METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN
JULKAISUJA

COMMUNICATIONES
INSTITUTI FORESTALIS FENNIAE

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

42

HELSINKI 1955

METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN
JULKAISUJA

COMMUNICATIONES
INSTITUTI FORESTALIS FENNIAE

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

42

HELSINKI 1955

Helsinki 1955. Valtioneuvoston kirjapaino

COMMUNICATIONES
INSTITUTI FORESTALIS FENNIAE
42

42. 1 Viro, P. J. Loss of nutrients and the natural nutrient balance of the soil in Finland ..... 1—45
Selostus: Ravinteitten huuhtoutuminen ja maan luontainen ravinnetase Suomessa ..... 46—50

42. 2 Huikari, Olavi, Tutkimuksia ojituksen ja tuhkalannoituksen vaikutuksesta eräiden soiden pieneliöstöön ..... 1—16
Summari in English: Studies on the effect of drainage and ash fertilization upon the microbes of some swamps ..... 17—18

42. 3 Saarnijoki, Sakari: Über ein Gruppenvorkommen von Trauerfichten, Picea abies (L.) H. Karst. f. pendula Jacq. & Hérincq 1—41
Selostus: Havaintoja eräästä surukuusi- (Picea abies (L.) H. Karst. f. pendula Jacq. & Hérincq) esiintymästä 42

42. 4 Rummukainen, Ukko: Eräiden kuusenkäpytuholaisten esiintymisestä eri leveysasteilla ..... 1—19
Deutsches Referat: Über das auftreten einiger Zapfenschädlinge der Fichte auf verschiedenen geographischen Breiten in Finnland .... 20—21

42. 5 Huikari, Olavi: Experiments on the effect of anaerobic media upon birch, pine and spruce seedlings ..... 1—12
Suomenkielinen selostus: Kokeita kasvualustan anaerobisuuden vaikutuksesta koivun, männyn ja kuusen taimiin ..... 12—13

42. 6 Mikola, Peitsa: Alustavia tutkimuksia metsähumuksen katalaasi-vaikutuksesta ..... 1—19
Summary in English: Preliminary studies on the catalytic power of forest humus ..... 20—21

42. 7 Mikola, Peitsa: Metsämaan kantasienien kyvystä hajoittaa neulas- ja lehtikarikkeita ..... 1—15
Summary in English: Experiments on the ability of forest soil Basidiomycetes to decompose litter material ..... 16—17

42. 8 Aro, Paavo ja Turja, Matti: Uittohäviöön vaikuttavat tekijät. Kirjallisuustutkimus ..... 1—86
Summary: Factors influencing loss during floating. Study of literature 87—92

LOSS OF NUTRIENTS AND THE NATURAL NUTRIENT BALANCE OF THE SOIL IN FINLAND

BY

P. J. VIRO

RAVINTEITTEN HUUHTOUTUMINEN JA
MAAN LUONTAINEN RAVINNETASE SUOMESSA

HELSINKI 1953

Helsinki 1953. Valtioneuvoston kirjapaino

Contents

Page

Introduction 5

Material and methods 6

Area studied 6

Location and normal water conditions 6

Water conditions in the year studied 9

Parent rock 9

Soils 10

Methods of investigation 11

Sampling 11

Analysis 12

Riverwater 12

Solid content 12

Comparison of basins 12

Periodicity of the solid content 17

Conclusions 19

Effect of soil 19

Effect of bedrock 20

Water analyses elsewhere 21

Discussion 23

Total solids 25

Division of Finland into river groups 25

Total solids carried 26

Periodicity of the total solids carried 31

Leaching 32

Reliability of the results 34

Rainwater 35

Origin of the solids 35

Solid content in rainwater 35

Rainwater analyses elsewhere 38

Total solids carried by precipitation 39

Discussion 40

Natural nutrient balance of the soil in Finland 41

Literature cited 43

Suomenkielinen selostus 46

Table 9 51

Introduction

When the question of soil fertility is discussed, the stability of the fertility must also be considered. The fertility of the soil is highly dependent on the mineral nutrients, which are present in the bedrock in very insoluble form. When the rock is weathered, the nutrients gradually become soluble. The dissolved matter is removed from the soil mainly by two processes: 1. Plants take nutrients from the soil. A part of these nutrients is returned to the soil in litter, but a part is carried from cultivated soils in the harvest, and from forest soils in the cut timber. 2. Dissolved matter is carried by water into rivers, which carry it into the sea. The rivers also carry matter in suspended and colloidal form.

The amount of nutrients removed from the soil in the harvest or cut timber can be calculated with considerable accuracy on the basis of present knowledge. The amount of nutrients carried from the soil by rivers or wind has been studied very much, especially in the USA, but there is little information concerning erosion in Finland. The amount of nutrients lost by erosion is partly replaced by the nutrients carried into the soil by precipitation. The question of the amounts of incoming nutrients has not been discussed at all in Finland. The purpose of this paper is, therefore, to study both these problems, the amounts of nutrients removed from the soil and carried into the soil, and thus to throw light on the natural nutrient balance of the soil in Finland.

* *
*

This investigation was made possible by the kindness of the directives of some hydro-electric plants. It is my pleasant duty to thank the engineers in charge of the hydro-electric plants of Imatra, Ahvenkoski, Harjavalta, Merikoski, and Isohaara, who kindly organised the sampling of riverwater. Sampling of snow was carefully performed by Mr. H. Tulkki.

My senior colleague, Professor V. T. Aaltonen, has read the manuscript and given many valuable suggestions, for which I proffer my best thanks.

Dr. A. Sirén, of the Hydrographical Bureau, has in many ways facilitated this study. In the laboratory work I have been assisted by Mrs. Laila Savolainen and Mr. Olli Halonen. Mrs. Jean

M. Perttunen, B. Sc. (Bristol), has corrected the translation into English and made a number of valuable suggestions regarding the language. My thanks are due to all of them, and to many others whose advice and help I have received.

Material and methods

Area studied

Location and normal water conditions

The investigation has been carried out on the five largest river systems of Finland. Together they represent 59.3 % of the total area of Finland. The river systems and sampling points were as follows:

Vuoksi system—Imatra,
Kymijoki system—Ahvenkoski,
Kokemäenjoki system—Harjavalta,
Oulujoki system—Merikoski,
Kemijoki system—Isohaara.

The map in fig. 1 shows the river systems and the sampling points. The riverwater sampling points are marked with a closed circle, the snow sampling points with an open one. In the map and in some tables the following abbreviations are used: V = Vuoksi, Ky = Kymijoki, Ko = Kokemäenjoki, O = Oulujoki, Ke = Kemijoki.

It is to be seen in table 1 that the normal annual precipitation is about the same in the four first-named basins, 565 to 577 mm. In the Kemijoki basin it is considerably lower, 456 mm. The difference between precipitation and discharge gives the amount of evaporation. Of the four basins where precipitation is about the same, the evaporation is greatest in the Kokemäenjoki and Kymijoki basins, 54 and 53 % respectively, and smallest in the Oulujoki basin, 35 %. In the Vuoksi basin it is 45 %. Evaporation is smallest in the Kemijoki basin, 28 %.

In considering the discharge from different rivers, attention is drawn to the very even values in the Vuoksi as well as to the very great variation in the Kemijoki. In the Vuoksi the normal discharge does not in any month deviate by 10 % from the mean monthly value. In the Kemijoki, on the other hand, in some months it is only 29 %, in others more than 300 % of the mean. This great contrast between these rivers is due to the fact that in the Vuoksi system there are many lakes which form a water reservoir (18.9 %), in the Kemijoki system only 3.0 %. Thus in the Kemijoki system short heavy rains may cause large variations in discharge. In the Kymijoki the normal discharge is fairly even, in the Kokemäenjoki the

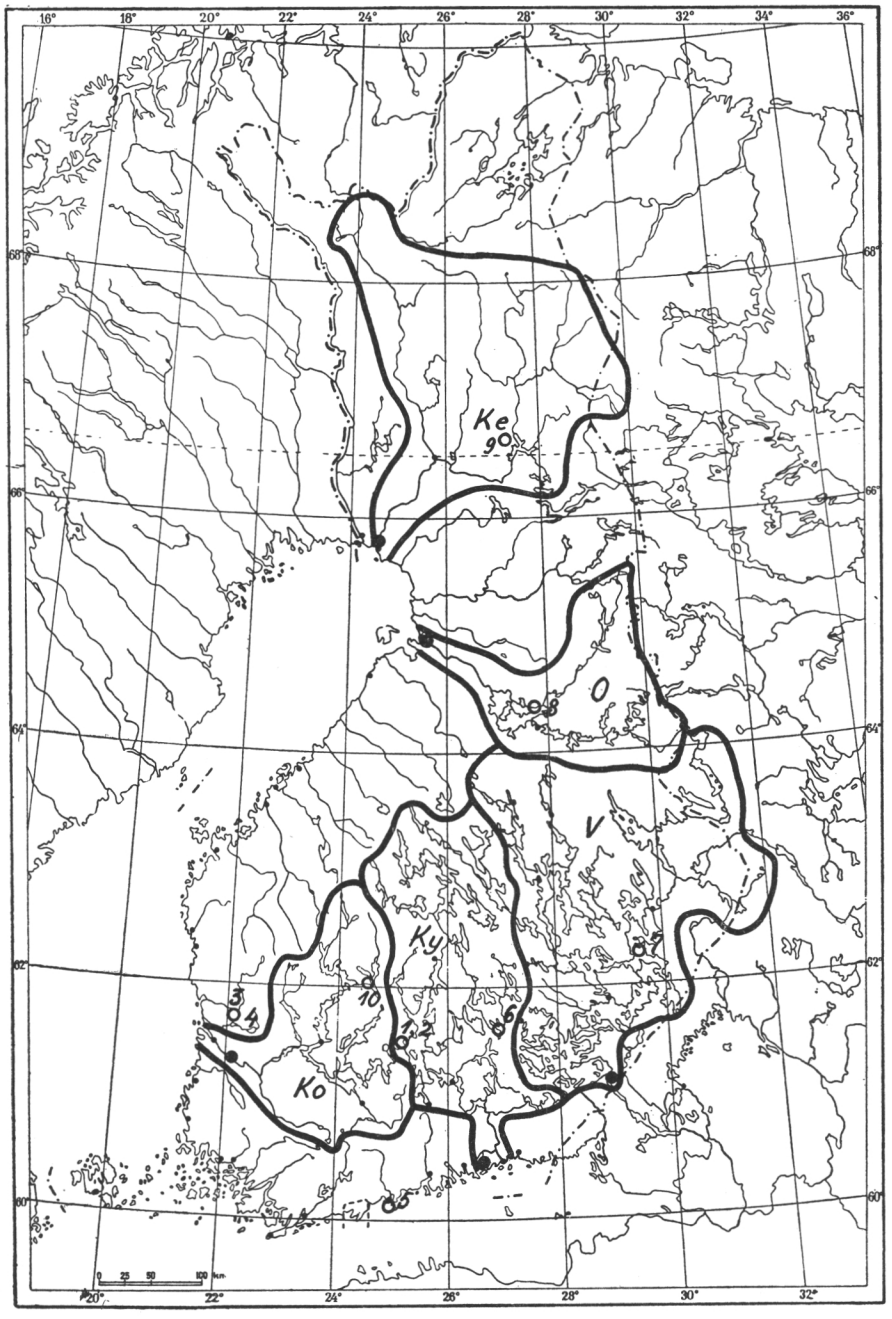


Fig. 1. River systems and sampling points.
Kuva 1. Vesistöalueet ja näytteenottopaikat.

Table 1. Precipitation (P) and discharge (A).

Taul. 1. Sademäärä (P) ja purkautumiskorkeus (A).

		Month — *Kuukausi*												Total	A : P
		III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II		
		mm.													
Vuoksi basin	P normal	27	31	42	66	61	69	73	60	48	37	33	27	574	0.55
Vuoksen vesistöalue	P 1950—51	37	49	46	66	68	32	64	63	74	41	38	32	610	0.53
	A normal	25	24	26	26	28	28	26	26	26	27	27	24	313	
	A 1950—51	29	28	28	23	24	26	26	28	28	27	28	25	320	
Kymijoki basin	P normal	26	31	43	60	64	71	72	61	49	37	33	26	573	0.47
Kymijoen vesistöalue	P 1950—51	32	65	53	61	69	31	79	61	68	57	40	33	649	0.35
	A normal	19	20	26	28	27	24	20	20	20	22	22	19	267	
	A 1950—51	15	20	25	24	21	18	14	15	15	20	21	19	227	
Kokemäenjoki basin	P normal	26	32	43	54	66	72	70	62	50	40	35	27	577	0.46
Kokemäenjoen vesistöalue	P 1950—51	36	85	43	42	62	40	97	72	76	61	38	33	685	0.38
	A normal	17	27	33	28	22	18	16	19	24	24	21	17	266	
	A 1950—51	16	39	33	22	15	10	10	15	22	31	23	21	257	
Oulujoki basin	P normal	26	32	42	69	68	71	64	54	48	34	31	26	565	0.65
Oulujoen vesistöalue	P 1950—51	40	71	43	76	66	32	58	55	65	41	26	25	598	0.60
	A normal	17	15	35	55	49	36	27	28	30	30	25	19	366	
	A 1950—51	23	29	57	42	45	31	21	17	17	25	26	28	361	
Kemijoki basin	P normal	19	24	31	53	61	63	53	43	38	27	23	21	456	0.72
Kemijoen vesistöalue	P 1950—51	25	65	24	51	42	26	56	51	33	36	25	15	449	0.66
	A normal	8	12	84	64	28	23	25	29	23	15	11	8	330	
	A 1950—51	9	30	110	33	21	12	11	25	15	12	9	8	295	

variations are much bigger and still bigger in the Oulujoki, but even these are smaller by far than in the Kemijoki.

Water conditions in the year studied

The precipitation and discharge in the year studied are also presented in table 1. The figures are by courtesy of the Hydrographical Bureau. The mean figures in the table are from the 13th Yearbook of the Hydrographical Bureau. They are means from the years 1910—1940.

It is seen in the table that the year studied differs to some extent from the average. The total annual precipitation is in general higher than the mean, especially in the Kokemäenjoki basin (20 %). In the Kemijoki basin the precipitation is about normal. Inspection of the monthly precipitation shows that April was very rainy, there being even 250 % of the normal April precipitation. From May to July and in September the precipitation was about normal. In August it rained very little, in general 40 to 50 % of the normal. November and December, again, were rainy, except in the Kemijoki basin in November. In January and February the precipitation was in general somewhat higher than normal, excepting for the Oulujoki basin, and the Kemijoki basin in February.

When examining the monthly discharge it is seen that the values vary from the mean somewhat differently in the different river systems. On the average, the values from June to December have been smaller than normal (4 to 30 %), the January value has been about normal, whereas the values for February to May have been greater than normal (6—60 %). The annual discharge was in general slightly smaller, only in the Vuoksi a little above normal.

Parent rock

The bedrock of Finland consists to a very great extent of granite or of granitic rocks, though a certain local differentiation can be observed. According to Sederholm (1925), the various rock types are present in the following proportions:

granitic rocks and migmatites	74.3 %
granulites	4.0 »
quartzites and sandstones	4.3 »
schists	9.1 »
basic rocks	8.2 »
limestones and dolomites	0.1 »

In the present study the bedrock of each river basin cannot be discussed in detail. More knowledge is obtainable from the texts accompanying the

geological maps edited by the Geological Commission. Only a general survey of the occurrence of some rock groups is given here. (The information was obtained by measuring the area of the rock group from the geological map of Finland.)

	basic rocks	schists	quartzites and sandstones	others
Vuoksi basin	1.6 %	14.4 %	5.5 %	78.5 %
Kymijoki basin	2.4 »	2.2 »	0.8 »	94.6 »
Kokemäenjoki basin	4.0 »	3.1 »	5.6 »	87.3 »
Oulujoki basin	15.6 »	10.1 »	9.4 »	64.9 »
Kemijoki basin	20.5 »	6.0 »	13.3 »	60.2 »

Of these the basic rocks are usually considered to be the most easily weathered; the Kemijoki and Oulujoki basins are richest in them. Schists are also considered to be fairly easily weathered; their occurrence is greatest in the Vuoksi and Oulujoki basins. The Kymijoki basin is poorest in the more easily weathered rocks.

The Vuoksi and Kemijoki basins are richest in limestones and dolomites. These rocks occur to some extent in the Oulujoki basin too, but are rare in the Kokemäenjoki basin and especially in the Kymijoki basin.

Soils

As will be explained later, in this study it is most important to know the extent of cultivated fields and clay soils in each river area. Information on the distribution of different soils has been published separately for cultivated and forest land. Data are not available on either of these points for river basins, but the amount and distribution of cultivated fields on different soils in each river basin can be re-calculated accurately enough. These figures are presented in the following table. (The data are based upon the agricultural investigation of 1951.) The proportion of swamps after Ilvessalo (1942) is also given in the table.

	total cultivated fields	cultivated clay soils	swamps
	% of total river basin		
Vuoksi basin	4.8	0.80	20.2
Kymijoki basin	8.1	2.41	20.1
Kokemäenjoki basin	16.3	6.82	18.5
Oulujoki basin	1.6	0.17	43.2
Kemijoki basin	0.6	0.06	37.4

The total cultivated fields and cultivated clay soils follow the same order in these river basins. The proportion of both is greatest in the Kokemäenjoki basin. The percentage of swamps is about the same in all the river

basins of South Finland, about 20 %; in North Finland the percentage is about double this value.

The data on forest soils are given according to soil formation areas by Aaltonen (1941 a). Broadly, his area 1 comprises the Kemijoki basin, area 2 the Oulujoki basin, and areas 3 + 4 the Kokemäenjoki, Kymijoki, and Vuoksi basins. The proportion of fine soils in these areas was:

	area 1	area 2	areas 3 + 4
clayey moraine	1.8 %	6.7 %	6.3 %
clay and loam soils	3.1 »	3.1 »	4.5 »

Since then, all these figures have been diminished to a great extent because of settlement. Here again the figures for the Kemijoki basin are the smallest; the others are of the same order of magnitude.

Methods of investigation

Sampling

The samples for riverwater analyses were taken in every river just below the last hydro-electric plant. They were taken as near the sea as possible since the solid content varies at different points of the same river system (*e. g.* Holmberg, 1935 and Rawson, 1951) and the total solids carried into the sea, *i. e.* leached from the soil, were to be investigated. Seeing that the solid content also varies according to the sampling depth (cf. p. 23), the samples were taken below a hydro-electric plant where the water had been thoroughly mixed in the turbines of the plant. The samples were taken once a month, in the middle of the month, and were always taken by the same persons. The first samples were taken in March, 1950, the last in February, 1951. Furthermore, samples were taken in February, 1953 also, for check analysis, and for the determining of sodium, which was not determined earlier. Wooden boxes holding two 2.5 liter bottles were prepared for the samples. It was found safest to use two bottles because sometimes one of the bottles was broken. Analyses were then made with slightly smaller amounts. In February, both the Kokemäenjoki bottles were broken; the solid content has been estimated from the values for the adjoining months.

The samples for rainwater analyses were generally taken from the interior of the country, from places where there were no factories or settled areas in the vicinity. One sample was also taken near the city of Helsinki, south of the city, after a southern snowfall. Samples were always taken at least one kilometer from the nearest house or forest. The effect of residences has been established in several investigations, and C. O. Tamm (1951)

has found that some matter is dissolved from trees into rainwater. Also on account of the litter falling from the trees, samples must be taken from an open area. For a reason discussed later, rainwater samples were always taken in the winter, half of them in 1952, half in 1953.

Analysis

For an analysis of riverwater, 1 liter of water was evaporated using an apparatus described by Lohammar (1938). From the residue the total amounts of organic (= loss on ignition) and inorganic (= residue on ignition) matter were determined. From the latter, SiO_2, R_2O_3 (= Al_2O_3 + Fe_2O_3), Ca, and Mg (in 1953 also K and Na) were analysed. From another 1.5 liter sample K, P, and SO_4 were determined. Cl was determined titrimetrically from a 300 ml. sample, and total nitrogen also from a 300 ml. sample; it was digested by the Kjeldahl method and determined with Nessler's reagent. The results were calculated as mg. per liter (= p. p. m.). Analyses were carried out by modifications of the usual methods of this laboratory (Viro, 1951). The total solids in the water were determined, *i. e.* the dissolved, colloidal, and suspended components were not separated. In 1953 the determination of cations was carried out using a Beckman spectrophotometer.

When nitrogen is determined with Nessler's reagent, the solution is often opalescent, probably owing to partial precipitation of the mercury salt. This can be precluded by adding to the solution a small quantity of some protective colloid. Here 1 ml. of ½ % gelatine solution was used. This partial precipitation is probably caused by small impurities in graduated flasks, seeing that it can be avoided if the flasks are treated with hot steam. However, since several chemists, for example in England, do not agree to the heating of graduated flasks, the use of protective colloids can be recommended.

When analysing the rainwater, the same methods were used but the analyses were carried out on much larger quantities of water, the quantity varying from 5 to 9 litres.

Riverwater

Solid content in water

Comparison of basins

Table 9 on p. 51 gives the solid content in the water in every month. To facilitate the comparison, in table 2 the annual and seasonal means for each river system are given. From these figures it can be seen that the content of both organic and inorganic matter is greatest in the

Table 2. Solid content in riverwater.
Taul. 2. Jokiveden ainepitoisuudet.

River system *Vesistö*	Month *Kuuk.*	Org.	Inorg. *Epäorg.*	SiO_2	R_2O_3	Ca	Mg	K	P	SO_4	Cl	N
		mg./l.										
V	I—XII	22.0	18.2	3.2	1.0	3.8	1.22	1.68	0.093	5.58	1.53	0.70
	I—III	21.8	17.3	3.1	0.8	3.8	1.02	0.83	0.050	5.54	1.22	0.84
	IV—VI	20.7	18.1	3.6	1.1	3.9	1.35	1.08	0.067	5.17	1.81	0.60
	VII—IX	22.7	18.4	3.0	1.2	3.9	1.23	1.66	0.090	5.36	1.46	0.70
	X—XII	22.5	19.0	3.1	1.0	3.6	1.29	3.16	0.168	6.26	1.64	0.67
Ky	I—XII	31.7	29.8	7.7	2.4	4.9	1.64	1.84	0.123	7.00	2.82	0.74
	I—III	31.8	23.3	3.9	0.9	4.9	1.34	1.19	0.178	6.77	2.74	0.81
	IV—VI	30.5	34.2	11.0	3.3	4.6	1.78	1.80	0.106	6.15	2.92	0.62
	VII—IX	30.5	24.5	5.1	1.5	4.7	1.46	1.77	0.090	6.72	2.60	0.78
	X—XII	34.3	37.1	10.8	3.7	5.2	1.97	2.60	0.118	8.38	3.01	0.77
Ko	I—XII	42.7	54.6	15.1	4.8	6.4	2.67	2.75	0.122	12.19	4.17	0.74
	I—III	43.6	44.3	8.6	3.1	6.4	2.18	1.00	0.080	12.46	3.87	0.85
	IV—VI	40.0	63.7	24.0	6.9	5.7	2.89	3.29	0.124	10.15	4.25	0.64
	VII—IX	42.8	42.4	5.2	2.3	6.7	2.26	2.99	0.129	13.36	4.18	0.76
	X—XII	44.4	68.2	22.7	7.0	6.8	3.32	3.71	0.156	12.79	4.37	0.71
O	I—XII	26.3	19.1	7.0	1.5	2.8	0.91	1.27	0.109	3.89	0.81	0.67
	I—III	25.3	17.3	5.5	1.2	2.6	0.71	0.87	0.102	4.28	0.69	0.71
	IV—VI	27.6	23.6	11.1	2.2	2.7	1.11	0.80	0.058	2.74	0.95	0.56
	VII—IX	26.8	17.0	5.2	1.5	2.9	0.83	1.85	0.119	3.69	0.69	0.74
	X—XII	25.5	18.8	6.0	1.3	3.1	1.00	1.58	0.156	4.87	0.93	0.65
Ke	I—XII	21.1	27.5	10.2	1.3	5.0	1.28	1.10	0.084	4.00	1.19	0.69
	I—III	20.5	34.4	15.1	1.3	5.7	0.88	1.19	0.106	5.62	1.26	0.78
	IV—VI	20.8	23.5	9.1	1.4	4.1	1.27	1.11	0.060	3.00	1.30	0.49
	VII—IX	20.7	24.0	7.1	1.3	5.1	1.46	1.30	0.102	3.16	0.81	0.76
	X—XII	22.4	28.1	9.6	1.3	5.2	1.52	0.78	0.070	4.23	1.40	0.74
South Finland *Etelä-Suomi*		26.9	24.0	5.5	1.7	4.4	1.43	1.76	0.108	6.29	2.18	0.72
North Finland *Pohjois-Suomi*		23.7	22.4	8.6	1.4	3.9	1.10	1.19	0.097	3.95	1.00	0.68

Kokemäenjoki. The content of organic matter is smallest in the Kemijoki, that of inorganic matter in the Vuoksi. By far the smallest total residue on evaporation is found in the Vuoksi. This may be due to the large percentage of lakes in this system. For example, Eriksson (1929) and Rawson (1951) have found that the content of dissolved matter is usually diminished in lakes, and this may be even more true regarding the suspension.

Both the maxima and the minima of the organic and inorganic matter coincide almost without exception. When the content of inorganic matter is considerably higher than the mean, the content of silica and often also of sesquioxides is high. This shows that the highest contents of inorganic matter are probably to a great extent due to matter in suspension. The content of magnesium varies in the Kokemäenjoki, Kymijoki and Oulu-

joki like that of the sesquioxides. This indicates that a part of the suspension probably consists of micas. It is well known that mica settles very slowly in running water. In the large lakes of the Vuoksi system it has obviously settled out. The bulk of the suspended matter in the Kemijoki seems to be of pure quartz.

When the figures for individual months are examined it is seen that:

Vuoksi basin: The variation of all values is very small, probably owing to the large basin where the suspended matter, especially, can settle. This is also probably why the silica content is lower than in the other rivers. Since the bedrock of Finland is mainly composed of granitic rocks, high contents of silica can be considered to show that there is suspension in the water. In April the silica content in the Vuoksi was somewhat greater than usual, at least part of it being in the form of suspended matter.

Kymijoki basin: There is no great variation in the content of organic matter. On the other hand, the content of inorganic matter varies to a considerable extent. This may be largely due to the content of suspension, seeing that the highest values coincide with the heaviest rains, and the silica content shows that the matter in suspension must be considerable. The content of sesquioxides varies as that of silica and the explanation is probably the same.

Kokemäenjoki basin: The solid content in the water varies as the discharge. The variation in the silica and sesquioxide content shows that of the matter carried by the abundant water (especially in May and December, less in October and November) quite a large percentage is in the form of suspension. In May and December the amount of suspension probably exceeds 50 %. As a rule, all the contents are very high, higher than in any other river here investigated. Of individual ions, the content of chloride and sulphate, especially, is striking. This may be to a great extent due to the fact that the river in its lower reaches traverses clay-soil plains. Thus, according to Holmberg (1935), the contents at different points of the Kokemäenjoki system vary as follows:

	suspended	dissolved	Cl
Näsijärvi	2.1 mg./l.	38.3 mg./l.	3.3 mg./l.
Rautavesi	5.2 »	48.6 »	3.6 »
Harjavalta	11.7 »	63.2 »	4.6 »
Pori	13.6 »	89.3 »	10.8 »

It is seen that the figures increase considerably towards the lower reaches, and in the clay-soil plain they are already much greater than in the morainic-soil area in the upper reaches. The increase in the content of suspended matter is especially remarkable. It has increased more than 6-fold, whereas the content of dissolved matter has only increased about 2-fold.

Table 3. Percentage composition of matter in riverwater and in bedrock.
Taul. 3. Jokivedessä olevan aineen ja peruskallion prosenttinen kokoomus.

River system *Vesistö*	SiO_2	R_2O_3	Ca	Mg	K	Na	SO_4	Cl	P	N
	% of inorganic — % *epäorgaanisesta*								% organ.	
Vuoksi	17.6	5.5	20.9	6.7	9.2	10.5	30.7	8.4	0.42	3.2
Kymijoki	25.8	8.1	16.4	5.5	6.2	5.1	23.5	9.5	0.39	2.3
Kokemäenjoki	27.7	8.8	11.8	4.9	5.0	5.7	22.4	7.6	0.29	1.7
Oulujoki	36.6	7.9	14.7	4.8	6.7	5.4	20.4	4.2	0.41	2.5
Kemijoki	39.8	5.1	19.5	5.0	4.3	5.5	15.6	4.6	0.40	3.3
Bedrock of Finland — *Suomen peruskallio* (Sederholm, 1925)										
	67.8	9.4	2.4	1.0	3.0	2.3	+	+	—	—

The sulphate content of Finnish rivers found by Witting (1914 b) was in general of the same order of magnitude as here. He also established that the sulphate content in the Kokemäenjoki is greater than in other Finnish rivers; however, the content found by him was much smaller than that found here. The high sulphate content of the present study may be partly due to the sulphuric acid factory at Harjavalta, which is in the vicinity of the sampling point. This factory has been established since Witting's investigation was completed.

Oulujoki basin: The content of organic matter is near the mean of the Finnish rivers studied, that of inorganic matter, on the other hand, much lower than the mean. The monthly variation is in general quite small; only in April does the content of suspension, caused by the flood, lead to some variation in the content of inorganic matter, silica, and sesquioxides.

Kemijoki basin: The content of organic matter is lower than in the other rivers, that of inorganic matter, of silica, and of lime, on the other hand, quite high, and second only to those of the Kokemäenjoki. The content of organic matter does not vary to any extent, whilst that of inorganic matter varies considerably. Estimated according to the silica content, the amount of suspension is greatest in winter and smallest in summer. A minimum is reached in July, after which the content increases continuously, with a maximum in February.

According to Eriksson (1929), the rivers of forest areas contain more chloride than sulphate, those of clay-soil plains more sulphate than chloride. The rivers of the present study are all chiefly in forest areas, and yet they contain more sulphate than chloride.

When the percentage composition of the inorganic matter is examined (table 3), quite remarkable differences between different rivers are observed. On average the silica and sulphate contents are highest. The total percentage of bases (Ca, Mg, K, and Na) is greatest in the Vuoksi, smallest in the Kokemäenjoki. Of the bases, calcium is the most abundant, the mutual order of other bases varying in the different rivers. Usually

potassium is present in larger amounts than magnesium; only in the Kemijoki is magnesium more plentiful. The sodium content takes second place in the Vuoksi and the Kokemäenjoki, and last place in the Kymijoki. On average the order of magnitude of cations is

$$Ca > Na > K > Mg.$$

The percentage of silica is smallest in the Vuoksi, greatest in the Kemijoki. The percentages of Cl and SO_4 are smallest in the Oulujoki and the Kemijoki, greatest in the Kymijoki and the Vuoksi. This may be largely due to paper mills, which, according to Sondén (1914), frequently increase the content of these ions in the water.

Table 3 also shows the percentages of phosphorus and nitrogen in the organic matter. According to Aschan (1932) and Gessner (1934 b), there is no free phosphate in the water, but it is all adsorbed onto humus. Therefore the phosphorus content is here calculated as a percentage of the organic matter. The nitrogen content of the organic matter varies greatly and inversely with the content of the latter. The percentage of phosphorus is about the same in all the rivers.

According to Rodhe (1949), also, the content of dissolved matter varies within quite large limits and the concentrations of the different ions vary independently of one another. As a rule, the order of magnitude is, however,

$$Ca > Mg > Na > K,$$

and usually the content of sulphate is greater than that of chloride. In the present study dissolved and suspended matter has not been separated and this is probably why the results differ of those of Rodhe. Another cause may be the difference in the composition of the bedrock.

Table 2 also shows the mean solid contents in the rivers of South and North Finland. The figures for South Finland are means of the Vuoksi and Kymijoki; the Kokemäenjoki is to some extent exceptional and is here omitted. It is seen that all the figures for South Finland are bigger than the corresponding figures for North Finland, silica alone constituting an exception; its content is considerably higher in North Finland. Evidently the rivers of South Finland contain more dissolved, and those of North Finland more suspended matter. The investigation of Witting (1914 b) also showed that there is more suspended matter in the rivers of North Finland, and more dissolved humus in the rivers of South Finland, but slightly more dissolved inorganic matter in the rivers of North Finland. The contents of calcium, sulphate, and chloride were about the same in South and North Finland. According to Lohammar (1938), the content of dissolved matter is in general greater in South Sweden than in North Sweden.

The content of sodium was, according to the sole analysis:

Vuoksi	1.91	mg./l.
Kymijoki	1.51	»
Kokemäenjoki	3.09	»
Oulujoki	1.03	»
Kemijoki	1.51	»

Periodicity of the solid content

One year is too short a period to establish the variation in the solid content in different seasons, especially when the dissolved and suspended matter has not been separated. Heavy rains, particularly, seem to be able to increase the content of suspended matter greatly and possibly also in other ways to change the normal solid content. If the observation period is too short, this will seriously interfere with the recognition of the normal periodicity. Fig. 2 shows the monthly variation of the contents of organic and inorganic matter in each river. The only similarity common to the rivers is that in April, at the beginning of the flood, the contents are high. Only the content of organic matter in the Vuoksi constitutes an exception here. These maxima of total solids coincide in the Kokemäenjoki with the biggest discharge; in the other rivers, although the discharge in April is large, the maximum is reached in May. In May the contents are near the mean or lower. The exceptionally high content of inorganic matter is mainly due to suspended matter carried into the rivers by the flood. Of the individual components, only the content of silica, sesquioxides, and chloride, and in some rivers that of magnesium, are appreciably higher in April. The values for the rest are somewhat lower than the mean, or normal, in this month.

There are also other deviations from the mean than the value for April; however, they occur in general at different times in different rivers. The contents of individual components vary even more irregularly than those of the organic and inorganic matter.

When the solid content in riverwater and the precipitation are investigated simultaneously, it is seen that high values are obtained after heavy rains; otherwise the content varies almost independently of precipitation.

According to Hjulström (1935), the content of dissolved matter is highest when the content of suspension is lowest, and *vice versa*. Gessner (1934 a) claims that the content of dissolved silica is primarily dependent on the humus content.

Table 2 also shows the mean contents in different seasons. Here too, no distinct periodicity is discernible. However, the contents of organic

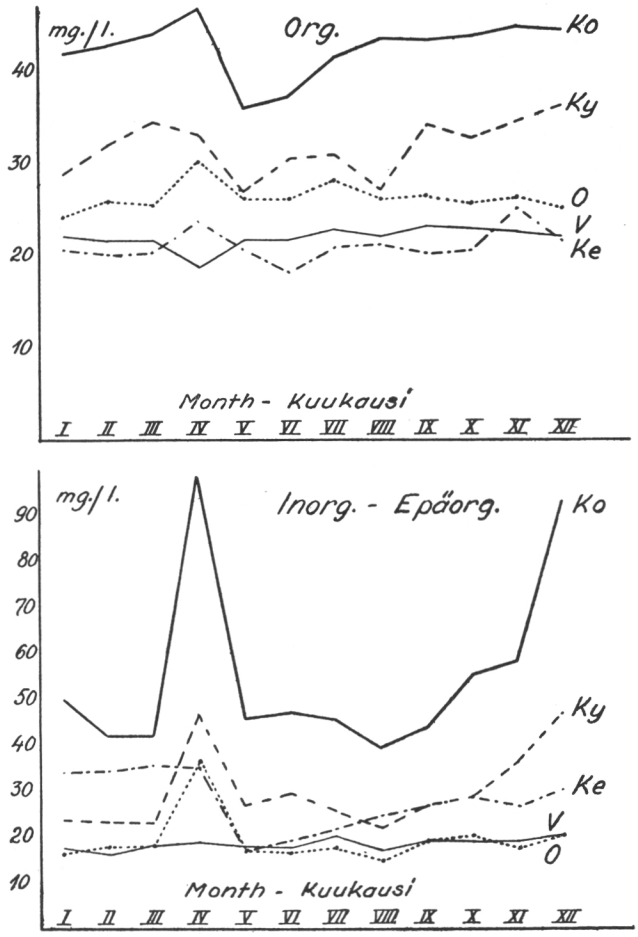


Fig. 2. Content of organic and inorganic matter in riverwater.
Kuva 2. Orgaanisen ja epäorgaanisen aineen pitoisuus jokivedessä.

and inorganic matter seem to be highest in the autumn. Also the contents of individual components vary very irregularly. On the average, the contents of bases and of sulphate, chloride, and phosphorus are highest in the autumn, those of silica and sesquioxides in the spring, and that of nitrogen in the winter. The minimum values seem to be even more independent of the season than the maximum values. Only in the case of three elements do the minimum values coincide in all rivers: the content of phosphorus and nitrogen in the spring, that of magnesium in the winter.

