

FOLIA FORESTALIA 138

METSÄNTUTKIMUSLAITOS · INSTITUTUM FORESTALE FENNIAE · HELSINKI 1972

P. J. VIRO

DIE WALDDÜNGUNG AUF
FINNISCHEN MINERALBÖDEN

- 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 99 Yrjö Vuokila: Harvennusmallit luontaisesti syntyneille männiköille ja kuusikoille.
Gallringsmallar för icke planterade tall- och granbestånd i Finland.
Thinning models for natural pine and spruce stands in Finland. 2,—
- No 100 Esko Leinonen ja 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 juuriapuun 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 jätepuusta valmistetun hakkeen ominaisuuksista.
On the properties of chips prepared from plywood plant waste. 2,50
- No 108 Pentti Hakki: 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 — 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 punnmyyntialtius 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 tärinän 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 — 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 talusalueella 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,—

P.J. Viro

DIE WALDDÜNGUNG AUF FINNISCHEN MINERALBÖDEN

VORWORT

Dieser Artikel soll einen Blick auf die Walddüngungstätigkeit auf finnischen Mineralböden geben. Es werden typische Beispiele sowohl aus den Kiefern- als auch aus den Fichtenbeständen gegeben. Von diesen wird ungefähr die Skala von Beständen vorgestellt, bei der die Düngung eine ökonomisch hinreichende Zuwachssteigerung ergeben hat.

Im Artikel wird insbesondere die Stickstoffdüngung, inklusive Arten und Gaben, diskutiert, aber auch die Phosphordüngung allein sowie

kombiniert mit Stickstoff wird behandelt. Ausser der Ertragssteigerung wird auch der Wirtschaftlichkeit der Walddüngung Aufmerksamkeit gewidmet. – Der vorliegende Artikel ist eine Erweiterung von dem in Zagreb, Jugoslawien 1971 gehaltenen Vortrag.

Es ist meine sehr angenehme Aufgabe, allen denen zu danken, die mir sowohl draussen auf dem Feld als auch drinnen an der Dienststelle das Schreiben dieses Artikels ermöglicht haben.

Helsinki, den 14. 3. 1972

P. J. Viro

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
VORWORT	1
ZUSAMMENFASSUNG	3
EINLEITUNG	3
BEISPIELE AUS DÜNGUNGSVERSUCHEN	4
Kiefernbestände	4
Fichtenbestände	9
STICKSTOFFDÜNGER UND -GABEN	14
WIRTSCHAFTLICHKEIT DER DÜNGUNG	16
VERSUCHSTÄTIGKEIT	17
LITERATURVERZEICHNIS	19

ZUSAMMENFASSUNG

Das allgemeinste Walddüngemittel ist Stickstoff und in Kiefernbeständen hat meistens nur die Stickstoffdüngung den Ertrag gesteigert. Bei mittelmässigen und guten Standorten ist die Wirkung von Stickstoff recht stark, bei den besten Kiefernstandorten ($H_{100} > 27$ m) ziemlich gering.

In Kiefernbeständen auf Moränenböden gibt es im allgemeinen keinen akuten Phosphormangel, in groben Sandböden kann aber die Menge leichtlöslichen Phosphors sehr gering sein. Wenn der Zuwachs durch N-Düngung angeregt wird, gelangt ein grosser Teil des verfügbaren Phosphors in die Bäume und in die Bodenvegetation. Die Düngungsversuche zeigen dann auch 5–10 Jahre nach der ersten N-Düngung oft Mangel an Phosphor. Bei Anwendung von grossen N-Gaben kann der Bedarf an Phosphordüngung schon früher, und auch auf Moränenböden, hervortreten.

In Fichtenbeständen hat es sich erwiesen, dass auf niedrigen Bonitäten ($H_{100} < 24$ m) die N-Düngung allein genügt, aber wenn die Bonität ziemlich hoch ist ($H_{100} = 24–29$ m), verbessert

die Stickstoffdüngung allein den Ertrag nicht viel, ergibt aber zusammen mit Phosphor ein gutes Resultat. Bei guten Fichtenböden ist Phosphordüngung offenbar wirtschaftlich und oft sogar notwendig. Auf den allerbesten Standorten ($H_{100} > 29$ m) hat selbst NP-Düngung den Zuwachs nicht verbessert.

Die Versuche haben erwiesen, dass Düngung nicht zu empfehlen ist, wenn der Zuwachs infolge von Trockenheit des Bodens schwach ist: ein stärkerer Zuwachs würde vom Boden noch mehr Wasser als der gegenwärtige erfordern. Desgleichen scheint die Wirkung der Düngung gering zu sein, wenn die natürliche Fruchtbarkeit des Standortes in bezug auf die Ansprüche der Holzart sehr gut ist.

Nach den finnischen Erhebungen ist N-Düngung in Sägeholzbeständen beinahe ausnahmslos wirtschaftlich rentabel. Die Düngung kann in den durch Lichtungshiebe behandelten Beständen auch die natürliche Verjüngung etwas fördern, aber die Wirtschaftlichkeit leidet, wenn der verbliebene Holzvorrat sehr klein ist.

EINLEITUNG

Ein deutscher Forstwissenschaftler hat gesagt: "Die Keimruhe forstlicher Gedanken dauert 100 Jahre." Die ersten Walddüngungsversuche wurden in den 1870er Jahren in Deutschland durchgeführt, und augenblicklich ist die praktische Düngungstätigkeit schon sehr umfangreich. In Finnland begann die systematische Versuchswirksamkeit 1958, und danach hat sie sich sehr rege fortgesetzt. An Mineralböden werden gegenwärtig rund 60 000 Hektar je Jahr gedüngt, aber die jährliche Fläche ist stark im Zunehmen begriffen.

Die häufigsten bei der Düngung zuzuführenden Nährstoffe sind Stickstoff, Phosphor, Kali

und Kalk. In der Landwirtschaft ist der zusätzliche Bedarf an Nährstoffen viel grösser als im Walde, was darauf zurückzuführen ist, dass dem Acker der am meisten, dem Walde der am wenigsten Nährstoffe entnommen wird. Aus den Nadeln von Kiefer und Fichte geht ein überwiegender Teil der wichtigsten Nährstoffe (N, P, K, 70–90 %) vor dem Abfallen der Nadeln in die Zweige über (V i r o 1955), und sie werden im folgenden Jahre für das beginnende Wachstum aufgewendet. Daran liegt es, dass die Wirkung auch der leichtlöslichen Nährstoffe im Walde viele Jahre dauern kann.

Die Menge der Mineralnährstoffe im Boden steht in engem Abhängigkeitsverhältnis zur Gesteinsart. Finnland gehört zum Gebiet des präkambrischen Urgebirges, und 4/5 des Felsgrundes besteht aus granitischen Gesteinsarten. Diese enthalten etwa 10 % an Glimmern, und dadurch ist der Kalibedarf des Waldes allgemein gut gesichert. An Phosphor enthalten die Gesteinsarten kleine Mengen als Apatit. Der Kalkgehalt ist im allgemeinen gering, so dass die Böden sauer sind; infolgedessen sind die Zersetzung der Humusstoffe und die Stickstoffmobilisation langsam.

Bei Düngung des Waldes auf Mineralböden kommen gemäss allen nordischen Forschungen vorwiegend die Stickstoffdüngemittel in Frage. Auf guten Standorten, meistens in Fichtenbeständen, ist auch Phosphordüngung notwendig, und ebenfalls in Kiefernbeständen auf trockenen Sandböden tritt zuweilen Mangel an Phosphor hervor. Kalk hat das Wachstum in Versuchen

von kurzer Dauer nicht verbessert, wohl aber in seit Jahrzehnten betriebenen Versuchen (V i r o 1958). Nur in einigen Fällen in Lappland, wenn alle Wachstumsfaktoren ungünstig gewesen sind, ist eine positive Kaliwirkung konstatiert worden.

Düngungsversuche sind in Finnland anfangs im Zusammenhang mit Aufforstung oder in ganz jungen Beständen ausgeführt worden. Es hat sich jedoch recht bald herausgestellt, dass bei Aufforstung die Düngung entweder beinahe oder völlig unwirksam bleibt (V i r o 1966a) und dass bei jungem Anwuchs die Wirkung recht gering ist. Die Tätigkeit hat sich denn auch fast ausschliesslich mittelalten oder ausgewachsenen Beständen zugewandt. Wir können doch sagen, dass eine richtige Düngung fast ohne Ausnahme das Wachstum der Bäume fördert.

Die Düngung von Mineralböden ist vom Verfasser in mehreren Artikeln behandelt worden (Siehe Literaturverzeichnis).

