapainon kuvaajaksi seuraava yhtälö:

$$(3) \quad y = -5.83 + 0.480^{+++} d + 0.061^{+++} \left(\frac{\Delta h}{h}\right)$$

$$R = 0.90^{+++} \quad S = 1.4 \text{ kg}$$

Puun rinnankorkeusläpimitta ja latvussuhde selittivät parhaiten myös neulasten kuivapainon vaihtelua. Tässä tapauksessa selittävät muuttujat eivät kuitenkaan olleet samana transformaationa kuin oksien ja oksapuun kuivapainon kuvaajissa.

Yhtälön 3 perusteella laskettiin taulukossa 5 esitettävät arvot, jotka osoittavat neulasten kuivapainon erikokoisissa puissa. Verrattaessa neulasten kuivapainoja HAKKILAN (1971 b s. 34) esittämiin tuloksiin, havaitaan samoin kuin oksien kuivapainon yhteydessä, että tämän aineiston perusteella saatiin picinille puille hiukan suurempia ja järeille puille vastaavasti jonkin verran pienempiä arvoja.

Taulukko 5. Neulasten kuivapaino, kg/puu.
Table 5. The dry weight of needles, kg/tree.

d	Latvussuhde, % Crown ratio, %		
	35	50	65
10	1.1	2.0	2.9
15	3.5	4.4	5.3
20	5.9	6.8	7.7
25	8.3	9.2	10.1
30	10.7	11.6	12.5

32. Kannot ja juuret

Kantojen ja juurten muodostamaan raaka-ainereserviini on usein kiinnitetty huomiota, vaikka sen taloudellista hyväksikäyttöä pidetään vielä lähitulevaisuudessa vaikeasti toteutettavana. Kannon puumäärään vaikuttaa tietenkin rungon katkaisukohta, jona pidettiin juuren niskaa. Kannon läpimitta mitattiin kuoren päältä samoin kuin juurtenkin läpimitta, mikä kuitenkin määritettiin ympärysmitan perusteella. Kanto- ja juuripuun tilavuuden (dm^3) kuvaajaksi saatiin seuraava yhtälö:

$$(4) \quad y = -5.75 + 0.0790^{+++} d_k^2$$

$$R = 0.93^{+++} \quad S = 7.4 \text{ dm}^3$$

Käytettäessä selittävänä muuttujana rinnankorkeuden läpimitan neliötä sai yhtälö muodon