When the semi-annual means are calculated, even here quite a considerable variation in the different rivers is observed. However, the contents are in general somewhat smaller in the summer than in the winter. In each river the nitrogen content is lowest in the summer.

According to Eriksson (1929), the chloride content varies distinctly according to season; it is greatest in the summer and autumn. The contents of other minerals vary quite irregularly.

Conclusions

Effect of soil

When the proportion of clay-soil fields and the contents of inorganic matter in riverwater are examined, it is seen that there is a very distinct correlation between these figures in South Finland. The proportion of clay-soil fields is largest in the Kokemäenjoki basin, and the content of inorganic matter is also highest in the Kokemäenjoki. These figures are lowest in the Vuoksi basin. The correlation is very distinct with all inorganic components, indicating that the bulk of the inorganic matter in the water originates from clay soil. This probably applies to both dissolved and suspended matter. The silica in riverwater is probably to a great extent present as suspension, whilst the chlorides are dissolved, and there is almost the same correlation between the contents of these two minerals and the proportion of clay-soil fields. The silica content indicates, it is true, that part of the silica settles out in the lakes of the Vuoksi system.

The content of organic matter is also largest in the Kokemäenjoki and smallest in the Vuoksi. However, the differences are not so distinct here as in the case of the inorganic matter. The differences in the content of organic matter can hardly be ascribed to any difference in the proportion of swamps, for this is about the same in all the river basins. The cause may be the possibly variable abundance of aquatic plants in the different rivers.

These river basins cannot be compared on the basis of forest soils because of inadequate information on the soils.

The correlation between the proportion of clay-soil fields and the solid content in the water, established in South Finland, cannot be discerned in North Finland. The content is too high in relation to the proportion of clay-soil fields. On the other hand, the same correlation appears to exist between the total proportion of clay soils and the content of inorganic matter in South and in North Finland. In South Finland almost all the clay soil is cultivated, while in North Finland the extent of cultivated fields is much smaller, and these figures also indicate that the clay soils there are still to a great extent uncultivated.

In the river basins of South Finland there is also a very distinct correlation between the total area under cultivation and the content of inorganic matter. The figures for North Finland indicate, however, that the inorganic matter in the water in general originates from clay soil, though

it is probable that more suspended matter comes into the water from cultivated than from uncultivated clay soil. In the spring and in the autumn, when the bulk of the fields are without vegetation, a part of the suspended matter may originate from other fields also. In summer the vegetation and in winter the frost probably prevent the erosion of surface soil. Then the suspended matter may to a great extent originate from the ground water of clay soils, which is rich in suspended matter.

In the USA it has been established that vegetation appreciably lessens erosion. In forest soils it is only 10 to 0.01 % of that of cultivated fields (Munns, Preston, and Sims, 1938).

The proportion of swamps in the river basins of South Finland is only about half that of North Finland. In spite of this, the content of organic matter, as well as of nitrogen and phosphorus, is greater in the former (the Vuoksi excepted) than in the latter. Thus the content of these substances seems not to be primarily dependent on the proportion of swamps.

Effect of bedrock

In South Finland basic rocks are most abundant in the Kokemäenjoki basin, least so in the Vuoksi basin. There seems to be a distinct correlation between the proportion of basic rocks and the content of inorganic matter in the water. However, this correlation is less distinct when the probable content of suspended matter is subtracted from the content of inorganic matter. Thus, this correlation may be wholly a coincidence.

A more reliable indication of the relation between the bedrock and the solids in the water may be obtained from a study of the percentage composition of the inorganic matter in the water, comparing it with the composition of the different rocks (Sederholm, 1925). The ratio Ca : Mg shows that there must be more calcite in the basins of the Vuoksi and the Kemijoki than in the other river basins. The extent of other basic rocks is best detected by the ratio Mg : K. The order of magnitude of this ratio in the different rivers is:

$$\text{Ke} > \text{Ko} > \text{Ky} > \text{V} > \text{O}$$

which, with the exception of the Oulujoki, is the same as the order of the percentage of basic rocks in these basins. The small ratio in the Oulujoki, in spite of the quite large proportion of basic rocks, is probably due to the fact that these rocks are located in the upper reaches of the river system. Ca and Mg may have been precipitated in the lakes, or exchanged for other cations.

Variations tallying with the rocks as distinct as in Swedish and American investigations were not found between these river systems (cf. pp. 21—23).

In those investigations a distinct relation between the bedrock and the content of inorganic matter in the water was established. In Finnish conditions this relation cannot, however, be so distinct, seeing that the bedrock in every river area is to a great extent composed of granitic rocks, and that every river basin includes other kinds of rock as well. Furthermore, the location of the rocks interferes with the manifestation of this relation, *i. e.* it is quite different according to whether the rock is located in the upper or lower reaches of the river. The differing percentage of lakes in the river system also brings about differences in the solid content of the water. In Finnish conditions any slight effect of certain rocks on the contents can only be detected if it is known that these rocks occur in the river basin. Possibly the effect of the rocks would have been more striking if the dissolved matter had been determined separately. Only the effect of limestone can be considered obvious.

According to these results it seems probable that the soils of a river basin govern the quantity and the rocks the quality of the solids in the water.

Water analyses elsewhere

Quite a large number of similar water analyses have been published, for the waters of most of the biggest rivers of the world have been analysed. Here only a few of these investigations are referred to, such as have been carried out in similar or nearly similar conditions. These investigations are mostly Swedish or North American. In these papers the literature on water analyses has been reviewed in detail.

According to Hofman-Bang (1904), the solid content in Swedish riverwater varies greatly according to the bedrock and soil. Of the 5 rivers investigated, 3 represent granite areas, the River Indal limestone areas, and the River Fyris areas of quaternary deposits, rich in lime. The contents of dissolved matter were:

	org.	inorg.	SiO_2	R_2O_3	Ca	Mg	K	Cl	SO_3
					mg./l.				
granite areas	9.44	21.33	3.41	0.86	3.48	0.12	1.44	1.02	1.17
River Indal	6.3	29.4	1.97	1.57	6.17	0.13	1.67	1.30	2.06
River Fyris	67.3	155.1	10.4	3.9	47.3	3.26	3.49	5.48	45.4

Still more evident an effect of bedrock was established by Eriksson's (1929) investigation, which comprised 57 % of the total area of Sweden. The contents of dissolved matter were:

	org.	inorg.	Ca	Mg	Cl	SO_4
			mg./l.			
clay-soil plains, rich in lime	39.5	148.9	42.5	3.0	12.4	24.1
forest areas, rich in lime	31.0	63.4	15.4	2.3	7.3	9.8
clay-soil plains, poor in lime	31.4	36.3	5.8	1.4	7.0	6.5
forest areas, poor in lime	16.3	24.3	4.3	—	3.2	1.3
mountain areas	9.3	23.7	3.8	—	2.9	2.3

According to these figures, there is a very distinct correlation between the contents of inorganic matter and calcium. Naturally the calcium content is highest in limestone areas; it is lowest in mountain areas. Also the content of chloride and sulphate is highest in limestone and clay-soil areas. Of the mutual ratio of anions the investigation showed that in the rivers of forest areas chlorides, and in clay-soil plains sulphates predominate. R a w s o n' s (1942) investigation in Canada also showed the great effect of bedrock on the quantity and quality of dissolved matter in the water. The content of inorganic matter as well as that of lime and sulphate were higher in limestone areas than in other areas. The contents of dissolved matter were higher by far than those found here.

According to L o h a m m a r (1938), the solid content in surface water varies within quite wide limits. The amplitudes were (P and N excepted in mg./l.):

	org.	inorg.	Ca	Mg	K
South Sweden	10.9—115.3	12.9—289.6	0.6—74.0	0.3—17.3	tr. —23.2
North Sweden	14.7— 41.7	7.0— 45.5	1.1— 6.0	0.5— 2.6	0.2— 1.8

	Cl	SO_4	P	N
South Sweden	1.3—34.1	0.2—43.7	6—118 γ/l.	100—2 050 γ/l.
North Sweden	0.4— 7.0	0.2—21.3	7— 59 »	100—1 200 »

According to Å b e r g and R o d h e (1942), the contents of some components in surface water vary as follows:

org.	inorg.	P	N
mg./l.		γ/l.	
15—89	17—182	4—107	60—1 620

Towards deeper water the content of organic and inorganic matter in general increases to some extent. The content of phosphorus and nitrogen, on the other hand, can increase 2 to 4-fold.

Also according to J u d a y and B i r g e (1931) and J u d a y, B i r g e, and M e l o c h e (1938), the solid content varies to a great extent in different lakewaters. The following variation limits and general values were found in the surface water of some lakes of Wisconsin (mg./l.):

	SiO_2	Fe	Ca	Mg	Cl
variation	0—25.6	0—2.00	0.13—18.8	0—6.5	0.1—4.5
in general	< 5.0	<0.20	<9.0	<4.0	0.4—1.4

	SO_3	NH_3—N	NO_3—N	P
variation	0.75—7.86	0—tr.	10—45 γ/l.	8—140 γ/l.
in general	2—6	0	10—24 »	15— 30 »

The contents of different components vary differently according to the sampling depth. Thus the content of silica, lime, and sulphate was somewhat increased towards deeper water, the content of chloride was the same at all depths, but the content of iron, nitrogen, and phosphorus could increase very appreciably. Thus, in deep waters the content of iron could be 70-fold, phosphorus 12-fold, and nitrogen more than 1 000-fold as compared with the surface water. The same phenomenon was found by Braun (1952) also, though to a less marked degree.

In some lakes of Canada the variation limits of some components were (in mg./l.) (Rawson, 1942):

	dissolved matter	SiO_2	R_2O_3	Ca	Mg	SO_4	Cl
max.	216.6	34.3	8.1	47.3	14.3	54.3	1.1
min.	79.4	2.6	0	17.6	5.6	4.3	trace

This investigation also showed that the contents vary very distinctly according to the bedrock. The contents are highest in the chalk areas. The contents of lime, magnesia, and sulphate always vary in the same direction.

All the contents are very small when compared with those of some rivers nearer the equator. Thus, in the water of the Mississippi there are 629 mg. suspended and 170 mg. dissolved matter per liter, in the Nile 412 mg. suspended and 231 mg. dissolved, and in the Indus 2.5 g. suspended matter per liter (Ramsay, 1931).

Discussion

When the results from abroad are compared with the present results, it is seen that Finnish rivers usually contain both less organic and less inorganic matter. The limits of variation mentioned before are, however, so large that the present figures are in general within these limits. On the other hand, the contents of nitrogen and phosphorus in Finnish rivers are usually higher. When the reason is sought, one is at first struck by the fact that the methods of analysis used here have differed somewhat from those generally used in water analyses. However, the reliability of these methods has been established in several connections.

Table 4. Solid content in the water of the Vantaanjoki.
Taul. 4. Ainepitoisuudet Vantaanjoen vedessä.
(Helsingin kaupungin vesijohtolaitos.)

Year *Vuosi*	No. of analyses *Anal. luku*	Org.	Inorg. *Epäorg.*	SiO_2	Fe + Al	Ca	Mg	SO_4	Cl
		mg./l.							
1942	19	44.2	96.1	26.2	10.4	9.6	4.6	13.9	8.2
1943	19	49.4	96.6	30.4	9.0	7.5	4.5	11.5	6.9
1944	13	39.8	80.1	27.0	9.6	7.1	3.7	7.3	6.1
1945	21	45.6	80.2	29.6	11.5	6.3	3.7	6.1	5.5
1946	16	42.9	72.5	23.7	9.8	8.5	3.3	8.5	6.4
1947	26	45.0	89.0	26.1	12.1	11.5	4.4	11.0	8.6
1948	24	47.0	105.0	27.0	10.1	12.7	5.2	16.4	10.6
1949	12	46.5	98.1	26.2	9.9	11.8	4.6	12.8	9.2
1950	12	50.4	101.4	27.8	10.5	11.4	4.9	12.8	9.8
1951	12	44.2	91.7	22.5	7.8	12.1	4.6	12.7	10.6
Mean — *Keskiarvo*		45.5	91.1	26.7	10.1	9.9	4.4	11.3	8.2
Mean deviation — *Keskim. poikkeus*		2.3	8.4	1.7	0.9	2.5	0.5	2.5	1.6

According to Aschan (1932), the humus of water contains 1.46—4.23 % of nitrogen and 0.15—0.41 % of phosphorus. The respective figures of Gessner (1934 b) are 2 to 2.5 and 0.22 %. These figures agree very well with the figures of the present study (table 3). Seeing that the content of organic matter can be taken as quite reliable, the figures for nitrogen and phosphorus may also be supposed to be sufficiently accurate. The primary factor affecting these differences is considered to be the different sampling technique. In general the results represent the surface water but here the total water mass, and as has been shown, the solid content varies considerably with the sampling depth.

The river basins of the present study represent in general forest areas with granitic bedrock. Several smaller Finnish rivers which have been analysed elsewhere are very typical rivers of clay-soil plains, *e. g.* the Porvoonjoki, Vantaanjoki (table 4), and Aurajoki. Affected by the soils of the lower reaches, the Kokemäenjoki, and to some extent the Kymijoki also, give the impression of clay-soil plain rivers. Our rivers can best be compared to the Swedish rivers of forest areas poor in chalk (Eriksson, 1929) or of granitic areas (Hofman-Bang, 1904). In our main river basins and in the river basins of Sweden referred to, the bedrock is largely similar, and the predominant soil of both is morainic soil. When the results presented in table 2 are compared with those of Eriksson and Hofman-Bang on forested granitic areas, it is seen that in corresponding areas the contents of inorganic matter and lime are about the same. Finnish waters contain somewhat more organic matter and sulphate. For comparing the other substances there is not so much information but the data obtainable indicate that Finnish waters contain more silica, sesquioxides, and

especially magnesia, Swedish waters more chloride, and that the content of potassium is in both about the same.

The Kokemäenjoki is best compared to the Swedish rivers of clay-soil plains, poor in chalk. The content of organic and inorganic matter is higher in the former than in the latter. However, bearing in mind that in the Kokemäenjoki the suspended matter is also included in the values, this comparison may be regarded as justified. The calcium content is slightly higher in the Kokemäenjoki, that of magnesium and of sulphate about double that in the corresponding Swedish rivers. The chloride content in the Swedish rivers is much higher.

The Aurajoki and Vantaanjoki represent an intermediate stage between the lime-rich and lime-poor clay-soil areas of Sweden, as regards the content of total inorganic matter as well as that of lime, of sulphate, and of chloride. The content of organic matter and magnesium is higher than in Swedish rivers.

Total solids

Division of Finland into river groups

The drainage area of the river systems studied here comprises in total 199 900 sq. km., which is 59.3 % of the total area of Finland. Analyses of some other riverwaters have been carried out elsewhere. It is true that the results of different laboratories are not entirely comparable because of different methods of analysis, and that differing sampling technique also causes differences. However, for purposes of comparison, it is only necessary to ascertain the order of magnitude of the solids contained in the water, in order to establish which river of the present study is most similar to the river in question. The final calculations are based on the figures of the present study.

Data on the solids contained in different riverwaters are obtainable from the waterworks of some towns, and from the General Bureau of Engineers. The Hydrographical Bureau has ascertained the content of some components in several riverwaters (Witting, 1914 a and b, Holmberg, 1935), and Aschan (1908) has determined the total content of organic and inorganic matter, as well as the chloride content in the seven biggest rivers of Finland. According to these data, the content of solids is in general somewhat lower in South Finland and higher in North Finland than has been found in the present study, but in general the differences are quite small. Witting's data have corresponded best with the present results.

When the solid content in different riverwaters is examined, quite marked differences are observed. There are no two rivers where the content of all components is the same, and in many cases it is very difficult to decide which river of the present study a given river most resembles. The analysis

of many riverwaters shows distinctly that the content of both organic and inorganic matter is so high that by rights no comparison can be made to any river now studied. The biggest rivers outside this study can, however, be fairly compared to some river here investigated. Thus, the following comparisons have been found justified:

With the Kymijoki are classed the Ähtävänjoki, Karjaanjoki, Siikajoki, and Pyhäjoki, in total 12 180 sq. km.

With the Oulujoki are classed the Lestijoki, Kiiminkijoki, Kuivajoki, and Simojoki, in total 24 320 sq. km.

With the Kemijoki are classed the Tornionjoki, Kaakamojoki, and all the rivers discharging into the Arctic Ocean, in total 43 970 sq. km.

With the Kokemäenjoki are classed the Kyrönjoki, Lapuanjoki, Perhonjoki, and Kalajoki, in total 15 890 sq. km. In this group there have also been included those rivers where the solid content is very high, as well as those small rivers of the coastal region which have not been analysed at all, in total 41 050 sq. km.

Thus the following river system groups were formed:

Vuoksi system group	61 300	sq. km.
Kymijoki system group	49 400	»
Kokemäenjoki system group	84 050	»
Oulujoki system group	47 260	»
Kemijoki system group	94 990	»
In total	337 000	sq. km.

Total solids carried

Table 5 shows the total solids carried annually by the different rivers per square kilometer, as well as the figures calculated for South and North Finland and for the entire country. The amounts carried depend upon the solid content and the rate of discharge. Both organic and inorganic matter is carried in largest amounts by the Kokemäenjoki, in which the content, too, is highest but the discharge quite small. Per unit area, the amounts of inorganic matter carried by the Kokemäenjoki are more than 100 % larger than those carried by the other rivers. The differences in the amounts of organic matter are much smaller. In spite of the fairly large discharge, the amounts of organic matter carried by the Kymijoki, and of inorganic matter carried by the Vuoksi, are the smallest, owing to the low contents of these components.

Of the individual elements, the amounts of nitrogen and phosphorus carried by the Oulujoki are the largest, mainly owing to the large discharge. Concerning all other substances, the amounts carried by the Kokemäenjoki are the largest. Least amounts of silica and sesquioxides are carried by

Table 5. Total solids carried by rivers.
Taul. 5. Jokien kuljettamat ainemäärät.

River system *Vesistö*	Org.	Inorg. *Epäorg.*	SiO_2	R_2O_3	Ca	Mg	K	Na	P	SO_4	Cl	N
	metric tons/sq. km./year — *tonnia/km²/vuosi*											
V	6.98	5.84	1.02	0.329	1.22	0.390	0.544	0.60	0.029	1.77	0.485	0.223
Ky	7.02	6.72	1.77	0.539	1.06	0.356	0.413	0.56	0.026	1.55	0.635	0.164
Ko	10.33	14.67	4.80	0.977	1.55	0.688	0.678	0.82	0.029	2.98	1.030	0.180
O	8.26	5.94	2.18	0.492	0.71	0.289	0.361	0.38	0.032	1.31	0.257	0.205
Ke	5.98	6.71	2.46	0.426	1.19	0.352	0.277	0.50	0.018	0.95	0.308	0.172
A + Va [1])	14.0	30.6	11.5	—	2.35	1.23	nd.	nd.	nd.	2.71	2.51	—
SF [1])	8.43	9.88	2.84	0.662	1.32	0.510	0.568	0.58	0.029	1.82	0.757	0.184
NF [1])	6.72	6.45	2.37	0.447	1.03	0.332	0.305	0.42	0.023	1.07	0.292	0.190
Mean *Keskim.*	7.72	8.43	2.64	0.571	1.20	0.435	0.457	0.56	0.026	1.42	0.561	0.187
	Total amount carried as 10^5 tons — *Koko kuljetettu määrä 10^5 tonnia*											
	26.0	28.4	8.89	1.92	4.04	1.46	1.54	1.87	0.089	4.78	1.89	0.63

the Vuoksi, of calcium, magnesium, sodium, and chloride by the Oulujoki, of potassium and sulphate by the Kemijoki, and of nitrogen by the Kokemäenjoki.

The total solids carried annually per sq. km. are quite large. However, a still better notion of the amount of matter lost by erosion in Finland is given by the last line in table 5, where the total amount of matter carried from the whole area of Finland is shown. According to these figures 2 600 000 tons of organic and 2 840 000 tons of inorganic matter, and 404 000 tons of calcium are carried annually to the sea.

Of the rivers of the present study, the Kokemäenjoki probably carries the largest amounts of suspended and colloidal material. At least partly on account of this, the delta of the Kokemäenjoki is larger than the deltas of other Finnish rivers.

Seeing that none of the rivers of the present study represent clay-soil areas, table 5 also gives the total solids carried by the Aurajoki and the Vantaanjoki. These figures are based on analyses made by the waterworks of Turku and Helsinki cities. Of the two rivers, the silica content is much higher in the Aurajoki, and this produces an almost equal difference in the content and amount of total inorganic matter. The contents of other substances in these rivers do not differ to any great extent.

The total solids carried annually per unit area by the Aurajoki and by the Vantaanjoki are larger by far than those carried by the other rivers. The amount of inorganic matter is especially large, 100 % larger than that of the Kokemäenjoki, and 4 to 5 times as large as that of the other rivers.

Fig. 3 shows the amounts of organic and inorganic matter carried

[1]) A + Va = Aurajoki + Vantaanjoki, SF = South Finland — *Etelä-Suomi*, NF = North Finland — *Pohjois-Suomi*.

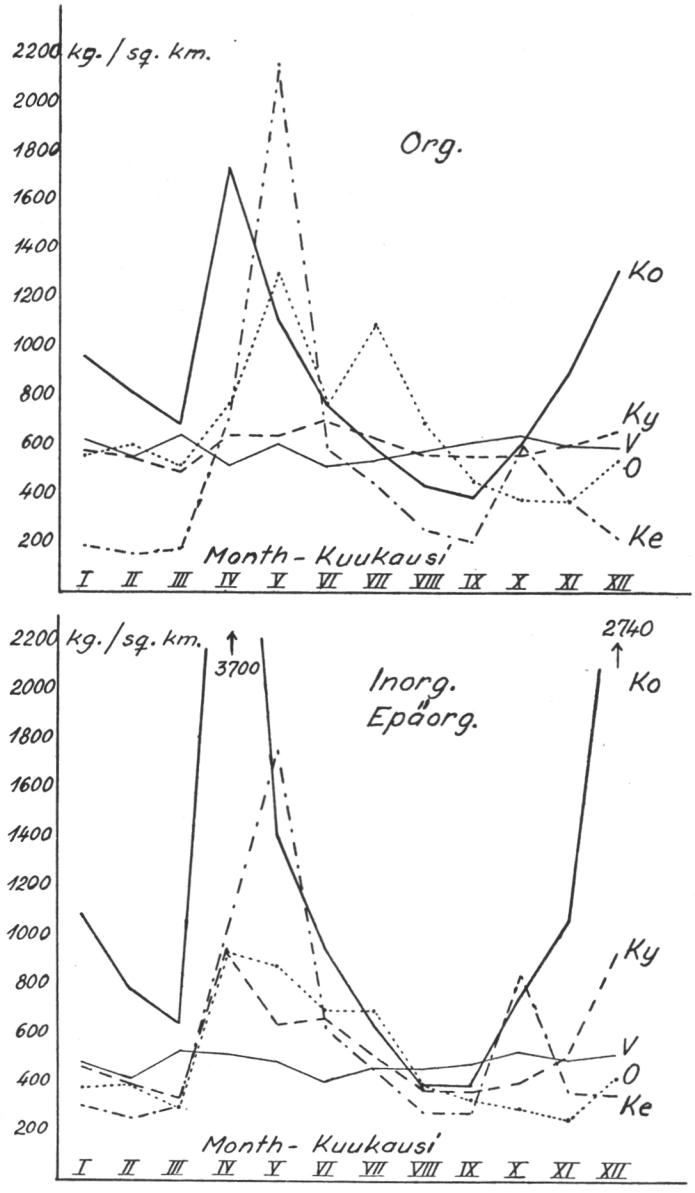


Fig. 3. Total organic and inorganic matter carried by rivers.
Kuva 3. Jokien kuljettamat orgaanisen ja epäorgaanisen aineen määrät.

monthly by the different rivers. The variation in different months is very great; only in the Vuoksi are the amounts fairly constant. Especially in the Kokemäenjoki and the Kemijoki the variation is extraordinarily great. The greatest variation of individual substances is presented in table 7 (minimum as percentage of maximum). These figures also show that during

the flood rivers carry appreciable amounts of quartz and mica as suspension (much silica, sesquioxides, magnesium, and potassium).

It is seen from table 5 that the amounts of all substances carried per sq. km., nitrogen alone excepted, are larger in South Finland than in North Finland. The larger amount of nitrogen in North Finland may be due to the much larger extent of the swamps. That the rivers of North Finland carry even so much matter, in spite of the slight extent of cultivated fields, is probably due to the abundance of basic rocks in these areas. An even more effective factor may be, however, the exceedingly strong podsolization in these areas, the existence of which was established by Aaltonen (1941 a).

The mean figures show that riverwaters carry annually 16.2 tons of solid material, about half of it organic and half inorganic matter, per square kilometer. If 1.5 is taken as the volume weight, the result is obtained that the amount of inorganic matter carried annually is 1.89 million cu. meters, which amounts to a soil layer of 0.0056 mm. thickness.

When the extent of cultivated fields in a river area increases, the total solids carried also increases. During the period of burnt-over cultivation an augmentation in the agriculture also increased the leaching, for, according to Lowdermilk (1930), the erosion from a burnt area is 50 to 3 000 times as severe as from a forest area. At present burnt-over cultivation is no longer used, and forest fires are also limited to much smaller areas than in the past. Thus it can be presumed that the present figures for leaching can be taken as means for the annual leaching over very long periods. On this supposition, since the last Ice Age (in 9 000 yrs.) Finland has lost a soil layer 5.1 cm. thick.

Matter is carried not only in dissolved, colloidal, and suspended form, but also in larger aggregates along the beds of rivers. This material is deposited to a very large extent in lakes and quiet waters in the upper and middle reaches of the river system. The amount carried into the sea in this form is probably very small, seeing that the slope of Finnish rivers in the lower reaches is quite gentle. In the rivers here studied the remaining larger aggregates probably settle out in the quiet water just above the sampling point.

The total solids carried by rivers are highly dependent on the climate, primarily on precipitation and temperature, as well as on the soils and bedrock. They are calculated to correspond annually to a soil layer 0.030 mm. thick in Central Europe, 0.069 mm. thick in Southern Europe, and 0.103 mm. thick in the whole world (Ramsay, 1931). The amounts carried in Finland are accordingly only one twentieth of the mean figure for the world.

The slope of the surface also greatly affects the amounts carried by rivers. According to Hess (1909), the amount increases in the Alps

with the altitude, so that at a level of 0 to 600 m. it corresponds to a 0.030 mm. thick layer, but by 600 to 900 m. it is already equal to a 0.121 mm. thick soil layer annually. From 2 100 metres upwards the amounts again begin to diminish. This phenomenon is due to the different steepness of the slope at different levels. Hendricks and Johnson (1944) also established the effect of slope on erosion. In Arizona the figures were:

steepness of slope	loss per acre per year
43 %	32 tons
66 »	90 »
78 »	165 »

The density of vegetation also affects erosion. According to Renner (1936), the density must be at least 30 % before it decreases erosion.

According to Witting (1914 b) and Holmberg (1935), it can be estimated that of the organic matter about 8 % is present as suspension and of the inorganic matter about 13 %. Thus, of the organic matter lost per sq. km., 640 kg. is suspended and 7 580 kg. dissolved, of the inorganic matter 1 130 kg. suspended and 7 580 kg. dissolved. According to Hjulström (1935), the total solids carried by the River Fyris amount to about 56.1 tons per sq. km. annually. Of this about 8 % is suspended. The relation between suspended and dissolved matter varies greatly in different rivers. According to Eriksson (1929), the percentage of dissolved matter in North America is 9 to 96 %, in Europe 19 to 91 %.

According to Aschan (1908), Finnish rivers carry annually 1 400 000 tons of dissolved organic matter and 1 750 000 tons of inorganic matter, that is, per sq.km. 3.78 tons organic and 4.73 tons inorganic matter annually. The amounts found in the present study are about twice as large. Accordingly, the amounts of suspended and dissolved matter should be about equal. Aschan's figures are, however, based only on one analysis of each river, and on an estimation of the discharge. His figures are therefore probably too small, though they represent only dissolved matter. The amount of chloride leached can be calculated from Aschan's figures at 0.54 tons per sq. km. per annum, that is, about the same amount as is found here.

According to Hofman-Bang (1904), in South Sweden the rivers carry 10 to 30 tons, and in North Sweden at least 9 tons of dissolved matter per sq. km. annually. The amounts carried in Sweden have been investigated more thoroughly by Eriksson (1929). These results are given in table 6.

When the results of the present study are compared with the corresponding figures for Sweden, it is seen that the total amount of organic matter here is of the same order of magnitude as the amount of dissolved organic matter in Sweden. The amount of inorganic matter is here appreci-

Table 6. Amounts of matter carried by rivers.
Taul. 6. Jokien kuljettamat ainemäärät.
(After Eriksson, 1929)

Soil of area *Alueen maalaji*	Org. matter *Org. ainetta*	Inorg. matter *Epäorg. ainetta*	Ca	Cl	SO_4
	metric tons/sq. km./year — *tonnia/km²/vuosi*				
Morainic soils — *Moreenimaat*	7.8	11.3	2.0	1.6	1.1
Clay soils — *Savimaat*	10.7	15.0	2.4	3.1	2.8
Chalk areas — *Kalkkialueet*	7.2	19.4	4.9	2.1	3.8
Whole of Sweden — *Koko Ruotsi*.....	8.8	13.6	2.5	2.1	1.8

ably smaller. The total amount of calcium carried here is only about half of the amount of dissolved calcium carried in Sweden. Also the amounts leached from morainic areas in Sweden are larger than the mean amounts in Finland. Only the total amount of sulphate is somewhat larger here than the amount dissolved from morainic areas in Sweden. The amounts carried from clay-soil areas are also somewhat larger in Sweden than here.

Periodicity of the total solids carried

When the total solids carried monthly are calculated, it is seen that they are largest in May or June. The discharge is greatest in May, then in June. The amounts are smallest in August—September or in January—February, when the discharge is also scant. The amounts of some components differ, however; for instance, the amount of potassium is largest in December, that of phosphorus in October.

Table 7 shows the total solids carried by the five rivers in different seasons. They are largest in spring and autumn, smallest in summer and winter.

Seeing that the variation in the solid content in different months is smaller than the variation in the discharge, it is the discharge which in general mainly determines the total solids carried by a river.

Table 7. Total solids carried by the 5 rivers in different seasons.
Taul. 7. Kaikkien 5 joen eri vuodenaikoina kuljettamat ainemäärät.

Month *Kuukausi*	Org.	Inorg. *Epäorg.*	SiO_2	R_2O_3	Ca	Mg	K	P	SO_4	Cl	N
	kg./sq. km. — *kg/km²*										
I—III	1 610	1 350	218	71	247	66	50	4.8	414	100	46
IV—VI	2 590	2 820	1 010	257	340	155	136	7.4	525	186	57
VII—IX	1 500	1 280	275	81	249	77	101	5.6	360	93	42
IX—XII	1 720	1 960	575	158	288	108	157	8.5	480	130	45
	monthly minimum % of maximum — *kuukautinen minimi % maksimista*										
	37	31	15	12	53	30	28	40	53	36	50

Leaching

When the percentage composition of the inorganic matter carried by the rivers (table 3, p. 15) is compared with the mean composition of the bedrock of Finland (Sederholm, 1925), a great dissimilarity is observed. The percentage of silica and sesquioxides in the water is less than half the percentage in the bedrock. All the other inorganic components studied are relatively more concentrated in the water than in the bedrock. Thus, the percentage of calcium and magnesium in the water is 5 to 9-fold of the percentage in the bedrock. The percentage of potassium is 1.5 to 3-fold.

When analysing different soil layers, Tamm (1940) has established that phosphorus has been totally leached from the surface soil, and other ions as follows: Al 24 %, Fe 72 %, Mg 57.3 %, Ca 17.5 %, and K 14.8 %. The annual leaching of calcium was established at 0.42 kg. per hectare, which amount he considers too small.

A fairly good general idea of the leaching of calcium is obtained by examining the base mineral index in the soil profile (Tamm, 1934). According to Aaltonen (1939, 1941 b), this index increases towards the deeper soil layers. The following figures for the interior of Finland are presented as means for different soils:

	Lapland	North Finland		South Finland		
	loam	sand	loam	sand	loam	clay
0—10 cm.	16.7 %	1.9 %	4.9 %	4.8 %	5.0 %	4.7 %
10—20 »	20.0 »	6.7 »	9.0 »	7.1 »	6.4 »	6.1 »
20—30 »	21.3 »	8.4 »	10.2 »	8.7 »	7.1 »	5.9 »
30—40 »	20.7 »	8.2 »	10.4 »	8.4 »	8.6 »	6.2 »
40—50 »	22.9 »	9.8 »	11.4 »	9.0 »	8.5 »	6.6 »

According to these figures, the leaching is to a great extent dependent on the soil. In clay soils it is very slight and confined to a thin surface layer; at a depth of 10 cm. the mineral index is already about the same as at deeper levels. In loamy soils the leaching is much greater, and it is strongest in sandy soils. In North Finland leaching seems to be much more severe than in South Finland. According to these figures the leaching extends to depth of at least 40 cm., if clay soils are excepted. It has also been calculated from other material that leaching is dependent on the soil (Viro, 1951). The base mineral indices were:

	morainic soil	sandy soil	gravelly soil
0— 30 cm.	3.47 %	3.20 %	4.92 %
30— 60 »	4.04 »	3.80 »	6.53 »
80—100 »	3.95 »	3.93 »	7.79 »

In morainic soils the soil layer from 30 to 60 cm. seems not to be much leached, in sandy soils it is slightly leached, and in gravelly soils it is strongly leached.

According to the figures given before, the leaching of basic minerals can be estimated in the soil layer from 0 to 30 cm. at 30 %, that of the soil layer from 30 to 60 cm. at 2 %. Initially all soil layers may have contained all rock types, including basic rocks, in the same ratios as the bedrock. Hence the original amount of calcium in the basic rocks (vol. wt. 1.6) may be calculated for a 30 cm. thick soil layer at 2 870 tons per sq.km. According to the before-mentioned leaching figures, the calcium of the basic rocks has been leached to the extent of 918 tons per sq.km., that is 102 kg. per sq.km. per annum since the Ice Age. Seeing that the amount of calcium leached must diminish proportionately with the decrease of basic rocks, the annual amount may have been initially 117 and is now 87 kg. per sq.km. The total removal of calcium has been established at 1 240 kg. per sq.km, annually. When the amount of calcium added by precipitation, 190 kg., is subtracted from this, the amount of calcium lost annually is 1 050 kg. per sq.km. Of this calcium, 87 kg. originates from basic rocks, 960 kg. from other rocks. If the leaching were to affect all rock types equally, the figure for the calcium leached from the basic rocks would be 61 kg. Accordingly, the values obtained indicate that the leaching affects basic rocks 40 % more severaly than other rocks.