EINIGE BEISPIELE AUS DÜNGUNGSVERSUCHEN

Im folgenden werden beispielsweise Resultate von einigen Probeflächen in Südfinnland gegeben. Diese Flächen repräsentieren annähernd die Bonitätsskala von südfinnischen Beständen, nur die schlechtesten ausgenommen. Die Bonität wird nach der Oberhöhe des Bestandes im Alter von 100 Jahren bestimmt (Brusthöhenalter, V u o k i l a 1971). Die klimatischen Verhältnisse in dem Bereich der Untersuchung sind ungefähr gleich.

Zahlenmässige Angaben über Probeflächen, die behandelt werden, sind in der beigefügten Tabelle dargestellt. Die Diagramme zeigen die Zeitpunkte der Düngungen und den jährlichen Kreisflächenzuwachs pro Hektar. Die Stickstoffdüngung hat man zu Beginn des Versuchs als Ammonsulfat 82 kg N/ha gegeben, und sie ist entweder auf gleiche Weise oder durch Harn-

stoffgaben von 92–230 kg/ha erneuert worden. Die Versuche sind nach der faktorialen Methode angelegt worden, als sonstige Düngemittel hat man 80 kg P₂O₅/ha als Rohphosphat verwendet, sowie Kali und/oder Kalk, die doch keine Wirkung gezeigt haben und deshalb ausser Diskussion gelassen werden. Volumen und Massenleistung sind Festmass mit Rinde.

Kiefernbestände

Beispiel 1. Sehr steiniger, grobsandiger Moränenboden. 30jähriger Kiefernbestand, H₁₀₀ = 19 m. N-Düngung ist zweimal erneuert. Der jährliche Ertrag in 5-Jahresperioden ist in den folgenden Tabellen zu sehen (m³/ha/J.):

	1.–5. Jahre		
	N ₀	N ₁	
P ₀	3.3	4.5	3.9
P ₁	4.1	4.9	4.5
	3.7	4.7	

	6.–10. Jahre		
	N ₀	N ₁	
P ₀	4.8	6.6	5.7
P ₁	5.3	7.4	6.4
	5.1	7.0	

Angaben über Beispielsprobenflächen

Beispiel Nr	H ₁₀₀ m	Bestand zu Beginn			Volumen, m ³ /ha	Ertrag m ³ /ha		Versuchsdauer, Jahre	Neu-N, Jahr	Parzellenzahl
		Alter, Jahre	Stammzahl	Oberhöhe, m		Ohne N pro Jahr	extra mit N			
Kiefer										
1	19	30	1738	9.4	38	4.4	15	10	3. 7.	8
2	20	60	1240	16.6	119	4.3	14	10	5. 8.	8
3	22	90	295	20.9	109	2.9	19	10	5.	8
4	23	70	598	19.0	98	5.6	23	10	3. 9.	16
5	26	50	590	17.5	78	4.8	23	10	5.	8
Fichte										
6	21	90	374	20.2	135	2.6	26	10	4. 7.	8
7	23	100	458	23.3	142	4.5	23	10	3. 7.	16
8	26	27	1822	8.4	30	9.9	21	10	4. 7.	16
9	28	46	773	20.4	167	11.3	6	10	3.	16
10	30	30	802	16.7	90	11.6	3	5	—	8

Am deutlichsten sieht die Stickstoffwirkung aus, aber auch Phosphor allein zeigt eine positive Wirkung, und die positive Zusammenwirkung von Stickstoff und Phosphor scheint auch ziemlich deutlich zu sein. Die P-Wirkung ist jedoch nur scheinbar: die Jahresringdiagramme zeigen, dass die +P-Parzellen auch vor dem Versuch einen stärkeren Zuwachs als die -P-Parzellen aufweisen. Der Stickstoff allein steigerte den Ertrag recht bedeutend, $15 \text{ m}^3/\text{ha}$ in 10 Jahren.

1.-5. Jahre			
	N ₀	N ₁	
P ₀	4.4	5.2	4.8
P ₁	5.0	6.2	5.6
	4.7	5.7	

Der Zunahme im Ertrag mit N allein, $14 \text{ m}^3/\text{ha}$, deckt die N-Düngungskosten mit 8 % Zinsszinsen. Die Wirkung von P allein war viel kleiner, $7 \text{ m}^3/\text{ha}$, aber, benutzt zusammen mit N, verdoppelte der Phosphorus die N-Wirkung und erhöhte weiter die Rentabilität der Düngung. Die Düngewirkung ist noch nicht beendet, sie wird noch einen erheblichen Mehrertrag hervorbringen.

Beispiel 3. Grobsandiger Moränenboden.

1.-5. Jahre			
	N ₀	N ₁	
P ₀	2.5	4.3	3.4
P ₁	2.9	3.9	3.4
	2.7	4.1	

Die kräftige Reaktion beruht vermutlich auf der lichten Stellung des Waldes. Eine schwache Wirkung mit P allein, aber keine NP-Zusammenwirkung. Die N-Wirkung läuft weiter.

Beispiel 4. Feinsandiger Moränenboden. 70jähriger Kiefernbestand, $H_{100} = 24 \text{ m}$. N-Düngung ist zweimal erneuert worden. Die N-Düngungen, insbesondere die zweite, haben

1.-5. Jahre			
	N ₀	N ₁	
P ₀	4.8	7.4	6.1
P ₁	4.6	6.2	5.4
	4.7	6.8	

Der 10-Jahres-Aushieb (Niederdurchforstung) der Versuchsflächen umfasste $16 \text{ m}^3/\text{ha}$. Es war aber hauptsächlich geringfügiges Dünholz, dessen Wertzunahme etwa ein Drittel der Düngungskosten deckt. Die Düngewirkung läuft weiter.

Beispiel 2. Grobsandboden. 60jähriger Kiefernbestand, $H_{100} = 20 \text{ m}$. N-Düngung ist zweimal erneuert worden. Der jährliche Ertrag war der folgende ($\text{m}^3/\text{ha}/\text{J}$):

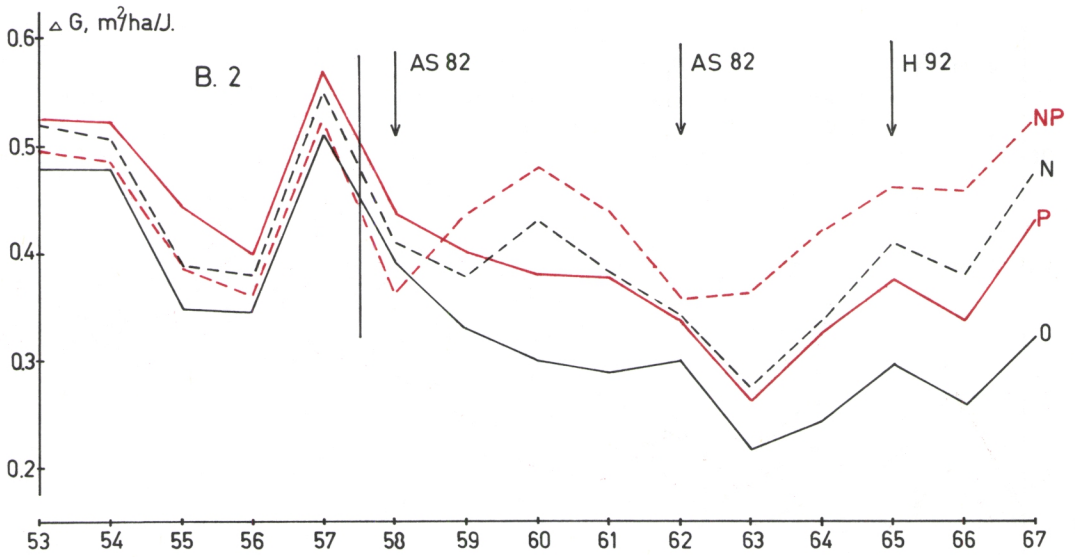
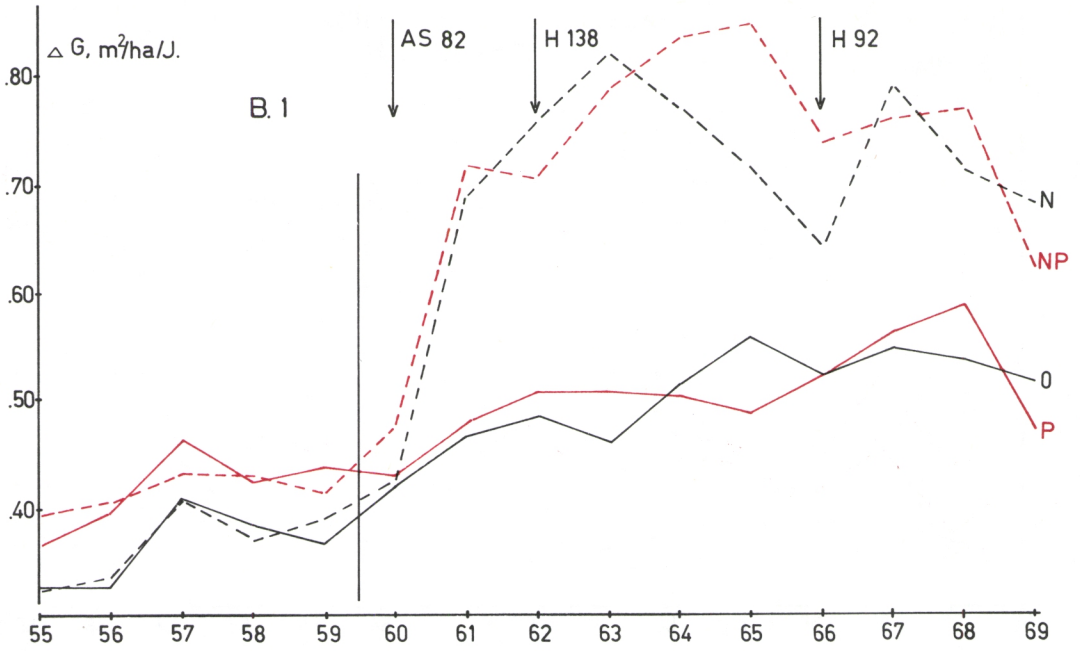
6.-10. Jahre			
	N ₀	N ₁	
P ₀	3.8	5.8	4.8
P ₁	4.6	7.8	6.2
	4.2	6.8	