$$(5) \quad y = -7.75 + 0.1605^{+++} d^2$$

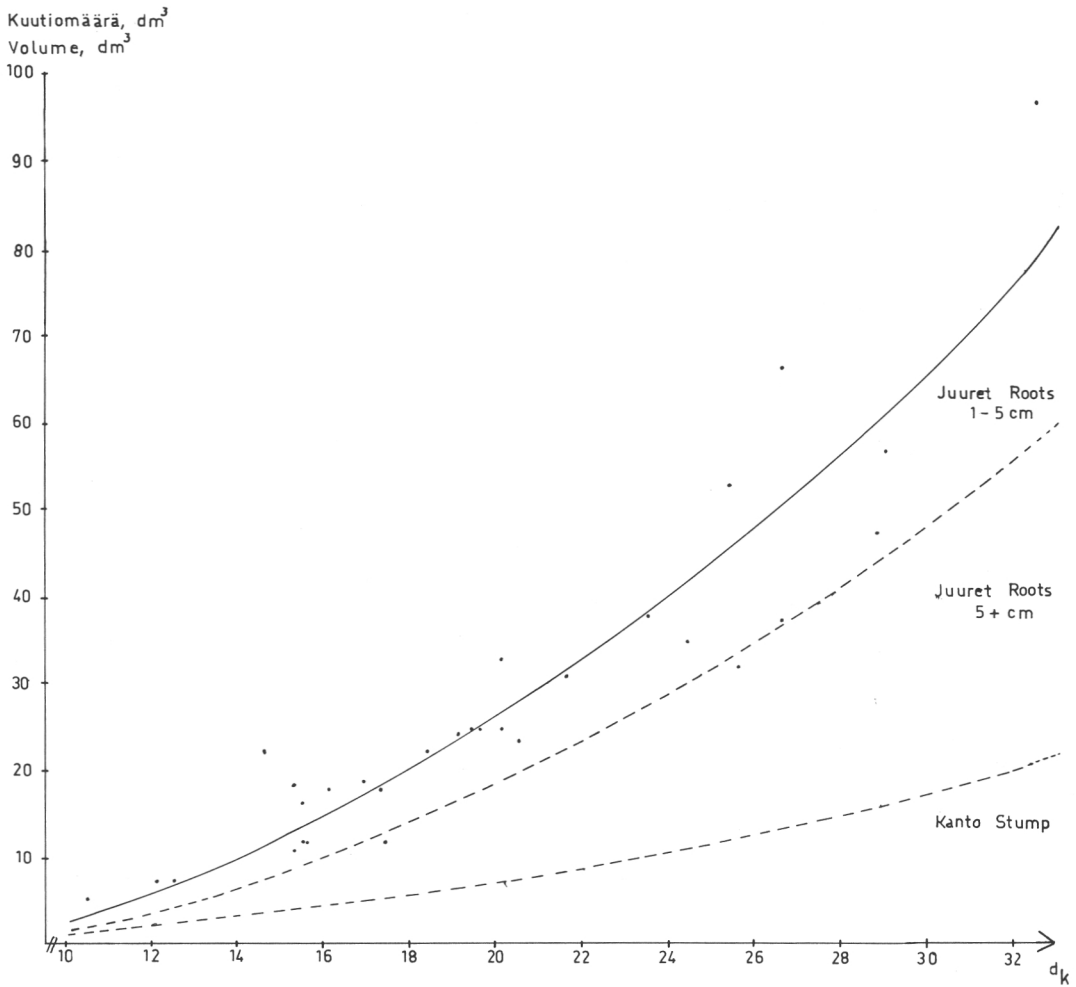
$$R = 0.95^{+++} \quad S = 6.0 \text{ dm}^3$$

Juuripuuta korjattaessa voidaan tuskin ottaa talteen läpimitaltaan alle 5 cm paksuisia osia. Tästä syystä pidettiin aiheellisena tarkastella kuutiomäärän jakaantumista kannon, yli 5 cm ja 1–5 cm läpimittaisten juurten kesken (kuva 1). Kanto- ja juuripuun tilavuuden ja rungon kuutiomäärän keskinäiset suhteet käyvät ilmi seuraavasta asetelmasta.

d_k	Kannon tilavuus <i>Volume of stump</i>	Yli 5 cm juurten tilavuus <i>Volume of roots over 5 cm in diameter</i>
	% rungon tilavuudesta <i>% of the volume of full tree bole</i>	
15	7	9
20	7	11
25	6	11
30	6	12

Kannon osuus vaihteli hyvin vähän ja oli 6–7 % rungon kuutiomäärästä. Kanto ja yli 5 cm läpimittaiset juuret vastasivat sen sijaan tämän aineiston mukaan 15–20 % rungon kuutiomäärästä. Tämä tulos on samaa suuruusluokkaa MÄKISEN (1965) mittauksien kanssa.

Kun kantopuun tiheytenä käytettiin 476 kg/m^3 ja läpimitaltaan yli 5 cm juurten tiheytenä 457 kg/m^3 (HAKKILA 1972), saatiin juurten kuivapainoksi seuraavia arvoja.



Kuva 1. Kannon ja juurten kuutiomäärä.
 Figure 1. Stump and root volume.

d_k	Kuivapaino, kg – Dry weight, kg		
	Kanto Stump	Yli 5 cm juuret Roots over 5 cm diameter	Yhteensä Total
15	1.7	2.1	3.8
20	3.3	5.3	8.6
25	5.5	9.1	14.6
30	8.1	14.2	22.3

Verrattuna HAKKILAN (1972) kanto- ja juuripuututkimuksiin on nyt saatu tulos huomattavasti pienempi. Ero johtuu osittain käytettyjen mittausmenetelmien erilaisuudesta.