According to Tamm (1928), different minerals differ greatly in grindability. Thus, of the minerals of granite, quartz is ground most easily, felspars most difficultly. Of the felspars, oligoclase is ground more easily than microcline. The finer a mineral is ground, the more easily it is dissolved. According to Tamm (1929), felspar particles of 0.2 to 0.5 μ diameter react with hydrogen ion with a simultaneous release of bases, but if the size of particles is greater than 2 μ, they are not appreciably attacked. The solubility also depends on the mineral, *e.g.* quartz is almost insoluble. In the series of plagioclases the solubility is increased with the increase in the percentage of anortite. A very important factor in the dissolving of minerals in the soil is the ion exchange, the exchange of cations with hydrogen ions. Ion exchange is also accelerated in proportion as the soil particles are disintegrated.

According to the foregoing, the origin of inorganic matter in the water is variable, depending on several factors, the most important of which may be the breakdown and solubility of the minerals, and the ion exchange. The bulk of the silica in the water may be of fine-ground quartz or colloidal silicic acid, formed in ion exchange.

Reliability of results

Table 4 on p. 24 shows the total solids in the river Vantaanjoki over a period of 10 years. It is seen that the content of inorganic components in particular varies very greatly. The river traverses clay-soil areas, and the high content of silica shows that a great part of the inorganic matter is in suspension. It is seen in the table that in different years the content of organic matter varies least, the mean deviation of the mean being 5 %. The mean deviation in the contents of inorganic matter is 10 %. Of the individual components the content of silica varies least (in the mean 6 %), that of calcium most (25 %). Analyses of the Aurajoki were also available for 10 years. According to these figures, the variation in the content of organic matter was also the smallest (4 %), but that of silica the greatest (17 %). The mean deviation of other components was less than 10 %.

In Sweden it has been established that when the annual discharge is great, the total solids are small and *vice versa* (E r i k s s o n, 1929). Among the rivers of the present study the variations in the discharge are largest in the Kemijoki. It can be observed distinctly that the same rule is valid there as in Sweden (the silica content seems not to be dependent on the discharge). In other rivers this phenomenon is not so distinct; however, the results for the Vantaanjoki, for example, show a similar trend. (Concerning the river basin of the Vantaanjoki much more information would have been available on both precipitation and discharge, as well as the total solids. However, seeing that this river, as a river of clay-soil areas, differs greatly from the general river type of Finland, a more detailed investigation was considered unnecessary.)

According to the foregoing, the total solids carried by rivers in different years may be about equal in spite of unlike weather conditions. The results from the Aurajoki and the Vantaanjoki show that the value for the amount of organic matter, especially, is very probably near the true amount, and that the error in the amounts of other components is hardly very great. Besides this is must be taken into account that the results of March, 1950, February, 1951, and February, 1953, do not much differ in spite of the somewhat different discharge, so that these results are most probably typical of this season.

Also in the rivers now studied the contents of organic matter do not differ much in different months, in spite of the quite large variations in the precipitation and discharge. The variation in the contents of inorganic matter is appreciably greater, but this seems to be mainly due to the variation in the contents of silica and sesquioxides in the form of suspension. The monthly variation in the contents of other individual substances are slighter, for example the mean error of the mean calcium content is at most 7 %. The reliability of the results is further confirmed by the evident

similarity with Swedish results. Thus, in spite of the fact that the water conditions of the year studied have to some extent differed from the normal, the error in the amounts of individual substances carried can be considered to be in general less than ± 10 %, for the water conditions have been by no means very exceptional.

Rainwater

Origin of the solids

A raindrop is condensed around traces of salt and dust in the air. Opinion differs as to the relative extent to which these two function as centres of condensation. Thus, Köhler (1925) insists that 80.2 % of raindrops have been condensed around the salt which originates from seas, whereas, according to Findeisen (1937), the bulk of it is condensed around the dust which originates from the continents. In support of the former opinion, analyses of rainwater are presented, according to which rainwater contains magnesium and chloride in the same ratios as seawater (*e. g.* Köhler, 1921). According to Oksbjerg (1952), the content of salts in rainwater decreases with increasing distance from the seashore. On the shore rain may contain so much salts that it produces short circuits in electrical leads; farther from the shore this is not observed. Also the growth of Norway spruce can be interfered with by the salts near the shore (Dybbroe, 1947). The continental origin of the inorganic matter in rainwater is indicated by the appreciable amounts of substances which in seawater are almost or wholly absent, for instance silica and carbon. In the present connection it is irrelevant which of these theories is correct. The most important point for this study is the fact that there are solids in the rainwater, and to determine the quantities.

Solid content in rainwater

The sampling points of rainwater are indicated in figure 1 on p. 7 with open circles. The attached number gives the number of the sample (table 8). The samples were taken in March, 1952, (samples 1 to 5), and February, 1953, (samples 6 to 10). The sampling was performed in the winter because rainwater samples in summer mostly contain impurities, for example insects and their excrements, and pollen (*e. g.* Romell, 1946, Egnér, Eriksson, and Emanuelsson, 1949). Probably the time of sampling does not much affect the results for, according to Menzl (1948), the season does not much affect the chloride content of rainwater, nor according to Finnberg (1923), the ammonia content.

Table 8. Solid content in snow.
Taul. 8. Ainepitoisuudet lumessa.

No.	Org.	Inorg. *Epäorg.*	SiO_2	R_2O_3	Ca	Mg	K	Na	P	SO_4	Cl	N
	mg./l.											
1	8.70	12.73	1.44	0.30	1.14	0.37	0.93	nd.	0.0052	nd.	nd.	1.04
2	5.85	6.60	0.45	0.17	0.34	0.04	0.83	»	0.0118	»	»	1.22
3	5.90	9.15	0.62	0.47	0.30	0.09	0.74	»	0.0210	»	»	0.84
4	4.36	5.88	0.42	0.41	0.25	0.04	0.63	»	0.0170	»	»	0.84
5	8.17	10.02	0.52	0.08	0.79	1.26	0.51	»	0.0105	»	»	1.03
6	3.89	2.48	0.27	0.13	0.07	0.07	0.19	0.46	0.0126	0.80	0.89	0.90
7	3.28	2.14	0.36	0.10	0.13	0.07	0.11	0.40	0.0150	0.64	1.60	0.60
8	2.36	1.26	0.23	0.26	0.03	0.11	0.09	0.24	0.0121	0.46	0.53	0.89
9	1.58	1.24	0.14	0.21	+	0.11	0.10	0.19	0.0136	0.53	0.89	0.75
10	4.00	4.21	0.66	0.16	0.41	0.16	0.20	0.31	0.0325	1.21	1.15	2.20
Mean *Keskim.*	4.81	5.57	0.51	0.23	0.35	0.23	0.43	0.32	0.0151	0.73	1.01	1.03

Thus it can be presumed that it does not much affect the content of other substances either. It is true that Scharrer and Fast (1951), investigating rainwater, found the highest contents of inorganic matter in winter and of nitrogen in summer, but the former result is probably due to the nearness of an industrial center, the latter to pollen, which according to Romell may cause very great errors in the determination of nitrogen. The explanation of the high contents of nitrogen found in summer and autumn by Hansen (1931) may be the same.

From some localities two samples were taken simultaneously, the one of newly fallen, the other of older snow. The samples were so large that at least 6 litres of water was obtained. The methods of analysis have been explained earlier (p. 12).

The results of rainwater analyses are given in table 8. When compared with the riverwater, the solid content of the rainwater is quite small. However, there is always both organic and inorganic matter in rainwater. In the samples of 1953 all the components, with the exception of nitrogen, are far smaller than in the previous year. According to Finnberg (1923), and Ångström and Högberg (1952), the solid content of rainwater is always smaller after a rainy than after a dry period. As the rain continues, the solid content becomes less and less. In the area studied, both winters have been fairly normal. The precipitation of the former winter was 100 mm. in December to January, 70 mm. in October to November, of the latter 72 and 90 mm., the normal being 84 and 112 mm. respectively. Possibly the rainfall before the snow cover (October to November) partly accounts for the contents being smaller in 1953 than in 1952. This may also in part be due to the fact that in 1953 the samples were taken farther from the shore. However, the mean figures are con-

sidered reliable enough and representative the whole country. The solid content seems to be somewhat lower in North than in South Finland.

The number of analyses is too small for very detailed discussion. In any case it is evident that the solid content decreases towards the interior of the country. The following table gives the percentage composition of the inorganic matter of rainwater according to the figures for 1953 (samples 6—10), the composition of the salts of the seawater according to the values of D i t t m a r, and to facilitate the comparison, the percentage composition of the inorganic matter of riverwater:

	SiO_2	R_2O_3	Ca	Mg	K	Na	SO_4	Cl
rainwater	14.6	7.6	5.6	4.6	6.1	14.1	32.1	44.6
seawater	—	—	1.2	3.7	1.1	30.6	7.7	55.0
riverwater	29.0	7.5	15.4	5.2	5.8	6.1	21.9	7.0

The figures for sodium and chloride, in particular, show that, of the inorganic matter in rainwater, an appreciable part must originate from the sea. The mean sodium content of the bedrock is 2.9 %, and the chloride content very small, whilst rainwater contains both of these in large quantities. That the origin of the salt is from the sea is also indicated by the fact that the relative contents of sodium and chloride diminish when taken farther away from the sea. Their percentage is greatest near the city of Helsinki, smallest in the samples from East and North Finland. Part of the inorganic matter, however, originates from continents, as is indicated by the appreciable content of silica and sesquioxides in rainwater and their absence in seawater.

When a comparison is made with the relative composition of solids in rain and riverwater, great differences are observed. Riverwater contains more silica and calcium, rainwater, on the other hand, more chloride, sulphate, and sodium. Other percentages are about equal. (The components of rainwater total over 100 % of the total solids, since ammonium chloride is lost on ignition.)

The organic matter of riverwater contains 0.37 % phosphorus and 2.47 % nitrogen. The corresponding figures in rainwater are 0.31 and 21.4 %. Accordingly, the figures concerning phosphorus are about equal, but the figure for nitrogen is very much greater in rainwater. An appreciable part of the nitrogen in rainwater may be ammonia which is absorbed into the water. The content of absorbed ammonia seems to be much smaller in riverwater. Thus, the figures given above do not give the true nitrogen content of organic matter, at least not where rainwater is concerned.

In table 8, samples 2 and 4 represent newly fallen, and samples 1 and 3 old snow from the same locality. The solid content in old snow is higher than in newly fallen snow, which indicates that matter does not reach the soil only in precipitation but in fog and dust also.

Rainwater analyses elsewhere

In Finland only Finnberg (1923) seems to have published results of rainwater analyses. According to these, rainwater contains 0.45 mg. ammonia per liter.

According to Mrose (1940), the content of solids in rainwater varies from 100 to 484 mg. per liter, and the contents of individual substances within the following limits: SO_3 12 to 387, Cl trace to 8.0, N_2O_3 3.5 to 8.5, SiO_2 36 to 161, and Fe + Al 33 to 135.5 mg. per liter. The lime content, according to the sole analysis, was 232 mg./l. Scharrer and Fast (1951) also obtained high values for the solid contents in rainwater. The mean annual figures were:

Mg + Ca	K	P_2O_5	SO_4	Cl	NO_3	NH_4	N
			mg./l.				
41.5	1.96	0.25	95	3.0	13.9	4.7	6.9

According to C. O. Tamm (1953), the solid content in rainwater varies to some extent, as is seen in the following figures for open areas:

	org.	inorg.	SiO_2	Fe	Ca	K	Na	P	NH_3—N
					mg./l.				
max.	9	5	0.4	0.03	0.7	0.6	1.0	0.1	0.9
min.	6	2	—	0.02	0.2	0	0.2	0.01	0.2

Under trees the contents are in general much higher.

Most investigations have dealt with the nitrogen and chloride content of rainwater. The chloride content varies greatly in different investigations. In addition to those mentioned before the following results are cited: Russel and Richards (1919) found in England 2.43 mg./l., Israël (1934) in Germany 4.18 mg./l., Hansen (1931) in Denmark 1.7 to 18.6 mg./l., and Menzl (1948) in Germany 3.40 to 5.90 mg./l. The older literature is discussed in detail by Miller (1905).

Even greater variation is seen in the data on the nitrogen content of rainwater. In England Russel and Richards (1919) have found 0.505 mg. of ammonia and 0.203 mg. of nitrate nitrogen per liter; in the Observatory of Montsouris in France, 1.85 mg. of ammonia and 0.71 mg. of nitrate nitrogen was obtained as a mean for 10 years, in Denmark Tuxen (1890) obtained 2.80 mg. of ammonia and 0.51 mg. of nitrate nitrogen as a mean for 5 years, in Sweden Feilitzen and Lugner (1910) found 0.450 mg. ammonia and 0.177 mg. of nitrate nitrogen. The Meteorologische Zeitschrift of 1892 reported several investigations. According to these, the effect of settlement upon the nitrogen content of rainwater is very marked, for example in Scotland the content of ammonia nitrogen varies from 0.53 mg. in the country to 9.06 mg./l. in Glasgow.

According to H a n s e n (1931), rainwater contains a mean of 0.71 mg. of ammonia nitrogen and 0.35 mg. of nitrate nitrogen per liter, and besides these, organically bound nitrogen, the content of which varies greatly according to the weather before the rain. In the course of a month the content varied from 0 to 0.98 mg./l.

When these rainwater analyses are compared with those of the present study it is seen that the matter found here is in general smaller than that found elsewhere. Only the nitrogen contents are as high, and sometimes even higher. These lower values may be due to the fact that the seas near the sampling points have a very low salt content, varying from 0.2 to 0.6 %. Also there are no areas in the vicinity where great amounts of dust could rise into the air, and the samples have been taken far from settlements. The considerable content of nitrogen is because these figures contain the organically bound nitrogen as well, which usually seems to have been left out of account.

Total solids carried by precipitation

The mean annual precipitation of Finland is about 570 mm. Supposing that rainwater in the mean contains the amounts of matter given in table 8, the following table gives the total solids carried by precipitation annually to a sq. kilometer. Seeing that from North Finland only 2 samples have been analysed and that even these have been taken about the same time, the figures are given for the entire country according to the mean figures of the table.

org.	inorg.	SiO_2	R_2O_3	Ca	Mg	K	Na	P	SO_4	Cl	N
					kg./sq.km.						
2 740	3 170	291	131	199	131	245	183	8.6	416	576	587

It is seen in the table that though the solid contents are very low, the amount carried annually is appreciable. The amount of bound nitrogen must especially be noted, seeing that the vegetation is highly dependent on the nitrogen so carried into the soil.

Seeing that the contents are probably lower in North Finland, the amounts carried must be considerably smaller there (roughly 30 %), owing to lower precipitation. The decrease of nitrogen towards the north has been established by E g n é r (1953).

Of the figures presented in the above table at least those concerning sodium may be too small, and are probably even considerably so. This supposition is made because, with the exception of nitrogen, the contents of all substances were much higher in 1952 than in 1953, *e. g.* that of organic matter 4-fold. In the latter year the sodium content was about double that of potassium, but as a mean of the two years the potassium content is higher. Probably the amount of sodium given in the table ought to be

3 times as great, that is about 550 kg. Possibly also the amounts of chloride and sulphate are too small.

A still better idea of the total solids carried by precipitation is obtained from the following table, which gives the total solids for the whole of Finland:

org.	inorg.	SiO_2	R_2O_3	Ca	Mg	K	Na	P	SO_4	Cl	N
					mill. kg. per year						
925	1 070	98	44	67	44	83	62	2.9	140	194	197

When the monetary value of the amounts of calcium, magnesium, potassium, and nitrogen is calculated in terms of the price of chemical fertilizers, the result is obtained that the rains carry nutrients of the value of 11 milliard marks to the area of Finland annually, *i. e.* 326 marks/hectare. The value of the nutrients thus added to the cultivated fields is 800 million marks.

Discussion

The total solids carried by precipitation are usually given in kg. per hectare or in pounds per acre. Seeing that the amounts carried by river-water are usually given per sq. km., the same practice has been adopted here as regards the amounts in rainwater. Thus, these figures must be divided by 100 in order to get the amount per hectare. The figures cited below are given per hectare.

The total solids carried into the soil in Germany are much larger, according to Scharrer and Fast (1951), than here. The amount of calcium and magnesium is 159 kg., potassium 9.6 kg., chloride 9.86 kg., sulphate 341.8 kg., phosphorus 0.36 kg., and nitrogen 28.2 kg. These amounts are many times greater than those of the present study, and in general larger than anywhere else. C. O. Tamm (1953) found in 227 mm. rainfall of summer and autumn 0.91 kg. of Ca, 0.97 kg. of K, and 1.41 kg. of Na, which during a year (precipitation appr. 600 mm.) means 2.50 kg. of Ca, 2.60 kg. of K, and 3.70 kg. of Na per hectare, amounts which are in very good agreement with the present results.

Information on the amount of matter annually carried into the soil by precipitation is mostly restricted to the amounts of chloride and nitrogen. According to Wilson (1926), near New York the amount of ammonia nitrogen varies from 1.5 to 20.0, nitrate nitrogen from 0 to 1.8, total nitrogen from 1.7 to 20.0, and sulphur from 27.6 to 90.2 kg. Collison and Mensching (1932) also found there large amounts of nitrogen, a mean of 10 kg. per hectare, 86 % of which was ammonia nitrogen. In addition, 46 kg. of sulphur and 18 kg. of chlorine was found. The amounts for Central Sweden are 1.90 kg. ammonia and 0.91 kg. nitrate nitrogen (Ångström and Högberg, 1952), for South Sweden 3.72 kg. ammonia and 1.46 kg. nitrate nitrogen (Feilitzen and Lugner, 1910). In England the figures are (mean of the years 1888 to 1916) 2.96 kg. ammonia and 1.49 kg.

nitrate nitrogen, and 18.0 kg. chloride. In Denmark the amounts found by Hansen (1931) are larger than the foregoing, 5.25 kg. ammonia and 2.63 kg. nitrate nitrogen. The amount of chloride varies from the value on the seashore of 90.9 kg. to that found 60 km. from the shore, 28.6 kg. Tuxen (1890), in Denmark, found 11.0 kg. ammonia and 2.62 kg. nitrate nitrogen.

The amounts found in the present study in general agree quite well with those reported elsewhere. However, the amounts of nitrogen found by Ångström and Högberg, for example, are only half of the present amounts. On the other hand, the amounts of chlorine and sulphur established here are much smaller than those reported before, owing to the fact that this study has been made farther away from oceans than the studies cited.

Natural nutrient balance of the soil in Finland

When it is known in what quantities nutrients are carried by rivers and brought by precipitation, the real removal of nutrients from a given area can be calculated. (In Finnish conditions the erosion by wind can be omitted.) The amounts of matter carried by precipitation have not been calculated separately for North and South Finland. The following table gives the total loss of nutrients from Finland, calculated on the basis of the mean figures in table 5 on p. 27 and in the table on p. 39.

org.	inorg.	SiO_2	R_2O_3	Ca	Mg	K	Na	P	SO_4	Cl	N
					kg./sq. km.						
5 000	5 300	2 300	440	1 000	300	210	360	17	1 000	+ 15	+ 400

This table shows that in general the amounts removed are larger than the amounts added. The amount of nitrogen added, however, is three times the amount removed, and the amounts of chloride added and removed are about equal. On p. 39 the supposition has been made that the amount of sodium added should be 3 times that given in the table on p. 39. On this supposition the amounts of sodium added and removed were equal. If the same supposition holds regarding sulphate and chloride, the total annual loss of sulphate would be 170 kg./sq. km., and the amount of chloride added would be 3-fold that removed by rivers, as with nitrogen. The excess of nitrogen is utilized by the vegetation. For forest soils, especially, the bound nitrogen thus carried to the soil may be very important. Possibly the excess of chloride is evaporated from the acid soil. The quantity of sulphate in the soil is very small, and so a total annual loss of 170 kg. seems more likely than 1 000 kg. per sq. km.

Better than in the foregoing table, the relations between the amounts added and removed are illustrated by the following table, which shows the added matter as a percentage of that removed:

org.	inorg.	SiO_2	R_2O_3	Ca	Mg	K	Na	P	SO_4	Cl	N
36	38	11	23	17	30	54	33	33	29	103	314
							(99)		(88)	(308)	

The lower line gives in parentheses the percentages of sodium, sulphate, and chloride if the supposition concerning their true amounts is correct. It is seen from the table that approximately one third of the total solids carried by rivers is replaced by the matter added by precipitation. Concerning individual components the percentage varies to a great extent. Thus, the percentage of substances which in the rainwater originate in the main from seas (Mg, K, Na, SO_4, and Cl) are highest, the percentage of those which originate from continents (SiO_2, R_2O_3, and Ca) lowest.

When the amounts of matter added to the soil in precipitation are taken into account, the total denudation can be calculated. The result is obtained that since the last Ice Age a 3.3 cm. thick layer of soil has been lost by erosion. This erosion affects the most important nutrients most severely, and thus the soil is gradually losing its fertility. However, this process is so slow in Finland that the fertility of the soil can be considered stable over very long periods.

Literature cited

Aaltonen, V. T., 1939. Zur Stratigraphie des Podsolprofils besonders vom Standpunkt der Bodenfruchtbarkeit II. Selostus: Valaisua podsolimaan kerrallisuuteen silmälläpitäen varsinkin maan viljavuutta II. Comm. instit. forest. Fenn. 27. 4.

—»— 1941 a. Metsämaamme valtakunnan metsien toisen arvioinnin tulosten valossa. Zusammenfassung: Die finnischen Waldböden nach den Erhebungen der zweiten Reichswaldschätzung. Ibid. 29. 5.

—»— 1941 b. Zur Stratigraphie des Podsolprofils III. Selostus: Valaisua podsolimaan kerrallisuuteen III. Ibid. 29. 7.

Aschan, Ossian, 1908. Humusämnena i de nordiska inlandsvatten och deras betydelse, särskildt vid sjömalmernas daning. Bidr. till kännedom af Finlands natur och folk 66, pp. 1—176.

—»— 1932. Om vattenhumus och dess medverkan vid sjömalmsbildning. Arkiv för Kemi, Mineralogi och Geologi 10 A, No. 15.

Braun, Rudolf, 1952. Limnologische Untersuchungen an einigen Seen im Amazonasgebiet. Schweizer. Zschr. f. Hydrobiologie 14, pp. 1—128.

Collison, R. C. and Mensching, J. E., 1932. Lysimeteruntersuchungen. II. Zusammensetzung des Regenwassers in Geneva innerhalb einer 10-jährigen Periode. Bull. N. Y. Sta. Agr. Exp. Station. Tech. Bull. 193. (Cited: Chem. Zentralbl. 1933 I, p. 289.)

Dybbroe, Axel, 1947. Er luftens indhold of NaCl skadelig för trævæksten? Unpublished manuscript.

Egnér, Hans, 1953. Atmosfärens innehåll av växtnäring. Svensk jordbruks forskning, Årsbok 1953, pp. 30—37.

—»— , Eriksson, Erik, and Emanuelsson, Arne, 1949. Composition of atmospheric precipitation: I. Sampling technique. Use of ion exchange resins. Ann. Royal Agr. Coll. Sweden 16, pp. 593—602.

Eriksson, J. V., 1929. Den kemiska denudationen i Sverige. Resumé: La dénudation chimique en Suède. Stat. Meteor. Hydrogr. Anst., Medd. 5.3.

Feilitzen, Hjalmar von and Lugner, Ivar, 1910. Undersökningar öfver de mängder bundet kväfve, som tillföras jorden med nederbörden. Kgl. Landtbruksakad. Handl. Tidskr. 49, pp. 151—157.

Findeisen, W., 1937. Entstehen die Kondensationskerne an der Meeresoberfläche? Meteorol. Zschr. 54, pp. 377—379.

Finnberg, F. V., 1923. Einige Bestimmungen des Gehaltes der atmosphärischen Niederschläge an Stickstoffverbindungen, ausgeführt in Storkyrö (Finnland) 1921—22. Soc. Scient. Fennica. Comm. Phys. Math. I. 28.

Gessner, Fritz, 1934 a. Die chemische und biologische Schichtung im Vättersee. Intern. Rev. Hydrobiol. 31.

—»— 1934 b. Nitrat und Phosphat im Dystrophen See. Archiv für Hydrobiologie XXVII, pp. 131—160.

Hansen, Frode, 1931. Undersøgelser af Regnvand. Tidsskrif for Planteavl 37, pp. 123—150.

Helsingin kaupungin vesijohtolaitoksen toimintakertomus. Years 1942—1951. Helsinki.

Hendricks, Barnard A. and Johnson, Jerry M., 1944. Effects of fire on steep mountain slopes in Arizona. Journ. Forestry 42, pp. 568—571.

Hess, Hans, 1909. Der Abtrag in den Schweizer Alpen. Petermanns Mitteilungen 55, pp. 360—362.

Hjulström, Filip, 1935. Studies of the morphological activity of rivers as illustrated by the River Fyris. Bull. Geol. Inst. Univ. Upsala XXV, pp. 221—532.

Hofman-Bang, O., 1904. Studien über schwedische Fluss- und Quellwässer. Uppsala.

Holmberg, Linda, 1935. Ergebnisse optischer und chemischer Wasseranalysen 1911—1931. Hydrografisen toimiston tiedonantoja V.

Hydrografisen toimiston vuosikirja 13. 1941—1945. Helsinki 1948.

Ilvessalo, Yrjö, 1942. Suomen metsävarat ja metsien tila. II valtakunnan metsien arviointi. Summary: The forest resources and the condition of the forests of Finland. The Second National Forest Survey. Comm. inst. forest. Fenn. 30.

Israël, H., 1934. Über den Chlorgehalt des Regenwassers. Bioklim. Beibl. der meteorol. Zschr. 1, pp. 53—57.

Juday, C. and Birge, E. A., 1931. A second report on the phosphorus content of Wisconsin lake waters. Transact. Wisconsin Acad. of Sciences, Arts and Letters XXVI, pp. 353—382.

—»— —»— and Meloche, V. W., 1938. Mineral content of the lake waters of northeastern Wisconsin. Ibid. XXXI, pp. 223—276.

Köhler, Hilding, 1921. Zur Kondensation des Wasserdampfes in der Atmosphäre. Zweite Mitteilung. Geofysiske publikationer 2. 6.

—»— 1925. Untersuchungen über die Elemente des Nebels und der Wolken. Stat. Meteor. Hydrogr. Anst. Medd. 2. 5.

Lohammar, Gunnar, 1938. Wasserchemie und höhere Vegetation schwedischer Seen. Symb. Bot. Upsal. III. 1.

Lowdermilk, W. C., 1930. Influence of forest litter on runoff, percolation, and erosion. Journ. Forestry 28, pp. 474—491.

Menzl, Oswald, 1948. Über den Chlorgehalt der Niederschläge. Zschr. Meteorol. 2, pp. 289—295.

Miller, N. H. J., 1905. The amounts of nitrogen as ammonia and nitric acid, and of chlorine in the rainwater collected at Rothamsted. Journ. Agric. Sci. I, pp. 280—303.

Mrose, H., 1940. Chemische Untersuchungen von Rauhreifschmelzwasser in Thüringen. Zschr. angew. Meteorol. 57, pp. 241—254.

Munns, E. N., Preston, John, F., and Sims, Ivan H., 1938. Forests for erosion control. Soils and Men. Yearbook of Agriculture, pp. 609—633.

Oksbjerg, E., 1952. Saltnedslag, en klimatisk faktor. Dansk Skovfören. Tidsskr. 37, pp. 375—389.

Ramsay, Wilhelm, 1931. Geologins grunder. 3rd ed. Helsinki.

Rawson, Donald S., 1942. A comparison of some large alpine lakes in western Canada. Ecology 23, pp. 143—161.

—»— 1951. The total mineral content of lake waters. Ibid. 32, pp. 669—672.

Renner, F. G., 1936. Conditions influencing erosion on the Boise river watershed. U. S. Dept. of Agric., Tech. Bull. No. 528.

Rodhe, Wilhelm, 1949. The ionic composition of lake waters. Intern. Ass. Theor. and Appl. Limnology, Proc. X, pp. 377—384.

Romell, Lars-Gunnar, 1946. Organic dust in the air, and the ammonia found in atmospheric waters. Svensk Bot. Tidskr. 40, pp. 1—8.

Russel, E. J and Richards, E. H., 1919. The amount and composition of rain falling at Rothamsted. Journ. Agric. Sci. IX, pp. 309—337.

Scharrer, K. and Fast, H., 1951. Untersuchungen über die dem Boden durch die Niederschläge zugeführten Pflanzennährstoffe. Zschr. Pflanzenernährung, Düngung, Bodenkunde 100, pp. 97—106.

Sederholm, J. J., 1925. The average composition of the earth's crust in Finland. Bull. Comm. Géol. Finl. 70.

Sondén, Klas, 1914. Anteckningar rörande svenska vattendrag med hänsyn till beskaffenheten av vattnet i desamma. Stockholm.

Tamm, Carl Olof, 1951. Removal of plant nutrients from tree crowns by rain. Physiologia Plantarum 4, pp. 184—188.

—»— 1953. Growth, yield and nutrition in carpets of a forest moss. Sammanfattning: Tillväxt, produktion och näringsekologi i mattor av en skogsmossa. Medd. Statens Skogsforskningsinst. 43. 1.

Tamm, Olof, 1928. Några experimentella rön, belysande den glaciala lerbildningen. Geol. Fören. Stockholm Förhandl. 50, pp. 38—44.

—»— 1929. An experimental study on clay formation and weathering of felspars. Sammanfattning: En experimentell studie över lerbildning och vittring av fältspater. Medd. Stat. Skogsförsöksanstalt 25, pp. 1—28.

—»— 1934. En snabbmetod för mineralogisk jordartsgranskning. Zusammenfassung: Eine Schnellmethode für mineralogische Bodenuntersuchung. Svenska Skogsvårdsför. Tidskr. pp. 231—250.

—»— 1940. Den nordsvenska skogsmarken. Stockholm.

Turun kaupungin vesijohtolaitoksen toimintakertomus. Years 1942—1951. Turku.

Tuxen, C. F. A., 1890. Undersøgelser over Regnens Betydning her i Landet som Kvaelstoffkilde for Kulturplanterne. Tidsskr. for Landøkonomi 9, pp. 325—345.

Viro, P. J., 1951. Nutrient status and fertility of forest soils. I. Pine stands. Selostus: Metsämaan ravinnesuhteet ja viljavuus. I. Männiköt. Comm. inst. forest. Fenn. 39. 4.

Wilson, Benjamin D., 1926. Nitrogen and sulphur in rainwater in New York. Journ. Amer. soc. agron. 18, pp. 1 108—1 112.

Witting, Rolf, 1914 a and 1914 b. Redogörelse afgifven af arbetsutskottet för undersökning af de finska insjöars vatten och plankton. I. Optisk och kemisk undersökning af vattenprofven från sommaren 1913. II. Optisk och kemisk undersökning af Kemi, Uleå och Kumo älf samt Kymmene och Saima system från juni 1913 till juni 1914 månatligen tagna vattenprof. Referat: Bericht, abgegeben von dem Arbeitsausschuss zur Untersuchung des Wassers und des Planktons der finnischen Binnengewässer. I. Optische und chemische Untersuchung der proben vom Sommer 1913. II. Optische und chemische Untersuchung von an sieben Orten vom Juni 1913 bis Juni 1914 geschöpften Wasserproben. Fennia 35. 6 und 7.

Åberg, Börje and Rodhe, Wilhelm, 1942. Über die Milieufaktoren in einigen südschwedischen Seen. Symb. Bot. Upsal. V. 3.

Ångström, Anders and Högberg, Linus, 1952. On the content of nitrogen (NH_4—N, and NO_3—N) in atmospheric precipitation. Tellus 4, pp. 31—42.

Ravinteitten huuhtoutuminen ja maan luontainen ravinnetase Suomessa

Selostus

Johdanto

Tutkimuksen aihe

Lähdettäessä tutkimaan maan viljavuuskysymystä, joudutaan selvittämään myös viljavuuden säilymistä. Maan viljavuus on varsin suuressa määrin riippuvainen ravinteista, jotka peruskalliossa yleensä ovat hyvin vaikealiukoisessa muodossa, mutta jotka kallion ja maan rapautuessa vähitellen muuttuvat liukeneviksi. Liuenneita aineita poistuu maasta pääasiallisesti kahdella tavalla: 1. Kasvit ottavat maasta ravinteita. Näistä osa palaa takaisin maahan karikkeissa, mutta viljelysmaalta niitä poistuu korjatun viljan mukana, metsämaalta hakatun puutavaran mukana. 2. Liuenneita aineita kulkeutuu vesien mukana jokiin, jotka kuljettavat niitä edelleen meriin. Joet kuljettavat ravinteita mereen myös lietteenä ja kolloidisessa muodossa.

Hakatun puutavaran tai korjatun viljan mukana maasta poistuvien ravinteitten määrät voidaan saatavissa olevien tietojen perusteella laskea kohtalaisella tarkkuudella. Suomen jokien kuljettamista ainemääristä tiedot sitävastoin ovat erittäin puutteelliset. Jokien pois kuljettamat ainemäärät korvautuvat osittain siten, että maahan tulee ravinteita sadeveden mukana. Näin maahan tulevien ravinteitten määrä on meillä kokonaan selvittämättä. Tämän tutkimuksen tarkoituksena on senvuoksi käsitellä molempia näitä kysymyksiä, maasta poistuvia ja siihen tulevia ravinnemääriä, ja siten selvittää maan luontaista ravinnetasetta Suomessa.

Tutkimusalue ja -menetelmät

Jokien kuljettamat ainemäärät selvitettiin viidessä Suomen suurimmassa vesistössä ottamalla näyte jokivedestä kerran kuussa alimman joessa olevan voimalaitoksen alapuolelta. Tällöin saatiin näyte, joka edustaa koko vesimassaa, koska vesi sekoittuu homogeeniseksi voimalaitoksen turbiineissa. Useat tutkimukset ovat nimittäin osoittaneet, että eri aineiden pitoisuus vedessä vaihtelee syvyyden mukaan, Tutkimuksessa määritettiin vedessä olevien aineiden kokonaismäärä, siis liuenneen, kolloidisen ja liettyneen aineen summa.

Sateen mukana tulevien ainemäärien selvittämiseksi otettiin kymmenen luminäytettä eri puolilta maata. Vedestä määritettiin orgaanisen ja epäorgaanisen aineen kokonaismäärä sekä SiO_2, R_2O_3 (= Fe_2O_3 + Al_2O_3), Ca, Mg, K, Na, P, SO_4, Cl ja kokonais-N. Määritykset suoritettiin soveltaen käytäntöön tämän laboratorion tavallisia menetelmiä.

Kuva 1 s. 7 osoittaa tutkitut vesistöalueet sekä jokivesinäytteiden (täytetty ympyrä) ja luminäytteiden (avoin ympyrä) ottopaikat. Taul. 1 s. 8 on esitetty keskimääräiset sekä tutkimusvuoden vesisuhteet kullakin vesistöalueella.

Tutkitut vesistöt edustavat 59.3 % Suomen koko alasta. Useiden muiden jokien vettä on analysoitu toisissa laboratorioissa. Siten saatiin verraten suuri todennäköisyys, mihin tämän tutkimuksen jokeen kukin joki parhaiten on verrattavissa. S. 26 on esitetty näin muodostetut vesistöryhmät. Tulokset on laskettu tämän tutkimuksen lukujen perusteella.

Suomen kallioperä on valtaosaltaan graniittia tai graniittisia kivilajeja. Asetelma s. 9 esittää eräiden kivilajiryhmien esiintymisrunsautta eri vesistöalueilla. Kalkkikiveä on eniten Kemijoen ja Vuoksen vesistöalueilla, vähiten Kokemäenjoen ja Kymijoen vesistöalueilla.