90jähriger Kiefernbestand, $H_{100} = 22 \text{ m}$. N-Düngung ist einmal erneuert worden. Der Bestand war in dichte Schirmstellung durchforstet, aber die natürliche Verjüngung ist sehr gering, und die Düngung hat ihn nicht viel beeinflusst. Die N-Düngung hat die Leistung um $19 \text{ m}^3/\text{ha}$ vermehrt, welche Menge in ihrer Gesamtheit Sägeholz ist. Das entspricht den N-Düngungskosten mit 17 % Zinsszinsen. Der jährliche Ertrag war ($\text{m}^3/\text{ha}/\text{J}$):

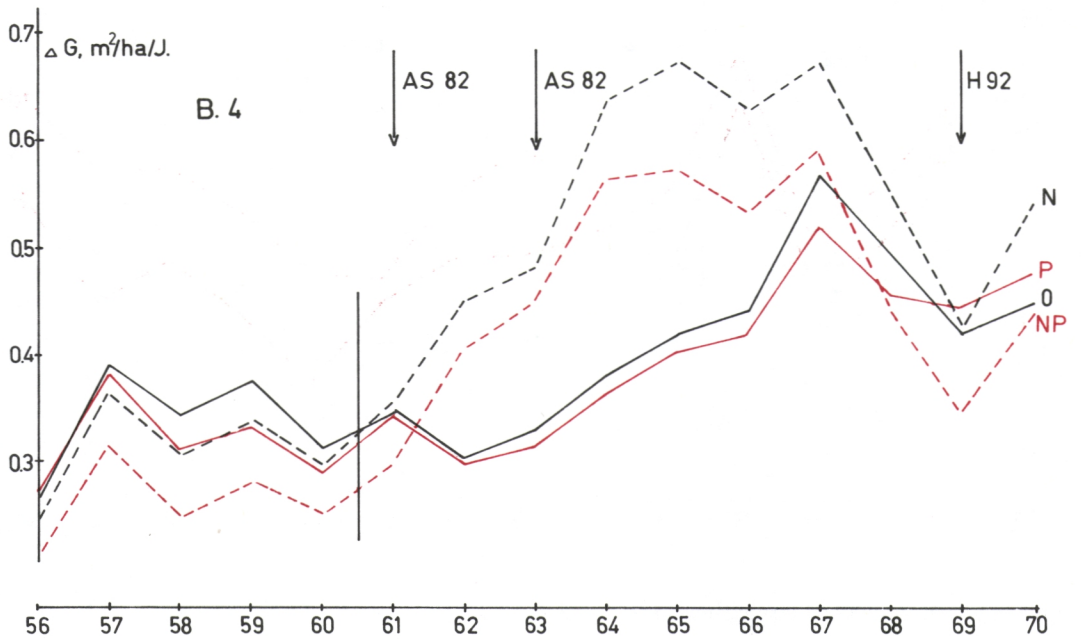
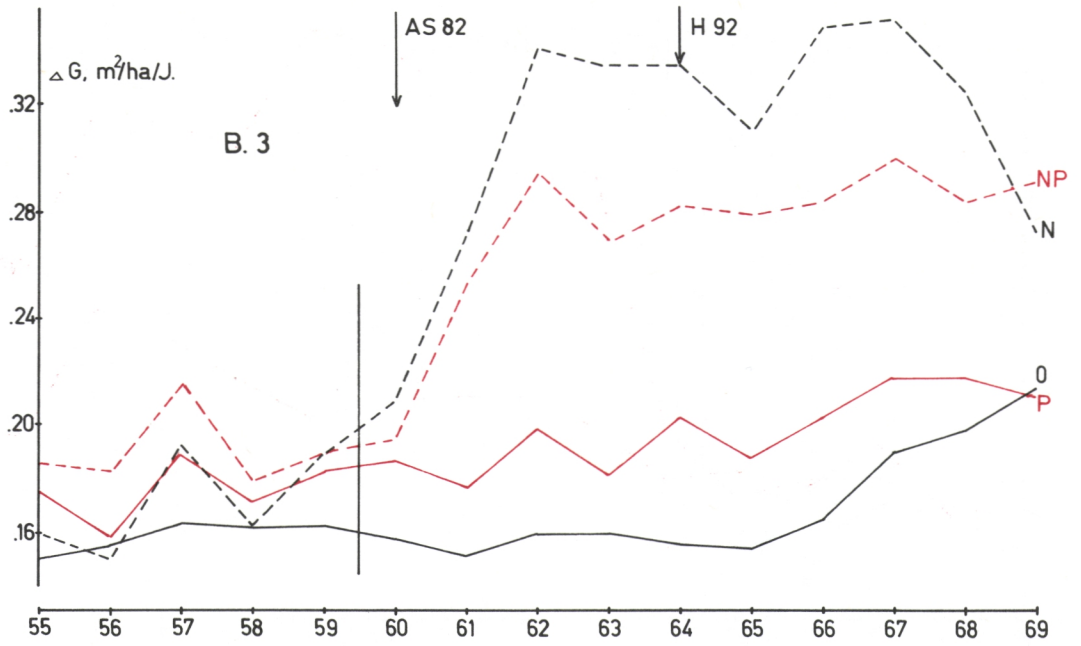
6.-10. Jahre			
	N ₀	N ₁	
P ₀	3.0	5.0	4.0
P ₁	3.0	4.6	3.8
	3.0	4.8	

stark gewirkt. Die Wirkung der zweiten N-Düngung war im achten Versuchsjahr zu Ende und die dritte Gabe vermehrte wieder die N-Wirkung. Während der Versuchszeit ergab die N-Düngung einen Mehrertrag um $23 \text{ m}^3/\text{ha}$. Die erzeugte Holzware ist in ihrer Gesamtheit Sägeholz. Der jährliche Ertrag war ($\text{m}^3/\text{ha}/\text{J}$):

6.-10. Jahre			
	N ₀	N ₁	
P ₀	7.0	9.1	8.1
P ₁	6.8	7.5	7.2
	6.9	8.3	



Jahresringdiagramme der Beispielsbestände 1 und 2



Jahresringdiagramme der Beispielsbestände 3 und 4

Der zusätzliche Ertrag deckt die N-Düngungskosten mit 15 % Zinsezinsen. Weder P-Wirkung noch NP-Zusammenwirkung. Die in den Tabellen vorkommenden negativen P-Wirkungen sind nur scheinbar.