4. HAKKUUTÄHTEIDEN SISÄLTÄMÄT RAVINTEET

41. Oksat

Oksien keskimääräinen ravinnepitoisuus laskettiin puun eri osista tehtyjen ravinneanalyysien perusteella. Sen todettiin olevan jossain määrin riippuvainen puun koosta, koska neulasten, oksien ja rungon latvaosan suhteelliset osuudet muuttuvat jonkin verran puun koon mukaan. Ravinnepitoisuuden kuvaajiksi saatiin seuraavat yhtälöt.

$$(6) \quad N = 0.261 + 0.0372^{+++} d - 0.00098^{+++} d^2$$

$$R = 0.54^{+++} \quad S = 0.075 \%$$

Taulukko 6. Oksien sisältämät ravinnemäärät, kg/puu.

Table 6. The amount of nutrients in slash, kg/tree.

N	d	Latvussuhde, % Crown ratio, %.		
		35	50	65
	10	.03	.04	0.5
	15	.07	.10	.12
	20	.12	.17	.22
	25	.17	.25	.32
	30	.21	.30	.39
P ₂ O ₅	d	35	50	65
	10	.008	.011	0.13
	15	.017	.024	.031
	20	.029	.041	.053
	25	.040	.057	.074
	30	.046	.065	.084
K ₂ O	d	35	50	65
	10	.02	.02	.03
	15	.04	.05	.06
	20	.06	.09	.11
	25	.09	.13	.16
	30	.11	.16	.20
CaO	d	35	50	65
	10	.02	.03	.04
	15	.04	.06	.07
	20	.07	.09	.12
	25	.10	.14	.18
	30	.13	.18	.23

$$(7) \quad P_2O_5 = 0.074 + 0.0089^{+++} d - 0.00026^{+++} d^2$$

$$R = 0.54^{+++} \quad S = 0.021 \%$$

$$(8) \quad K_2O = 0.196 + 0.0134^{++} d - 0.00038^{++} d^2$$

$$R = 0.35^{++} \quad S = 0.049 \%$$

$$(9) \quad CaO = 0.429 - 0.0044^{++} d$$

$$R = 0.34^{++} \quad S = 0.078 \%$$

Oksien ravinnepitoisuutta kuvaavien yhtälöiden selityssaste jäi alhaiseksi, mutta kertoimet ovat joka tapauksessa merkitseviä.

Oksien ravinnepitoisuutta esittävien yhtälöiden ja taulukossa 3 esitettyjen kuivapainojen perusteella laskettiin erikokoisten puiden oksien sisältämät ravinnemäärät, jotka esitetään taulukossa 6. Tulosten perusteella voidaan todeta, että oksat sisältävät eniten typpeä, suunnilleen yhtä paljon kalkkia sekä kalialia ja vähiten fosforia.

411. Oksapuun

Kuorellisen oksapuun ravinnepitoisuudessa ilmeni vaihtelua puun läpimitan mukaan. Se johtui lähinnä kuoren osuuden vaihtelusta, koska kuori sisältää enemmän ravinteita kuin puuaine. Kuorellisen oksapuun ravinnepitoisuuden kuvaajaksi saatiin seuraavat yhtälöt.

$$(10) \quad N = 0.114 + 0.259^{+++} d - 0.00067^{+++} d^2$$

$$R = 0.48^{+++} \quad S = 0.059 \%$$

$$(11) \quad P_2O_5 = 0.043 + 0.0058^{++} d - 0.00017^{+++} d^2$$

$$R = 0.45^{+++} \quad S = 0.018 \%$$

$$(12) \quad K_2O = 0.128 + 0.0075^{+} d - 0.00023^{++} d^2$$

$$R = 0.35^{++} \quad S = 0.033 \%$$

$$(13) \quad CaO = 0.387 - 0.0042^{+} d$$

$$R = 0.30^{+} \quad S = 0.084 \%$$

Oksapuun ravinnepitoisuutta kuvaavien yhtälöiden (10–13) ja sen kuivapainon (taulukko 4) perusteella saatiin oksapuun sisältämiksi ravinnemääräksi taulukossa 7 esitettävät arvot. Niiden perusteella voidaan todeta, että kuorellinen oksapuu sisältää likimain yhtä paljon typpeä ja kalkkia. Kalialia on runsaasti puolet ja fosforia vain noin neljäsosa kalkin ja typen määrästä.