Asetelma s. 10 esittää viljelysmaan ja viljellyn savimaan sekä soiden alaa eri vesistöalueilla, asetelma s. 11 eräiden hienojen maalajien alaa metsämailla maannostumisalueittain.

Jokivesi

Ainepitoisuudet

Taul. 9 s. 51 on esitetty veden ainepitoisuudet kuukausittain, taul. 2 s. 13 vuodenajoittaiset ja vuotuiset keskiarvot, samoinkuin Etelä- ja Pohjois-Suomen keskimääräiset arvot. Eri joissa ainepitoisuudet vaihtelevat huomattavasti. Ne ovat suurimmat Kokemäenjoessa. Orgaanista ainetta on vähiten Kemijoen vedessä, epäorgaanista Vuoksen vedessä, jossa myös koko haihdutusjäännös on pienin. Vuoksen veden pienet ainepitoisuudet johtuvat suurelta osalta tämän vesistön suuresta järvimäärästä, sillä varsinkin liete ehtii siellä painua pohjaan. Lietteen määrä vedessä voidaan arvioida piidioksiidin määrän mukaan. Se on suurin Kokemäenjoessa, ajoittain luultavasti yli 50 % koko haihdutusjäännöksestä. Myös Kemijoen vedessä on paljon lietettä, samoin Oulujoen vedessä tulvan aikana. Yleensä lietteen määrä on suurin tulvan aikana.

Varsinkin Etelä-Suomen vesistöalueilla huomataan selvästi, että vesistöalueen maalaji määrää ainepitoisuuden vedessä. Hienot maalajit ovat pääosaltaan viljeltyjä, ja viljelysmaan samoinkuin viljellyn savimaan alan ja veden ainepitoisuuden välillä on selvä korrelaatio. Tätä korrelaatiota ei ole havaittavissa Pohjois-Suomen vesistöalueilla, joissa suuri osa hienojakin maalajeja on viljelemättömänä. Sitävastoin näyttäisi koko maassa olevan korrelaatio hienojen maalajien kokonaisalan ja veden ainepitoisuuksien välillä. Maalajin ja veden ainepitoisuuksien välistä korrelaatiota tukee edelleen Kokemäenjoessa havaittu ainepitoisuuden huomattava lisääntyminen joen alajuoksun savimailla, samoin kuin kokonaisuudessaan savimaanjokien Aurajoen ja Vantaanjoen (taul. 4 s. 24) suuret ainepitoisuudet.

Etelä-Suomen jokien veden ainepitoisuudet ovat piihappoa lukuunottamatta suuremmat kuin Pohjois-Suomen. Ilmeisesti Etelä-Suomen jokien vedessä on yleensä enemmän liuenneita, Pohjois-Suomen jokien vedessä enemmän liettyneitä aineita. Suomen jokien veden ainepitoisuudet ovat yleensä pienemmät kuin Ruotsin jokien ja varsinkin eteläisempien maiden jokien veden ainepitoisuudet.

Taul. 3 s. 15 on esitetty jokiveden epäorgaanisen aineen sadanneskokoomus. Kationeista on vedessä eniten kalsiumia, muiden kationien runsausjärjestys vaihtelee eri vesistöissä, mutta keskimäärin runsausjärjestys on seuraava:

$$Ca > Na > K > Mg.$$

Anioneista on eniten sulfaattia, vähiten kloridia. Näyttää ilmeiseltä, että vesistöalueen kallioperä yleensä määrää vedessä olevan epä-

orgaanisen aineen laadun. Kalkin osuus on suurin Vuoksen ja Kemijoen vedessä, joilla alueilla on eniten kalkkikiveä. Vielä selvemmin kuvaa vesistöalueen kallioperää eri alkuaineiden suhde vedessä. Suhteen Mg : K suuruusjärjestys eri vesistöissä on

$$Ke > Ko > Ky > V > O,$$

joka Oulujokea lukuunottamatta on sama kuin emäksisten kivilajien suhteellinen määrä näillä alueilla.

Johtuen Suomen kallioperän luonteesta ei kivilajin vaikutus vedessä olevaan epäorgaaniseen aineeseen täällä tule niin selvänä esiin kuin esim. Ruotsissa ja Kanadassa, joissa eri vesistöalueiden kallioperä voi olla suuremmassa määrin erilaista kuin meillä.

Kuva 2 s. 18 esittää veden ainepitoisuuksia eri kuukausina. Eräissä joissa vaihtelut ovat melko suuria, esim. Kokemäenjoessa. Esim. Vuoksessa ovat vaihtelut sitävastoin hyvin pieniä. Kevättulvan alkaessa ovat ainepitoisuudet yleensä suurimmat. Suurin pitoisuus sattuu Kokemäenjoessa samaan aikaan suurimman purkautumismäärän kanssa, muissa vesistöissä se on ennen sitä. Tämä suuri ainepitoisuus näyttää olevan suurelta osalta lietteen aiheuttamaa. Yksityisten aineiden pitoisuus eri vesistöjen vedessä vaihtelee hyvin epäsäännöllisesti. Yleensä pitoisuudet ovat suurimmat syksyllä tai keväällä.

Ainemäärät

Jokien sadealueensa neliökilometriltä vuodessa kuljettamat ainemäärät on esitetty taul. 5 s. 27, samoin Etelä- ja Pohjois-Suomea ja koko maata koskevat luvut. Tutkituista joista kuljettaa Kokemäenjoki yli 100 % enemmän ainetta pinta-alayksikköä kohti kuin muut joet. Vähiten kuljettaa orgaanista ainetta Kemijoki, epäorgaanista ainetta Vuoksi. Kokonaisuudessaan savialueiden joet kuljettavat ainetta vielä enemmän kuin Kokemäenjoki.

Koko Suomen alueelta poistuu vuosittain 2 600 000 tonnia orgaanista ja 2 840 000 tonnia epäorgaanista ainetta, sekä esim. kalsiumia 404 000 tonnia. Epäorgaanisen aineen määrä on 1 890 000 m^3 mikä vastaa 0.0056 mm paksuista maakerrosta (tilavuuspaino 1.5). Jääkauden jälkeen (9 000 v:ssa) ovat joet siten kuljettaneet Suomesta 5.1 cm vahvuista maakerrosta vastaavan ainemäärän. Verrattuna muualla saatuihin lukuihin, erosio meillä on verraten vähäistä, n. 1/20 maapallon keskimääräisestä erosiosta. Ruotsin jokien kuljettamia ainemääriä esittää taul. 6 s. 31. Taulukon luvut ovat liuenneen aineen määriä koskevia, mutta silti ne ovat suurempia kuin meidän jokiemme kuljettamat kokonaisainemäärät.

Kuva 3 s. 28 esittää jokien kuukausittain kuljettamia orgaanisen ja epäorgaanisen aineen määriä. Kokemäenjoessa ja Kemijoessa vaihtelu eri kuukausina on erittäin suuri, Vuoksessa hyvin pieni.

Taul. 7 s. 31 esittää jokien eri vuodenaikoina kuljettamia ainemääriä. Määrät ovat yleensä suurimmat keväällä, pienimmät kesällä tai talvella. Eri vuodenaikoina purkautuva vesimäärä vaihtelee enemmän kuin veden ainepitoisuus, yhdessä ne määräävät kuljetetut ainemäärät.

Huuhtoutuminen

Maan huuhtoutumista on selvitetty emäsmineraali-indeksin avulla. Indeksi suurenee maaprofiilissa alaspäin, mikä osoittaa, että emäksisiä mineraaleja on huuhtoutunut pintamaasta, sillä alkuaan niitä on ollut kaikissa maakerroksissa yhtä

paljon. Laskelma osoittaa, että huuhtoutuminen kohdistuu 40 % voimakkaampana emäksisiin kuin muihin kivilajeihin.

Tulosten tarkkuus

Aurajoen ja Vantaanjoen veden ainepitoisuuksista on saatavissa tietoja 10 vuoden ajalta. Niistä käy selville, että orgaanisen aineen pitoisuus ei vaihtele suuresti eri vuosina. Epäorgaanisen aineen pitoisuuden vaihtelut ovat jonkin verran suurempia.

Tutkituissa joissa ei vaihtelu eri kuukausina yleensä ole kovin suuri. Maaliskuussa 1951, helmikuussa 1952 ja helmikuussa 1953 olivat pitoisuudet likimain yhtä suuret, ilmeisesti tyypilliset tälle vuodenajalle. Vuoden vesisuhteet eivät ole olleet erikoisen poikkeukselliset. Näiden seikkojen perusteella on tultu siihen päätelmään, että tulosten virhe on $< \pm 10$ %.

Sadevesi

Sadevesi tiivistyy ilmassa olevien suola- tai pölyhiukkasten ympärille. Tässä yhteydessä ei ryhdytä lähemmin selvittämään sadeveden epäorgaanisen aineen alkuperää, vaan rajoitutaan määrittämään sadevedessä aina esiintyvät tietyt aineet.

Eräiden tutkimusten mukaan vuodenaika ei sanottavasti vaikuta sadeveden ainepitoisuuksiin. Senvuoksi otettiin näytteet talvella, koska kesällä otetuissa sadevesinäytteissä on miltei aina siitepölyä tai muita epäpuhtauksia. Näytteet otettiin aina vähintään kilometrin päästä lähimmästä metsästä tai asumuksesta.

Analyysien tulokset on esitetty taul. 8 s. 36. Näytteet 1—5 on otettu v. 1952, näytteet 6—10 v. 1953. Näistä edustavat näytteet 2 ja 4 vastasatanutta lunta, näytteet 1 ja 3 samalta paikalta otettua vanhaa lunta.

Ainepitoisuudet ovat aina suuremmat vanhassa lumessa kuin uudessa, mikä osoittaa, että aineita tulee maahan myös sumuna ja pölynä. Vuoden 1953 näytteissä ainepitoisuudet ovat huomattavasti pienemmät kuin edellisenä vuonna otetuissa näytteissä, johtuen todennäköisesti siitä, että ne on otettu kauempaa meristä.

Verrattaessa ainepitoisuuksia muualla havaittuihin huomataan, että ne yleensä ovat paljon pienempiä. Syynä lienee lähellä olevien merien pienempi suolapitoisuus, samoinkuin harvempi asutus ja teollisuuslaitosten vähyys.

Asetelmassa s. 37 on esitetty sadeveden, meriveden ja jokiveden epäorgaanisen aineen sadanneskokoomus. Varsinkin natriumin ja kloorin luvut osoittavat, että sadeveden epäorgaanisesta aineesta huomattava osa on peräisin meristä. Merelliseen alkuperään viittaa sekin, että natriumin ja kloorin suhteellinen osuus pienenee välimatkan merestä lisääntyessä. Osa epäorgaanisesta aineesta kuitenkin on peräisin mantereilta, kuten esim. piihappo- ja seskvioksidipitoisuus osoittaa. — Jokivesi ja sadevesi ovat kokoomukseltaan huomattavasti erilaisia.

Asetelma s. 39 osoittaa sateessa vuosittain km^2:lle tulevia ainemääriä. Ne on esitetty vain koko maata kohti. Näistä määristä lienevät natriumia, klooria ja sulfaattia koskevat vain 1/3 todellisista.

Asetelma s. 40 osoittaa koko maan alueelle vuosittain tulevat ainemäärät. Apulantojen hinnan mukaan laskien näiden aineiden arvo on n. 11 miljardia markkaa, josta peltojen osalle tulee n. 800 miljoonaa markkaa, eli 326 mk/ha.

Samoinkuin ainepitoisuudet, ovat myös ainemäärät muualla suoritetuissa tutkimuksissa suuremmat, eräiden aineiden kohdalla huomattavastikin. Vain typpipitoisuudet ja -määrät ovat tässä tutkimuksessa yhtä suuret kuin muualla havaitut, joskus suuremmatkin.

Maan luontainen ravinnetase Suomessa

Asetelma s. 41 osoittaa maasta poistuvien ja maahan tulevien ravinnemäärien erotuksen, asetelma s. 42 tulevien ainemäärien sadanneksen poistuvista (jälkimmäisessä asetelmassa suluissa olevat luvut esittävät todennäköisiä sadanneslukuja). Huomataan, että keskimäärin n. 1/3 jokien kuljettamasta ainemäärästä korvautuu sateen tuomilla aineilla. Merestä peräisin olevien aineiden ja typen sadannesluvut ovat suurimmat, mantereilta peräisin olevien aineiden pienimmät. Klooria ja typpeä tulee noin 3-kertainen poistuva määrä. Ylimääräinen kloori haihtunee happamesta pintamaasta, ylimääräisen typen käyttävät kasvit. Varsinkin metsämailla lienee näin maahan tulevalla sidotulla typellä suuri merkitys.

Epäorgaanisen aineen kokonaishäviö vastaa jääkauden jälkeisenä aikana 3.3 cm paksuista maakerrosta. Vaikka huuhtoutuminen kohdistuukin voimakkaimpana tärkeimpiin ravinteisiin, voidaan todeta, että huuhtoutuminen meillä on niin vähäistä, että maan viljavuuden voidaan katsoa pysyvän muuttumattomana hyvin pitkiä aikoja.

Table 9. Solid content in riverwater.

Taul. 9. Ainepitoisuudet jokivedessä.

Month *Kuuk.*	Org.	Inorg. *Epäorg.*	SiO_2	R_2O_3	Ca	Mg	K	P	SO_4	Cl	N
	mg./l.										
Vuoksi											
III	21.7	18.3	2.6	0.5	4.1	1.25	0.83	0.033	5.38	0.89	0.78
IV	18.6	18.8	4.2	1.6	4.3	1.40	1.25	0.070	5.93	2.19	0.62
V	21.8	17.9	3.5	0.9	3.8	1.49	1.00	0.044	4.44	1.65	0.54
VI	21.8	17.5	3.0	0.9	3.8	1.15	1.00	0.087	5.14	1.60	0.63
VII	22.9	20.0	2.7	1.1	4.0	1.22	0.83	0.057	4.94	1.48	0.66
VIII	22.1	16.9	3.4	1.2	4.1	1.32	2.82	0.127	4.83	1.54	0.67
IX	23.2	18.4	3.0	1.4	3.7	1.16	1.33	0.086	6.31	1.36	0.76
X	23.0	18.9	3.4	1.2	3.6	1.20	3.32	0.270	6.26	1.60	0.76
XI	22.5	18.5	2.8	1.2	3.6	1.36	2.00	0.057	5.93	1.54	0.60
XII	22.1	19.6	3.0	0.6	3.6	1.32	4.15	0.179	6.59	1.77	0.65
I	22.0	17.1	3.2	1.2	3.6	0.96	0.91	0.057	5.26	1.36	0.75
II	21.7	16.4	3.4	0.6	3.6	0.86	0.75	0.061	5.98	1.42	0.98
Kymijoki											
III	34.4	22.9	3.6	0.8	5.3	1.38	1.66	0.236	6.30	2.36	0.73
IV	33.3	46.7	18.4	6.1	4.4	2.11	1.74	0.087	7.19	2.98	0.63
V	26.8	26.8	7.4	2.0	4.4	1.69	1.50	0.105	5.49	2.36	0.56
VI	30.4	29.1	7.2	1.7	5.0	1.53	2.16	0.127	5.76	3.43	0.68
VII	30.7	25.3	5.7	1.4	4.5	1.49	2.90	0.118	6.20	2.96	0.66
VIII	26.9	21.6	4.4	2.0	4.5	1.39	1.16	0.061	5.66	2.25	0.80
IX	33.9	26.7	5.1	1.2	5.1	1.49	1.25	0.092	8.29	2.60	0.87
X	32.6	28.3	6.2	1.6	5.1	1.66	2.66	0.101	6.81	3.07	0.83
XI	34.2	36.1	11.0	4.1	5.4	2.02	2.24	0.096	9.88	3.01	0.71
XII	36.0	47.0	15.3	5.3	5.2	2.24	2.90	0.157	8.45	2.96	0.77
I	28.9	23.7	4.4	1.7	4.6	1.32	0.83	0.044	7.18	2.78	0.73
II	32.1	23.2	3.7	0.3	4.9	1.33	1.08	0.253	6.82	3.07	0.96
Kokemäenjoki											
III	44.1	41.4	8.3	2.0	6.6	1.97	0.91	0.048	12.46	3.66	0.79
IV	46.7	99.2	51.2	15.3	5.4	3.92	2.41	0.127	9.38	4.31	0.63
V	36.0	45.2	11.8	3.1	5.6	2.44	3.32	0.118	10.32	3.72	0.51
VI	37.2	46.6	9.0	2.4	6.1	2.32	4.15	0.127	10.76	4.73	0.79
VII	41.4	45.0	5.8	2.3	6.6	2.34	3.74	0.122	14.22	3.96	0.62
VIII	43.6	38.9	3.9	2.3	6.6	2.25	3.57	0.183	12.70	4.49	0.79
IX	43.2	43.2	6.0	2.2	6.6	2.19	1.66	0.083	13.17	4.08	0.87
X	43.9	54.8	13.1	4.3	7.0	2.98	3.82	0.175	13.28	4.85	0.79
XI	44.7	57.2	15.4	4.6	6.8	3.01	2.66	0.109	13.78	3.84	0.66
XII	44.5	92.5	39.6	12.2	6.7	3.98	4.65	0.183	11.30	4.43	0.69
I	44.0	50.0	10.0	5.0	6.4	2.50	1.10	0.100	12.30	4.00	0.85
II	42.9	41.5	7.5	2.3	6.1	2.08	1.00	0.092	12.62	3.94	0.91
Oulujoki											
III	25.5	17.4	6.3	1.2	2.5	0.89	1.16	0.131	3.79	0.83	0.59
IV	30.5	36.7	21.5	3.3	2.6	1.20	0.83	0.057	2.86	1.24	0.54
V	26.1	17.8	6.6	1.9	2.7	1.10	0.83	0.070	2.86	0.83	0.44
VI	26.1	16.2	5.3	1.3	2.7	1.02	0.75	0.048	2.47	0.77	0.71
VII	28.0	17.8	6.0	1.3	2.8	0.83	1.25	0.109	3.18	0.83	0.74
VIII	26.0	14.7	4.0	1.8	2.9	0.69	1.74	0.170	3.34	0.83	0.78
IX	26.4	18.4	5.7	1.3	3.0	0.96	2.57	0.079	4.55	0.41	0.71
X	25.5	19.6	6.0	1.2	3.1	0.88	2.24	0.258	5.54	0.83	0.68
XI	26.1	17.1	5.3	1.6	3.0	1.05	1.41	0.061	4.45	0.77	0.62
XII	24.9	19.6	6.6	1.2	3.0	1.07	1.08	0.149	4.61	1.18	0.64
I	24.4	16.8	4.9	1.6	2.6	0.66	0.58	0.052	3.56	0.59	0.67
II	26.1	17.7	5.3	0.7	2.7	0.59	0.86	0.122	5.49	0.65	0.87
Kemijoki											
III	20.5	35.3	16.1	1.3	5.7	1.06	1.66	0.070	4.89	1.06	0.73
IV	23.7	34.8	13.5	0.8	6.2	1.67	1.74	0.092	4.17	2.36	0.55
V	20.6	16.8	6.7	1.8	2.5	1.04	0.75	0.044	2.14	0.71	0.49
VI	18.2	19.0	7.0	1.7	3.7	1.09	0.83	0.044	2.69	0.83	0.42
VII	20.8	21.8	6.7	1.3	4.4	1.38	0.75	0.061	2.53	0.83	0.60
VIII	21.2	24.1	7.0	1.5	5.1	1.20	1.41	0.109	3.18	0.71	0.90
IX	20.2	26.2	7.6	1.0	5.8	1.79	1.74	0.135	3.78	0.89	0.79
X	20.6	28.6	8.6	1.5	5.4	1.34	0.75	0.044	3.57	1.42	0.90
XI	25.1	26.0	9.6	1.6	5.1	1.66	0.83	0.079	3.90	1.24	0.73
XII	21.5	29.6	10.7	0.9	5.2	1.55	0.75	0.087	5.22	1.54	0.60
I	20.7	33.9	12.8	1.7	5.6	0.63	1.08	0.079	5.22	1.18	0.70
II	20.3	34.1	16.4	0.8	5.9	0.94	0.83	0.170	6.75	1.54	0.92

TUTKIMUKSIA OJITUKSEN JA TUHKA-LANNOITUKSEN VAIKUTUKSESTA ERÄIDEN SOIDEN PIENELIÖSTÖÖN

OLAVI HUIKARI

STUDIES ON THE EFFECT OF DRAINAGE AND ASH FERTILIZATION UPON THE MICROBES OF SOME SWAMPS

SUMMARY IN ENGLISH

HELSINKI 1953

Sisällysluettelo

	Sivu
Johdanto	3
Näytteiden otto ja tutkimusmenetelmät	8
Kokeita luonnontilaisen ja ojitetun rimpinevan pieneliöstöstä	9
Kokeita ojitetun ja tuhkalannoitetun sekä rämeen että rimpinevan pieneliöstöstä	11
Loppukatsaus	14
Kirjallisuusluettelo	16
English summary	17

Helsinki 1954. Valtioneuvoston kirjapaino

Johdanto

Vuonna 1949 kehoitti Metsähallituksen suonkuivausosaston päällikkö, metsäneuvos Paavo B. Mansner allekirjoittanutta tutkimaan nevojen metsitystöissä havaittujen epäonnistumisten syitä.

Jo tutkimusten alkuvaiheissa voitiin ojitusalueilla tehtyjen havaintojen perusteella päätellä, että metsittymisen epäonnistuminen on läheisessä korrelatiossa rimpisyysilmiön kanssa. Rimpisyyden epäedullisuuden puiden toimeentulolle saattoi havaita luonnontilaisina kaikkein ravinnerikkaimpienkin rämeiden ja varsinkin nevojen ojitusalueilla. Selvimmäksi kehittyneenä esiintyy rimpisyysilmiö ns. rimpinevoilla. Havaittiin myöskin, että silmäkkeisyyttä on pidettävä metsänkasvukyvyn kannalta rimpisyydelle läheisenä kasvualustan ominaisuutena.

Voitiin siis todeta, että rimpinevoilla ovat metsänkasvulle epäedulliset olot joko yhden tai useamman tekijän vaikutuksesta kehittyneet hyvin voimakkaiksi. Tutkimukset kohdistettiin tämän takia erikoisesti luonnontilaisilla ja ojitetuilla rimpinevoilla vallitsevien kasvualustaolojen selvittelyyn.

Rimpinevoja on maassamme metsäojitettu vain silloin, kun rimpinen neva on sijainnut laajemman ojituskelpoiseksi arvostellun korpi- tai rämealueen sisässä, jolloin suo on ollut joko pakko ojittaa tai ojitus lähinnä koemielessä on vaatinut suhteellisen vähän kustannuksia. Rimpinevoille on Metsähallituksen toimesta tehty kaksi laajahkoa koeojitusaluetta, toinen käsittää osan Teuravuoman metsäojituksista Kolarissa ja toinen Piipsannevan koeojitusalueen Haapavedellä.

Rimpinevojen ojitustuloksia tarkasteltaessa kiintyy huomio ennen kaikkea siihen, että luontainen metsittyminen on ollut heikkoa ja keinollisesti hankitut taimistot ovat useimmiten tuhoutuneet tai kehittyneet hitaasti. Ojituksen jälkeen on rimpinevojen kasvipeite muuttunut jokseenkin pian yhtenäiseksi *Polytrichum strictum*-matoksi ja jäkälikköksikin. Tällaisia tuloksia on saatu riippumatta siitä, minkä paksuinen ojitettavan suon turvekerros on ollut. Jopa sellaisetkin rimmet, joiden pohjalla on jokseenkin paljas kivennäismaa, ovat jääneet metsittymättä. Karhunsammaloituminen näyttää olevan sitä nopeampaa mitä tehokkaampaa kuivatus on. Lisäksi on selvästi havaittavissa, että ojia kaivettaessa nostetut



Kuva 1. Piipsannevan ojamaita v. 1933 kaivetun ojan varrelta.
Fig. 1. Ditch earth on Piipsanneva dug in 1933.
Valok. 15. 9. 1952 Toivo Välivuori. — *Photo* 15. 9. 1952 Toivo Välivuori.

turpeet, ns. ojamaat, säilyvät kymmeniä vuosia alkuperäisen muotoisina palasina (kuva 1). Turveaineksen maatuminen näyttää olevan hyvin hidasta. Ojamaiden päällä on kasvillisuuden esiintyminen vähäistä, vaikka turve on niissä harjanteilla ja oja vieressä.

Hesselman (1907) totesi suorittamiensa tutkimusten perusteella, että syynä rimpinevojen metsittymisen heikkouteen on epäedullinen kasvi-ilmasto ja maan voimakas routiminen. Hän kiinnitti huomiota myöskin piilevien merkitykseen rimpinevojen turpeen muodostumisessa ja rimpiturpeissa usein runsaasti tavattavien sulfaattien epäedulliseen vaikutukseen. Kasvi-ilmaston merkitystä karhunsammalnummien syntymisessä painostaa myös Melin (1917). Allekirjoittanut on lämpötilamittausten, vesitaloushavaintojen ja eräiden tuhkalannoituksen vaikutusta koskevien tutkimusten perusteella yrittänyt selvittää kasvi-ilmaston ja kasvualustaolojen merkitystä toisiinsa verrattuna. Tulokset (Huikari, 1951) osoittivat, että oleellisena edellytyksenä karhunsammalikon ja jäkälikön syntymiselle on sellaisen tekijän olemassaolo kasvualustassa, joka estää korkeamman kasvillisuuden menestymisen. Kasvi-ilmasto ei pysty täysin määräämään jonkin paikan kasvillisuutta, joskin se saattaa aiheuttaa siinä muutoksia. Paikalle kasvualustan ominaisuuksien mukaiseksi kehittyvä kasvillisuus luo itselleen tyypillisen kasvi-ilmaston. Tuhkalannoituskoealoilla tapahtunut turpeen rakenteen muuttuminen rinnan paikan voimakkaan metsittymisen kanssa viittasi siihen, että ojitetuilla rimpinevoilla turpeen luonnontilainen rakenne on puiden menestymisen kannalta epäedullinen.

Epäedullisten kasvualustaolojen ohjaama valinta johtaa ojitetuilla rimpinevoilla sammalkerroksessa *Polytrichum strictum*- ja *Cladina*-valtaisiin kasvisosiooneihin sekä lopulta näiden yksinvaltiuteen muihin sammaliin sekä heiniin ja varpuihin nähden. Tämän lajikoostumuksen muuttumisen mukana voimistuu samalla kasvi-ilmaston epäedullisuus ja kehitys vie progressiivisesti karhunsammalnummeen ja jäkälikköön.

Malmström'in (1935 ja 1952) ja Lukkalan (1951) tutkimukset osoittavat, että puuntuhkalannoituksella voidaan huomattavasti parantaa puiden toimeentuloa ojitetuilla soilla. Taulukossa 1 on esitetty eräitä rimpinevaturpeiden keskimääräisiä kemiallisia ominaisuuksia (Metsäntutkimuslaitoksen aineiston mukaan) ja 15 vuotta sitten tuhkalannoitetun rimpinevan pintaturpeen vastaavat ominaisuudet. Havaitaan, että rimpinevojen turpeet ovat yleensä typpirikkaita, mutta fosfori- ja kaliköyhiä. Tuhkalannoituksen vaikutus ulottuu turpeen pH:ssa, raakatuhkapitoisuudessa ja ravinnemäärissä havaittavana vain 10 cm:n syvyyteen. Vaikka tuhkalannoituksessa on tuhkaan sisältyvänä annettu myöskin fosforia, on 0—10 cm:n kerroksessa fosforia vähemmän kuin 10—20 cm:n syvyydessä. Puusto on siis ilmeisesti pystynyt käyttämään tehokkaasti jopa turpeessa alunperinkin olleen fosforin. Björkman (1941) on todennut tuhkalannoituksen lisäävän puiden mykoritsamuodostusta. Mm. Mc Comb'in (1943) (Mikola, 1953) tutkimuksen perusteella tiedetään, että mykoritsoilla on tärkeä merkitys puiden fosforin hankinnassa. Tältä pohjalta voitaneen päätellä, että tuhkalannoituksen jälkeen voimistuneen mykoritsamuodostuksen ansiosta puiden fosforin saanti on tehostunut huomattavasti.

Taulukko 1. Rimpinevojen pintaturpeiden (0—15 cm) keskimääräinen pH, raakatuhkan, typen, kalkin, fosforin ja kalin määrät sekä v. 1937 tuhkalannoitetun rimpinevan turpeen vastaavat kemialliset ominaisuudet v. 1952.

Table 1. The average pH, the amounts of ash, nitrogen, calcium, phosphorus and potassium of the surface peats (0—15 cm) from unfertilized »rimpinevas» [1] *and from a »rimpineva» fertilized with wood ash in 1937 and analyzed in 1952, based on samples studied at the Forest Research Institute.*

	pH	Raaka-tuhka % *Ash*	N %	CaO %	P_2O_5 %	K_2O %
Ruskosammaleiset rimpinevat — *Eutrophic rimpineva*	5.1	4.31	2.30	1.417	0.138	0.016
Varsinaiset rimpinevat — *Rimpinevas proper*	4.4	5.16	2.54	0.293	0.211	0.038
Tuhkalannoitettu rimpineva (Kaakkosuo) — *Ash-fertilized rimpineva*	4.9—					
0— 5 cm	7.2	18.06	2.07	1.310	0.004	0.180
5—10 cm	4.45	12.33	2.20	0.440	0.110	0.040
10—20 cm	4.15	5.20	2.06	0.300	0.130	0.030

[1]) For nomenclature of swamp types consult Huikari 1952.

Mykoritsamuodostumisen voimistumisen syy voi olla tuhkalannoituksen antama ravinnelisäys, jonkin mykoritsamuodostusta estävän ominaisuuden tai aineen poituminen tuhkalannoituksen vaikutuksesta tai mykoritsamuodostusta tehostavan aineen lisäys tuhkan mukana.

Lukkala (1951) ja Malmström (1952) toteavat tutkimuksiinsa nojautuen tuhkalannoituksen vaikutuksen perustuvan ravinnelisäykseen, joka tuntuu voimakkaimpana typpirikkailla soilla. Useat lannoituskokeet osoittavatkin, että fosfori- ja kalilannoituksella pystytään parantamaan puiden taimien toimeentuloa myös rimpisillä soilla.

Jo vanhastaan tunnettu ja erikoisesti Etelä-Pohjanmaan rimpisten ja silmäkkeisten soiden alueella käytetty soiden polttoviljelys muuttaa samoin kuin tuhkalannoituskin soiden kasvukyvyn ja turpeen hajaantumisen. Tutkiessaan polton vaikutusta Svinhufvud (1929) on todennut, että turpeessa olevasta totaalitypestä muuttuu n. 30—50 % ammoniakiksi jo kohtalaisen lievässäkin palamisessa. Lisäksi poltto vaikuttaa kuumentamisen ja kuivatuksen kautta muidenkin ravinteiden liukenemista edistävästi. Poltossa muodostuva tuhka miedontaa maan happamuutta. Happamien turvelaatujen tuhka omaa kuitenkin hänen havaintojensa mukaan ainoastaan lievän neutraloimiskyvyn. Poltto vilkastuttaa mikro-organismien toimintaa. Suoritetut lannoituskokeet poltetulla ja savetulla suolla osoittivat, ettei fosfori-, kali- eikä typpilannoitus vaikuta, jos poltto on onnistunut hyvin. Mainittakoon lisäksi, että yleisesti on todettavissa tehokkaastikin lannoitetuilla suoviljelyksillä ja erikoisesti rimpinevaviljelyksillä nuotioiden paikkojen ympäristöään selvästi voimakkaampi kasvukyky.

Vuonna 1950 perustettiin Vilppulaan metsäojitetulle rimpiselle suolle hivenlannoitus-, kalilipeä- ja selluloosateollisuuden jätelipeäkokeita. Hivenlannoitekokeita perustettiin samana vuonna rimpiselle suolle myös Haapavedelle ja Muhokselle käyttäen samoin kuin Vilppulassakin booria, kuparia, mangaania ja sinkkiä. Toistaiseksi ei muilla kokeissa käytetyistä aineista ole ollut näkyvää vaikutusta kuin kuparilla. 100 kg/ha kuparisulfaattia on (todennäköisesti myrkkyvaikutuksellaan) tappanut karhunsammalta, mutta sekään ei ole ainakaan toistaiseksi pystynyt parantamaan puiden toimeentuloa.

Vaikkakin on pidettävä varmana, että tuhkalannoituksessa annetulla ravinnelisäyksellä on tärkeä merkitys, ja sen täytyy ilmetä kasvipeitteessä, ei ravinnelisäys välittömästi yksin pystyne selittämään tuhkalannoituksen ja suon pinnan polton jokseenkin identtisen vaikutuksen pohjimmaisia syitä.

Näiden toimenpiteiden aiheuttama kasvualustan kasvukunnon muutos on niin voimakas ja aivan ilmeisesti humuksen yleiseen hajaantumisprobleemaan niin läheisesti kytkeytyvä, että näiden ilmiöiden mahdollisimman perusteellista ja laajalla pohjalla tapahtuvaa tutkimista on pidettävä hyvin tärkeänä.

Eräs selitys sekä tuhkalannoituksen että turpeen polton vaikutukselle on ehkä löydettävissä siitä, että samalla kun näillä toimenpiteillä lisätään kasvualustaan puiden tarvitsemien käyttökelpoisten ravinteiden määrää, poistetaan kasvualustasta jonkin sellaisen aineen, aineyhdistelmän, ominaisuuden tai kasvuston vaikutus, joka varsinkin niukkaravinteisissa turpeissa hidastaa ratkaisevasti turpeen hajaantumista ja joko suoraan tai välillisesti vaikeuttaa puiden toimeentuloa. Tuhkalannoituksen ja suon polton jälkeen havaittavan turpeen rakenteen sekä puiden menestymisen paranemisen saattoi olettaa aiheutuneen joko ns. ravinnelisäyksen tai jonkin muun tuhkassa olleen aineen, aineyhdistelmän, ominaisuuden tai polton kuumentamisen vaikutuksesta 1) turpeen mikrobeihin tai 2) välittömästi turpeen kemialliseen koostumukseen.

Ojituksen ja tuhkalannoituksen vaikutusta rimpinevaturpeen mikrobeihin on Metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosastolla tutkittu vuosina 1951—1953. Seuraavassa esitetään erään jo päättyneen tutkimusvaiheen tärkeimmät tulokset.

Esitän parhaimmat kiitokseni professori O. J. Lukkalalle, professori Unto Vartiovaaralle ja tohtori Peitsa Mikolalle monista työn kestäessä saaduista neuvoista sekä metsäneuvos Paavo B. Mansnerille ja suonkuivausmetsänhoitaja, maat. metsät. kand. Urho Metsänheimolle aputyövoiman palkkauksen järjestelystä. Samoin kiitän myöskin ylioppilaita Kimmo Virtasta ja Osmo Ulvista, jotka ovat avustaneet laboratoriotöissä.

Näytteiden otto ja tutkimusmenetelmät

Pieneliöiden pääasiallisin elontoiminta tapahtuu meidän ilmastossamme kesällä maan ollessa lämpimimmillään. Turpeiden pieneliöstöön kohdistuvat tutkimukset pitäisi tästä syystä varsinkin silloin, kun halutaan tutkia toiminnan voimakkuutta, suorittaa turpeiden lämpöoptimin aikana. Kun tässä tutkimuksessa oli tarkoituksena lähinnä vertailla erilailla käsiteltyjen kasvualustojen pieneliöstöjä toisiinsa, pääteltiin tällaiseen vertailuun päästävän myös talvella otettujen näytteiden avulla. Turvenäytteet otettiin maan jäätyneenä ollessa ja kuljetettiin jäätyneinä Helsinkiin, jolloin voitiin olla varmoja siitä, että näytteen pieneliöstö ei ole muuttunut matkan aikana.