Beispiel 5. Feinsandiger Moränenboden, ziemlich hohe Bonität. 50jähriger Kiefernbestand, $H_{100} = 26$ m. Die Stickstoffdüngung

1.–5. Jahre			
	N_0	N_1	
P_0	4.4	6.6	5.5
P_1	5.0	5.8	5.4
	4.7	6.2	

verursachte eine Steigerung von $23 \text{ m}^3/\text{ha}$ im Massenertrag, die die Kosten mit 18 % Zinsezinsen deckt. Dessenungeachtet weist das Jahresringdiagramm darauf hin, dass die zweite N-Düngung (Harnstoff) bei ungünstiger Witterung erfolgt ist. Die N-Düngewirkung ist beinahe zu Ende. Keine Wirkung mit P allein oder zusammen mit N. Der jährliche Ertrag war:

6.–10. Jahre			
	N_0	N_1	
P_0	4.5	7.0	5.7
P_1	5.2	5.7	5.4
	4.8	6.3	

Fichtenbestände

Beispiel 6. Grobsandiger Moränenboden. 90jähriger Fichtenbestand, $H_{100} = 21$ m. N-

1.–5. Jahre			
	N_0	N_1	
P_0	3.5	6.3	4.9
P_1	4.8	6.2	5.5
	4.1	6.2	

Düngung zweimal erneuert. Wie aus den folgenden Zahlen zu ersehen ist, gibt es einen

6.–10. Jahre			
	N_0	N_1	
P_0	3.5	6.9	5.2
P_1	3.9	7.7	5.8
	3.7	7.8	

gewissen Phosphormangel, aber infolge des ziemlich geringen natürlichen Zuwachses ist der Mangel nicht sehr beträchtlich. In der ersten 5-Jahresperiode hat der Phosphor nicht die N-Wirkung verstärken können, wohl aber in der zweiten. Der Bestand ist in seiner Ganzheit Sägeware. Der zusätzliche Ertrag mit N, 26 m^3 , deckt die N-Düngungskosten gemäss 18 % Zinsezinsen, und die wahrscheinliche weitere Wirkung beträgt etwa $6 \text{ m}^3/\text{ha}$.

Beispiel 7. Feinsandiger Moränenboden, 100-

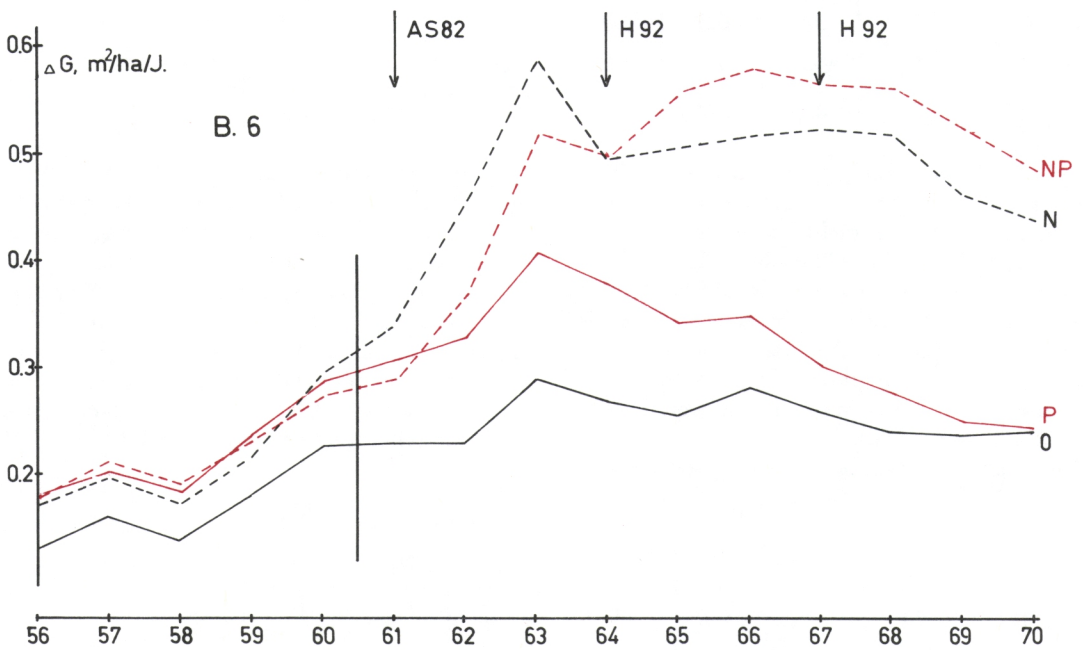
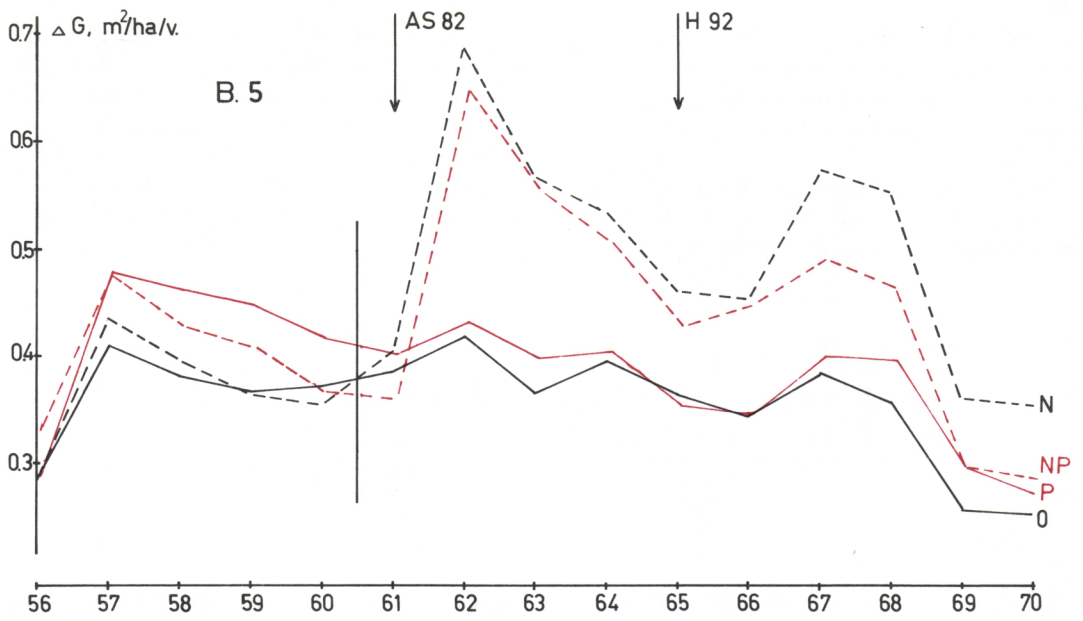
1.–5. Jahre			
	N_0	N_1	
P_0	5.8	7.4	6.6
P_1	6.2	7.4	6.8
	6.0	7.4	

jähriger Fichtenbestand, $H_{100} = 23$ m. N-Düngung zweimal erneuert, das erste Mal mit 230 kg N/ha . Die bisherige mit N-Düngung erzielte Ertragssteigerung von $27 \text{ m}^3/\text{ha}$ deckt die Kosten mit 15 % Zinsezinsen, aber die Wirkung der Düngung ist noch nicht erschöpft. Wahrscheinliche weitere Wirkung ist etwa $8 \text{ m}^3/\text{ha}$. Es ist aus den Jahresringdiagrammen und aus den folgenden Ertragszahlen zu ersehen, dass es keine NP-Zusammenwirkung gab ($\text{m}^3/\text{ha/J.}$):