Taulukko 7. Oksapuun sisältämät ravinnemäärät, kg/puu.

Table 7. The amount of nutrients in branches, kg/tree.

N	d	Latvussuhde, % Crown ratio, %		
		35	50	65
	10	.01	.02	.02
	15	.03	.04	.06
	20	.06	.08	.10
	25	.08	.12	.15
	39	.10	.14	.19
P ₂ O ₅	d	Latvussuhde, % Crown ratio, %		
		35	50	65
	10	.003	.005	.006
	15	.008	.011	.015
	20	.014	.020	.026
	26	.020	.028	.037
	30	.022	.032	.041
K ₂ O	d	Latvussuhde, % Crown ratio, %		
		35	50	65
	10	.01	.01	.01
	15	.02	.02	.03
	20	.03	.04	.05
	25	.04	.06	.08
	30	.05	.07	.09
CaO	d	Latvussuhde, % Crown ratio, %		
		35	50	65
	10	.01	.02	.02
	15	.03	.04	.05
	20	.05	.07	.09
	25	.05	.10	.13
	30	.09	.13	.17

Taulukko 8. Neulasten sisältämät ravinnemäärät, kg/puu.

Table 8. The amount of nutrients in needles, kg/tree.

N	d	Latvussuhde, % Crown ratio, %		
		35	50	65
	10	.01	.02	.03
	15	.04	.05	.06
	20	.07	.08	.09
	25	.10	.11	.12
	30	.13	.14	.15
P ₂ O ₅	d	Latvussuhde, % Crown ratio, %		
		35	50	65
	10	.003	.006	.008
	15	.010	.014	.015
	20	.017	.020	.022
	25	.024	.027	.029
	30	.031	.034	.036
K ₂ O	d	Latvussuhde, % Crown ratio, %		
		35	50	65
	10	.01	.01	.02
	15	.02	.03	.03
	20	.04	.04	.05
	25	.05	.05	.06
	30	.07	.07	.08
CaO	d	Latvussuhde, % Crown ratio, %		
		35	50	65
	10	.01	.01	.01
	15	.02	.02	.03
	20	.03	.03	.04
	25	.04	.04	.05
	30	.05	.05	.06

412. Neulaset

Neulasten ravinnepitoisuudessa ei ilmennyt puun koosta johtuvaa vaihtelua. Neulasten keskimääräiset ravinnepitoisuudet käyvät ilmi seuraavasta asetelmasta.

N	1.196±0.012 %
P ₂ O ₅	0.289±0.004 %
K ₂ O	0.610±0.010 %
CaO	0.468±0.015 %

Näiden ravinnepitoisuuksien ja neulasten kuiva-

painon (taulukko 5) perusteella saatiin erikokoisten puiden neulasten sisältämiksi ravinnemääriksi taulukossa 8 esitettävät arvot.

Tuloksia tarkasteltaessa voidaan todeta, että oksien sisältämästä tyypestä, fosforista ja kalista keskimäärin noin puolet on neulasissa. Oksien sisältämästä kalista sen sijaan vain kolmannes on neulasissa.

42. Kannot ja juuret

Kanto- ja juuripuu analysoitiin kuorineen.

Sen keskimääräiseksi ravinnepitoisuudeksi saatiin

N	0.097±0.004 %
P ₂ O ₅	0.030±0.002 %
K ₂ O	0.088±0.004 %
CaO	0.086±0.003 %

Kanto- ja juuripuun ravinnepitoisuuden ja kuivapainon perusteella saatiin juurakoiden käytöosan sisältämiksi ravinnemääriksi seuraavan asetelman mukaiset arvot (kg/puu).

d _k	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO
15	0.004	0.001	0.003	0.003
20	.008	.003	.008	.007
25	.014	.004	.013	.013
30	.022	.007	.020	.019

Tulokset osoittavat, että kanto- ja juuripuun sisältämät ravinnemäärät ovat melko vähäisiä. Tyypeä, kalaa ja kalkkia on suunnilleen yhtä paljon, mutta fosforia vain noin kolmannes edellä mainittujen ravinteiden määrästä.