Näytteet olivat 20 × 20 × 20 cm:n suuruisia. Vuonna 1950 otettiin näytteet vain 0—20 cm:n syvyydeltä jokaisesta tutkimuspaikasta. Rimpisiltä soilta otetut turvenäytteet olivat heikosti maatunutta saraturvetta (C-t, H_3). Isovarpuiselta tupasvillarämeeltä otetut turvenäytteet olivat heikosti maatunutta rahkaturvetta (S-t, H_3). Laboratoriossa tutkittiin pieneliöiden määrät 5, 10 ja 15 cm:n syvyyksiltä näytteen keskustasta. Vuonna 1951 otettiin näytteet 0—20 cm:n, 20—40 cm:n ja 50—70 cm:n syvyyksiltä ja tutkittiin pieneliöiden määrät 0, 5, 10, 30 ja 60 cm:n syvyyksiltä näytteiden keskustasta.

Tutkimukset suoritettiin (pintalevitys-) laimennusviljelminä siirtäen laimennussarjaan 1 g jäätynyttä turvetta. Kokeissa käytettiin seuraavaa ravintoalustaa (vrt. Fries 1938, Modess 1941 ja Mikola 1948):

KH_2PO_4	0.5 g
NH_4Cl	0.5 »
$MgSO_4 + 7H_2O$	0.5 »
$FeCl_3$ (1 % liuos)	1.0 cm^3
Mallasekstraktia	5.0 g
Agar	15.0 »
H_2O	1 000.0 »

Anaerobisten mikrobien viljelykokeet suoritettiin kumitulpalla suljetuissa koeputkissa, joista poistettiin ilma hiilidioksidilla. Pelkistäjäksi lisättiin natriumtioglykolaattia ja hapetuspelkistyspotentiaali-indikaattoriksi me-

tylensinistä vesiliuoksena. Pieneliöiden runsaus laskettiin laimennusviljelmiin kehittyneiden pesäkkeiden lukumäärän avulla, varmentaen mikroskopoimalla homeet erilleen bakteereista ja hiivoista. Kaikki kokeet suoritettiin neljä kertaa kertautuvina laimennusviljelmäsarjoina. Kun vaihtelu kertautuvien kokeiden kesken oli suhteellisen pieni, on esitettäviin taulukoihin otettu tilan säästämisen takia vain keskiarvoluvut.

Mikroskooppisten levien ja alkueläinten tutkimista varten sekoitettiin 2 g jäätynyttä turvetta jokaisesta näytteestä 60 ml:an vettä, johon oli lisätty 0.5 g KH_2PO_4. Sähkövalaistuksessa ja huoneenlämmössä pidettyjen viljelmien levä- ja alkueläinmääriä vertailtiin toisiinsa mikroskopoimalla säännöllisin väliajoin platinalankasilmukalla otettuja näytteitä. Lähinnä voitiin tällöin päätellä vain, minkälaisia eliöitä oli eri syvyyksiltä ja erilaisilta paikoilta otetuissa näytteissä elävinä ja lisääntymiskykyisinä. Jossain määrin voitiin tällöin tehdä havaintoja myöskin eri eliöiden runsaudesta erilaisista näytteistä tehdyissä viljelmissä toisiinsa verrattuina.

Kokeita luonnontilaisen ja ojitetun rimpinevan pieneliöstöstä

Luonnontilaisen ja ojitetun rimpinevan mikrobien tutkimista varten hankittiin tammikuussa v. 1951 Kolarin Teuravuomalta turvenäytteet.

Laimennusviljelmien perusteella saatiin taulukon 2 mukaisia mikrobimääriä esille. Taulukossa on mikrobit jaettu kahteen ryhmään siten, että homeet on laskettu yhtenä sekä bakteerit ja hiivat toisena ryhmänä.

Taulukosta havaitaan, että ojitetulta suolta otetussa näytteessä on ollut homeita runsaammin kuin luonnontilaiselta otetussa aina 15 cm:n syvyyteen saakka. Bakteereita ja hiivoja on luonnontilaisella ollut varsinkin 10 cm:n syvyydessä enemmän kuin ojitetulla.

Taulukko 2. Rimpiseltä saranevalta Kolarin Teuravuomalta 29. 1. 1951 otettujen turvenäytteiden aerobisten homeiden sekä bakteerien ja hiivojen määrä kpl/g jäätynyttä turvetta.

Table 2. Aerobic moulds, bacteria and yeasts per gram of frozen peat in peat samples taken on 29. 1. 1951 from a sedgy »neva» with »rimpis», Teuravuoma, Kolari.

Syvyys, cm *Depth, cm*	Luonnontilainen — *Natural*			Ojitettu — *Drained*		
	Homeita *Moulds*	Bakteereita ja hiivoja *Bacteria and yeasts*	Yhteensä *Total*	Homeita *Moulds*	Bakteereita ja hiivoja *Bacteria and yeasts*	Yhteensä *Total*
5 ...	10 000	60 000	70 000	105 000	500 00	155 000
10 ...	2 000	550 000	552 000	30 000	800 00	110 000
15 ...	3 000	7 000	10 000	8 000	70 00	15 000
30 ...	<1 000	<1 000	<2 000	<1 000	100 00	11 000
60 ...	<1 000	<1 000	<2 000	<1 000	<10 00	<2 000

Taulukko 3. Rimpiseltä saranevalta Kolarin Teuravuomalta 29. 1. 1951 jäätyneenä otettujen turvenäytteiden anaerobisten sienien, bakteerien ja hiivojen määrät kpl/g jäätynyttä turvetta.

Table 3. Anaerobic fungi, bacteria and yeasts per gram of frozen peat in peat samples taken on 29. 1. 1951 from a sedgy »neva» with »rimpis», Teuravuoma, Kolari.

Etäisyys suon pinnasta, cm *Depth from swamp surface, cm*	Luonnontilainen *Natural*	Ojitettu *Drained*
5	1 200 000	50 000
10	100 000	150 000
15	10 000	10 000
30	2 000	1 000
60	1 000	1 000

Anaerobisten mikrobien määristä saatiin laimennus-siirrostuksen perusteella laskien taulukon 3 mukaisia arvoja. Havaitaan, että luonnontilaisesta otetuissa näytteissä on ollut anaerobisessa kasvualustassa toimeentulevia mikrobeja 5 cm:n syvyydessä huomattavasti runsaammin kuin ojitetuilta otetuissa. Syvemmällä määrät ovat samaa suuruusluokkaa.

Anaerobiset mikrobit esiintyivät kahdeksana pesäkemuodoltaan ja väriltään tai solurakenteltaan erilaisena kasvustona. Niistä 5 kpl oli mikrokokkeja, joista yksi eritti ympärilleen limakapselin. Sauvabakteereja oli kaksi, hiivamaisia yksi ja yksi väliseinätön leväsienirihmasto. Tutkittaessa näiden menestymistä aerobisissa oloissa havaittiin, että yksi mikrokokki, toinen sauvabakteereista ja hiiva eivät kasvaneet aerobisissa oloissa. 3 mikrokokkia ja toinen sauvabakteereista kasvoivat myöskin aerobisissa oloissa, mutta hitaammin kuin anaerobisissa. Leväsieni ja yksi mikrokokeista kasvoivat hyvin aerobisissa oloissa.

Levien ja alkueläinten määrä ja lajirunsaus väheni selvästi siirryttäessä 0—10 cm:n kerroksesta syvemmälle. Luonnontilaisella niitä oli enemmän kuin ojitetulla. Viljelmissä voitiin havaita esiintyvän *Nostoc*-suvun kaltaisia jakoleviä, jotka pystynevät sitomaan *Nostoc*'ien tapaan ilmakehän typpeä. Niillä lienee tärkeä merkitys rimpinevojen runsaan typpipitoisuuden aikaansaajina. Kromatofooreilla varustettuja leviä tavattiin selvästi runsaimmin pintanäytteissä ja kohtalaisen runsaasti vielä 15 cm:n syvyydessäkin, mutta jo 30 cm:n syvyydessä niitä oli hyvin vähän.

Piileviä tavattiin samoin runsaasti 10 cm:n syvyyteen saakka, 30 cm:n syvyydessä vain vähän ja 60 cm:n syvyydessä niitä ei enää ollut lisääntymiskykyisinä ollenkaan. Alkueläimien määrässä oli havaittavissa samanlainen syvyyssuuntainen vaihtelu.

Havaitaan, että rimpiturpeen pieneliöstössä tuntuu ojituksen vaikutus 15 cm:n paksuisessa pintakerroksessa selvimpänä. Varsinkin levien, alku-

eläinten ja siimaeliöiden esiintymisestä voitaneen päätellä, että rimpiturpeessa ei tapahdu mainittavaa pintavesien alaspäin suuntautuvaa virtailua 30 cm syvemmälle.

Kokeita ojitetun ja tuhkalannoitetun sekä rämeen että rimpinevan pieneliöstöstä

Tammikuussa 1950 otettiin Vilppulan Kaakkosuolta turvenäytteet lannoittamattomalta ja tuhkalannoitetulta rimpinevalta. Niistä suoritettujen kokeiden tuloksista mainittakoon, että tuhkalannoituksen havaittiin lisänneen voimakkaasti homeiden määrää pintaturpeessa (H u i k a r i, 1951). Samaan aikaan tutkittiin Vilppulan Jaakkoinsuolta isovarpuiselta tupasvillarämeeltä vastaavasti otettujen näytteiden pieneliöstöä ja saatiin taulukon 4 mukaisia arvoja. Havaitaan, että tuhkalannoitetussa turpeessa on 5 cm:n syvyydessä ollut bakteereita ja hiivoja huomattavasti runsaammin kuin lannoittamattomassa. Homeiden määrä on tuhkalannoitetussa turpeessa suurempi kuin lannoittamattomassa 10 cm:n ja 15 cm:n syvyydessä. 10 cm:n syvyydessä tuhka ei ole pystynyt vaikuttamaan siten, että bakteerien elinehdot olisivat parantuneet. Homeiden määrä on lisääntynyt syvemmällä turpeessa ilmeisesti siitä syystä, että suhteellisen ilmavan rahkaturpeen pH on pysynyt alhaisena, mutta ravinnepitoisuus on kohonnut.

Taulukko 4. Vilppulan Jaakkoinsuolta isovarpuiselta rämeeltä tammikuussa 1950 jäätyneenä otettujen turpeiden aerobisten sienien sekä bakteerien ja hiivojen määrä kpl/g turvetta.

Table 4. Aerobic fungi, bacteria and yeasts per gram of peat in frozen peat samples taken in January of 1950 from a »räme» with high shrubs, Jaakkoinsuo, Vilppula

Etäisyys pinnasta, cm *Depth from surface, cm*	Lannoittamaton — *Unfertilized*		Tuhkalannoitettu — *Fertilized with ash*	
	Homeita *Moulds*	Bakteereita ja hiivoja *Bacteria and yeasts*	Homeita *Moulds*	Bakteereita ja hiivoja *Bacteria and yeasts*
5	44 000	1 000	16 000	1 200 000
10	6 000	1 000	60 000	1 000
15	2 000	6 000	11 000	2 000

Kaakkosuolta otettiin 16. 4. 1951 kaksinkertaiset näytesarjat sekä tuhkalannoitetulta että lannoittamattomalta suon osalta.

Näytteiden kasvinjäännekoostumus tutkittiin mikroskooppisesti H e i k u r a i s e n ja H u i k a r i n (1952) esittämällä menetelmällä. Tutkimuksesta saatiin taulukon 5 mukaiset tulokset.

Taulukko 5. Vilppulan Kaakkosuolta 16. 4. 51 otettujen turvenäytteiden kasvinjäännekoostumukset ja maatumisasteet.

Table 5. The composition of plant remains and the decomposition stages (cf. Heikurainen *and* Huikari *1952) of peat samples taken on 16. 4. 51, Kaakkosuo, Vilppula.*

Syvyys, cm *Depth, cm*	I a	I b	II a	II b
0	$B_6C_{18}Pol_{76}$ [1]), H_2	$L_2C_{13}Pol_{85}$, H_2	Er_7C_{93}, H_4	$L_8B_{12}C_{80}$, H_4
5	$Er_{12}C_{10}Pol_{78}$, H_3	$L_3C_{12}Pol_{85}$, H_3	$B_{28}L_{33}C_{39}$, H_4	$S_1B_4L_9C_{86}$, H_4
10	$C_{21}Pol_{79}$, H_3	$L_7C_{13}Pol_{70}$, H_3	$S_2L_{13}C_{85}$, H_4	$B_4L_7C_{89}$, H_4
30	$B_1S_3L_{35}C_{61}$, H_3	$L_{18}C_{82}$, H_3	$L_{29}C_{71}$, H_3	$L_1C_{49}S_{50}$, H_3
60	C_{100}, H_4	L_1C_{99}, H_4	$Er_2L_8C_{90}$, H_4	$L_3S_{13}C_{84}$, H_4

Taulukoista 6 ja 7 havaitaan sekä tuhkalannoitetulta että lannoittamattomalta suolta otettujen näytteiden aerobisen pieneliöstön runsauden 0 cm:n, 5 cm:n ja 10 cm:n syvyydessä olevan korrelatiossa pH:n kanssa. 30 cm:n ja 60 cm:n syvyydessä esiintyneet mikrobit ovat ilmeisesti sekä aerobisissa että anaerobisissa oloissa toimeentulevia. Tuhkalannoituksen vaikutusta ei ole havaittavissa 30 cm:n ja 60 cm:n syvyydessä, mutta 0 cm:n, 5 cm:n ja 10 cm:n syvyydessä se on lisännyt voimakkaasti aerobisen pieneliöstön määrää.

Kaakkosuolta otetuista näytteistä tutkittiin myös anaerobisten mikrobien esiintymistä. Taulukossa 8 olevista tuloksista havaitaan, että anaerobisten pieneliöiden määrä on suurin ojitetulla rimpikohdalla suon pinnassa 10 cm:n syvyyteen saakka. Tuhkalannoitus vaikuttaa anaerobisten määrää kohottavasti selvimmin 0—5 cm:n syvyydessä. Vaikutus tuntuu vielä 10 cm:ssä, mutta ei enää 30 cm:n syvyydessä.

Taulukko 6. Vilppulan Kaakkosuolta lannoittamattomalta, ojitetulta rimpinevalta 16. 4. 1951 jäätyneenä otettujen turvenäytteiden pH ja aerobisten mikrobien määrä kpl/g turvetta.

Table 6. The pH and the number of aerobic microbes per gram of frozen peat in samples taken on 16. 4. 1951 from an unfertilized, drained »rimpineva», Kaakkosuo, Vilppula.

Etäisyys pinnasta, cm *Depth from surface, cm*	I a			I b		
	pH	Homeita *Moulds*	Bakteereita ja hiivoja *Bacteria and yeasts*	pH	Homeita *Moulds*	Bakteereita ja hiivoja *Bacteria and yeasts*
0	4.72	200 000	100 000	4.48	30 000	40 000
5	4.68	100 000	50 000	4.50	10 000	10 000
10	4.50	30 000	200 000	4.57	100 000	100 000
30	4.70	1 000	2 000	4.59	1 000	2 000
60	4.78	1 000	3 000	4.50	20 000	2 000

[1]) Pol = Polytrichum strictum

Taulukko 7. Vilppulan Kaakkosuolta puuntuhkalla lannoitetulta (7 200 kg/ha v. 1937), ojitetulta rimpinevalta 16. 4. 1951 jäätyneenä otettujen turvenäytteiden pH ja aerobisten mikrobien määrä kpl/g turvetta.

Table 7. The pH and the number of aerobic microbes per gram of frozen peat in samples taken on 16. 4. 1951 from a »rimpineva» fertilized with wood ash (7 200 kg ha) in 1937 and drained, Kaakkosuo, Vilppula.

Eräisyys pinnasta, cm *Depth from surface, cm*	II a			II b		
	pH	Homeita *Moulds*	Bakteereita ja hiivoja *Bacteria and yeasts*	pH	Homeita *Moulds*	Bakteereita ja hiivoja *Bacteria and yeasts*
0	5.90	3 000 000	2 000 000	5.40	100 000	150 000
5	5.94	500 000	100 000	5.60	50 000	1 000 000
10	5.80	400 000	100 000	5.80	800 000	1 100 000
30	4.70	3 000	1 000	4.50	1 000	1 000
60	4.73	1 000	1 000	4.75	1 000	1 000

Suoritetut kokeet osoittivat, että kyseisistä mikrobeista vain noin neljännes on yksinomaan anaerobisessa ympäristössä toimeentulevia.

Alkueläimiä ja mikroskooppisia leviä koskevissa tutkimuksissa havaittiin että suon pinnasta otetuissa näytteissä oli leviä ja alkueläimiä tuhkalannoitetulla runsaasti, mutta lannoittamattomalla kohtalaisen vähän. 5—10 cm:n kerroksessa on kumpiakin runsaasti sekä lannoittamattomalla että tuhkalannoitetulla. Jo 30 cm:n syvyydessä oli levien ja alkueläinten määrä hyvin vähäinen. 60 cm:n syvyydessä niitä ei tavattu lisääntymiskykyisinä ollenkaan.

Taulukko 8. Vilppulan Kaakkosuolta lannoittamattomalta ja tuhkalannoitetulta, ojitetulta rimpinevalta 16. 4. 1951 jäätyneenä otettujen turvenäytteiden anaerobisten sienien, bakteerien ja hiivojen määrät kpl/g turvetta.

Table 8. Anaerobic fungi, bacteria and yeasts per gram of frozen peat in peat samples taken on 16. 4. 1951 from an unfertilized and from an ash-fertilized, drained »rimpineva», Kaakkosuo, Vilppula.

Etäisyys pinnasta, cm *Depth from surface, cm*	Lannoittamaton — *Unfertilized*		Tuhkalannoitettu — *Fertilized with ash*	
	I a	I b	II a	II b
0	10 000	4 000	135 000	20 000
5	35 000	3 500	145 000	50 000
10	20 000	20 000	65 000	20 000
30	3 000	1 000	1 500	1 500
60	< 1 000	3 000	2 000	< 1 000

Loppukatsaus

Edellä selostettujen kokeiden perusteella voitiin jo kokeiden alkuvaiheessa päätellä, että ojitus ja tuhkalannoitus vaikuttavat vain n. 20 cm:n syvyyteen saakka voimakkaasti turpeen pieneliöstöön. Tässä esitetyt jatkotutkimukset kohdistettiin entistä tarkemmin aivan turpeen pintakerroksiin ottamalla tutkittavat näytteet 0 cm:n, 5 cm:n ja 10 cm:n syvyydestä. Lisäksi otettiin kontrollin vuoksi näytteet myös 30 cm:n ja 60 cm:n syvyydestä.

Tulokset osoittavat, että ojituksen vaikutus ulottuu rimpinevalla ja isovarpuisella niittyvillarämeellä kapeallakin saralla (35 m) vain 0 cm:n, 5 cm:n ja 10 cm:n syvyydestä otettuihin näytteisiin. Tuhkalannoituksen vaikutus ilmenee sekä ravinnepitoisuuden että pieneliöstön selvinä muutoksina vain n. 10 cm:n paksuisessa pintakerroksessa. Pieneliöiden runsaus näyttää olevan korrelatiossa turpeen pH:n kanssa. Eri syvyyksiltä otettujen näytteiden pH on vuorostaan aivan ilmeisesti korrelatiossa useiden muiden mikrobien menestymiseen vaikuttavien tekijöiden kanssa varsinkin lannoitusalueella.

Kun tuhkalannoituksen vaikutusta ei näy enää 30 cm:n syvyydessä, ja puuston menestymisessä tapahtuu selvä muutos, näyttää siltä, että ainakin rimpinevoilla pystyy alle 30 cm:n paksuisen pintakerroksen epäedullisuus kasvualustana ehkäisemään puiden menestymisen jokseenkin täydellisesti.

Yritettäessä parantaa puiden menestymisen edellytyksiä soilla ojituksen avulla on siis ennen kaikkea kiinnitettävä huomiota siihen, että varsinkin jo luonnostaan puuttomilla suotyypeillä pintaturpeen ominaisuudet ratkaisevat puiden toimeentulon. Ojitus on suoritettava siten, että vedet eivät puiden kasvukauden aikana pääse pysähtymään turpeen pintaosiin. Heikosti vettä läpäiseviä turvemaita kuivatettaessa on ojien oltava matalia, ettei pintaturve poutakausina kuivu liikaa ja muodostu lämpötaloudeltaan epäedulliseksi. Rimpinevojen kuivatustarpeesta pystynee parhaiten huolehtimaan tiheä ja matala ojitus. Oikea kuivatuskaan ei kuitenkaan pystyne ilman lannoituksia tai polttoa parantamaan rimpinevoilla vallitsevia kasvualustaoloja siinä määrin, että koko kiertoajan kestävä puuston hyvä kasvu olisi turvattu.

Jo monien geologisten ja kasvipaleontologisten tutkimusten perusteella on tunnettua, että soissa on erilaisia leviä. Tässä tutkimuksessa tehdyt levämiljelmät osoittivat, että leviä ja alkueläimiä tavataan runsaimmin alle 30 cm:n paksuisessa pintaturpeessa sekä ojitetulla että tuhkalannoitetulla suolla. Niiden merkitys kasvualustan kasvukunnon kannalta on ilmeisesti tärkeä. Eräät levälajit pystynevät rikastuttamaan turpeeseen typpeä. Suurin osa levistä vaikuttanee kuitenkin negatiivisesti korkeampien kasvien menestymiseen sitoessaan soluainekseensa käyttökelpoisia ravinteita. Tämä vaikutus ilmenee luonnollisesti selvimpänä siellä, missä ravinteita on kaikkein niukimmin saatavissa. On lisäksi mahdollista, että levillä on muitakin haitallisia vaikutuksia esim. sienien toimintaan ja sitä kautta turpeiden hajaantumiseen.

Tutkimuksen jatkotyöt kohdistuvat soista eristettyjen mikrobien turpeenhajoituskyvyn vertailuun erilaisissa oloissa. Erittäin tärkeä työ on myös levien vaikutusten tutkimisessa.

Kirjallisuusluettelo

Björkman, Erik. 1941. Mykorrhizans utbildning och frekvens hos skogsträd på askgödslade och ogödslade delar av dikad myr. Medd. Stat. skogsförsöksanst. 32. Stockholm.

Fries, N. 1938. Über die Bedeutung von Wuchstoffen für das Wachstum verschiedener Pilze. Symb. Bot. Ups., III : 2. Uppsala.

Heikurainen, Leo ja Huikari, Olavi. 1952. Turvelajin mikroskooppinen määrittäminen. *Summary:* The microscopic determination of Peat Types. Metsätiet. tutkimusl. julk. 40, 5. Helsinki.

Hesselman, Henrik. 1907. Studier öfver skogsväxt å mossar. 1.0 m trädplantor å utdikade flarkar. *Resumé:* Studien über die Bewaldung von Mooren. Medd. Stat. skogsförsöksanst. 3. Stockholm.

Huikari, Olavi. 1951. Havaintoja ojitettujen rimpinevojen taimettumista ehkäisevistä tekijöistä. Suo N:o 1. Helsinki.

—»— 1952. Suotyypin määritys maa- ja metsätaloudellista käyttöarvoa silmälläpitäen. *Summary:* On the determination of mire types, especially considering their drainage value for agriculture and forestry. Silva fennica 75. Helsinki.

Lukkala, O. J. 1951. Kokemuksia Jaakkoinsuon koeojitusalueelta. *Summary:* Experiences from Jaakkoinsuo experimental drainage area. Metsätiet. tutkimusl. julk. 39, 6. Helsinki.

Malmström, Carl. 1935. Om näringsförhållandenas betydelse för torvmarkers skogsproduktiva förmåga. Medd. Stat. skogsförsöksanst. 28. Stockholm.

—»— 1952. Svenska gödlingsförsök för belysande av de näringsekologiska villkoren för skogsväxt på torvmark. Metsätiet. tutkimusl. julk. 40, 17. Helsinki.

Melin, Elias. 1917. Studier över de norrländska myrmarkernas vegetation med särskild hänsyn till deras skogsvegetation efter torrläggning. Norrländskt Handbibl. VII. Uppsala.

Mikola, Peitsa. 1948. On the physiology and ecology of Cenococcum graniforme especially as a mycorrhizal fungus of birch. Cenococcum graniformen fysiologiasta ja ekologiasta erityisesti koivun mykoritsasienenä. Metsätiet. tutkimusl. julk. 36, 3. Helsinki.

—»— 1953. Mykoritsain merkitys puiden ravinnonotossa. Luonnon tutkija 1. Helsinki.

Modess, Oskar. 1941. Zur Kenntnis der Mykorrhizabildner von Kiefer und Fichte. Symb. Bot. Ups., V : 1. Uppsala.

Svinhufvud, E. G. 1929. Suon polttoviljelyksen vaikutusten selvittelyä. *Referat:* Untersuchungen über die Einwirkungen des Brennens auf Moorboden. S. suovilj. yhd. tiet. julk. 10. Helsinki.

STUDIES ON THE EFFECT OF DRAINAGE AND ASH FERTILIZATION UPON THE MICROBES OF SOME SWAMPS

Summary

In Finland the drainage activities for forest growth have generally been concentrated on swamps already bearing — at least to some extent — trees in natural condition. On more extensive drainage areas, however, even completely treeless swamps have to be drained. Bearing in mind that these treeless swamps, so-called »nevas», cover very extensive areas, particularly in North Finland, the importance of an investigation into their afforestation potentialities cannot be overemphasized. For the science of swamp forestry treeless swamps constitute pleasing objects of investigation also in that it is on them that unfavorable conditions for tree growth are markedly developed and, consequently, can be more readily detected than on forested swamp types.

Since 1949 the author has made a special study of the properties of »rimpinevas» [1] as the substrate of trees in natural condition, drained or fertilized with wood ash. In his previous publication (H u i k a r i, 1951) the author concluded that the natural afforestation of drained »rimpinevas» is not suppressed by the unfavorable microclimate characteristic of these areas but primarily by the unfavorable structure of the peat for the hydrology and thermology of the ground which is, in turn, connected with the poor decomposition of peat.

The nutrient analyses given in Table 1 (p. 5) indicate that the peats of »rimpinevas» are generally rich in nitrogen but poor in phosphorus and potassium. Ash fertilization has obviously intensified the phosphorus supply of trees due to the encouraged mycorrhiza formation. According to the nutrient analyses the noticeable effect of ash fertilization reaches down about 10 centimetres only. The effect of ash fertilization is due to an appreciable extent to the increase in available nutrients, as L u k k a l a (1951) and M a l m s t r ö m (1952) have found.

Another feature of the effect of both ash fertilization and peat burning may be that while increasing the supply of available nutrients these measures simultaneously eliminate the effect of a substance, combination of substances, property or a microbe association which, particularly in peat poor in nutrients, decisively checks the decomposition of peat and which either directly or indirectly hampers the growth of trees. The improvement observed in peat structure and in the subsistence of trees after ash fertilization and peat burning could be attributed to some substance, combination of substances or property found in the ash or to the heat originating in burning and affecting 1) the microbes of peat or, directly, 2) the chemical composition of peat. Tables 2—8 present the results of the microbiological analyses based

[1] rimpi = a depression in the swamp surface frequently covered by stagnant water.
neva = a treeless swamp.

on Petri dish cultures. It is noted that the effect of drainage and ash fertilization is restricted to the surface peat less than 30 centimetres deep. Considering the fact that a distinct improvement can be noted in the growing stock after ash fertilization it seems justifiled to conclude that the surface peat, even when less than 30 cm in depth, as a substrate can prevent the development of trees almost completely.

When attempting to improve the conditions for tree growth on swamps it must, therefore, be particularly borne in mind that the properties of the surface peat at most 30 cm in depth are of decisive importance for tree growth. Drainage purposes are best attained by dense system of shallow ditches.

The cultures of algae and protozoa indicated that the peats of »rimpinevas» contain different kinds of algae and protozoa in great numbers down to a depth of 30 cm. Their importance for the productivity of the substrate and for the decomposition of peat is apparently considerable. Some species resembling *Nostoc* may possess the ability to provide the peat with nitrogen. However, the algae may have even important negative influences in the decomposition process of peat, e. g. by hindering the decomposing activities of fungi.

The additional investigations to be carried out will bear upon the comparison of the capacity of microbes isolated from the swamps to decompose peat in differing conditions. A very important task also will be the study of the effect of algae.

ÜBER EIN GRUPPENVORKOMMEN VON TRAUERFICHTEN, *PICEA ABIES* (L.) H. KARST. f. *PENDULA* JACQ. & HÉRINCQ

SAKARI SAARNIJOKI

HAVAINTOJA ERÄÄSTÄ SURUKUUSI- *(PICEA ABIES* (L.) H. KARST. f. *PENDULA* JACQ. & HÉRINCQ) ESIINTYMÄSTÄ

HELSINKI 1954

Helsinki 1954. Valtioneuvoston kirjapaino

Unsere gemeine Fichte, *Picea abies* (L.) H. Karst., ist bekanntlich ein äusserst vielgestaltiger Baum, und nicht ohne Grund ist gesagt worden, dass es nicht zwei Fichten gibt, die dasselbe Gesicht hätten. Ihrer Vielgestaltigkeit zum Trotz ist es jedoch möglich, diese in weiten Gebieten heimische Art in bestimmte grössere Formengruppen aufzuteilen. Wohl zu den bekanntesten solcher Gruppierungen gehört diejenige von Sylvén (1909), die sich auf die Astformen der Fichte gründet und welcher gemäss man je nachdem, wie die Äste sich im mittleren Stammabschnitt verzweigen, Kamm-, Bürsten-, Band- und Plattenfichten nebst deren verschiedenartigen Zwischenformen unterscheidet. Neben diesen kennt man aber auch eine ganze Anzahl entweder in der freien Natur oder in Baumschulen bzw. in Kulturen spontan entstandene, vom normalen Typ mehr oder minder deutlich abweichende Individuen, »welche durch erbliche Merkmale von den übrigen derselben Art abweichen, nur in kleiner Individuenzahl vereinzelt und an weit getrennten Orten unter den 'normalen' auftreten», wie z. B. schon Schröter in seiner bekannten Arbeit »Über die Vielgestaltigkeit der Fichte» (1898, p. 28—29) erwähnt. Zu solchen sowohl bei der Fichte als auch bei vielen anderen Nadelhölzern bekannten, als Abarten, Varietäten, Formen, Lusi u. dgl. m. bezeichneten und wegen ihres sonderbaren Aussehens oft auch in Parken und Gärten kultivierten Bäumen gehören z. B. die *oligoclada-* od. Schlangenfichten und als ein Gegensatz zu ihnen die *polyclada-* od. Kugelfichten. Jene zeichnen sich durch eine stark verminderte, diese wiederum entsprechend durch eine gesteigerte Tendenz zur Verzweigung aus. Ähnliche in bezug auf ihre Wachstumsweise antagonistische Fälle wären die aufrechtästigen sog. Vertikalfichten (f. *pyramidalis* Carr.; l. *erecta* Schröt.) und ihre Gegenteile, die hängeästigen sog. Trauerfichten (l. *pendula* Jacq. & Herincq) sowie die als Säulenfichten (l. *columnaris* Carr.) bezeichneten Bäume, bei welchen letzteren die Äste kurz und vom Stamm waagerecht abstehend sind und die dadurch also gewissermassen eine vermittelnde Form zwischen den beiden vorhergehenden vertreten. Indem nun auch die einzelnen Individuen dieser Spielformen der Fichte keineswegs immer unter sich einheitlich sind, hat dies zu einer überaus grossen und zum Teil auch widersprechenden

Namenwirrnis geführt, und jeder Versuch, diese zahlreichen (90—100) Formen der *Picea abies* in scharf umgrenzte Gruppen einzugliedern, hat sich bisher als fruchtlos erwiesen (siehe Beissner — Fitschen 1930, p. 193).

Von den letzterwähnten Fichtenformen sind die im wilden Zustand nur von ganz wenigen Standorten bekannten und auch dann nur in vereinzelten Exemplaren auftretenden Vertikalfichten die seltensten, während betreffs der Trauer- und Säulenfichten schon einigermassen zahlreichere Angaben vorliegen (siehe z. B. Beissner — Fitschen l. c.). Schröter (op. c., p. 37, 59) erwähnt z. B. aus Mitteleuropa zehn variierend gestaltete Trauerfichten, nämlich fünf aus Deutschland (Kraemer 1841; Caspary 1880; Conwentz 1895), drei aus der Schweiz, eine aus Ungarn (Schilbersky 1892) und ebenso eine aus Polen, alles Wildbäume. Von den sechs wilden Säulenfichten, die er erwähnt, wachsen alle in der Schweiz (siehe auch Engler 1896, p. 125), und nur zwei von diesen nahe beieinander an demselben Standort (Puenzieux 1897), die übrigen zerstrent in verschiedenen Teilen des Landes. Später hat jedoch v. Schwerin (1911, p. 260) eine dekorative *columnaris*-Fichte auch aus Deutschland beschrieben, und ebenso soll nach Feucht (1912, p. 343) in Württemberg und nach Rubner (1939, p. 889—890) in Bayern ein ziemlich extremer Vertreter der *pendula*-Form vorkommen. Wierdak (1928, p. 378) nennt aus Polen ein paar Trauerfichten. In seinem bekannten Werk »De svenska skogsträden» erwähnt Sylvén (1916, p. 124—126) nur eine einzige typische Trauerfichte aus Schweden (Lübeck 1908, p. 220; siehe jedoch Fries 1890, p. 257; Schröter op. c., p. 36), dagegen weiss er über etwa ein Dutzend Säulenfichten zu berichten, die indessen als Einzelbäume (Gete 1907, p. 432—435; 1911, p. 90; Sylvén 1908, p. 470—472; Tamm 1912, p. 49—50; Lundberg 1912, p. 119—120; Samuelsson 1912, p. 249—250) oder höchstens zu zweien (Hultmark 1908, p. 524—526) bzw. zu dreien am gleichen Standort (Rabenius 1908, p. 141) über alle Teile des Landes zerstreut sind. Später sind jedoch noch eine *columnaris*-Fichte (Trolander 1929, p. 195) und acht *pendula*-Fichten (Sylvén 1920, 1942; Trolander op. c.; Bäcklind 1933; Rylander 1946) im Lande gefunden worden. Auch aus Norwegen liegen einige Angaben, sowohl ältere als neuere, über solche vereinzelte *pendula*- (Ernstson 1946, p. 237) oder *columnaris*-Bäume (Schübeler 1888; Novik 1908) vor.

Säulenfichten sind aus Finnland nur drei bekannt; die eine steht in Perniö (Kihlman 1904), die zweite in Kangasala (Aulamo 1932; vgl. auch Hiitonen 1933, p. 78) und die dritte in Juupajoki (Karkiainen 1937, p. 31). Auch Trauerfichten sind in Finnland nach Cajander (1916, p. 154) bisher nur in Paarlampi im Kirchsp. Ruovesi (Kihlman op. c.), in Vesijako im Kirchsp. Padasjoki, in Leppävirta sowie in Kuru angetroffen worden, meist gleichfalls als Solitärbäume,

in Kuru jedoch zwei Individuen dicht nebeneinander (T a n t t u 1912). Kürzlich wurde eine einsame Trauerfichte auch in Söderskog im Kirchsp. Espoo aufgefunden (L a g e r s p e t z 1951).