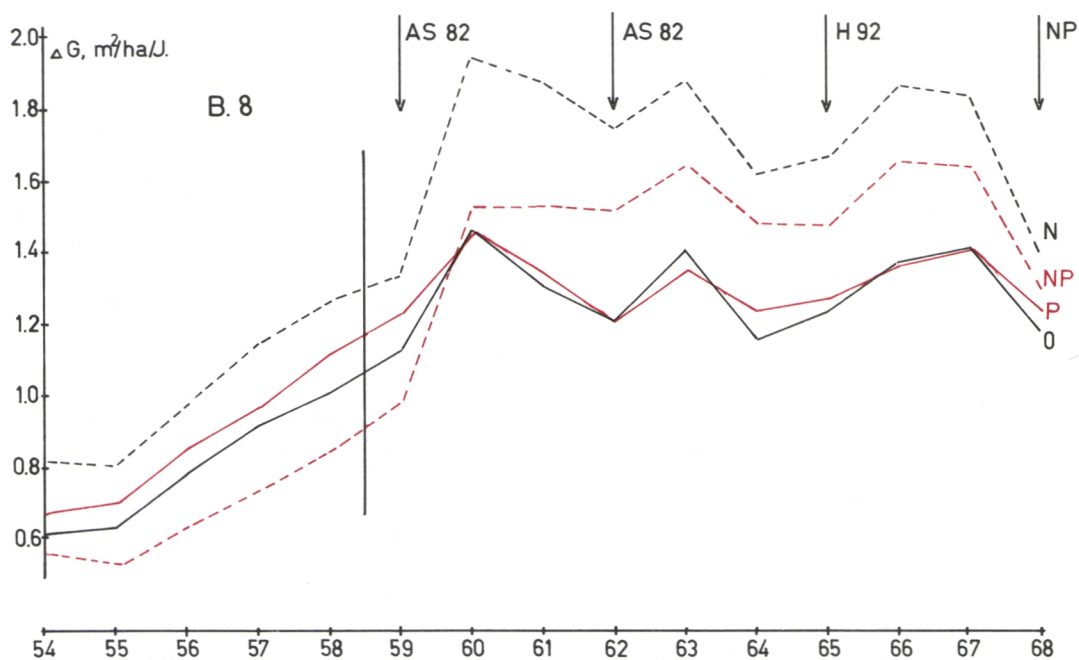
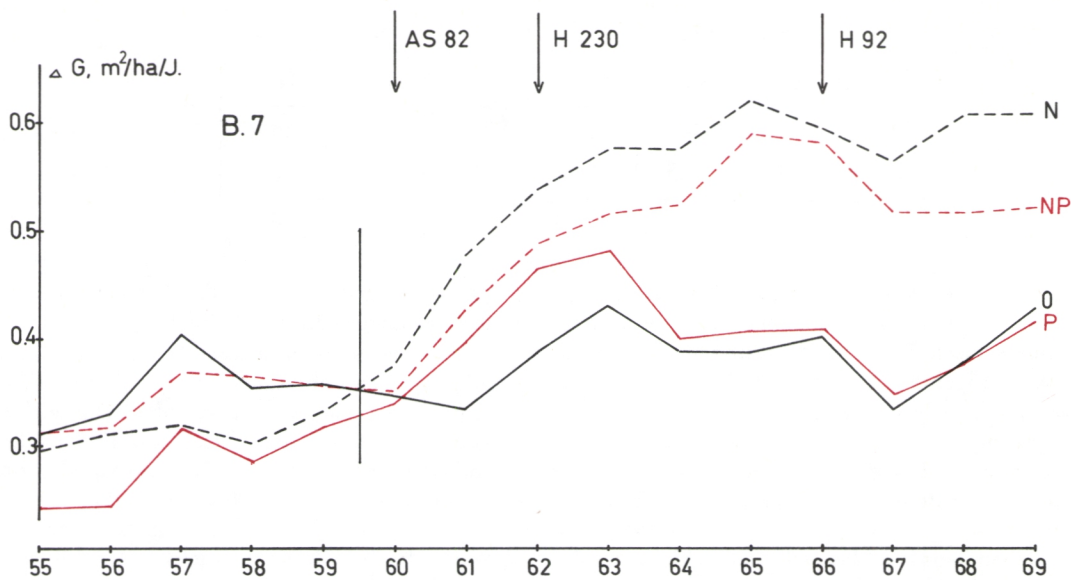
6.–10. Jahre			
	N_0	N_1	
P_0	6.2	10.0	8.1
P_1	6.4	9.4	7.9
	6.3	9.7	

Beispiel 8. Feinsandiger Moränenboden. 27-jähriger Fichtenbestand, $H_{100} = 26$ m. N-Düngung ist zweimal erneuert worden. Die N-Dün-

gungen brachten eine Ertragssteigerung von $38 \text{ m}^3/\text{ha}$ hervor. Im Zusammenhang mit der 10-Jahresmessung erfolgte eine Niederdurchfor-



Jahresringdiagramme der Beispielsbestände 5 und 6



Jahresringdiagramme der Beispielsbestände 7 und 8

1.-5. Jahre			
	N ₀	N ₁	
P ₀	7.7	10.9	9.3
P ₁	8.1	8.3	8.2
	7.9	9.6	

6.-10. Jahre			
	N ₀	N ₁	
P ₀	11.3	15.7	13.5
P ₁	12.3	13.5	13.0
	11.8	14.6	

stung. Die Wertzunahme des Durchforstungs-
holzes deckt die Düngungskosten mit 6 %
Zinseszinsen. Die Düngewirkung hat noch nicht
ganz aufgehört. Die Wirkung von P allein ist
ziemlich klein und es gibt keine NP-Zusammen-
wirkung.

Fichtenbestände auf gleichen Bonitäten
weisen meistens eine NP-Zusammenwirkung auf.
In diesem Versuch ist P als Rohphosphat
gegeben worden, das sich vielleicht nicht hin-
reichend aufgelöst hat. Im letzten Überprüfungs-
jahr wurde dafür mit Harnstoff und Super-

phosphat gedüngt, um die Phosphorsituation
des Bestandes näher zu klären.

Beispiel 9. Feinsandiger Moränenboden. 46-
jähriger Fichtenbestand, $H_{100} = 27$ m. N-Dün-
gung ist einmal erneuert worden. Die Wirkung
von N allein auf den Ertrag war in 10 Jahren
unbedeutend klein, nur $1.0 \text{ m}^3/\text{ha}$, die von P
allein beinahe Null, aber die NP-Zusammen-
wirkung war $18.5 \text{ m}^3/\text{ha}$. In 5-Jahresperioden
war der Volumenzuwachs der folgende
($\text{m}^3/\text{ha}/\text{J}$):

1.-5. Jahre			
	N ₀	N ₁	
P ₀	12.3	12.3	12.3
P ₁	12.1	14.5	13.3
	12.2	13.4	

6.-10. Jahre			
	N ₀	N ₁	
P ₀	12.9	13.1	13.0
P ₁	12.2	14.6	13.4
	12.5	13.8	

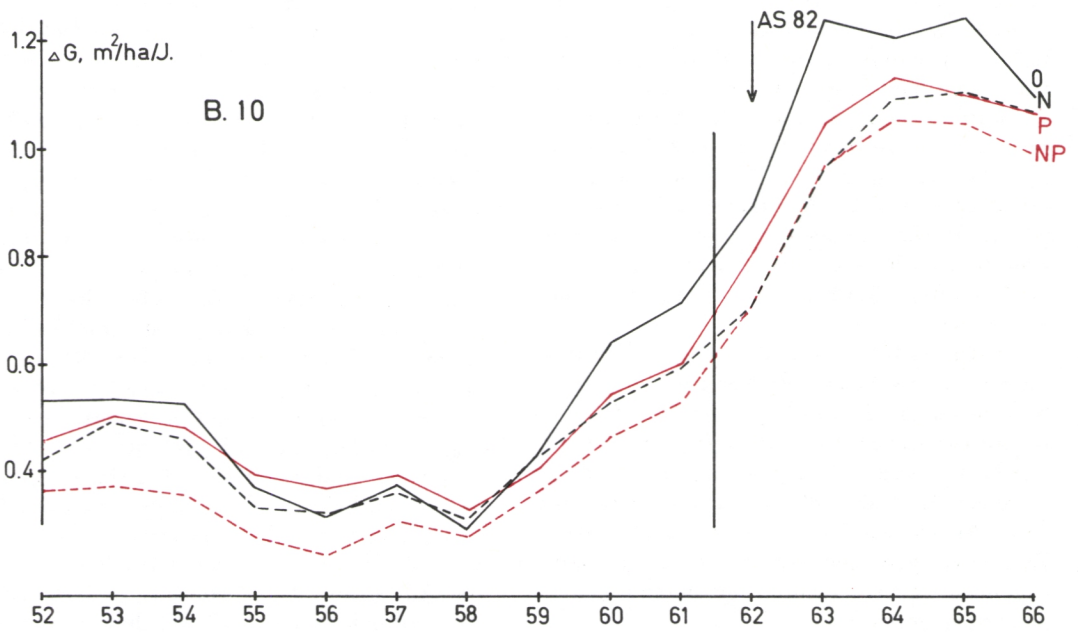
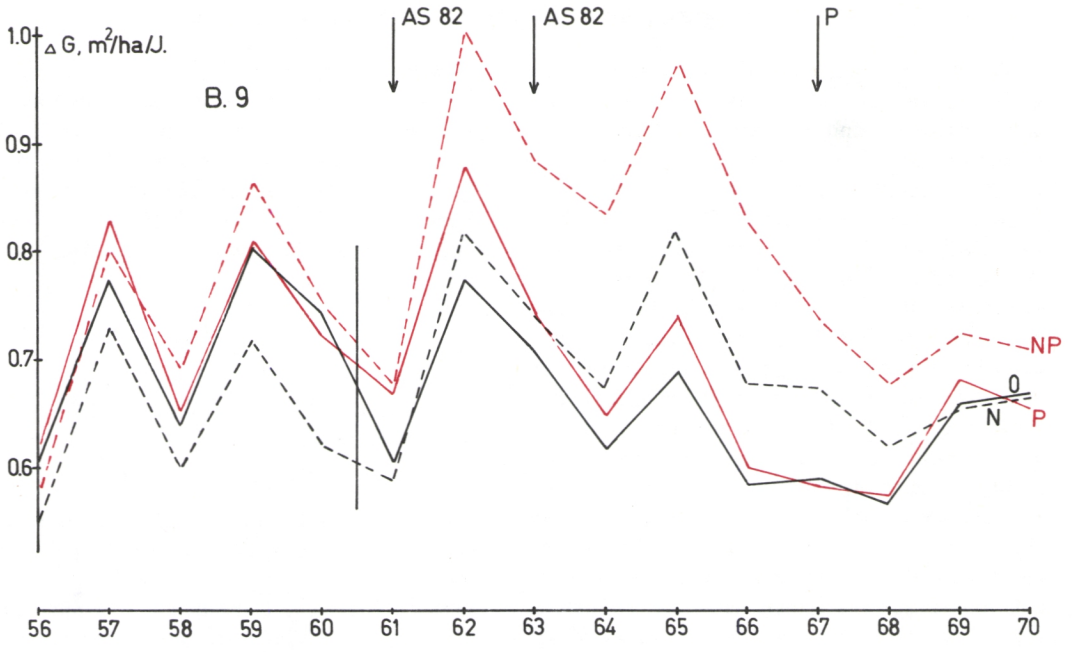
Der Bestand ist in seiner Gesamtheit Sägeholz.
Die Ertragssteigerung deckt die Kosten der NP-
Düngung mit 15 % Zinseszinsen. Die Wirkung
der N-Düngung hat noch nicht ganz aufgehört.
Die zweite P-Düngung hat fast keine Wirkung
gehabt.