5. PUUNKORJUUSSA METSIKÖSTÄ POISTUVAT RAVINNEMÄÄRÄT

Vaikka aineisto kerättiin menetelmällä, joka johti ensi sijassa puukohtaisiin tuloksiin, oli koealojen puitteissa kuitenkin mahdollista tehdä metsikkökohtaisia arviointeja hakkuutähtien sisältämistä ravinnemääristä. Tässä aineistossa koeala 3 edusti parhaiten harvennusemetsikköä ja koeala 4 oli lähinnä päätehakkuuvaihetta, millä perusteella niitä pidetään seuraavissa laskelmissa vastaavasti harvennus- ja päätehakkuumetsikköinä.

Puunkorjuussa on lähivuosina mahdollista käyttää ainakin seuraavia menetelmiä:

- 1) Tavaralaji- ja runkomenetelmät, jolloin metsästä korjataan perinteelliseen tapaan vain kuorellinen runkopuu tiettyyn läpimittaan, esim. 6 cm:iin saakka.
- 2) Kokopuun menetelmät, jolloin puun koko maanpäällinen osa korjataan metsästä. Juontovaiheessa osa oksista kuitenkin katkeilee ja irtoaa puusta. RHEBORGIN (1972) mu-

Taulukko 9. Puunkorjuussa metsiköstä poistuvat ravinnemäärät kg/m³ kuorellista runkopuuta.
Table 9. The nutrient amounts removed in tree harvesting, kg/m³ stem wood with bark.

Korjuumenetelmä Harvesting method	Harvennushakkuu Thinning				Päätchakkuu Clear-cutting			
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO
Tavaralajimenetelmä Short-wood method	.34	.06	.23	.50	.34	.06	.23	.50
Kokopuujuonto Whole-tree skidding	.68	.15	.40	.71	.54	.11	.33	.62
Kokopuuhaketus Whole-tree chipping								
– Neulaset viedään pois – Needles removed	1.03	.23	.58	.92	.74	.15	.43	.73
– Neulaset jäävät metsään – Needles not removed	.64	.14	.40	.80	.51	.10	.32	.67
Kanto- ja juuripuun korjuu Harvesting of stumps and roots06	.02	.06	.06

kaan tätä korjuumenetelmää käytettäessä oksista jää noin 50 % metsään.

- 3) Kokopuuhaketus metsässä, jolloin puun maanpäällinen osa korjataan kokonaisuudessaan. Korjuu saattaa kuitenkin olla mahdollista suorittaa siten, että neulaset jäävät metsään.
- 4) Päätehakuussa korjuuseen voi vielä liittyä kanto- ja juuripuun talteenotto.

Jos eri korjuuvaihtoehtoja sovelletaan edellä mainittuihin kahteen koemetsikköön, poistuu metsiköstä eri tapauksissa taulukon 9 mukaiset ravinnemäärät. Runkopuun osalta käytettiin laskelmassa seuraavia ravinnepitoisuuksia (% kuiva-aineesta)

	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO
Rungon puuaine	0.067	0.010	0.045	0.089
Kuori	0.31	0.09	0.21	0.56

Harvennusemetsikössä kertyi hakkuutähdeettä kanto- ja juuripuuta lukuun ottamatta 117 kg ja päätehakuusemetsikössä 72 kg kuorellisen runkopuun kiintokuutiometriä kohti.

Runkopuun korjuussa metsiköstä poistuvista ravinteista keskimäärin runsas kolmannes oli kuoressa. Kokopuujuonnossa, jolloin oksista oletettiin jäävän puolet metsään, poistui typpeä ja fosforia lähes kaksinkertainen määrä runkopuun korjuuseen verrattuna. Kokopuuhaketuksessa voi männiköstä poistua harvennushakuksessa jopa kolminkertainen määrä typpeä ja fosforia runkopuun korjuuseen verrattuna.

Kanto- ja juuripuun ravinnemääriä laskettaessa käytettiin järeimpien puiden osalta HAKKILAN (1972) esittämiä kuiva-ainemääriä. Kantojen ja juurten korjuusta aiheutunut ravinteiden menetys jäi suhteellisen pieneksi.