Einigermassen überraschend wirkte darum neulich die Kunde (siehe die kleine Mitteilung von K o r h o n e n 1951, p. 28), dass hier in Finnland, genauer gesagt im Dorf Sälinkää im Kirchsp. Mäntsälä, nicht nur eine



Abb. 1. Die Kernanhäufung des Trauerfichtenvorkommnisses im Wald von Vuorela von Osten gesehen. Man erkennt die schlanke Silhouette des Baumes Nr. 17, daneben den Baum Nr. 19 und zuäusserst rechts den Baum Nr. 27.

bzw. einige, sondern auf begrenzter Fläche eine gange Anzahl und dazu noch in ihrer allgemeinen Ausbildung sehr verschiedenartige Trauerfichten stehen. Nachstehend möge dieses recht eigenartige und sowohl im Hinblick auf die Individuenzahl als nicht zumindest auch auf die Art des Auftretens interessante Trauerfichtenvorkommnis auf Grund von Beobachtungen und Messungen, die ich zusammen mit Forstm. O l a v i H e l e n i u s im Herbst 1950 sowie im Spätwinter und Herbst 1951 am Wuchsort dieser Bäume anstellte, eingehender erörtert werden.

Diese durch ihre sonderbare Wachstumsweise auffallenden Fichten stehen im Walde des Gutes Vuorela, etwa 700 m NW vom Hause und etwa 300 m von dem hinter den Anbauflächen gelegenen Waldrand entfernt. Hier, auf einer nur einige hundert Meter breiten, ungefähr nord-südlich verlaufenden Waldparzelle wurden auf einer Fläche von etwa einem Hektar

unter den in jeder Hinsicht normalen Fichten zumindest 31 ausgesprochene *pendula*-Bäume gefunden (siehe Abb. 2). Den Standort bildet zur Hauptsache eine nord-süd-gerichtete, schwach abschüssige, drainierte bruchmoorartige Senke und die unteren Teile ihrer sanft ansteigenden, einigermassen steingemengten Seitenabhänge. Die Vegetation entspricht jetzt, nach der Drainierung, dem *Myrtillus*-Typ. Der Wald selbst ist infolge eines vor einigen Jahren durchgeführten Langholzabtriebs stellenweise ziemlich

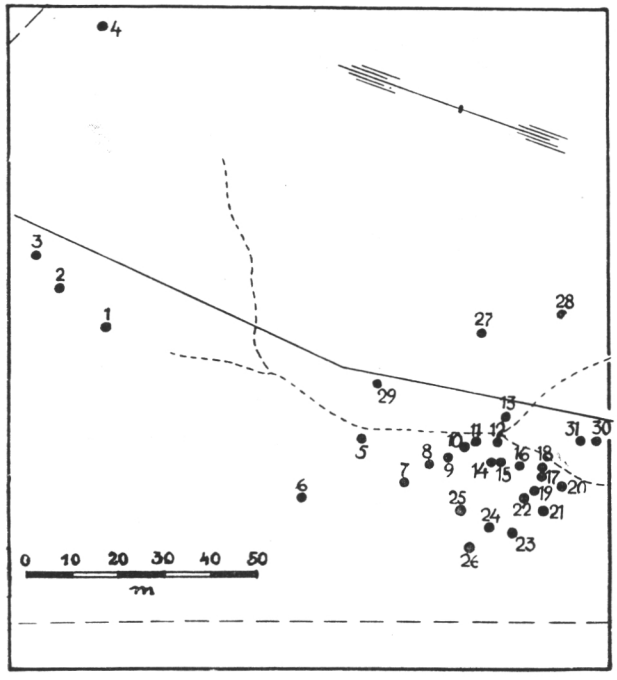


Abb. 2. Die Lage der 31 zur *Picea excelsa* f. *pendula* gezählten Bäume im Wald von Vuorela. — Langgestrichelte Linie unten = Grundstücksgrenze; kurzgestrichelte Linie in der Mitte = Waldpfad; ausgezogene Linie = Ablaufgraben am Boden der Bruchmoorsenke. — Gezeichnet von Olavi Helenius.

lückig geblieben. Es handelt sich um einen fast reinen, an den Abhängen recht gutwüchsigen, am Boden der Bruchmoorsenke jedoch vordem feuchtigkeitsgeplagten und darum schwachwüchsigen Fichtenwald mit nur vereinzelten Kiefern und Birken und stellenweise (in den Lücken) einem Unterbestand von jungen Erlen und verschiedenaltrigem Fichtennachwuchs. Die an der Stelle gegenwärtig vorkommenden normalen Fichten fallen ihrer Astform nach zur Hauptsache den Bürsten- und Kammfichten zu, und zumal unter den letzteren befinden sich einige bemerkenswert dekorative Exemplare, von denen eines sich einigermassen schon der f. *viminalis* nähert.

Wie man aus der Kartenskizze sieht, handelt es sich um ein ziemlich einheitliches Vorkommnis, indem der Abstand zwischen den am weitesten voneinander entfernten *pendula*-Fichten in der Längsrichtung der Senke nur etwa 140 m, in der Querrichtung nur 50 m beträgt. Den Kern des Vorkommnisses bilden 27 nahe beieinander am Westabhang der Senke sowie an dessen Fusse stehende Trauerfichten (Abb. 1 und 3). Besonders zu bemerken ist, dass ähnliche Bäume nicht auf den unmittelbar angrenzenden Waldparzellen der Nachbargüter gefunden wurden, trotzdem doch z. B. auf der Westseite der ebengenannten Kernanhäufung, nur einige Dutzend Meter hinter der im unteren Teil der Karte sichtbaren Grund-



Abb. 3. Die Kernanhäufung des Trauerfichtenvorkommnisses von Vuorela von Westen gesehen. In der Mitte die extremste Trauerfichte des ganzen Vorkommnisses, das Prachtexemplar Nr. 17, daneben links der Baum Nr. 19 und zuäusserst rechts der Baum Nr. 20.



Abb. 4. Der ebenfalls zu den extremsten Trauerfichten des Bestandes gehörende, weiter abseits auf der Talsohle stehende Baum Nr. 1. Links davon im Hintergrund der Baum Nr. 2. Aufn. Olavi Helenius.

stücksgrenze zum Gute Ruohonen, geeignete Standorte in dem älteren Mischwald von Kiefer und Fichte wohl zur Verfügung gestanden hätten.

Weil bei den vorgenannten Langholzabtrieben im Wald des Gutes Vuorela die Trauerfichten unberührt stehen gelassen wurden und also nunmehr von jeglichem Konkurrenzeinfluss befreit sind, kommt ihre eigenartige Wachstumsweise jetzt, drei Jahre nach dem zuletzt durchgeführten

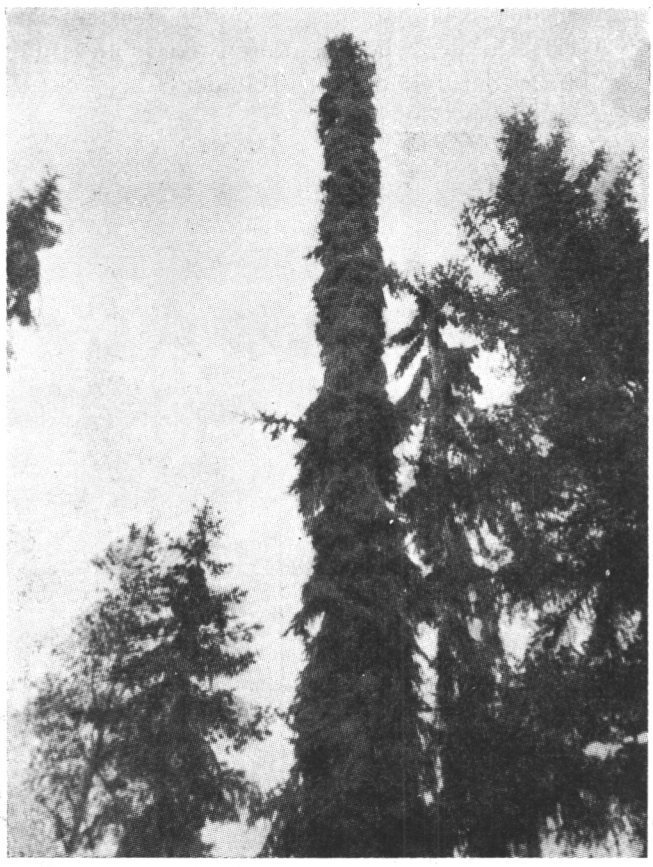


Abb. 5. Blick auf den Prachtbaum Nr. 17 von unten. Man bemerke den ungefähr bei der Mitte aus dem Geäst nach links herausragenden normaler gestalteten Ast.

Hieb, mit aller grösster Deutlichkeit zu ihrem Recht (vgl. die Abbildungen). Man wird dabei insbesondere auf den Umstand aufmerksam, dass an diesem selben Standort anscheinend alle denkbaren Zwischenformen zwischen der extrem hängeästigen und der völlig normalen Wachstumsweise vertreten sind, und man bemerkt dazu, dass die am stärksten hängeästigen Bäume gerade um den eigentlichen Kern des Vorkommnisses geschart auftreten.

Die für die Trauerform (f. *pendula*) der Fichte angegebenen Merkmale: »Haupt- und Nebenäste auffallend dünn, hängend, dem Stamme dicht anliegend, die meist tief herabreichende Krone dadurch säulenförmig; Zweige wenig verzweigt, dünn, zahlreich, ebenfalls lang und schlaff herabhängend, dicht mit Nadeln besetzt; Zweigspitzen



Abb. 6. Der etwas krümmige untere Teil des bis nach unten ästigen Stammes des Baumes Nr. 17.



Abb. 7. Der grösstenteils entastete untere Stammabschnitt des Baumes Nr. 20, die schroff abwärtsgerichtete Wachstumsweise der Äste zeigend. Man bemerke auch die glatte Oberflächenstruktur der Rinde und den weiten Abstand der Astquirle.

oft wieder horizontal abstehend und selbst etwas aufwärtsgerichtet» (Beissner—Fitschen 1930, p. 196, Sperrung im Original), passen in jeder Beziehung auf die meist hängeästigen Bäume des jetzt in Rede stehenden Vorkommnisses ein. Von diesen scheint insbesondere ein Exemplar (Nr. 17; vgl. auch Abb. 1, 3, 5), das mit seinen 20 m zugleich das höchste in der ganzen Gruppe ist, sich in bezug auf seine besondere Wachstumsweise in jeder Hinsicht mit dem von Conwentz (1895) in Quitschenhäu im Harz gefundenen Exemplar messen zu können, welches als Musterbaum der *pendula*-Form am öftesten in der Literatur beschrieben und abgebildet worden ist (vgl. z. B. Schröter 1898, p. 34, Abb. 8; Sylvén 1916, p. 125, Abb. 109). Anderseits bestehen nicht geringe Ähnlichkeiten auch

mit der von Kihlman (1904; siehe auch Cajander 1917, p. 154) beschriebenen und auch heute noch lebenden recht schönen und repräsentativen Trauerfichte von Paarlampi in Ruovesi. Die dem Stamm anliegenden und ganz schlaff herabhängenden Äste bedecken auch bei dem jetzt in Rede stehenden Vuorela-Baum, wie aus Abb. 5 zu ersehen ist, dachziegelartig einander und bewirken es, dass der Baum in seiner Gänze die Gestalt einer von unten (vgl. hierzu Abb. 6) bis nach oben gleichmässig nur 0.5—1 m dicken, dichtgepackten grünen Säule angenommen hat, aus welcher jedoch hier und da vereinzelte Zweigspitzen weiter herausragen. Auch der Bau der Nadeln sowie der äussersten Zweigspitzen zeigt Übereinstimmungen mit früher beschriebenen Merkmalen dieser Form. Ganz wie Conwentz (op. c.), der seinerzeit einige *pendula*-Fichten genauer untersuchte, erwähnt, sind auch bei dem jetzt zu beschreibenden Exemplar die Nadeln der Jahrestriebe rings um den Zweig geordnet und bogig gekrümmt, dadurch also am nächsten dem *curvifolia*-Typ zugehörend. Ebenso sind in denjenigen Teilen des Sprosses, in denen die Nadeln bereits endgültig abgefallen sind, die Nadelkissen auch bei diesem Individuum sehr ausgeprägt und hoch. Überdies scheinen die Nadeln auch hier nicht besonders langlebig zu sein, sondern fallen früher als gewöhnlich ab (vgl. auch Conwentz op. c.). Weiter findet man bei diesem Individuum ganz wie bei der *pendula*-Form insgemein innerhalb des grünen Säulenpanzers dem Stamm am nächsten eine überaus dichte, von den nackten Basalabschnitten der Äste sowie von abgestorbenen Astverzweigungen gebildete Schicht, die hier und da auch zwischen dem grünen Geäst sichtbar wird. Unter derselben ist die Rinde des Stammes von oben bis nach unten seltsam glatt, etwa wie bei den *Abies*-Arten (siehe z. B. Abb. 7), eine Eigenschaft, über die auch Lundberg (1912, p. 119) bei einer in Småland in Schweden stehenden hängeästigen (vgl. Sylvén 1916, p. 129) Säulenfichte berichtet (siehe auch z. B. Hartmann 1942, p. 26, Abb. 33). Die Hauptäste des Baumes sind an ihrem Grunde auffallend dünn und schon gleich bei ihrem Austritt aus dem Stamm schroff abwärts gerichtet, ganz wie bei der von Hartmann (l. c.) abgebildeten Trauerfichte, bei welcher der Ablaufwinkel der Äste nahezu 180° betrug. Nur im Endabschnitt der Krone zeigen die Äste ein anderes Wachstum, indem sie in den obersten Quirlen nach oben gerichtet sind, in den darunterliegenden wiederum waagerecht herausstehen, so dass es aussieht, wie wenn aus der kuppelförmigen Spitze der grünen Nadellaubsäule der äusserste Wipfel einer gewöhnlichen Fichte herausragte. Ähnliches ist schon früher bei etlichen anderen extremen Exemplaren der *pendula*-Form festgestellt worden (siehe z. B. Conwentz op. c., Abb. 8; Kihlman 1904; Tanttu 1917; Rubner 1939, p. 890, Abb. 4), und in dieser Hinsicht deckt sich die Wachstumsweise unseres Baumes vollständig mit derjenigen hängeästiger Exemplare einiger anderen Nadelbäume (vgl. z. B. *Abies alba* p. 74,

Abb. 68, *A. Pinsapo* p. 149, Abb. 148 und *Sequoia gigantea* p. 275, Abb. 282 nebst p. 270, Abb. 283 im Handbuch von Silva Tarouca 1913; siehe auch Beissner 1894, p. 59 und Samuelsson 1947—48). In ihren Endabschnitten haben sich die Äste des Vuorela-Baumes in mehrere gleichstarke Teiläste verzweigt, so dass das anfangs monopodiale Wachstum des Astes schliesslich in ein sympodiales übergeht.

Dieses extremste Exemplar des Vuorela-Vorkommnisses zeigt noch die Besonderheit, dass auf der Südseite des Baumes in ungef. 11 m Höhe ein etwa 60 cm langer, waagerecht gestellter normalerer und also auch dickerer Ast vom Kammtyp aus dem Geäst herausragt (vgl. Abb. 5). Auch die Nadeln sind bei diesem Ast nicht dermassen gekrümmt wie bei den in gleicher Höhe gelegenen Hängeästen, sondern deutlich länger, gerader und grösstenteils auf der Oberseite des Sprosses gelegen. Hat man es hier vielleicht mit einer Art Rückschlag zu tun — eine Andentung dazu wären ja die waagerechte Lage des Astes und sein abweichender morphologischer Bau — kann wegen der geringen Grösse des Astes vorläufig nicht mit Sicherheit gesagt werden. Es möge aber erwähnt werden, dass diese Erscheinung unter den *pendula*- und insbesondere den *columnaris*-Formen der Fichte keineswegs fremd ist. Man kennt eine ganze Anzahl von Exemplaren, die gleichsam aus zwei, ihrer Wachstumsweise nach deutlich verschiedenen Komponenten zusammengesetzt, dichotyp sind (siehe z. B. Schröter 1898, p. 55, 58; Sylvén 1916, p. 126). Der vorliegende Fall könnte dabei am nächsten einem aus Chavannes in der Schweiz beschriebenen, von Puenzieux (1897) als Trauerfichte, von Schröter (op. c., p. 58) wiederum als Säulenfichte bezeichneten Individuum an die Seite gestellt werden, bei welchem ein weit herausragender Ast im oberen Teil der Krone andeutet, dass einzelne Primärknospen sich normal entwickeln können (siehe Schröter op. c., p. 57, Abb. 21). Betreffs einer seinerzeit von Torssander bei Strafsjö in Södermanland, Schweden, entdeckten, bis zum Erdboden hinab ästigen Trauerfichte wird gleichfalls erwähnt, dass im unteren Drittel dieses Baumes mitten zwischen den Hängeästen einige horizontale bis steil aufgerichtete, stark entwickelte Äste entspringen (siehe Schröter op. c., p. 36). Auch Geete (1907, p. 433) hat über Entsprechendes bei einer Säulenfichte berichtet, hier waren aber die normalen Äste in der Spitze des Baumes entstanden. Es möge erwähnt werden, dass bei der Schlangenfichte, dieser im Vergleich zu den vorhergehenden weit häufigeren Spielform der Fichte, noch zahlreichere derartige Rückschlagsfälle bekannt sind, und zwar betrifft dies sowohl kultivierte als in der reinen Natur aufgewachsene Bäume (Beissner 1891, p. 195; Schröter op. c., p. 45; Hesselman 1908, p. 216; Sylvén op. c., p. 133). Ein Fall entsprechender Art aus Finnland ist von Elfving (1926, p. 197) beschrieben worden. Ausser dieser im Botanischen Garten der Universität Helsinki gestandenen, heute nicht mehr existierenden

dichotypen Schlangenfichte möge erwähnt werden, dass sich unter den etwa 20 im sog. Kavaleffschen Park in Nackböle bei Helsinki ausgepflanzten Schlangenfichten zwei solche dichotypen Exemplare befinden. Ebenso hat sich in der Krone einer im Garten des Gehöfts Huida in Karkku stehenden Schlangenfichte ein seiner Wachstumsweise nach normaler Rückschlagsast eingefunden.

Abb. 4 zeigt den im Vergleich zum obenbeschriebenen Prachtexemplar von Vuorela etwas kleineren, gleichfalls zu den extremsten Vertretern der *pendula*-Form gehörenden, am Boden der erwähnten Bruchmoorsenke stehenden Baum Nr. 1. Auch hier erkennt man die dem Stamm anliegende Wachstumsweise der auffallend langen Äste des bis nach unten ästigen Stammes sowie die Neigung der Zweigspitzen, sich reichlicher zu verzweigen und waagerecht auszuwachsen. Ebenso sind die dünnen Nadeln deutlich gekrümmt und die Nadelkissen stark vorspringend. Äusserlich erinnert der Baum stark z. B. an die zwei dicht nebeneinander stehenden *pendula*-Fichten, die T a n t t u (1912) seinerzeit aus Kuru beschrieb (siehe auch C a j a n d e r 1916, p. 541). Desgleichen besteht offenbare Ähnlichkeit mit denjenigen zwei recht extremen, auch in ihren Höhenmassen dem jetzt in Rede stehenden Exemplar gleichstellbaren Trauerfichten, die nach S y l v é n (1920, 1942) in Värmland und Västgötaland in Schweden wachsen. Doch ist dieser Baum Nr. 1 des Vuorela-Vorkommnisses in seinen äusseren Konturen nicht so gleichmässig wie der im vorhergehenden besprochene Baum Nr. 17 gebaut, sondern bringt den Gedanken schon auf gewisse der *columnaris*-Form zugezählte Fichtenindividuen (siehe die Abbildungen z. B. bei S c h r ö t e r op. c., p. 57; L u n d b e r g 1912, p. 119; C a j a n d e r 1917, p. 155).

Bei den schon weniger extremen Trauerfichten, z. B. Nr. 6 (Abb. 9) und 20 (die in Abb. 3 am weitesten rechts sichtbaren Bäume), ist der oberste, mehr zur normalen Wachstumsweise neigende Teil der Krone schon deutlich länger. Unterhalb dieses Kronenabschnitts nehmen aber die Äste, wie man sieht (vgl. z. B. Abb. 9), recht rasch wieder ihre für die *pendula*-Form typische hängende Lage ein. Auch in diesen Falle sind die Äste auffallend lang, in erster Linie den Ästen einer Kammfichte ähnlich, anderseits aber sehr dicht, etwa Fuchsschwänzen gleich. Von den dichtgedrängten Endverästelungen ist, zumal auf der Unterseite, ein grosser Teil abgestorben und vertrocknet. S c h r ö t e r (op. c., p. 58) vergleicht solche, auch bei der *columnaris*-Form der Fichte vorkommenden dichten Zweige mit Hexenbesen (siehe auch F e u c h t 1912). Auch diesen Hängeästen scheint aber die ausgesprochene Neigung eigen zu sein, ihre Endabschnitte rutenförmig geschwungen waagerecht und aufwärts auswachsen zu lassen. Ausserdem scheinen sich noch die am stärksten herabhängenden Äste oft seitwärts, manchmal vollends bis 180° um ihre eigene Achse gedreht zu haben, so dass die Astspitzen nicht waagerecht, sondern direkt

abwärts gerichtet sind. Unterhalb dieses aus schräg abwärts gerichteten Ästen gebildeten, ziemlich verworrenen vermittelnden Kronenabschnitts folgt dann erst der eigentliche hängeästige Teil der Krone. Wie man z. B. aus Abb. 7 ersieht, hängen die ziemlich dünnen Äste hier jedoch nicht mehr so schlaff und nicht so dicht einander und dem Stamm anliegend herab, wie dies bei den extremsten Individuen des Vuorela-Vorkommnisses der Fall war. Auch ist dieser jetzt schon kürzere, aber in den meisten Fällen noch bis zum Erdboden hinab ästige Teil der Krone lange nicht so schmal und so dicht wie bei den im vorhergehenden besprochenen Bäumen. Doch findet man im Inneren des Astwerks noch reichliche Mengen von

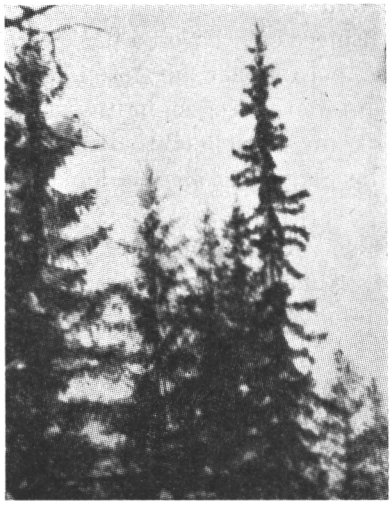


Abb. 8. Der obere Teil des Baumes Nr. 4.



Abb. 9. Der obere Teil des Baumes Nr. 6.

abgestorbenen Ästen vor, und auch die Rinde des Stammes macht denselben glatten Eindruck wie zuvor (siehe z. B. Abb. 7). Am nächsten erinnern diese Exemplare wohl an die hängeästigen Teilstämme der von Bäcklind (1933) aus Småland in Schweden beschriebenen, durch kriechenden Wuchs gekennzeichneten sog. »Drachenfichte».

Schon um einen bedeutenden Grad schwächer ist die Hängeästigkeit bei den Bäumen Nr. 19 (vgl. Abb. 1 und 3) sowie insbesondere Nr. 4 (Abb. 8). Bei diesen Bäumen kann noch deutlicher als bei den vorhergehenden festgestellt werden, dass sie in bezug auf ihren Verzweigungstyp am nächsten die Bürsten- und Kammfichten repräsentieren, also dieselben Formen, die unter den normalen Bäumen des in Frage stehenden Bestandes in der Mehrzahl stehen (vgl. z. B. Abb. 1, 8 und 9). Aus diesen Bäumen ist auch zu ersehen, dass, je gelinder der Grad der Hängeästigkeit ist, desto länger wird der obere, normal gebaute Abschnitt der Krone. Unterhalb desselben

findet man auch hier eine Zone, in welcher die Äste in immer wachsendem Masse die Bestrebung zeigen, zur hängenden Wachstumsweise überzugehen. Sie sind lang, ganz wie in den zuletzt vorher beschriebenen Fällen rutenförmig geschwungen und wohl auch nach verschiedenen Richtungen gedreht (vgl. insbesondere den Baum Nr. 19 in Abb. 1 und 3). Der eigentliche hängeästige *pendula*-Teil des Baumes ist dagegen kurz. Auch sind die Äste in diesem untersten Abschnitt der Krone nicht mehr so dünn und so haltlos herabhängend wie in sämtlichen vorhergehenden Fällen, sondern deutlich steifer und schräg nach unten gerichtet, und darum erscheint das Geäst hier im ganzen, ausser breiter, auch weniger dicht. Ebenso ist der Stamm bei diesen Bäumen nicht bis nach unten ästig. Die Nadeln stehen an den Trieben weniger gedrängt und die Nadelkissen erheben sich nicht so stark aus der Oberfläche des Triebes. Eine von Trolander (1929) aus Schweden beschriebene *pendula*-Fichte, bei welcher die Äste im obersten Kronenabschnitt weniger hängend, im unteren dagegen haltlos und dem Stamm anliegend herabhängend sind, könnte vielleicht diesen zuletzt beschriebenen Bäumen aus Vuorela an die Seite gestellt werden. Gleiches mag wohl auch für eines von den von Conwentz (1895) untersuchten Stelliner *pendula*-Exemplaren gelten können, bei welchem die Hängeästigkeit weniger stark ausgeprägt gewesen ist. Auch das vorerwähnte in Söderskog im Kirchsp. Espoo stehende, gleichfalls gelinder hängeästige *pendula*-Exemplar lässt, wie aus einer mir vorgelegenen Aufnahme von Stud. K. Lagerspetz zu ersehen ist, eine ähnliche Wachstumsweise der Äste erkennen. Anderseits nähern sich diese Bäume auch den in letzter Zeit in Verbindung mit der Rassenveredlung der Waldbäume zu Elitbäumen ausersehenen Plus-Bäumen. So beschreibt z. B. Rubner (1939, p. 887, Abb. 1) eine solche schmalkronige Fichte des Bürstentyps mit teilweise hängenden Ästen aus den Bayrischen Alpen, wo übrigens nicht weit von diesem Baum ein auch als Spindelfichte bezeichneter recht extremer Vertreter der *pendula*-Form vorzukommen scheint (siehe op. c., p. 890, Abb. 4). Aus Schweden finden wir solche schmalkronigen Plusvarianten mit mehr oder minder abwärtsgerichteten bzw. hängenden Ästen bei Sylvén (1943, Abb. 4, 8, 9 und 20) abgebildet. Ferner möge erwähnt werden, dass nach Ernstson (1946, p. 238, Abb. 2) die schmale, säulenförmige Krone der etwa 42 m messenden höchsten Fichte Norwegens gleichfalls durch trauerfichtenartig herabhängende Äste gekennzeichnet ist.

Wir sehen also, dass bei sämtlichen Trauerfichten von Vuorela drei mehr oder minder deutlich hervortretende Kronenabschnitte unterschieden werden können (siehe Abb. 10). Im obersten Abschnitt I streben die Äste mehr oder minder schräg nach oben, im mittleren Abschnitt II nehmen sie schon eine mehr oder minder waagerechte Lage ein und im untersten Abschnitt III haben wir immer ausgeprägtere Hängeäste vor uns. Der Unterschied zwischen den einzelnen Bäumen besteht lediglich in den gegen-

seitigen Längenverhältnissen dieser drei Abschnitte sowie in dem verschiedenen Grad der Hängeästigkeit. Während die Kronen der extremen Trauerformen fast ausschliesslich von dem bei diesen Bäumen schmal säulenförmigen Abschnitt III gebildet werden, indem die Abschnitte I und II nur je einige Triebjahrgänge im äussersten Wipfel des Baumes umfassen (Abb. 10 : 5), nimmt die Länge des III. Abschnitts bei abnehmendem Grad der Hängeästigkeit in dem Masse ab, wie sich der Anteil des I. und II. Abschnitts vergrössert (Abb. 10 : 2 und 3). Auf diese Weise lassen sich die Trauerfichten nach der Länge ihrer verschiedenen Kronenabschnitte und den Grad ihrer Hängeästigkeit zu einer zusammenhängenden Reihe anordnen.

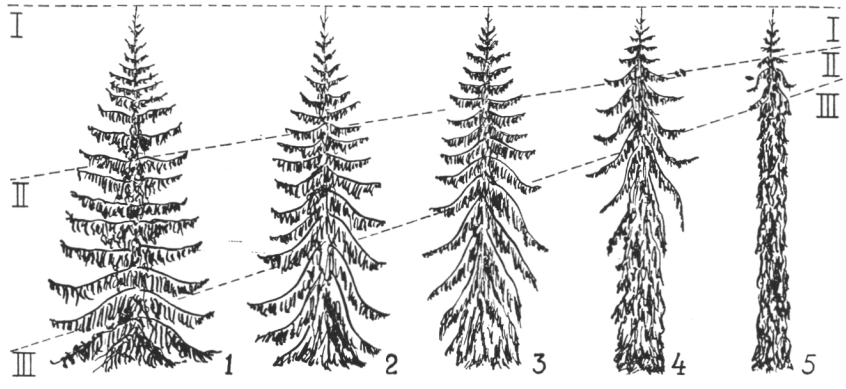


Abb. 10. Das gegenseitige Verhältnis der Kronenzonen I, II und III bei den verschiedenen Gliedern der *typica—pendula*-Reihe in schematischer Darstellung.

Im Grunde genommen sind nun aber auch beim normalen Baum (Abb. 10 : 1) diese selben Kronenabschnitte vorhanden. Jede ältere Fichte hat nämlich mehr oder minder gesenkte untere Hauptäste. In dem überaus regelmässig razemös-monopodial aufgebauten Wipfel der Fichte wird wie bei allen anderen Nadelhölzern der Astwinkel mit zunehmendem Alter des Astes so verändert, dass bei älteren Bäumen die oberen und jüngeren Äste mehr oder minder bogenförmig auswärts streben, die mittleren Äste der Krone fast waagerecht ausladen und die unteren schliesslich eine schräg abwärts gerichtete Lage einnehmen, wobei jedoch die Astspitzen sowohl bei den mittleren als auch den unteren Ästen aufwärts gerichtet sind (siehe z. B. Kirchner, Loew & Schroeter 1906, p. 113; Sylvén 1916, p. 31). Doch sind in dieser Hinsicht die Schwankungen von Standort zu Standort und auch bei den einzelnen Fichtenformen unter sich gross. An Stellen mit guter Lichtzufuhr, wie in lichten Wäldern und an deren Rändern, an See- und Meeresufern sowie an Moorrändern, wo die lebende Krone der Fichte durch Einwirkung der Seitenbeleuchtung tiefer als im geschlossenen Bestand hinabreicht, findet man gerade den vorer-

wähnten hängeästigen Abschnitt der Krone am deutlichsten ausgeprägt vor. Aus gleichem Grunde sind auch bei der sowohl im hohen Norden (Wahlenberg 1812, p. 257; Blomqvist 1883, p. 83) als in den Alpen (Willkomm 1887, p. 65; Conwentz 1895, p. 136; Hasenberger 1939, p. 182; Rubner 1939, p. 889) an der Verbreitungsgrenze der Fichte reichlich vorkommenden und waldbildenden sog. Spitzfichten die genanten Astzonen mehr oder minder gut ausgebildet. Diese Form, die Schröter (1895, p. 105) als eine durch klimatische Faktoren hervorgerufene Reduktionsform betrachtet, zeichnet sich durch einen langen Schaft und eine schmale, walzenförmige, locker beastete und aus kurzen Hauptästen zusammengesetzte Krone aus. Die untersten Primäräste sind gesenkt, die mittleren horizontal, die oberen aufgerichtet. Auch in den schneereichen Hügel- (»Vaara»-) Gebieten Nordfinnlands wachsen nach Heikinheimo (1920, p. 76) Fichten, die ganz wie aus zwei Teilen, einen normalen oberen und einen hängeästigen unteren, zusammengesetzt erscheinen. Anderseits kann man solchen schmalkronigen, mehr oder minder hängeästigen »Lapplandsfichten», freilich meist nur in ganz vereinzelten Exemplaren, sogar bis in Südfinnland begegnen; doch ist es in bezug auf sie nicht möglich mit Sicherheit zu sagen, ob man es mit abweichend beschaffenen Normalfichten oder mit gelinder anomalen Exemplaren der Trauerfichte zu tun hat.

Indem nun also diese drei Kronenzonen in Wirklichkeit auch beim normal wachsenden Baum in mehr oder minder klarer Ausprägung vorhanden sind, kann eine sichere Grenze zwischen als normal zu betrachtenden und gelinde anomalen Bämen auch in den Wäldern von Vuorela nicht gezogen werden.

Bezeichnen wir die extremste Trauerform mit 5, die normale *»typica»*-Form mit 1 und die zwischen diesen sich einfügenden Formen nach dem zunehmenden Grad der Hängeästigkeit mit 2, 3 und 4, und teilen wir diese Grade zum Demonstrieren der Einheitlichkeit der Reihe noch weiter auf, indem wir hinter die Ziffern ein Plus, vor dieselben ein Minus setzen, so verteilen sich die 31 *pendula*-Fichten von Vuorela auf die so erhaltene Skala, wie folgt:

1	+	—	*2*	+	—	*3*	+	—	*4*	+	—	*5*
—	—	2	2	1	1	6	1	3	4	4	4	3

Die Verteilung ist also eine recht gleichmässige, doch liegt der Schwerpunkt deutlich auf der anomalen Seite. Es ist jedoch möglich, dass dies nur scheinbar ist, denn beim eingangs erwähnten Langholzabtrieb, bei welchem die Trauerfichten ausdrücklich geschont wurden, können mit den normalen Bäumen sicherlich auch Vertreter der gelindesten Hängeformen aus dem Bestand entfernt worden sein (unter den gefällten Bäumen befinden sich allerdings versehentlich auch zwei ganz typische *pendula*-Bäume).

Schröter (op. c., p. 32, 38) zählt der *pendula*-Form nur diejenigen Bäume zu, bei denen der hängende Zustand der Äste mindestens die halbe Höhe des Baumes hinaufreicht, während er für alle weniger ausgeprägt hängeästigen Übergangsformen die Benennung »Beugefichte» gebraucht. Die Bäume von Vuorela bilden nun, gleichzeitig wie sie sich den von andersher bekannten Trauerfichten in jeder Hinsicht an die Seite stellen lassen, auf ein und demselben Standort gehäuft eine durchaus ähnliche, die Variation eines bestimmten Merkmals angebende Umwandlungsreihe, wie man sie schon früher aus Kulturversuchen mit Schlangen-, Hänge-, Kugel- und anderen abweichenden Fichtenformen kennt. Diese Auffassung wird inbetreff der Trauerfichten auch durch die Erwähnung Beissners (1909, p. 229; Beissner—Fitschen 1930, p. 199) gestützt, welcher gemäss die Aussaatversuche mit dieser Form einen, obwohl geringen, Prozentsatz von Trauerfichte ergaben, während im übrigen alle Übergangsformen zu normalen Bäumen vorhanden waren. Weiter berichtet Conwentz (op. c., p. 149—150), dass von den etwa 12 Nachkommen einer einsamen, ziemlich gelinde hängeästigen Fichte ein 18jähriger Baum die Neigung zur *pendula*-Form überzugehen zeigte, während die anderen, zum Teil 30jährigen, ganz normal waren.