Beispiel 10. Feinsandiger Moränenboden.
30jähriger Fichtenbestand, $H_{100} = 30$ m. Die
Wirkung von allen Düngemitteln (NPK) ist
unwahrscheinlich, so auch die Zusammen-
wirkungen mit Stickstoff. Die Ursache der
unbedeutenden Reaktionen ist vermutlich die
äusserst hohe natürliche Fruchtbarkeit des
Bodens. Von dieser Fläche gibt es leider nur
5jährige Resultate. Der mittlere Volumen-
zuwachs aller Parzellen war vor dem Versuch
 $5.5 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{J}$., während des Versuchs 11.9
 $\text{m}^3/\text{ha}/\text{J}$.

Als eine Zusammenfassung unserer Dün-
gungsversuche kann man sagen, dass die fin-
nischen Waldböden, die allerbesten Bonitäten

vielleicht ausgeschlossen, zu arm an minera-
lischem Stickstoff sind und dass deswegen die
Stickstoffdüngung immer das günstigste Resultat
gegeben hat. Der Bedarf an Phosphor variiert,
und ein Kalibedarf ist in Südfinnland nie mit
Sicherheit konstatiert worden. Die Kalkung
wäre günstig für die Stickstoffmobilisation,
aber ihre Wirkung beginnt sehr langsam und sie
ist zu teuer für die Forstwirtschaft (V i r o
1958).

Es wird viel über die Wirkung von Düngung
auf den Samenertrag des Bestandes spekuliert.
Unsere Forschungen haben gezeigt, dass man nur
in guten Samenjahren mit Düngungen einiger-
massen auf den Samenertrag von Fichte
beeinflussen kann, in schlechten Samenjahren
dagegen nur sehr wenig (M ä l k ö n e n 1971).
Die in Frage kommenden Nährstoffe sind nach
der genannten Untersuchung Stickstoff und
Kalium. Über Kiefernbestände haben wir keine
entsprechenden Kenntnisse.



Jahresringdiagramme der Beispielsbestände 9 und 10

STICKSTOFFDÜNGER UND -GABEN

Zu den gebräuchlichsten unter den Stickstoffdüngern gehören Ammonsulfat, Kalkammonsalpeter und Harnstoff. Je Kilogramm N ist von diesen der Harnstoff am billigsten, das Ammonsulfat am teuersten, und die Streukosten stehen in gleicher Reihenfolge. Das zuverlässigste Resultat gibt wahrscheinlich Ammonsulfat. Das NO_3 -Ion des Kalkammonsalpeters wird leichter aus dem Boden ausgewaschen als das NH_4 -Ion, wenn es nicht dazu kommt, sich biologisch zu verbinden. Der Harnstoff ist noch empfindlicher gegen die Witterung. Als solcher wird er vom Boden gar nicht gebunden, und die Pflanzen können ihn nicht gebrauchen, sondern er hat sich erst zu hydrolysieren. Bei niedriger Temperatur ist die Hydrolyse sehr langsam, so dass das Ausbreiten von Harnstoff in kalter und regnerischer Jahreszeit nicht zu empfehlen ist. Der Harnstoff eignet sich vornehmlich für die Verwendung in Kleinwaldbetrieben, wo man eine günstigste Witterung abwarten kann, weil die Düngung an keinen genauen Zeitpunkt gebunden zu sein scheint (Viro 1970). Der Boden enthält meistens soviel Feuchtigkeit, dass der Harnstoff zu Ammoniak hydrolysiert wird, aber bei trockenem und warmem Wetter kann dieses verdunsten. Daher ist Harnstoff im allgemeinen für trockene Grobsandheiden nicht zu empfehlen. Am häufigsten dürften gegenwärtig die verschiedenen Kalkammonsalpeter-Düngemittel gebraucht werden, die wechselnde Mengen an Kalkstein enthalten, um das Klumpen zu verhindern. Auch Harnstoff wird ganz allgemein verwendet.

In den Anfängen der Versuchstätigkeit probierten wir aus, welches die kleinsten wirkenden N-Gaben sind. Es wurde festgestellt, dass die untere Grenze bei rund 40 kg/ha lag. Deshalb wurde bei den Versuchen allgemein als anzuwendende Gabe 80 kg/ha angesetzt. Mit dieser Menge wurden denn auch recht grosse Zuwachssteigerungen erzielt. Später ist damit begonnen worden, auch mit grösseren N-Gaben zu experimentieren.

Bei den Dosierungsversuchen der Düngemittel haben wir im allgemeinen die N-Gaben 80, 160 und 240 kg/ha benutzt. In einem 90jährigen Kiefernbestand hatten wir einen Versuch mit den Düngemitteln Ammonsulfat, Harnstoff und kombinierter NPK-Dünger ($\text{N}_{18}\text{P}_{12}\text{K}_6$) in obenerwähnten Gaben. Jede

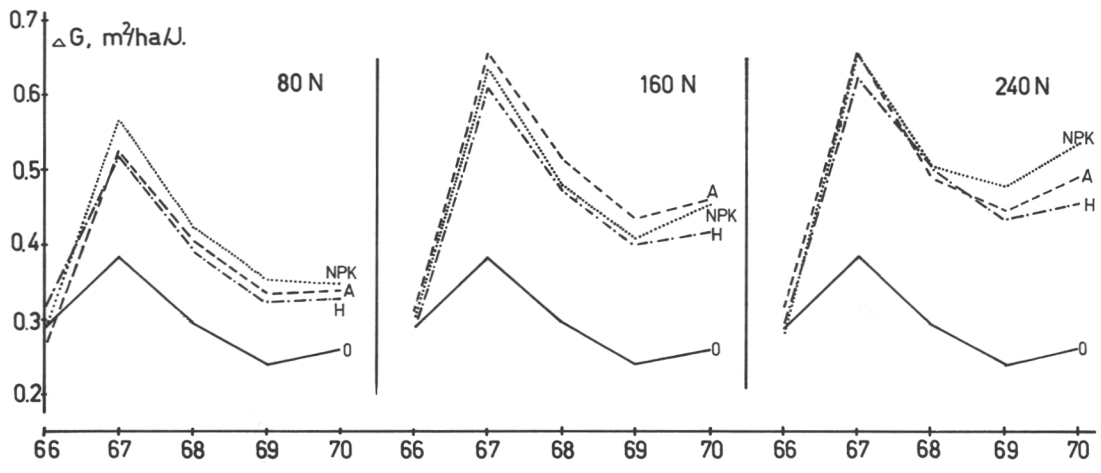
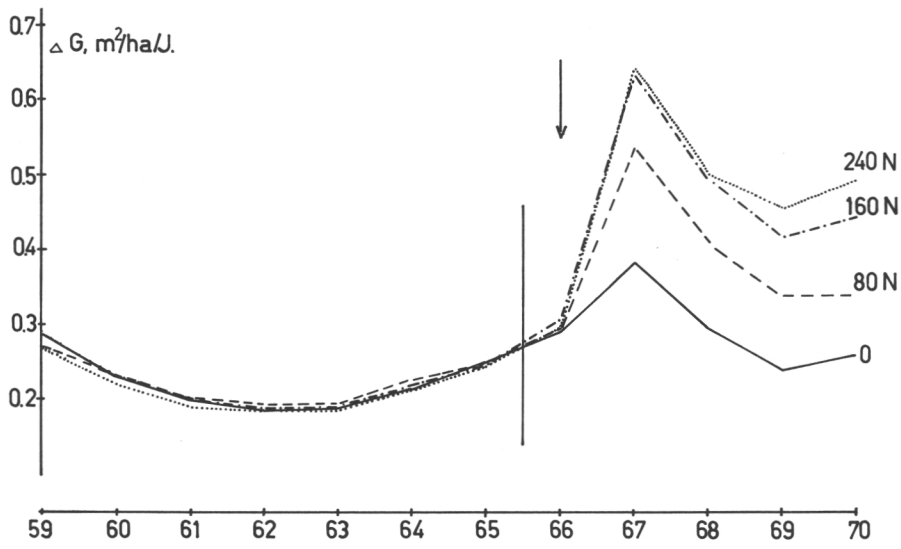
Düngebehandlung wurde 7mal wiederholt, und es gab 10 Kontrollflächen, also insgesamt 73 Flächen. Das mittlere Volumen aller Flächen war zu Beginn des Versuchs $175 \text{ m}^3/\text{ha}$ und der Ertrag der Kontrollflächen während des Versuchs (5 Jahre) $5.2 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{J}$. Der Mehrertrag belief sich auf folgende Mengen ($\text{m}^3/\text{ha}/\text{J}$):