6. TULOSTEN TARKASTELU

Puunkorjuussa metsiköstä poistuvat ravinnemäärät ovat kokopuumenetelmiä käytettäessä huomattavasti suurempia kuin runkopuun korjuussa. Vaikka tällöinkin menetetään vain suhteellisen pieni osa metsämaan ravinnevaroista, voi jo yhden hakkuun aiheuttama menetys kuitenkin vastata puuston usean vuoden ravinnetarvetta (VIRO 1955).

Hakkuun aiheuttama ravinteiden menetys ei kuitenkaan rajoitu korjatun puutavaran mukana poistuviin ravinteisiin, sillä hakkuun jälkeen ravinteiden huuhtoutumisen on todettu voimistuvan, koska vettä kulkeutuu entistä enemmän maakerrosten läpi (COLE & GESSEL 1965). Esim. typen huuhtoutumisen lisääntyminen voi hakkuun jälkeisenä vuonna vastata puuston vuotuista typen tarvetta (BORMANN

& al. 1968). Nopeutunut huuhtoutuminen voi myös olla yhteydessä hakkuun ansiosta lisääntyneeseen ravinteiden mobilisaatioon (POPOVIC 1971).

Metsämaan ravinteisuuden ylläpitämiseksi jouduttaneen tehostetun puunkorjuun takia menetetyt ravinteet korvaamaan ennemmin tai myöhemmin lannoitteilla. Taulukon 9 perusteella voidana esim. todeta, että jo n. 200 m³/ha runkopuuta oksineen korjattuna vastaa typen osalta yhtä lannoituskertaa. Koska lannoitteina annetuista ravinteista suuri osa huuhtoutuu (POPOVIC & BURGTORF 1964, BJÖRKMAN & al. 1967), joudutaan lannoituksessa käyttämään huomattavasti suurempia ravinnemääriä, kuin mitä korjattu puutavara sisältää.

KIRJALLISUUSLUETTELO

- AALTONEN, V.T., 1940. Metsämaa. WSOY. Porvoo—Helsinki.
- BJÖRKMAN, E., LUNDBERG, G. & NÖMMIK, H. 1967. Distribution and balance of ¹⁵N labelled fertilizer nitrogen applied to young pine trees (*Pinus silvestris* L.) Stud. For. Suec., 48.
- BORMAN, F.H., LINKENS, G.E., FISHER, D.W. & PIERCE, R.S., 1968. Nutrient loss accelerated by clear-cutting of a forest ecosystem. *Science* 23:882—884.
- COLE, D.W. & GESSEL, S.P., 1965. Movement of elements through a forest soil as influenced by tree removal and fertilizer additions. *Forest-Soil Relationships in North America*, 95—104.
- HAKKILA, P., 1966. Investigations on the basic density of Finnish pine, spruce and birch wood. *Lyhennelmä: Tutkimuksia männyn, kuusen ja koivun puuaineen tiheydestä.* Commun. Inst. For. Fenn. 61.5.
- HAKKILA, P., 1971 a. Hakkuutähteitten hyväksikäyttömahdollisuuksista. *Metsä ja Puu*, 2:4—8.
- HAKKILA, P., 1971 b. Coniferous branches as a raw material source. *Lyhennelmä: Havupuun oksat raaka-ainelähteenä.* Commun. Inst. For. Fenn. 75.1.
- HAKKILA, P., 1972. Mechanized harvesting of stumps and roots. *Lyhennelmä: Kanto- ja juuripuun koneellinen korjuu.* Commun. Inst. For. Fenn. 77.1.
- MAYER, K.H., 1956. The rise of commercial fertilizers — particularly nitrogen — in forestry. Publication of Nitrogen Division. Allied Chemical and Dye Corporation.
- MÄKINEN, V.O., 1965. Männyn juurakoiden kuutiomäärästä ja sen osuudesta vastaavan runkopuun kuutiomäärään. *Metsätal. Aikakausl. N:o 2—3:75—76.*
- POPOVIC, B. & BURGTORF, H., 1965. Upp-tagningen av växtnäring efter gödsling av ett tallbestånd i Lappland. *Rapp. Uppsats. Inst. Skogsekol. Skogshögsk.*, 4.
- POPOVIC, B., 1971. Auswirkung der Durchforstung auf die Stickstoffmobilisierung in Humus- und Mineralbodenproben einiger Fichtenbestände in Südschweden. *Rapp. Inst. Växtekol. Markl. Skogshögsk.*, 8.
- RHEBORG, H., 1972. Kvistkvantiteter vid helträdslunning. *Rapp. Uppsats. Inst. Skogstekn. Skogshögsk.*, 48.
- ROMELL, L.-G., 1947. Man-made "nature" of northern lands. International Union of Conservation of Nature and Natural Resources, 6 Technical Meeting, Proc. Pap., 51—53.
- VIRO, P.J., 1955. Investigations on forest litter. *Lyhennelmä: Metsäkariketutkimuksia.* Commun. Inst. For. Fen. 45.6.