Durch seinen Individuen- und Formenreichtum führt das Tauerfichtenvorkommnis von Vuorela den Gedanken auf die entsprechenden Verhältnisse bei der Schlangenfichte, *Picea abies* f. *virgata*. Trotzdem auch diese im Vergleich zur Trauerfichte weit häufigere Fichtenform zur Hauptsache vereinzelt oder höchstens nur in ganz wenigen Exemplaren am Standort auftritt, sind auch bei ihr Haufenvorkommnisse ähnlicher Art bekannt. Das bekannteste von diesen, obwohl heute nicht mehr das einzige (siehe Sylvén 1908; Nordmark 1947, 1948), ist der von Hesselman (1908) untersuchte Schlangenfichtenbestand im Kirchsp. Orsa in Schweden. Auch er ist auf der Fläche von nur einem Hektar entstanden, die Anzahl der überaus vielgestaltigen *virgata*-Bäume ist in ihm aber weit grösser als im Walde von Vuorela, mehrere hundert Exemplare. Angaben über ein so zahlreiches und vielgestaltiges Vorkommen von Trauerfichten an ein und demselben Standort bei uns oder im Ausland sind mir in der zur Verfügung gestandenen Literatur nicht begegnet; es dürfte somit das Vuorela-Vorkommnis vorläufig als das einzige in seiner Art zu betrachten sein. Zwar hat Beissner (1891, p. 360—361) in der ersten Auflage seines Handbuchs unter dem Namen *Picea excelsa aegra myelophthora* Casp. eine ganze Kolonie von 1.5—3.0 m hohen Hängefichtenexemplaren beschrieben, die Dammer auf einem Torfmoor bei der Station Raivola auf der Karelischen Landenge gefunden hatte. Indem aber schon Caspary (1874) diese Form, bei welcher nicht nur die Äste, sondern auch der Wipfel abwärts gebogen ist, auf eine Erkrankung des Markes zurückführt, und von v. Berg (1887) nachgewiesen wurde, dass man es hier lediglich mit einer an solchen

Standorten mitunter vorkommenden krankhaften Form der Moorfichte (*P. excelsa* var. *palustris*) zu tun hat, kann es sich beim erwähnten Vorkommnis wohl schwerlich um Trauerfichten handeln. Auch Beissner zählt die Form in den späteren Auflagen seines Werkes (1909, p. 212; Beissner—Fitschen 1930, p. 202) ausschliesslich unter den Standortsmodifikationen auf, weil solche Bäume an anderen Ort verpflanzt zur normalen Wachstumsweise übergehen.

Tabelle 1 zeigt die Ergebnisse einiger im Herbst 1950 im Trauerfichtenbestand von Vuorela durchgeführten Messungen.

Wie man sieht, so wechselt die Höhe dieser Bäume von 2.5 m bis 20 m. Weiter bemerkt man, dass die zwei niedrigsten Trauerfichtenexemplare des Bestandes unter den extremsten Formen zu finden sind. Weil aber die hängende Wachstumsweise der Äste bei den weniger ausgeprägten *pendula*-

Tabelle 1. Einige Grössendaten der 31 *pendula*-Fichten von Vuorela nach Messungen i. J. 1950.

Asttyp	Höhe	Durchmesser	H/D	Horizontale	Vertikale	Jahresringe in Brusthöhe	Nr. des Baumes
	des Stammes			Erstreckung des lebenden Geästs			
	m	cm		m			
5	16.0	19.6	81.6	1.25	b. n. u.[1])	50	1
5	20.0	19.4	103.1	1.0	»	51	17
5	2.5	2.3	108.7	0.7	0.5 m	—	18
—5	3.0	2.7	111.1	0.6	b. n. u.	—	8
—5	18.0	18.1	99.4	1.0	1.5 m	—	10
—5	16.0	16.0	100.0	1.25	b. n. u.	—	12
—5	16.0	17.3	92.5	2.2	»	39	13
4+	19.0	18.7	101.6	1.7	2.0 m	53	6
4+	17.0	17.5	97.1	1.8	b. n. u.	45	15
4+	18.0	25.0	72.0	3.0	»	50	20
4+	11.0	12.0	91.7	1.7	»	56	26
4	7.0	7.5	93.3	1.3	0.5 m	—	11
4	19.0	18.3	103.8	2.0	b. n. u.	47	14
4	19.5	18.4	106.0	1.8	1.8 m	50	28
4	9.0	9.5	94.7	1.8	b. n. u.	—	29
—4	12.0	14.5	82.8	1.0	»	—	7
—4	17.0	16.2	104.9	1.7	1.5 m	—	16
—4	14.0	13.4	104.5	2.0	4.5 m	—	27
3+	16.0	17.0	94.1	vertrocknet		—	24
3	15.0	17.7	84.7	1.5	1.0 m	49	5
3	19.0	20.5	92.7	2.8	8.0 m	—	9
3	19.0	22.8	83.3	3.5	b n. u.	48	19
3	17.0	15.2	111.8	2.4	1.4 m	—	21
3	17.0	16.0	106.3	2.0	b. n. u.	47	22
3	13.0	11.5	113.0	vertrocknet		—	25
—3	18.0	19.9	90.5	2.2	b. n. u.	—	23
2+	14.0	20.1	69.7	3.75	2.0 m	—	2
2	19.5	21.5	90.7	3.3	4.5 m	48	4
2	16.0	29.0	55.2	3.0	2.0 m	—	30
—2	13.0	21.2	61.3	4.5	1.3 m	68	3
—2	14.0	23.0	60.9	3.0	1.5 m	—	31

[1]) b. n. u. = bis nach unten

Formen nicht ebenso deutlich wie bei den extremen Trauerfichten hervortritt und es ja überhaupt erst bei relativ fortgeschrittenem Wachstum des Baumes tun kann, können sich unter den anscheinend normalen niedrigen Individuen recht wohl auch Vertreter der *pendula*-Form finden. Um so überraschender erscheint es, dass sich eben unter den Extremformen ganz auffallend viele stattliche Bäume, u. a. die stattlichste und zugleich typischste Trauerfichte des Vorkommnisses befindet. Dieses gute Wachstum der Bäume scheint sich in den meisten Fällen schon vom Keimlingsalter herzuleiten, denn bei vielen von jenen bis nach unten ästigen *pendula*-Fichten liegen die Astquirle schon gleich im unteren Teil des Stammes weit voneinander (vgl. Abb. 7). Eine deutliche Ausnahme hiervon bilden nur die am Boden der Bruchmoorsenke stehenden Fichten (Nr. 1—3, 11 und 29—31), offenbar weil hier der Standboden ehedem feuchtigkeitsgeplagt gewesen ist, sowie die zwei kümmernden, typisch unterdrückten Bäume Nr. 8 und 18 (siehe Abb. 11).

Die Anzahl der Jahresringe variierte bei 14 in verschiedenem Grade hängeästigen und verschieden (11—20 m) hohen *pendula*-Fichten des Vuorela-Vorkommnisses am gewöhnlichsten zwischen 45 und 55, nur eine 16 m hohe Trauerfichte hatte 39, eine andere, 13 m hohe wiederum 68 Jahresringe. Die Stockschnittflächen der beim Abtrieb aus dem Bestand entfernten Stämme wiesen 50—69 Jahresringe auf. Zieht man in Betracht, dass zu den in Brusthöhe gewonnenen Jahresringzahlen der *pendula*-Bäume noch mindestens 10 (siehe z. B. Abb. 7) Ringe hinzuzufügen sind, damit sie denjenigen der Stockschnittflächen der normalen Bäume entsprächen, so ergibt es sich, dass man zwischen den sowohl ihrer Höhe als ihrer Hängeästigkeit nach verschiedenen Fichten des Vuorela-Waldes keine besonders grossen Altersunterschiede finden kann; es ist also der Bestand hinsichtlich seiner Altersklassenverhältnisse als ziemlich einheitlich zu betrachten.

Auch die extremsten *pendula*-Fichten scheinen ihrer Anomalität zum Trotz ein überraschend gutes Wachstum entwickelt zu haben, ja es scheint sogar, wie wenn das Wachstum ein um so rascheres gewesen wäre, um einen je extremeren Trauerbaum es sich gehandelt hat. Trotzdem zugegeben werden muss, dass es ja in diesem stark durchforsteten Bestand zur Zeit weitgehend an Möglichkeiten zu Vergleichsanstellungen fehlt, kann es dem Beobachter nicht entgehen, dass sich z. B. die Trauerfichten in der Kernanhäufung des Vorkommnisses (siehe oben S. 8) gleichsam wie von sich selbst ihrer Länge nach angeordnet haben, wie dies z. B. in Abb. 1 zu sehen ist. Auch die in Abb. 8 sichtbare Trauerfichte Nr. 4 überragt um ein gutes Stück ihre nebenan stehenden normalen Altersgenossen, ein Verhältnis, das uns auch in Abb. 9 entgegentritt. Auf diese Raschwüchsigkeit der *pendula*-Form wurde seinerzeit auch schon K i h l m a n (1904, p. 27) aufmerksam. Dass sich unter solchen die *pendula*-Form vertretenden Bäumen auch überhaupt ausnahmsweise raschwüchsige Exemplare befinden

können, darauf deutet seinerseits der eingangs bereits erwähnte Umstand hin, dass solche hängeästigen Bäume auch unter die zu Zwecken der Rassenzucht von Waldbäumen gewählten raschwüchsigen und formschlanken Plusbäume geraten sind (Sylvén 1943; Ernstson 1946; Kiellander 1951).

Ferner erkennt man aus der Tabelle den früher schon berührten Umstand, dass der Stamm bei den *pendula*-Fichten weit hinab, oft vollends bis zur Erdoberfläche ästig ist, und zwar um so mehr, um eine je extremere Trauerform es sich handelt. Auch die an schattigsten Standorten stehenden Bäume machen hiervon keine Ausnahme (siehe Abb. 1 und 6; vgl. auch z. B. Conwentz 1895 und Kihlman 1904). Die Breitenausdehnung des Geästs wiederum nimmt, wie auch zu erwarten ist, durchschnittlich in dem Masse ab, wie man sich dem extremen Ende der Reihe nähert.

Diese für die Trauerfichten so kennzeichnende Tendenz zum verschmälerten Wuchs tritt uns gleichsinnig auch in den H/D-Zahlen der Tabelle entgegen, und es scheint auch, dass den Bäumen mit zunehmender Hängeästigkeit eine immer schlankere Schaftform eigen ist. Eine Ausnahme von dieser Regel macht nur der Baum Nr. 1, vielleicht darum, weil er aus diesem oder jenem Grunde wenigstens vorläufig noch keinen Ersatz für seinen gebrochenen Wipfel gefunden hat (vgl. Abb. 4). Gleiches gilt auch für den weit weniger extremen Baum Nr. 7. Es scheint denn auch, wie wenn den Ästen dieser Bäume die Fähigkeit zur Bildung eines neuen Wipfels fehlte. Ein Ausdruck für die trotz der im übrigen grossen Lebenskraft der Bäume auffallende Schwäche jenes Restitutionsvermögens mag offenbar wohl auch darin zu erblicken sein, dass die langen Äste der obersten lebenden Astquirle beim obenerwähnten weniger hängeästigen Baum Nr. 7 bogenförmig aufwärtsstrebend dem Wipfel dieses Baumes eine eigenartig leierförmige Gestalt gegeben haben, ohne dass es auch auf diese Weise zum Ersatz des verlorenen Wipfeltriebes gekommen ist. Wir haben es hier mit einer den *tabulaeformis-*, *procumbens-*, *dumosa-* u. a. Formen der Fichte analogen Erscheinung zu tun, lediglich mit dem Unterschied, dass diese letztgenannten Kriechformen stets mehr oder minder niedrig von Wuchs sind. Weiter fällt der Gedanke unwillkürlich auf die von Aulamo (1932) aus Kangasala unweit Tampere beschriebene und *Picea excelsa* 1. *cubans* benannte, gleichfalls wipfellose, 4.8 m hohe Fichte, bei welcher die Äste einander bedeckend bogenförmig nach unten umgebogen sind. Indem nun nicht weit von dieser Fichte auch ein vom Autor (op. c., p. 69) der f. *columnaris* zugezählter, 17 m hoher Baum steht, wird man leicht auf den Gedanken geführt, dass es sich bei der erwähnten *cubans*-Form vielleicht nur um eine Tafelfichte handelt, die in diesem Falle aus einem *pendula*- oder *columnaris*-Baum hervorgegangen ist.

Trotzdem allerdings nur zwei von den *pendula*-Fichten des Vuorela-Waldes ihren Wipfel verloren haben, ist es dennoch recht wohl denkbar,

dass dieser Verlust vielleicht gerade der vorerwähnten Schlankheit des Stammes zugeschrieben werden muss. Anderseits befinden sich unter den Bäumen nur wenig krummstämmige Exemplare, ja es ist ein solcher Formfehler eigentlich nur bei der extremsten Trauerfichte des ganzen Bestandes, dem Baum Nr. 17 vorhanden, dessen Stamm dicht über der Erdoberfläche andeutungsweise gekrümmt ist (vgl. Abb. 6). Ähnlicherweise, jedoch deutlicher gekrümmt sind auch die beiden schon früher erwähnten *pendula*-Exemplare von Kuru (siehe die Abbildungen bei Tanttu 1912 oder Cajander 1916, p. 541). Darauf, dass es sich hierbei möglicherweise um eine mit der *pendula*-Form allgemeiner verknüpfte Erscheinung handeln kann, deutet jedenfalls der Umstand hin, dass die typischste und extremste von allen bekannten Trauerfichten, der Baum von Quitschenhäu im Harz, dermassen krumm gewesen ist, dass es seinerzeit nötig wurde, ihn zu stützen (Conwentz 1895, p. 152). Ein gutes Beispiel hiervon wäre auch in der von Bäcklind (1933) beschriebenen »Drachenfichte» zu erblicken, bei welcher die Verzweigungen des in mehrere Teilstämme aufgeteilten Stammes geradezu eine kriechende Wachstumsweise angenommen haben. Ausserordentlich deutlich tritt diese Haltlosigkeit der Wachstumsweise auch bei der in Gärten kultivierten hängeästigen *inversa*-Form zum Vorschein (vgl. z. B. die Abbildungen 215 und 216 bei Silva Tarouca 1913, p. 207); auch bei ihr sind Stamm und Äste ausläuferartig gekrümmt und gebogen, wie es auch der für diese Form gebrauchte Name »Bogenfichte» andeutet. Es möge erwähnt werden, dass z. B. in den dendrologischen Kulturen Professor G. Komppas in Karjalohja der Vertreter der erwähnten Form allen Stützmassnahmen zum Trotz seinen Wipfel peitschenförmig herabhängen lässt.

Es scheint also, wie wenn mit dem raschen Wachstum der Trauerfichten noch eine zweite Eigenschaft verknüpft wäre, nämlich eine Art vertikale Dehnung der verschiedenen Teile des Baumes, die sich nicht nur in der Schlankheit des Stammes, sondern auch in der Länge und der hängenden Wachstumsweise der Äste äussert. Dieser Zug ist desto augenfälliger, je näher dem anomalen Ende der *typica* — *pendula*-Reihe man sich befindet (siehe z. B. Abb. 1).

Zapfen wurden an den Bäumen von Vuorela beim ersten Besuch am Ort nicht gefunden, wohl aber waren im folgenden Winter, als die Fichten wieder seit längerer Zeit reichlicher Zapfen trugen, die *typica*-Bäume und auch ein Teil der weniger hängeästigen (z. B. die Bäume Nr. 2—4) mässig reichlich mit Zapfen behangen. Dagegen war die Zapfenbildung bei den extremeren Trauerformen ganz deutlich spärlicher oder fehlte ganz. So war der Prachtbaum Nr. 17 völlig steril, ebenso die gutwüchsigen Trauerfichten Nr. 6, 10, 12, 14—16 und 28. Fertil waren von den typisch hängeästigen nur die Bäume Nr. 1 und 13 mit allerdings nicht mehr als nur je einem und drei kleinen Zapfen. Eine, wenngleich nicht besonders grosse Ausnahme bildete der Baum Nr. 20, bei dem 17 Zapfen gezählt wurden.

Die Zapfen selbst wirkten zumal bei den extremer hängeästigen Bäumen kleiner als gewöhnlich. Bei der ebenerwähnten Trauerfichte Nr. 20 betrug die mittlere Länge aller 17 Zapfen im frischen Zustand 8.5 (7.2—9.6) cm und die grösste Breite 2.8 (2.5—3.2) cm. Entsprechend wurden für den sich schon mehr der *typica*-Form nähernden Baum Nr. 24 (10 Zapfen gemessen) die Werte 9.2 (7.3—10.6) cm und 3.8 (2.6—3.4) cm gefunden. Ähnlich schien es sich auch bei den Samen zu verhalten . Hundert Samen waren beim Baum Nr. 20 durchschnittlich 1.25 cm, beim Baum Nr. 24 1.42 cm, ohne Flügel entsprechend 0.55 und 0.64 cm lang; die entsprechenden Breitenmasse waren 0.38 und 0.40 bzw. 0.21 und 0.22 cm. Bei sämtlichen sechs zapfentragenden *pendula*-Bäumen zeigten die Zapfenschuppen eine ziemlich einheitliche Formausbildung, wohl am nächsten der *acuminata*-Form angehörend. Dieselbe Zapfenform erwähnt Conwentz (1895, p. 145, 148, 155) auch von einer von den Stelliner Trauerfichten, während zwei andere nach ihm gerundete, wohl zur *fennica* zu rechnende Schuppen hatten. Dass die *pendula*-Formen der Fichte in bezug auf ihre Zapfen lange nicht einheitlich sind, geht u. a. auch daraus hervor, dass es Trauerfichten mit roten und grünen Zapfen gibt (vgl. Beissner 1909, p. 228).

Gewisse Erwähnungen in der Literatur deuten in der Tat darauf hin, dass sowohl den *pendula*- als den *columnaris*-Fichten eine Reduktion sowohl der Menge als der Grösse der Zapfen wie auch der Samen eigen wäre. Aus der Untersuchung von Conwentz (op. c.) ist zu entnehmen, dass von seinen vier Trauerfichten das schon ein paarmal erwähnte Prachtexemplar von Quitschenhäu völlig steril war, während die drei anderen spärliche Zapfen trugen, die überdies nur etwa halb so gross wie die der umherstehenden Normalfichten waren. Auf eine Kleinheit der Zapfen und schlechte Qualität der Samen weist auch Geete (1907, p. 433) bei seiner Beschreibung einer *columnaris*-Fichte hin. Lundberg (1912, p. 119) und Tamm (1912, p. 50) wiederum wissen zu berichten, dass einige schwedische *pendula*-Fichten völlig steril waren. Dagegen teilt Hultmark (1908, p. 526) mit, dass bei einer gleichfalls in Schweden stehenden, der *columnaris*-Form zugezählten Fichte Zapfen gefunden wurden, und eine ähnliche Mitteilung liegt auch von Samuelsson (1912, p. 250) vor; beide Autoren erwähnen indessen nichts über die Zapfen selbst und deren Menge. Gewissermassen ein Anzeichen von Sterilität oder besser gesagt vom spärlicher eintretenden Blühen könnte möglicherweise auch überhaupt darin zu erblicken sein, dass in den meisten Mitteilungen über solche hängeästigen oder säulenförmigen Fichten jegliche Erwähnungen über das Vorkommen von Zapfen fehlen.

Wenn man sich erinnert, dass ja in Wirklichkeit derjenige oberste Kronenabschnitt, in welchem sich die Zapfen gewöhnlich bilden, jedenfalls in der hier in Rede stehenden *pendula*-Reihe um so kürzer wird, je mehr man sich dem extremen Ende der Reihe nähert (siehe Abb. 10), ist die in gleicher Richtung stattfindende Abnahme der Zapfenzahl allein schon

dadurch wohl verständlich. Die extremsten Trauerfichten wären demnach am sichersten nur in besonders guten Samenjahren zu einer Zapfen- und Samenproduktion fähig. Demgegenüber scheinen Staubblüten bei jenen Trauerfichten von Vuorela, und nicht zumindest gerade bei den extremsten von ihnen, im Frühjahr 1951 überraschend reichlich vorgekommen zu sein. So wurden beim Prachtbaum Nr. 17, der, wie oben erwähnt, keine Zapfen trug, noch im Herbst vertrocknete Staubblüten als Anzeichen davon gefunden, dass der Baum im Frühjahr ausgiebig geblüht hatte. Es führten



Abb. 11. Die vor ihrer Befreiung unterdrückte und darum kümmernde, nur 3 m hohe Trauerfichte Nr. 8.



Abb. 12. Einer von den unter dem Baum Nr. 17 angetroffenen Keimlingen, der mit 65 cm schon deutlich die den Trauerfichten eigene Tendenz zur Hängeästigkeit erkennen lässt.

demnach die veränderten Längenverhältnisse der drei Kronenzonen nicht im eigentlichen Sinne zur Sterilität, sondern im Gegenteil zu einer Art von Diözismus, d. h. zum Überhandnehmen der männlichen Blütenproduktion bei zunehmender Hängeästigkeit und schliesslich zur Entstehung von mehr oder minder rein männlichen Bäumen. Trotz ihrer geschwächten oder völlig fehlenden Zapfenproduktion haben also diese extremen Vertreter der *pendula*-Form durch ihre Pollenbildung die Möglichkeit zur Fortpflanzung und damit vielleicht auch zur dauernden Erhaltung an dem Standort beibehalten, an dem sie gewöhnlich als ganz einsame Vertreter ihrer Form entstanden sind.

Dass dies ganz offensichtlich auch für das Vuorela-Vorkommnis zutrifft, das sieht man daran, dass die im vorhergehenden besprochenen 31 Trauerfichten keineswegs die einzigen am Ort sind. In der Nähe und zum Teil geradezu am Fusse dieser recht ungleich hohen, aber ungefähr gleich alten Bäume stehen nämlich etwa ein paar Dutzend niedrige Keimlinge, die trotz ihres jungen Alters gleichfalls schon eine unverkennbare Neigung zur Hängeästigkeit an den Tag legen. Vier solche, 0.4—0.75 m hohe Pflänzchen wurden z. B. am Fusse des Baumes Nr. 17 und in dessen unmittelbarer Nähe gefunden. Indem nun bei einem von diesen (Abb. 12) die Äste schon vom vierten Astquirl abwärts sich immer kräftiger herabneigen, so ist es offenbar, dass wir in diesen Keimlingen Vertreter hochextremer Trauerformen zu erblicken haben. Dieses erwähnte Exemplar unterschied sich von den übrigen, normalen Exemplaren der Gruppe deutlich auch durch das reinere Grün und den Glanz seiner Nadeln, ein Merkmal, wie es jedenfalls der im Vergleich zur *pendula*-Form noch extremer hängeästigen *inversa*-Form der Gärtner eigen sein soll (vgl. z. B. Beissner—Fitschen 1930, p. 194). In welchem Umfang im Vuorela-Wald neben diesen ausgeprägten *pendula*-Keimlingen auch Vertreter weniger extremer Hängeformen vorkommen, kann wegen der geringen Grösse der Pflanzen vorläufig nicht gesagt werden. Indem aber die Zahl der hängeästigen Keimlinge auch jetzt schon nicht unbeachtlich ist, kann angenommen werden, dass der Trauerfichtenbestand hier jedenfalls nicht in Rückgang, sondern eher wohl in Kräftigung begriffen ist.

Wenn nun aber die Samenproduktion der Trauerfichten um so schwächer ist, mit einer je extremeren Form man es zu tun hat, und nur in den aller besten Samenjahren gesichert ist, wie ist dann der Individuen- und Formenreichtum dieses Trauerfichtenvorkommnisses von Vuorela zu erklären? Irgendwelche Kunde darüber, dass am Platze schon früher solche hängeästigen Fichten vorgekommen wären, deren Nachkommen also die heutigen Trauerfichten darstellten, liegt nicht vor. Angesichts dessen, dass die meisten Bäume des Vorkommnisses einander genähert, ja, sich teilweise mit den Ästen berührend am Westabhang der erwähnten nord-süd-gerichteten Talmude stehen, könnte die Sache vielleicht so erklärt werden, dass sich ja bekanntlich die untersten Äste bei der Fichte an offenen lichtreichen Standorten, wie z. B. an Meerasufern sowie auf Felsen und in Gebirgen, bei Berührung mit dem Erdboden leicht bewurzeln und später, wenn der Kontakt mit dem Mutterbaum bricht, zu selbständigen Individuen auswachsen (f. *stolonifera* Mela 1895, p. 471; siehe auch Hjelt 1888, p. 86). Nach dem Handbuch von Beissner—Fitschen (1930, p. 199) ist denn auch die künstliche Vermehrung kultivierter Trauerfichten gerade auf diesem Wege am leichtesten durchführbar. Ebenso ist bekannt, dass sich die schlaffen, oft bis zum Boden herabhängenden Äste der Schlangenfichte leicht bewurzeln (siehe Schröter 1898, p. 48). Es möge

erwähnt werden, dass z. B. im Versuchsrevier der Forstlichen Forschungsanstalt in Ruotsinkylä, Kirchsp. Tuusula, am Südabhang der Anhöhe Mätäkivenmäki eine Gruppe von elf trägwüchsigen, unter sich sehr gleichförmigen, der Form *glomerulans* Kihlm. zuzuzählenden Fichten steht, die sich halbkreisförmig um einen morschen Stumpf gruppiert haben und somit wahrscheinlich aus Astablegern ein und desselben entsprechend beschaffenen Baumes entstanden sind. Dasselbe gilt offenbar auch für die zwei schon früher erwähnten von T a n t t u (1912) aus Kuru beschriebenen, vom Volke »Adam und Eva» benannten *pendula*-Fichten, bei denen nicht nur ihr durchaus übereinstimmendes Wachstum und die einander dicht genäherte Lage, sondern auch die gleichgerichtete Krümmung des untersten Stammabschnitts (siehe die Abbildungen bei T a n t t u op. c. oder C a j a n d e r 1916, p. 541) eine Entstehung aus Astablegern andeuten mögen. Doch spricht vor allem der Umstand, dass es am Platze nicht zwei Bäume gibt, die in bezug auf ihre Eigenschaften einander durchaus ähnlich wären, unverkennbar gegen eine solche vegetative Erneuerungsweise — im Gegenteil, es ist sowohl der Individuen- als der Formenreichtum des Vorkommnisses ein überzeugender Beweis dafür, dass es sich um die samenbürtigen Nachkommen eines oder mehrerer hier, am nächsten wohl gerade an dem erwähnten Westabhang ehedem gestandener Trauerfichten handeln muss. Das Jahr 1896 war ein ausserordentlich gutes Zapfenjahr für die Fichte, und als gute Zapfenjahre sind auch 1901, 1882, 1878 und 1865 zu erwähnen (vgl. z. B. C a j a n d e r 1917, p. 182). Ihren Altersverhältnissen nach könnten sich nun die Trauerfichten von Vuorela recht gut von der Samenernte der drei erstgenannten guten bzw. hervorragenden Samenjahre herleiten. Anderseits ist die Fichte bekanntlich wenigstens in gewissem Umfang auch selbstfertil (vgl. z. B. S y l v é n 1910; K i e l l a n d e r 1951, p. 706), und indem die Hängeästigkeit wie so manche anderen entsprechenden Eigenschaften allem Anschein nach erblich rezessiv ist, könnten die an der Stelle heute wachsenden, verschieden hängeästigen Bäume auch als die durch Selbstbestäubung hervorgegangenen Nachkommen einer einzigen, heute nicht mehr lebenden Trauerfichte gedeutet werden. Da jedoch nach B e i s s n e r — F i t s c h e n (l. c.) die Aussaatversuche bei einem offenbar entsprechendartigen einsamstehenden Baum einen sehr geringen Prozentsatz von Trauerfichte ergaben, wäre der gegenwärtige Individuenreichtum des Vuorela-Vorkommnisses entweder ein Anzeichen davon, dass es ehedem zu Kreuzbestäubungen zwischen mehreren am Platze existierenden Trauerfichten gekommen ist, oder davon, dass jene mutmassliche einsame Trauerfichte, über deren Hängeästigkeit heute nichts mehr ausgesagt werden kann, reichliche Mengen durch Selbstbestäubung erzeugten Samens produziert haben muss. Auf höchst enge Verwandtschaft weist ja auch die vorerwähnte einheitliche Formausbildung der Zapfenschuppen hin, ganz anders wie es sonst allgemein der Fall zu sein pflegt.

Mögen aber nun die Trauerfichten von Vuorela so oder so entstanden sein, fest steht jedenfalls, dass ausser der ausgiebigen Samenproduktion sich auch die Erneuerungsverhältnisse in diesem Waldbestand günstig gestaltet haben müssen. Sind doch die meisten von den Bäumen, wie wir eingangs gesehen haben, schon von Anfang an unter zusagenden Bedingungen aufgewachsen. Dieser Umstand zusammen mit der Gleichaltrigkeit des Bestandes deutet denn auch darauf hin, dass wir es mit einem seinem Alter nach einheitlichen Verjüngungsbestand zu tun haben, entstanden nach einem Gruppenanhieb oder geradezu nach Kahlschlag. Dies ist um so wahrscheinlicher, als ja solche Trauerfichten nur hier, nicht aber jenseits der Grundstücksgrenze vorkommen, wo auch der Wald selbst deutlich älter ist. Dadurch fände auch die grosse Zahl der der *pendula*-Form zuzuzählenden Bäume am Standort eine plausible Erklärung. So aufgefasst, mehren sich weiterhin die Übereinstimmungen mit den bei der Schlangenfichte konstatierten Verhältnissen. Aus der Übersicht über die Standortsverhältnisse dieser anomalen Fichtenform bei Hesselman (1908) ist nämlich zu ersehen, dass es auch ihren konkurrenzschwachen Individuen in der Natur im allgemeinen nur in lückigen Wäldern oder an sonstwie von der Kultur beeinflussten Standorten sich zu behaupten gelingt.

Es ist denn auf Grund des Obigen wohl denkbar, dass in erster Linie gerade die Kernanhäufung des Trauerfichtenvorkommnisses von Vuorela tatsächlich in einer Waldlichtung entstanden ist, in deren lichtbegünstigtem mittleren Teil auch die Vertreter der extremeren Formen bessere Möglichkeiten zur Entwicklung als im stärker beschatteten Randbestand gefunden haben. Und indem anderseits bei der Samenausstreuung im allgemeinen die schwersten und die die kräftigsten Keimlinge liefernden Samen in den aller nächsten Umkreis des Mutterbaumes geraten, während die leichteren und schwächeren Samen vom Winde leicht abseits getrieben werden, könnte auch dies die erwähnte Anhäufung der stärker hängeästigen Exemplare des Vuorela-Vorkommnisses verständlich machen. Ausserdem wird man beim Anblick dieser schmal säulenförmigen Fichten unwillkürlich auf den Gedanken geleitet, dass den Samen bei ihrer Loslösung vom Zapfen, im Gegensatz zur Normalfichte mit ihren mehr oder minder weit ausladenden Ästen, der zum Starten des Fluges notwendige freie Luftraum gefehlt hat, so dass die Samen einfach an die Wurzel ihres Mutterbaumes herabgefallen sind. Vergegenwärtigt man sich aber, dass die Samen der Fichte auch bei mässig gutem Winde nur etwa 3—4 Baumlängen vom Mutterstamm fortgetragen werden (Gayer 1898, p. 437), so braucht die heutige Gruppierung der hier in Rede stehenden Trauerfichten in keiner Weise als abweichend gedeutet zu werden, sondern bietet uns im Gegenteil ein anschauliches Beispiel davon, über ein wie weites Gebiet der Samen in einem mehr oder minder geschlossenen Waldbestand gestreut werden kann. Da die Fichte ihre Samen schon so früh im Spätwinter streut, dass man es auch mit einer

Samenausbreitung längs der Schneeoberfläche zu rechnen hat (vgl. Heikinheimo 1932, p. 53), ist das ausschliessliche Vorkommen der Trauerfichten von Vuorela am Boden der erwähnten Bruchmoorsenke gegen diesen Hintergrund betrachtet wohl verständlich. Wir können somit, das Obenangeführte zusammenfassend, dieses seltsame Trauerfichtenvorkommnis von Vuorela als das Resultat der Zusammenwirkung mehrerer glücklicher Zufälligkeiten betrachten. Und dass dieselben günstigen Faktoren im Vuorela-Wald zum Teil auch weiter fortbestanden haben, das ersieht man an der übereinstimmenden Gruppierung der neben den 31 älteren Bäumen vorkommenden jungen Keimlinge. Auf diese Weise ist also in Vuorela schon die dritte Trauerfichtengeneration im Aufwachsen begriffen. Das Fehlen vermittelnder Altersklassen wiederum erweist, dass der ursprüngliche Mutterbaum oder die Mutterbäume schon verhältnismässig bald nach dem Entstehen des Waldes vom Platze verschwunden sein müssen.

Worauf beruht denn nun die den *pendula*-Fichten eigene hängende Wachstumsweise der Äste? Hauptsächlich zwei Umstände sind für das Abwärtswachsen der Äste verantwortlich gemacht worden. Bereits Dutrochet (1837, p. 90) glaubte seinerzeit das Hängen der Zweige der Traueresche durch negativen Heliotropismus erklären zu können, aber schon Vöchting (1884, p. 91) erwies die Unrichtigkeit dieser Auffassung. Hingegen wird die Ansicht Hofmeisters (1860, p. 205), dass die Belastung der Äste das Hängen der Zweige hervorruft, von ihm gestützt, indem er zu dem Schlusse kommt, dass für die Mehrzahl der Fälle die Hofmeistersche Ansicht bezüglich der das Hängen der Zweige bewirkenden Ursache die richtige sei. Sie ist erwiesen für die Sprosse der hängenden Formen von *Salix babylonica, S. purpurea, Corylus avellana, Fagus silvatica, Sophora japonica, Fraxinus excelsior*, u.a. Vöchting bleibt nur im Zweifel darüber, ob die Belastung die einzige Ursache sei. Molisch (1930, p. 153) seinerseits erwähnt, dass das Gewicht der Äste das Abwärtswachsen der Zweige begünstigen kann, zumal wenn, wie bei der Hängeesche, die Stengelglieder länger oder schmäler sind als bei den normalen Stammformen. Allein die massgebende Ursache könne man darin nicht erblicken, weil bei vielen Trauerbäumen, wie z. B. *Caragana*, die Zweige stark genug erscheinen, um die Last zu ertragen. Wenn die Sprosse, wie Molisch weiter bemerkt, zuerst etwas negativ geotropisch aufwärts sich wenden und erst dann nach abwärts wachsen, könnte man daran denken, dass im Geotropismus eine Umstimmung erfolgt, d. h. dass die Zweige, nachdem sie einige Zeit schwach negativ waren, dann positiv geotropisch werden. Indem er bemerkt, dass wir die wahre Ursache des Hängewuchses nicht kennen, fügt er jedoch hinzu, dass die Trauerbäume stets den Eindruck des Krankhaften machen und dass es nicht unmöglich erscheint, dass sich die Erscheinung einmal als eine pathologische entpuppen wird.