	N80	N160	N240
Harnstoff	1.1	2.5	2.9
Ammonsulfat	1.5	3.0	3.2
Komb. ($\text{N}_{18}\text{P}_{12}\text{K}_6$)	1.9	3.2	4.0

Aus diesen Zahlen und den Jahresringdiagrammen ist zu ersehen, dass die Verdoppelung der N-Gaben auch den Ertrag verdoppelte, dass aber die dreifache Gabe den Ertrag nicht mehr um die gleiche Menge steigerte. Die Diagramme deuten deutlich darauf hin, dass die Wirkung von grösseren Gaben länger dauert, und vielleicht auch, dass bei grossen N-Gaben der Phosphormangel ebenso zum Vorschein kommt.

Da sich der Preis dieser Düngemittel je Kilogramm N wie 1.0:1.9:2.3 (H:AS:Komb.) verhält, ist zu erkennen, dass der Harnstoff stets das ökonomisch günstigste Resultat ergeben hat, dass aber auch selbst im ungünstigsten Fall (Komb. 240) der Wert des Mehrertrags 1.5mal so gross wie die Kosten gewesen ist. Das beste ökonomische Resultat wurde mit einer Harnstoffgabe von 160 kg N pro ha erreicht. Mit Ammonsulfat erzielten die Gaben 80 und 160 kg N gleiche Resultate, mit kombiniertem Düngemittel war die Gabe von 80 kg die vorteilhafteste. Weil die Wirkung von grösseren Gaben wahrscheinlich länger dauert, kann die weitere Wirkung noch die bisherige ökonomische Resultate ändern. Die Jahresringdiagramme zeigen deutlich, dass die Wirkung von dem NPK-Düngemittel in diesem Versuch länger dauern wird als dieselbe von Stickstoff allein. — Es ist die Auffassung des Verfassers, dass Harnstoff das vorteilhafteste Stickstoffdüngemittel ist. Sein Gebrauch kann aber, wie früher gesagt, oft Schwierigkeiten hervorrufen.

Bei einem Versuch in einem 100jährigen Fichtenbestand wurde pro ha folgendermassen Harnstoff gegeben: 80 kg N jedes zweite Jahr, 160 kg am Anfang + 80 kg im fünften Jahre,



Jahresringdiagramme des N-Arten und -Gaben Versuchs

und 240 kg am Anfang. Der Ertrag unter 6 Jahren betrug (m³/ha/J.):

Kontrolle	80+80+80 N	160+80 N	240 N
6.6	8.2	8.3	7.8

Die Wirkung der Düngung war im letzten Versuchsjahr in jedem Falle annähernd gleich gross. Die grösste Einmalgabe war also wirtschaftlich deutlich am ungünstigsten, die kleinste möglicherweise am vorteilhaftesten.

Die Wirkung einer Stickstoffgabe von 80–90 kg/ha hält 5–7 Jahre an. Die wirtschaftlichste Zwischenzeit bis zur Erneuerung der Düngung hat sich noch nicht herausgestellt, aber offenbar

liegt sie nicht unter 5 Jahren. Je grösser die Einmalgaben sind, desto länger dürfen offenbar die Zwischenzeiten sein, zu denen man gelangen kann. Phosphor verbindet sich fest mit den Eisen- und Aluminium-Kolloiden des Bodens und seine Auswaschung von Mineralböden ist wahrscheinlich gering. Über Erneuerungsbedarf von P-Düngung haben wir noch keine Erfahrung.

Unsere Versuche mit grösseren N-Gaben als 100 kg/ha sind vorläufig von zu kurzer Dauer für eine Bestimmung der wirtschaftlich günstigsten jeweiligen Gabe. Gegenwärtig empfehlen wir für die Forstwirtschaft als Einmalgabe 150 kg/ha und eine Erneuerung der Düngung mit gleicher Menge nach 6–8 Jahren.

WIRTSCHAFTLICHKEIT DER DÜNGUNG

Erst in den letzten Jahren hat das Schrifttum über Düngung auch in Wirtschaftlichkeitsfragen Stellung genommen. Im Zusammenhang mit der Versuchstätigkeit Finnlands ist sehr deutlich geworden, dass bei Jungwüchsen und meistens auch im Stangenholzalter das Errechnen der Rentabilität der Düngung in Ermangelung von Versuchen von hinreichend langer Dauer vorläufig unmöglich ist. Je länger die Dauer der verfügbaren Versuche ist, desto zuverlässiger sind in jeder Hinsicht die Ergebnisse.

Die Betrachtung der Wirtschaftlichkeit der Walddüngung ist nicht einfach, es spielen so manche unbekannte Faktoren mit. Richtungsgebende Resultate können jedoch ziemlich leicht erreicht werden. Die Zunahme des Fellenwertes des Bestandes, ΔD , kann nach folgendem Formel gerechnet werden (K e i p i und K e k k o n e n 1970):

$$\Delta D = V_D P_D - V_0 P_0$$

Hierbei ist V_D der Volumenzuwachs auf der gedüngten Fläche und P_D der entsprechende Einheitspreis. V_0 und P_0 sind die entsprechenden Grössen auf der ungedüngten Fläche. (Es wird hier angenommen, dass der Bestand bei der Überprüfung gefällt wird.) Wenn der Wert der mit Düngung produzierten Holzware bekannt

ist, kann man leicht eine orientierende Schätzung des Rentabilitätsprozents p machen:

$$K \cdot i^n = \Delta D,$$

wobei K die Düngungskosten, n die Anzahl von Jahren von Düngung bis zur Überprüfung, und

$$i = 1 + \frac{p}{100} \text{ ist.}$$

Nach den dargestellten Formeln wirkt die Zeit, für die der Zins zu berechnen ist, sehr stark auf die Wirtschaftlichkeit der Düngung ein. Daher wäre die Düngung so zu planen, dass nach mässig kurzer Zeit eine den Kosten entsprechende, durch den Einfluss der Düngung gewachsene Menge an Holzware gefällt werden kann. Berechnet man für die Düngungskosten den Zinseszins nach internationaler Gepflogenheit mit 4 %, so betragen sie das 3.2-fache nach 30 Jahren, wenn der gedüngte Anwuchs frühestens Hiebseinkünfte abwerfen kann. In einem ausgewaschenen Bestand dagegen kann eine den Düngungskosten entsprechende Holzmenge geerntet werden z.B. wenn die Düngewirkung beendet ist. Die Berücksichtigung der Zinsen bei den Überprüfungen ist notwendig, um die gegenseitige Wirtschaftlichkeitsreihenfolge der verschiedenen Massnahmen, also z.B.

der Düngung bei Beständen verschiedenen Alters, miteinander vergleichen zu können. Der Schwerpunkt der Tätigkeit ist dorthin zu verlegen, wo bei der Investierung der grösste Nutzen gewonnen werden kann.