- No 126 Matti Palo: Valtion metsäteollisuus- ja metsätalousyriyten koordinointi.
Coordination of State-owned forestry and forest-industry firms in Finland. 4,—
- No 127 Terho Huttunen: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase vuosina 1969—71.
Wood consumption, total drain and forest balance in Finland in 1969—71. 5,—
- No 128 Veijo Heiskanen ja Pentti Rikkinen: Havusahatukkien todellisen kiintomitan määrittäminen latvaläpimitan perusteella.
Determination of the true volume of coniferous saw logs on the basis of top diameter. 5,—
- No 129 Bo Långström: Insektisidien käyttö havupuiden taimien suojaukseen tukkimiehentään (Hylobius abietis L.) tuhoilta.
The use of insecticides for protection of coniferous planting stock against the large pine weevil (Hylobius abietis L.) 1,—
- No 130 Metsätalastollinen vuosikirja 1970.
Yearbook of forest statistics 1970. 10,—
- No 131 Pertti Harstela: Puunkorjuumenetelmien ergonominen kehitys ja eräät työntekijään kohdistuvat fyysiset vaikutukset.
The ergonomic development of the forest work methods and some physic effects on workers. 2,50
- No 132 Simo Poso ja Matti Kujala: Ryhmitetty ilmakeu- ja maasto-otanta Inarin, Utsjoen ja Enontekiön metsien inventoinnissa.
Groupwise sampling based on photo and field plots in forest inventory of Inari, Utsjoki and Enontekiö. 4,—
- No 133 Matti Palo: Metsällisten projektien verkkosuunnittelu.
Planning forestry projects by means of network analysis. 5,—
- 1972 No 134 Aarne Reunala — Ilpo Tikkanen: Metsätaloustilastot metsätalouden edistämistoiminnan kohteena Keski-Suomessa.
Non-farmer forest owners and promotion of private forestry. 4,—
- No 135 Pentti Hakkila ja Olavi Saikku: Kuoriprosentin määrittäminen sahanhakkeesta.
Measurement of bark percentage in saw mill chips. 1,50
- No 136 Ukko Rummukainen: Vesakontorjunta-aineiden ja rikkakasvinhävitteiden käytöstä metsänviljelyaloilla Suomessa vuosina 1969—1970.
On the use of brush and weed killers on forest regeneration sites in Finland in 1969—70. 4,—
- No 137 Eino Mälkönen: Näkökohtia metsämaan muokkauksesta.
Some aspects concerning cultivation of forest soil. 1,50
- No 138 P. J. Viro: Die Walddüngung auf finnischen Mineralböden. 2,50
- No 139 Seppo Kaunisto: Lannoituksen vaikutus istutuksen onnistumiseen ja luonnontaimien määrään rahkanevalla. Tuloksia Kivisuon koekentältä.
Effect of fertilization on successful planting and the number of naturally born seedlings on a fuscum bog at Kivisuon experimental field. 1,50
- No 140 Matti Ahonen ja Markku Mäkelä: Juurakoiden irrottaminen maasta pyöräkuormaajilla.
Extraction of stump-root systems by wheel loaders. 2,50
- No 141 Yrjö Vuokila: Taimiston käsittely puuntuotannolliselta kannalta.
Treatment of seedling stands from the viewpoint of production. 4,—
- No 142 Pentti Koivisto: Kainuun ja Pohjanmaan talousmänniköiden kehityksestä.
On the development of Scots pine stands in central Finland. 2,—
- No 143 Matti Huovinen, Soini Silander, Paavo Tiuhonen ja Juho Yli-Hukkala: Hakkuumiehen määrittämään runkolukuun perustuva leimikon pystymittaus.
Stichprobenweise Massenermittlung am stehenden Holz eines ausgezeichneten Bestandes auf Grund von Stammzählaufnahme durch den Holzfäller. 2,—
- No 144 Esko Leinonen: Puutavaran mittaus kuorma- ja otantamenetelmillä.
Measurement of timber by the load and sampling methods. 4,—
- No 145 Esko Leinonen: Tilavuuspaino-otanta sahatukkien mittauksessa.
Green density sampling in sawlog scaling. 1,50
- No 146 Markku Mäkelä: Kanto- ja juuripuun kuljetus.
Transport of stump and root wood. 2,50
- No 147 Pentti Hakkila, Jouko Laasasenaho ja Kari Oittinen: Korjuuteknisiä oksatietoja.
Branch data for logging work. 2,—
- No 148 Pertti Mikkola: Metsähukkapuun osuus hakkuupoistumasta Suomessa.
Proportion of waste wood in the total cut in Finland. 2,—
- No 149 N. A. Osara: Some trends in world forestry with respect to Finland.
Eräitä metsä- ja puutalouden kehitysilmiöitä maailmassa ja Suomessa. 1,—
- No 150 Ole Oskarsson: Suomalaiset plusmännyt ja pluskuuset.
Finnish plus trees of Scots pine and Norway spruce. 14,—
- No 151 Pertti Harstela ja Paavo Valonen: Työn tuotos, työntekijän fyysinen kuormittuminen ja värinäaltistus pelkässä kaadossa.
Work output, physical load of the worker and exposure to vibration in felling. 5,—
- No 152 Kari Keipi: Lannoituskustannukset ja tuottojen käsittely metsän lannoituksen kannattavuuslaskelmissa Norjassa, Ruotsissa ja Suomessa.
Profitability calculations in forest fertilization in Norway, Sweden and Finland.