Der Wert der Holzware, der durch Düngung erzeugt wird, nicht die relative Ertragssteigerung, ist in Wirtschaftswäldern das zuverlässigste Kriterium für die Empfehlenswürdigkeit der Düngung. Man hat sich daran zu erinnern, dass die Düngung kein Selbstzweck, sondern eine wirtschaftliche Massnahme ist. — Die Düngung von Park- oder Schutzwäldern ist keine wirtschaftliche Massnahme; sie steht ausserhalb dieses Artikels.

Wir haben früher versucht, die Reaktion des Bestandes auf die Düngung gleichzeitig in seinen verschiedenen Entwicklungsphasen zu ermitteln (V i r o 1967). Naturgemäss nimmt der jährliche Ertrag des Bestandes mit dem Alter zu, erreicht zu seiner Zeit das Maximum und beginnt sich danach zu vermindern. Nach den Versuchen steigert die gleiche Menge an Düngemitteln den Ertrag um so mehr, je hochwüchsiger der Bestand ist, jedenfalls bis zum Kulminationspunkt des Ertrags. Zugleich steigt fortgesetzt der Einheitspreis der Holzware, und dadurch verändert sich der Geldertrag steil mit der Entwicklungsphase des Bestandes. In ausgewachsenen Beständen kann man die Reaktion des Bestandes auf die Düngung zuverlässiger nach dem heutigen Ertrag vorgeifen (V i r o 1968).

Da sich bei den Mineralböden Finnlands die Stickstoffdüngung bei Versuchen von kurzer Dauer als am wichtigsten erwiesen hat, ist oben bei jedem Beispiel das Rentabilitätsprozent der Stickstoffdüngung dargestellt. Die Berechnungen sind auf der Grundlage ausgeführt worden, dass im Überprüfungsaugenblick die durch die Düngung erzeugte zusätzliche Holzmenge abgetrie-

ben und ihr Preis nach den südfinnischen Einheitspreisen dieses Augenblickes notiert worden wäre. Die angeführten Wirtschaftlichkeitszahlen sind als grobe Annäherungen, und die Beispiele keineswegs als Durchschnittsflächen zu betrachten. Sie deuten aber jedenfalls darauf hin, dass eine richtige Walddüngung recht lohnend sein kann.

Bei Betrachtung der dargestellten Beispiele ist zu erkennen, dass bei den jungen Beständen das Rentabilitätsprozent trotz der ziemlich grossen Zunahme des Ertrags niedrig, bei den ausgewachsenen Beständen auch bei einer ziemlich geringen Zunahme recht hoch sein kann. Als allgemeine Regel kann man sagen, dass Düngung frühestens dann empfohlen werden kann, wenn dem Bestand nach 10 Jahren bei waldbaulicher Niederdurchforstung soviel Holzware entnommen werden kann, dass ihr Wert die Düngungskosten bei angemessenem Zins decken kann. Das Durchforstungsholz hat dann vollwertiges Papier- und Sägeholz zu sein.

Das beste ökonomische Resultat erzielt man gewöhnlich auf Moränenböden, deren natürliche Fruchtbarkeit noch nicht sehr hoch ist und für die eine Stickstoffdüngung allein genügt.

Der relative Wert der Wälder ist in Finnland viel grösser als in meisten anderen Ländern. Ein erheblicher Teil des Nationaleinkommens ist von dem Ertrag der Wälder abhängig, und vom Wert des Exports stammen ca. 50 % aus den Wäldern. Der Hiebsatz überschreitet schon jetzt den Ertrag. Die Vermehrung des Ertrags ist in Finnland also eine unbedingte Notwendigkeit. Die Walddüngung ist als eine der wichtigsten Massnahmen der Ertragssteigerung erkannt worden und dafür ist auch die Ermittlung der Wirtschaftlichkeit der Düngung äusserst wichtig.

VERSUCHSTÄTIGKEIT

Bei der Versuchsarbeit werden mancherlei Methoden benutzt. Als am empfehlenswertesten haben wir die Anwendung von Versuchsanordnungen angesehen, die sich auf statistische Mathematik gründen; diese Verfahren sind ja

ursprünglich namentlich für Düngungsversuche entwickelt worden. Einer der wichtigsten Vorteile dieser Methoden ist, dass sie mit den geringsten Kosten schnellste zuverlässige Ergebnisse erzielen.

Für Pilot-Versuche benutzen wir oft kleine Probeflächen – ja sogar mit nur einem Baum. Dann können wir in einem ziemlich kleinen Bestand eine grosse Menge Versuchsflächen einbeziehen, die viele Düngemittel und Gaben umfassen. Die besten Kombinationen werden dann auf grösseren Arealen getestet.

Der Zuwachs wird oft durch aufeinanderfolgende Gürtelmessungen festgestellt. Auch der jährliche Dickenzuwachs lässt sich so, ohne den Baum zu beschädigen, mit hinreichender Genauigkeit messen. In Laubwäldern werden beinahe ausnahmslos Gürtelmessungen benutzt.

Der Düngungsbedarf des Waldes wird oft mit Hilfe der Nadelanalyse ermittelt. In Finnland ist sie jedoch nicht von gleich grossem Nutzen

wie in Mitteleuropa gewesen, denn der Nährstoffgehalt der Nadeln hat allgemein weit über der Mangelgrenze gelegen. Eine schon vor 50 Jahren ausgeführte Untersuchung (Valmari 1921) hat erwiesen, dass die Fruchtbarkeit des Standortes am engsten mit dem Stickstoffvorrat des Waldbodens zusammenhängt. Mit Phosphor und Kali haben schlechte Korrelationen bestanden.

Die Unterschiede in den Grundfaktoren der Fruchtbarkeit (Felsgrund, Bodenart, Klima) führen dazu, dass die in anderen Ländern erhaltenen Resultate nicht ohne eigene Versuche in die Praxis aufgenommen werden dürften. Wegen der enormen Variation dieser Faktoren ist eine vielseitige Versuchstätigkeit immer notwendig.

LITERATURVERZEICHNIS

- KEIPI, K. & KEKKONEN, O. 1970. Calculations concerning the profitability of forest fertilization. *Folia Forestalia* 84.
- MÄLKÖNEN, E. 1971. Fertilizer treatment and seed crop of *Picea Abies*. *Comm. Inst. For. Fenn.* 73.4.
- VALMARI, J. 1921. Beiträge zur chemischen Bodenanalyse. *Acta For. Fenn.* 20.4.
- VIRO, P.J. 1955. Investigations on forest litter. *Comm. Inst. For. Fenn.* 45.6.
- VIRO, P.J. 1958. Forest fertilization trials. *Metsätal. Aikak.*
- VIRO, P.J. 1959. Estimation of effect of fertilization from needle colour. *Oikos* 10, 2, pp. 183–189.
- VIRO, P.J. 1965. Estimation of the effect of forest fertilization. *Comm. Inst. For. Fenn.* 59.3.
- VIRO, P.J. 1966a. Manuring of young plantations. *Ibid.* 61.4.
- VIRO, P.J. 1966b. Profitability of forest fertilization. *Kansallis-Osake-Pankki. Economic Revue.*
- VIRO, P.J. 1967a. Forest manuring on mineral soils. *Det norske Skogforsøksvesen*, Nr. 85, XXIII, pp. 111–136.
- VIRO, P.J. 1967b. One-tree plots in manuring mature stands. XIV IUFRO-Kongress IV, pp. 597–607.
- VIRO, P.J. 1968. Finnische Düngungsversuche auf Mineralböden. *Wiss. Z. Techn. Univers. Dresden* 17 H. 1, S. 245–248.
- VIRO, P.J. 1969. Economics of fertilization in private forestry. 3rd Int. Congress on Forest Yield, Praha.
- VIRO, P.J. 1970. Time and effect of forest fertilization. *Comm. Inst. For. Fenn.* 70.5.
- VUOKILA, YRJÖ. 1971. Thinning models for natural pine and spruce stands in Finland. *Folia Forestalia* 99.

- No 126 Matti Palo: Valtion metsäteollisuus- ja metsätalousyritysten 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: Havusahatukkién 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 tukkimiehentäin (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 ilmakuva- 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: Metsätilanomistajat 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 137 Eino Mälkönen: Näkökohtia metsämaan muokkauksesta.
Some aspects concerning cultivation of forest soil. 1,50

Myynti — Available for sale at: Valtion painatuskeskus, Annankatu 44, Helsinki 10, p. 645 121
Merkintä O D C tarkoittaa metsäkirjallisuuden kansainvälistä Oxford-luokitusjärjestelmää