- No 153 Hannu Vehviläinen: Palkkaus ja työolot metsäkonetöissä syksyllä 1971.
The working conditions and earnings of forest-machine operators in autumn 1971 in Finland. 9,—
- No 154 Paavo Tiihonen: Kiintokuutiometrin käyttöön perustuvat männyn, kuusen ja koivun kuitupuutaulukot.
Massentafeln mit dem Festmeter als Masseinheit für Kiefern-, Fichten- und Birkenfaserholz. 7,—
- No 155 Paavo Tiihonen: Kiintokuutiometrin käyttöön perustuvat männyn ja kuusen tukkipuutaulukot.
Massentafeln mit dem Festmeter als Masseinheit für Kiefern- und Fichtenblochholz. 2,50
- No 156 Eljas Pohtila: Tulokset Perä-Pohjolan valtionmailla vuosina 1930—45 tehdyistä kuusi-viljelmistä.
Results of spruce cultivation from 1930—45 on State-owned in Perä-Pohjola.
- No 157 Eino Mälkönen: Hakkuutähteiden talteenoton vaikutus männikön ravinnevaroihin.
Effect of harvesting logging residues on the nutrient status of Scotch pine stands. 1,50
- No 158 Kaarlo Kinnunen ja Erkki Lähde: Kylvöajankohdan vaikutus kennotaimien kehitykseen ensimmäisen kasvukauden aikana.
The effect of sowing time on development during the first growing season of seedlings grown in paper containers. 2,50
- No 159 Pentti Hakkila: Oksaraaka-aineen korjuumahdollisuudet Suomessa.
Possibilities of harvesting branch raw material in Finland. 2,—
- No 160 Kullervo Etholén: Männyn viljelyn tulos Pohjois-Suomessa ja siemenen alkuperä.
The succes of artificial regeneration of Scots pine in Northern Finland and origin of seed.
- No 161 Olavi Huuri: Eräiden kloorattujen hiilivetyjen vaikutuksesta männyn taimien alku-kehitykseen.
The effect of some chlorinated hydrocarbons on the initial development of planted pine seedlings. 2,50