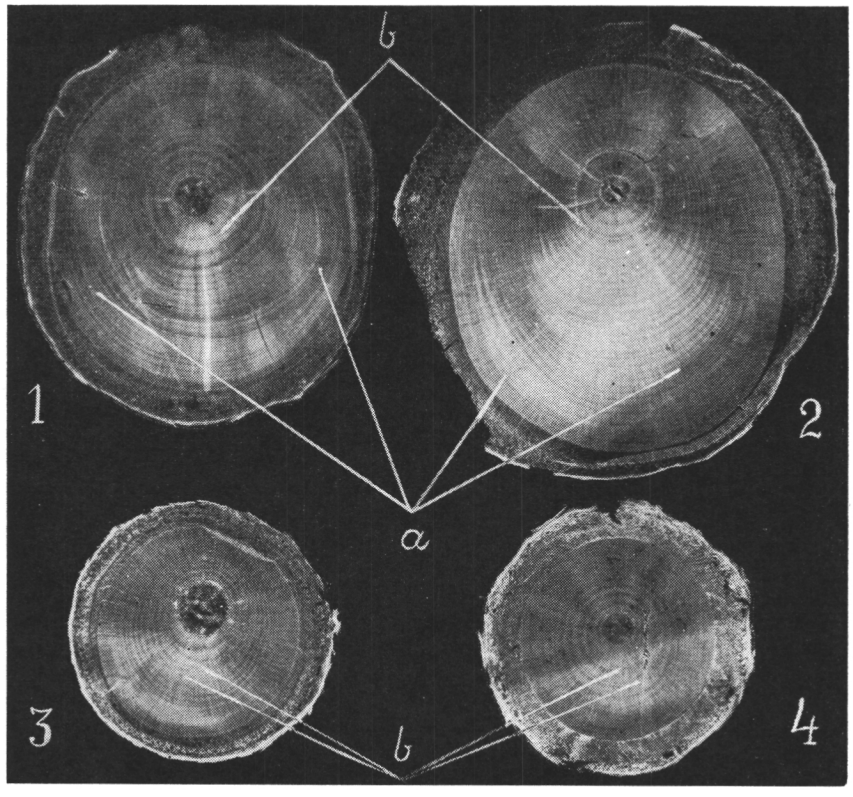


Abb. 13. Querschnitte durch den basalen Teil von Ästen in Brusthöhe bei der *typica*-Form (1) sowie bei verschieden hängeästigen Gliedern der *pendula*-Reihe (2, Baum Nr. 2; 3, Baum Nr. 16; 4, Baum Nr. 17). — a: seitlich gelegene Jahresringverdickungen; b: halbkreis- oder ringförmig im Inneren des Jahresrings verlaufende, durch ihren Bau und ihre braune Färbung von den übrigen Elementen des Holzes abweichende Gebilde. Schnittdicke 60 μ. — Negativbild, etwa $^2/_1$.

Man wird auf Grund des Obigen unwillkürlich auf den Gedanken gebracht, ob denn vielleicht bei jenen schlaff herabhängenden Ästen Unterschiede im anatomischen Bau den Normalästen gegenüber festzustellen wären. Abb. 13 zeigt einige Astquerschnitte von Bäumen der *typica—pendula*-Reihe aus dem Vuorela-Wald. Es sind Querschnitte von lebenden Ästen aus dem unteren Teil des Stammes eines normalen Baumes (1), der extremsten Trauerfichte Nr. 17 des ganzen Bestandes (4) sowie zweier in bezug auf ihre Hängeästigkeit vermittelnder Exemplare, nämlich des Baumes Nr. 2 als Vertreter einer der *typica* nahestehenden Form (2) sowie Nr. 16 aus dem entgegengesetzten Abschnitt der Reihe (3). Die Schnitte sind in etwa 1.3 m Höhe und etwa 10 cm vom Stamm entnommen, also an einem Punkt, wo die mechanische Beanspruchung des Astes am grössten ist und dessen anatomischer Bau erwartungsgemäss am meisten massgebend für die verschiedene Stellung der Äste bei den Gliedern der in Rede stehenden Umwandlungsreihe sein müsste.

Schon beim ersten Blick ist aus den Schnitten zu ersehen, dass je mehr man sich der extremen Trauerfichtenform nähert, desto mehr erlischt die dem Normalast eigene exzentrische Anordnung der Jahresringe (vgl. z. B. Abb. 16 bei Hartig 1901, p. 57 und Abb. 25 bei Sylvén 1916, p. 30) und gleicht sich die elliptische Form des Astquerschnitts aus. Doch fehlen auch bei den extremsten Formen die halbmondförmig verdickten Jahresringabschnitte der Astunterseite nicht ganz, sie sind aber hier anscheinend ausschliesslich auf die innersten und ältesten Teile des Astes beschränkt. Im typischen Hängeast liegen die Jahresringe im übrigen so dicht, dass man sie kaum mit dem blossen Auge unterscheiden kann.

Noch deutlicher erhellen die in Rede stehenden Verhältnisse aus dem Diagramm über die Dickenschwankungen der Jahresringe vertikal durch

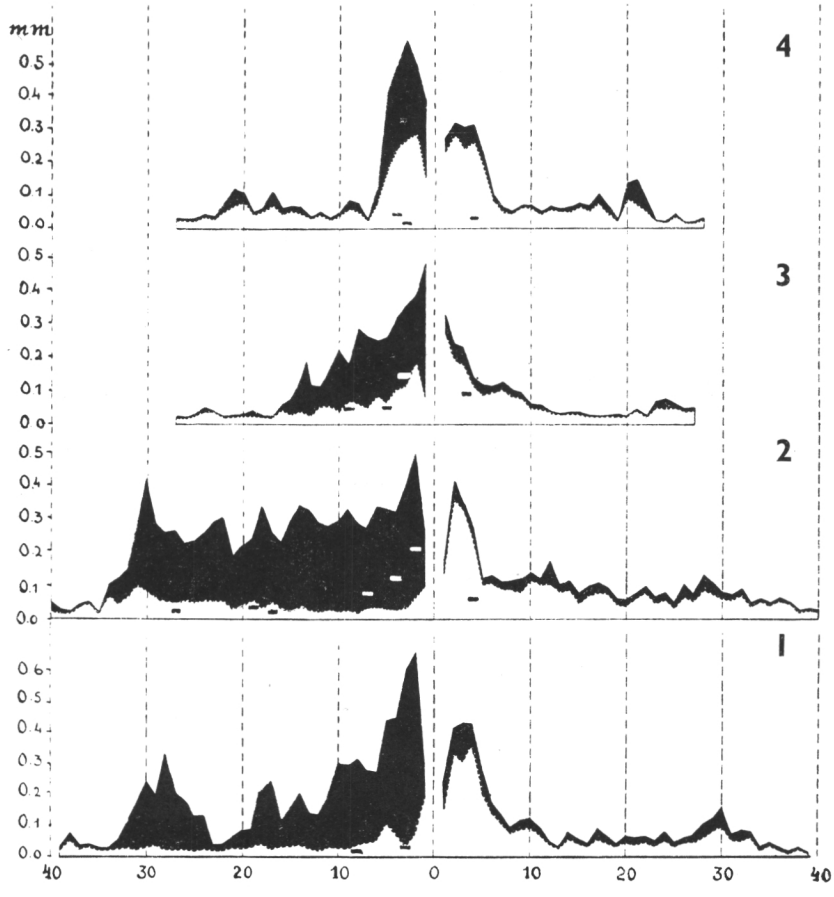


Abb. 14. Dickenschwankungen der Jahresringe auf der Ober- (rechts) und Unterseite des Astes (links) längs der Medianlinie der in Abb. 13 sichtbaren Astquerschnitte bei der *typica*-Form (1) sowie bei verschieden hängeästigen Gliedern der *pendula*-Reihe (2, Baum Nr. 31; 3, Baum Nr. 16; 4, Baum Nr. 17). — Weiss: dünnwandiges Frühholz; schwarz: dickwandiges Spätholz; die eingezeichneten schwarzen und weissen Rechtecke deuten die Lage der in den Jahresringen vorkommenden abweichenden Gebilde an.

den Astquerschnitt (Abb. 14). In sämtlichen Fällen ist der Dickenzuwachs anfangs sowohl an der Ober- als der Unterseite des Astes am stärksten gewesen. Ausserdem erweisen sich auf der Oberseite die Dickenschwankungen der Jahresringe durchgehends als überraschend gleichförmig, indem der kräftige Dickenzuwachs der ersten Vegetationsperioden immer mehr, und zwar bei allen ungefähr gleichzeitig nachlässt. Dagegen ist das Dickenwachstum auf der Unterseite des Astes in sämtlichen untersuchten Fällen zunächst sogar intensiver als zur gleichen Zeit auf der Oberseite, scheint aber dann in grossen Zügen um so rascher abzuklingen, je hängeästiger der Baum ist, beim Baum Nr. 17 schon nach der fünften Vegetationsperiode, beim folgenden (Nr. 16) etwa nach der 15. und beim gelinde hängeästigen Baum Nr. 2 wie auch bei der Normalform etwa nach der 30.

Auf der anderen Seite kann es einem nicht entgehen, dass die Schwankungen sowohl im Dickenwachstum der Jahresringe als im Anteil des dickwandigen Spätholzes auf der Unterseite des *typica*-Astes weit grösser als beim Hängeast sind. Betrachtet man aber den betreffenden Querschnitt in Abb. 13, so findet man, dass man es keineswegs mit einer derartigen Wachstumsstockung zu tun hat, wie aus dem Diagramm zu schliessen wäre, sondern es haben sich verdickte Ringabschnitte auch in jenen Wellentalperioden gebildet. Sie liegen aber nicht immer genau auf der Medianlinie, sondern bald rechts, bald wieder links von dieser (a). Gleiches gilt auch für den schwach hängeästigen Baum Nr. 2, doch ist die Erscheinung hier schon nicht mehr ebenso ausgeprägt. Diese seitliche Verlegung der dicken Jahresringabschnitte muss als eine natürliche Folge davon angesehen werden, dass ja der Ast verständlicherweise nicht permanent seine ursprüngliche Lage beibehält, sondern aus verschiedenen Gründen (vgl. hierzu H a r t i g op. c., p. 58), wie dem verschiedenen Wachstum seiner einzelnen Teile, dem winterlichen Schnee- und Eisdruck u. dgl. m., aus seiner waagerechten Lage gestört wird.

Aus dem Diagramm in Abb. 14 ergibt sich ferner die interessante Feststellung, dass, während auf der Oberseite des Astes die Dickenschwankungen der Jahresringe in grossen Zügen auf das dünnwandige Frühholz entfallen, es sich auf der Unterseite des Astes gerade entgegengesetzt verhält. Je dicker nämlich der Jahresring ist, desto reichlicher ist das Spätholz. Vor allem trifft dies für die Normalform zu, auch wenn der relative Anteil des Frühholzes auch bei ihr in den ersten Vegetationsperioden grösser als in den folgenden erscheint. Dagegen scheint bei den hängeästigen Formen das dickwandige Spätholz um so spärlicher vertreten zu sein, um eine je typischere Hängeform es sich handelt. Besonders deutlich erkennt man dies bei einem Vergleich der innersten Jahresringe. Wir kommen also zu dem Schluss, dass die Unterschiede, die bei einem normal wachsenden Fichtenast zwischen Ober- und Unterseite bestehen, die Neigung ha-

ben, sich bei zunehmender Hängeästigkeit Schritt für Schritt auszuleichen.

Dieses auf der Unterseite des Astes zumal in dessen dicken Jahresringabschnitten entstandene dickwandige Gewebe ist seinem anatomischen Bau nach im Grunde genommen nichts anderes als das für die Nadelbäume typische Druckholz, wegen seiner rotbraunen Färbung auch Rotholz genannt, ein Stützgewebe, dessen Aufgabe u. a. darin besteht, dass es die Seitenäste in ihrer richtigen Lage hält (vgl. z. B. Hartig 1901). Indem nun die anatomischen Unterschiede zwischen den jetzt in Rede stehenden Fichtenformen gerade darin zum Vorschein kommen, wie lange und in welchem Umfang es zu der Bildung eines solchen Stützgewebes auf der Unterseite der Äste kommt, so scheint es, wie wenn gerade dieser Umstand für die erwähnten Unterschiede in der Stellung der Äste, d. h. in der ganzen Kronenarchitektur, verantwortlich zu machen wäre. Je früher ein Ast sein Vermögen zur Bildung von Druckholz einbüsst, desto schwächer gestaltet sich sein anatomischer Bau und desto früher geht der Ast zur hängenden Wachstumsweise über. Dieser Punkt fällt zusammen mit der Grenze zwischen der I. + II. und der III. Kronenzone, d. h., wir haben im Astquerschnitt Druckholz in gerade ebensovielen Jahresringen, wie es die Zahl der der ersten und zweiten Kronenzone zufallenden Astquirle beim betreffenden Baum angibt. Mit anderen Worten, dieselben Verhältnisse, wie wir sie im Kronenaufbau der verschieden hängeästigen Fichten fanden, wiederholen sich auch im anatomischen Bau der Äste. Und indem die Schwäche der Druckholzbildung bei den Trauerfichten der jetzt in Rede stehenden Reihe nicht einzig auf den basalen Teil der Zweige beschränkt ist, sondern genau gleichartig, also lediglich auf die ersten Jahresringe begrenzt, auch im Endabschnitt der Äste festzustellen ist, so versteht man, warum auch diese anfangs auf- und auswärts gerichteten Astabschnitte schliesslich nicht mehr imstande sind, in ihrer ursprünglichen Richtung weiterzuwachsen, sondern gleichfalls der Reihe nach nach unten abzubiegen beginnen.

Auf Grund dieser im Bau der Äste zutagetretenden Veränderungen hätte es auch den Anschein, wie wenn man es hier mit einer pathologischen Mangelerscheinung zu tun hätte, die sich in einer verschiedengradigen Einbusse des Druckholzbildungsvermögens innerhalb der Trauerfichtenreihe von Vuorela äusserte. Doch dürften die Verhältnisse nicht ganz so einfach liegen. Wie man nämlich sieht, so erscheint nicht nur die Druckholzbildung geschwächt, sondern eine genau entsprechende und dazu noch gleichzeitige Schwächung ist auch im Zuwachs der Jahresringe eingetreten. Zwar könnte man sich letzteres auch als eine blosse Folge der hängenden und dadurch in bezug auf das Licht ungünstigeren Lage des Astes denken. Nach Vöchting (1884, p. 78) wäre der Umstand, dass die hängenden Zweige der Trauerbäume langsamer wachsen als die aufrechten und sogar bei manchen Arten an ihrer Spitze absterben, lediglich

auf die veränderte Lage des Astes zurückzuführen, darauf nämlich, dass die Spitze der Zweige nach abwärts sieht. Indem aber der Ast gleichzeitig in seinem Endabschnitt zur Bildung von dicken Jahresringen und Druckholz fähig ist, dürfte jener Lagenveränderung wohl kaum ein Anteil am verlangsamten Wachstum des basalen Astteiles zukommen können. Anderseits könnte man sich auch mit Molisch (1930, p. 153) denken, dass es sich um eine geotropische Umstimmung handeln könnte. Durch die Untersuchungen von Hartmann (1932, 1942) ist nun jedoch sehr eindeutig gezeigt worden, dass vor allem gerade die Bildung und örtliche Unterbringung des Druckholzes auf einer Art von im Inneren der Pflanze herrschenden statischen Wuchsgesetz und nicht so viel auf der Schwerkraft beruhe. Indem sich aber die verschiedengradigen Trauerfichten des Vuorela-Waldes eigentlich nur dadurch von den Normalbäumen des Standorts unterscheiden, dass die Bildungsperiode der dicken Jahresringe und des in diesen enthaltenen Druckholzes bei zunehmender Hängeästigkeit immer mehr verkürzt wird, m. a. W., indem die Kronenentwicklung rascher als gewöhnlich aus den Phasen I und II in die Phase III eintritt, könnte wohl angenommen werden, dass es sich in Wirklichkeit lediglich um eine verschiedengradige Störung der Korrelation zwischen der Hauptachse und ihren Verzweigungen handelte. Mit anderen Worten, das zu weit getriebene Unter- bzw. Überordnungsverhältnis zwischen den Sprossklassen verursacht es, dass die Seitenverzweigungen ersten Grades rascher als sonst in untergeordnete Stellung geraten. Wir hätten es somit mit einer auch mit der Normalentwicklung verknüpften, hier sich jedoch in verschärfter Form äussernden Erscheinung zu tun.

Dass es sich allem nach Anschein wirklich um eine Art korrelative Störung handelt, das ersieht man seinerseits auch daraus, dass der Bau der Äste bei den verschiedenen Gliedern der *typica—pendula*-Reihe auch noch andere gemeinsame Folgen davon zu erkennen gibt, dass die Zweige rascher oder langsamer in die untergeordnete Stellung eines Hängeasts getrieben werden. So findet man in sämtlichen durch den basalen Astteil geführten Schnitten zumal in manchen stärkeren Jahresringen der Unterseite schmale, im Inneren des Jahresrings und parallel mit diesem verlaufende halbkreisbogenförmige Gebilde, die sich durch ihre dunklere Färbung und ihren abweichenden Bau oft schon mit dem blossen Auge von den übrigen Elementen des Jahresrings unterscheiden lassen (b in Abb. 13). Sie sind nicht immer ausschliesslich auf die Unterseite des Astes beschränkt, sondern können, so zumal in den innersten Jahresringen, auch auf die Oberseite übergreifen, einen mehr oder minder deutlich geschlossenen Ring bildend. Man begegnet ihnen jedoch lange nicht in allen Jahresringen und nie in den dünnen, sondern ausschliesslich in den dicken, hier im allgemeinen im Grenzgebiet des Früh- und Spätholzes, mit Vorliebe jedoch im Bereich des ersteren (siehe die in die Diagramme eingezeichneten

kleinen Rechtecke in Abb. 14). In dem die extremste Trauerfichte des Bestandes vertretenden Astquerschnitt (4) ist ihre Anzahl am geringsten, doch greifen sie hier um den ganzen Ast herum. Im Astquerschnitt der gelinder hängeästigen Form (3) ist ihre Anzahl schon grösser, hier sind sie aber weniger umfangreich; in Abb. 13:3 ist das innerste von ihnen gleichfalls ringförmig und geschlossen, die übrigen nur halbkreisförmig, auf die Astunterseite beschränkt. In grösster Zahl begegnet man ihnen im Querschnitt durch den Ast der gelindest hängeästigen, der *typica* am nächsten stehenden Form (2). Doch treten sie hier nicht mehr so deutlich zum Vor-

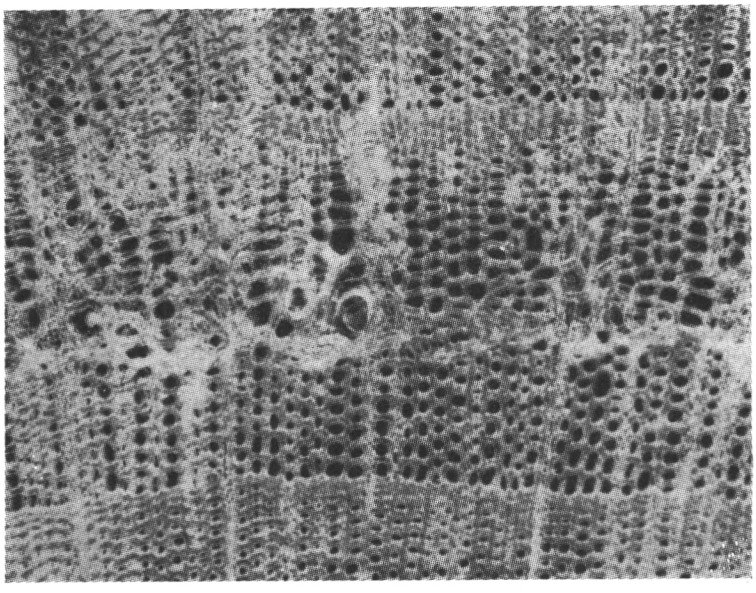


Abb. 15. Parenchymholzbildung im Jahresring auf der Unterseite eines Trauerfichtenastes. — Etwa $^{150}/_{1}$. Nähere Erklärung im Text.

schein, und nur eines von ihnen, auch in diesem Falle das innerste, ist so umfangreich gewesen, dass Spuren von ihm auch auf der Oberseite des Astes wahrgenommen werden können. Anderseits fehlen jene Gebilde auch den Ästen der *typica*-Form nicht. Man findet aber dort, dass ihre Anzahl ziemlich gering geblieben ist, auch treten sie, wie auch aus Abb. 13:1 zu ersehen ist, nur ziemlich schwach hervor und sind in ihrem Vorkommen lediglich auf die innersten Jahresringe der Astunterseite beschränkt. Es möge erwähnt werden, dass sich das Auftreten der Gebilde nicht einzig auf das im vorliegenden Zusammenhang untersuchte *typica*-Exemplar im Wald von Vuorela beschränkt, sondern dass ich ihnen auch in den unteren Ästen anderer normal wachsenden Fichten begegnet bin.

Abb. 15 gibt uns eine eingehendere Vorstellung vom Aussehen jenes im Inneren des Jahresrings verlaufenden bräunlichen Gewebes an einem durch den Ast geführten Querschnitt. Man sieht, dass sich die anfangs regelmässigen Zellenreihen des Frühholzes plötzlich und fast gleichzeitig in ein höchst unbestimmtes und wirres Gewebe verwandeln, welches aber beim Fortschreiten des Wachstums bald wieder Schritt für Schritt zuerst in das neue Frühholz und schliesslich in das typische dickwandige Spätholz übergeht. Die Grenze des Gebildes gegen das Spätholz hin ist also unbestimmt, gegen das Frühholz dagegen scharf, und hier schwankt auch die Form und Grösse der Zellen am meisten. An Quer- und Längsschnitten durch den Ast ist zu erkennen, dass es sich um Parenchymzellen handelt, deren Wände und auch die Interzellularen eine mehr oder minder rotbraune Färbung angenommen haben.

Seinem anatomischen Bau nach ist denn dieses deformierte Zellgewebe nichts anders als ein höchst typisches Parenchymholz. Seine Entstehung im Jahresring gibt an, dass es mitten in der Vegetationsperiode zu einer beschränkteren oder umfassenderen, im letzteren Falle auch auf die Oberseite des Astes übergreifenden momentanen, aber bald wieder vorübergehenden Störung der Kambiumtätigkeit gekommen sein muss. Sowohl hinsichtlich ihres anatomischen Baus als der Art ihres Auftretens erinnern diese Gebilde in hohem Masse z. B. an die von Graebner (1924, p. 686) untersuchten Biegungswunden, denen man in den Jahresringen der Obstbäume begegnet und die durch das Biegen der Zweige in halbverholztem Zustand entstehen, ein Verfahren, dessen sich die Gärtner zur Steigerung der Fruchtbarkeit ihrer Obstbäume bedienen. Bei jenem Biegen lösen sich die Rindengewebe zumal auf der Innenseite der Biegungsstelle vom Holz ab, und die so entstehenden Risse werden dann beim Fortschreiten des Dickenwachstums durch parenchymatische Neubildungen sowohl von der abgehobenen Rindenzone als auch von dem stehengebliebenen jungen Splintgewebe aus ausgefüllt (vgl. Graebner op. c., p. 688). Es ist nun offenbar, dass es auch bei den Trauerfichten an den Ästen und insbesondere gerade auf der Unterseite der sich immer mehr schwächenden und nach abwärts biegenden Äste zu einer ganz ähnlichen Faltung und Loslösung der Rinde kommt. Demnach müssen die im vorhergehenden besprochenen Gebilde als Biegungswunden aufgefasst werden, entstanden durch Loslösung der Rinde mitten während der Vegetationsperiode bei der Abwärtsbiegung des Astes. Da sie lange nicht in allen Jahresringen vorkommen, sondern sich nur hin und wieder wiederholen, schiene dies zu bedeuten, dass die Astbiegung nicht gleichmässig, jährlich fortdauernd, sondern nach längeren Zeitabständen kräftig, ruckweise erfolgt. Gegen diesen Hintergrund betrachtet wäre es leicht zu verstehen, warum solche Biegungswunden bei den extremeren Trauerfichten nur so wenig, dafür aber um so ausgeprägter und meistens den ganzen Astumkreis einnehmend vorkommen, während

ihre Zahl bei den weniger hängeästigen Bäumen grösser ist, aber die Bildungen selbst weniger ausgeprägt und lediglich auf die Unterseite des Astes beschränkt sind. Bei den extremsten Trauerformen ist die schlaff herabhängende Lage der Äste nur über einige wenige Zwischenetappen erreicht worden, und darum treten die Spuren der betreffenden, offenbar mehr oder minder heftig abgelaufenen Biegungsvorgänge im basalen Astabschnitt entsprechend kräftig hervor. Bei den weniger extremen Formen vollzieht sich der Biegungsprozess langsamer, in kleineren, sich aber dichter wiederholenden Rücken, und so sind auch seine Spuren bei diesen Bäumen schwächer und hauptsächlich nur auf der Unterseite des Astes sichtbar. Indem die Intensität des Biegungsprozesses in dem Masse abnimmt, wie der Ast eine immer mehr hängende Stellung einnimmt, so ist es verständlich, dass von seinen Anzeichen im einzelnen Astquerschnitt die ersten die kräftigsten sind, und im Gegensatz zu den späteren meistens den ganzen Astumkreis einnehmen. Der Umstand, dass man ihnen auch im *typica*-Ast, obwohl nur auf dessen Unterseite begegnet, mag wohl nichts anderes bedeuten können, als dass die intensive Jahresringbildung auf der Astunterseite schon bald den biegenden Kräften erfolgreich entgegenzuarbeiten vermocht hat.

Die Lage dieses als Folge der Trennung von Rinde und Holz entstandenen Parenchymgebildes im Jahresring gibt an, dass es mitten während der Vegetationsperiode gerade zu einer Zeit entstanden ist, wo sich die Elemente des Sprosses in halbverholztem Zustand befunden haben. Demnach käme dem winterlichen Schnee- und Eisdruck vom Standpunkt der Entstehung dieser Biegunswunden lange nicht dieselbe Bedeutung zu wie der während der Vegetationsperiode stattfindenden Gewichtszunahme des wachsenden und sich ausbreitenden Astes. Auch der Umstand, dass jene Gebilde nicht regelmässig in allen Jahresringen zu finden sind, spräche zugunsten dieser Auffassung, ebenso der, dass diese Biegungswunden im Jahresring nicht sofort nach begonnenem Wachstum, sondern erst später, aber doch während einer Zeit entstanden sind, wo die Bildung des Spätholzes noch nicht oder kaum erst eingesetzt hat. Anderseits kann es sich aber auch so verhalten, dass der durch den winterlichen Schneedruck hervorgerufene Spannungszustand erst während der Vegetationsperiode zur Auslösung kommt, wenn die Voraussetzungen zu einer gewaltsamen Trennung der Rinden- und Holzteile des Astes am grössten sind. Freilich schiene der Umstand, dass bei vollständigen, d. h. astumfassenden Biegungswunden der auf die Astoberseite übergreifende Teil der Wunde mehr als auf der Unterseite des Astes der Jahresringgrenze genähert erscheint (vgl. z. B. Abb. 14), darauf hinzuweisen, dass die erwähnte Trennung der Elemente dennoch nicht ganz gleichzeitig erfolgt ist. Dies dürfte sich indessen leicht durch das verschieden rasche Dickenwachstum auf den entgegengesetzten Seiten des Astes erklären lassen. Zugleich wäre es ein Anzeichen davon, dass die Biegungs-

wunden wenigstens im vorliegenden Fall keinen stimulierenden Enfluss auf die Dickenzunahme des Jahresrings ausüben, wie dies Graebner (op. c., p. 687) für die entsprechenden Gebilde bei den Obstbäumen vermutet. Im Gegenteil ist eben ein gehemmter Dickenzuwachs des Jahresrings im Ast und in engem Anschluss daran die Schwäche der Spätholzbildung in erster Linie auch für das Auftreten jener erwähnten Gebilde verantwortlich zu machen.

Dem Obigen gemäss ginge also die Übereinstimmung zwischen den Trauerfichten von Vuorela und z. B. den Fichten der sog. Schneeschadengebiete in bezug auf die Wachstumsweise der Äste im Grunde genommen auf ein und dieselbe Ursache zurück, nämlich darauf, dass die Äste in beiden Fällen einer allzu starken Belastung ausgesetzt worden sind. Bei den ersteren ist dies jedoch eine unzweideutige Folge des geschwächten Astbaus, bei den letzteren wiederum eine Folgeerscheinung des übermächtigen Schnee- und Eisdrucks.

Anderseits wird man auch auf den Gedanken geleitet, ob nicht auch die den Trauerfichten eigene schlanke Schaftform, die Neigung zur Krümmigkeit bei den extremsten Bäumen und auch die leichte Brechbarkeit als eine direkte Folge der vorerwähnten Schwäche der Holzstruktur aufzufassen wären. Es möge erwähnt werden, dass man bei der Fichte auch wirklich eine durch einen eigentümlichen Habitus und Bau des Holzes ausgezeichnete charakteristische Form, die sog. Weiss- od. Haselfichte kennt, deren Holz eine sehr schmale, braune Spätholzschicht und eine sehr breite, weisse Frühholzschicht zeigt und die deshalb u. a. für Resonanzböden musikalischer Instrumente sehr gesucht und geschätzt ist (Willkomm 1875, p. 65). Nach Beissner (1909, p. 213) unterscheidet sich auch dieser Baum von der gewöhnlichen Fichte u. a. durch eine auffallend zarte, helle, mehr glatte Rinde und durch lange, trauerweidenartig hängende Zweige (vgl. auch Feucht 1912, p. 345—346). Was indessen die Trauerfichten von Vuorela betrifft, so haben sich wenigstens an den Borspänen keine ähnlichen jedenfalls deutlichen Verhältnisse zwischen dem dick- und dem dünnwandigen Gewebe, feststellen lassen.

Indem sich nun im Basalteil der allmählich in die Hängelage übergehenden Trauerfichtenzweige ganz ähnliche Sprengungs- und Quetschscheinungen abspielen, die z. B. bei den Obstbäumen zu mannigfachen ernährungsphysiologischen Veränderungen führen, könnte man vielleicht in diesem Umstand eine Erklärung zu der sonderbaren Wachstumsweise und insbesondere der reichen Verzweigung dieser Trauerfichtenäste zu erblicken haben. Anderseits könnte auch gedacht werden, dass, wenn die hängende Wachstumsweise der Trauerfichtenzweige durch Störungen in der Korrelation zwischen der Hauptachse und den Seitenachsen erster Ordnung hervorgerufen wird, diese offenbar nicht einzig auf diese Stufe beschränkt zu sein brauchen, sondern sich recht wohl auch auf den Ast selbst, auf dessen

verschiedene Teile, erstrecken könnten. Auf diese Weise erhielten die schmale Gestalt und der dichte Astaufbau, d. h. der Umstand, dass auch die Seitenverzweigungen des Astes wie die Äste selbst dicht gedrängt und zusammengepackt erscheinen, eine recht natürliche Erklärung. Klar ist aber auch, dass die den Trauerfichten eigene hängende Lage der Äste auch nicht ohne störenden Einfluss auf die mannigfachen physiologischen Lebensbetätigungen des Baumes selbst bleiben kann. Als eine von den ersten Folgen ergibt sich natürlich die erschwerte Assimilation und Transpiration, die freilich wenigstens teilweise durch die bis nach unten reichende Beastung einer solchen Trauerfichte aufgewogen wird. Die den Trauerfichten eigene, mehr oder minder stark gestreckte Wachstumsweise könnte denn auch wirklich als Anzeichen einer Art von Etiolierung, d. h. der gestaltenden Wirkung des Lichtmangels aufgefasst werden. Ausserdem können auch manche anderen für die Trauerfichten als typisch geltenden Eigenschaften von der veränderten Lage der Zweige und ihrer einzelnen Teile abzuleiten sein. Ist es doch erstens klar, dass die Seitenverzweigungen der Astunterseite zumal in bezug auf das Licht in eine um so unvorteilhaftere Lage geraten, je mehr der Ast zur hängenden Wachstumsweise übergeht, während dieser Umstand für die Verzweigungen der Oberseite nur einen Vorteil bedeutet. Eben dies dürfte denn offenbar die Ursache dazu sein, dass der anfangs monopodial wachsende Zweig in Verbindung mit seiner Richtungsänderung zur sympodialen Wachstumsweise übergeht, indem die begünstigten Verästelungen der Oberseite die unterliegenden Teile des Astes zu überdecken und zu unterdrücken beginnen. Dieselbe Umorientierung der Äste ist aber die Ursache dazu, dass auch die verschiedenen Teile benachbarter Äste mit in den Konkurrenzkampf um das Licht eingezogen werden. Wenn die Äste der oberen Astquirle bei ihrer Abwärtsbiegung allmählich die basalen Abschnitte der nächstunteren Äste zu verdecken beginnen, erhält die Krone als eine natürliche Folge davon einen mehr oder minder dachziegelartigen Aufbau. Dann haben die Spitzenabschnitte der herabhängenden und einander überdeckenden Äste die grösste Möglichkeit, sich am Leben zu erhalten, wogegen die des Lichtes unteilhaftig bleibenden basalen Verzweigungen abzusterben beginnen, wodurch sich allmählich die eingangs schon beschriebene, dem Stamm am nächsten gelegene dichte Schicht von toten Verästelungen bildet. Offenbar diese Konkurrenz zwischen den einzelnen Ästen und auch deren verschiedenen Teilen um den Lichtgenuss ist denn auch die Ursache dazu, dass das Geäst einer extremen Trauerfichte nicht nur dicht, sondern auch an seiner Oberfläche glatt, wie geschnitten wird, wobei ihre Nadeln die *curvifolia*-Form annehmen, welcherlei Nadeln man auch an den herabhängenden Astverzweigungen der normalen Bäume begegnet. Anderseits kann diese mehr als gewöhnlich starke Verzweigung des Astes auch eine Folge davon sein, dass der Baum auf diese Weise den durch das Absterben der basalen

Verästelungen herbeigeführten Verlust an assimilierender Fläche zu ersetzen strebt. Der bei den Trauerfichten festzustellende rasche Übergang der Äste vom monopodialen zum sympodialen Wuchs sowie das Absterben der basalen Astverzweigungen aus Mangel an Licht braucht aber keineswegs als eine Ausnahmeerscheinung gedeutet zu werden, denn genau dem gleichen Phänomen begegnet man auch bei der normalen Fichte, bei welcher die zunächst monopodialen Äste beim Fortschreiten des Wachstums und je nachdem, wie sich die Konkurrenz um das Licht in den unteren Teilen des Geästs verschärft, zu den typischen flachen und breit ausladenden und jetzt sympodial weiterwachsenden Ästen der Fichte entwickeln. Wir hätten es also bei den Trauerfichten lediglich mit einer Verschärfung der schon beim Normalbaum verwirklichten Verhältnisse zu tun. Bei starkem Wind wirken diese langen Fuchsschwänze der Trauerfichten wie einander scheuernde Besen, und möglicherweise eben darum ist auch die Lebensdauer der Nadeln bei diesen Bäumen kürzer un erheben sich die von den früh abfallenden Nadeln zurückgelassenen Nadelkissen höher aus der Astoberfläche. Vielleicht ist auch die glatte Rindenoberfläche bei den extremsten Trauerfichten eben eine Folge dieser scheuernden Wirkung der Äste.

Wünschen wir das Obige etwa in Form einer Schlussbetrachrung zusammenzufassen, so können wir sagen, dass die bei den Trauerfichtenformen zutagetretende korrelative Störung, d. h. das allzu weit getriebene Überordnungsverhältnis zwischen Haupt- und Seitenachsen, welches bei den Trauerfichten von Vuorela in wechselnder Stärke zum Vorschein tritt, ausser zur Hängeästigkeit, auch zu mannigfachen anderen Folgeerscheinungen führt, die indessen prinzipiell anscheinend nicht von den normalen Entwicklungserscheinungen bei der Fichte abweichen, bei den Trauerbäumen aber nur in verschärfter Form verwirklicht sind.

Literaturverzeichnis

Aulamo, Osmo. 1932. Eräs omituinen kuusi. *(Picea excelsa* 1. *cubans)*. Luonnon Ystävä 36, p. 64—70.

Bäcklind, Erik. 1933. »Drakgranen» vid Humlebäck i Algutsboda socken. (Meddelanden från Kronobergs läns naturvetenskapliga förening. 2.) — Lustgården 14, p. 139—140.

Beissner, L. 1891, 1909, (— Fitschen, J.) 1930. Handbuch der Nadelholzkunde. 1., 2. und 3. Aufl. — Berlin.

—»— 1894. Mitteilungen über Coniferen. — Mitt. Deutsch. Dendrol. Ges. 3, p. 51—60.

Berg, Fr. v. 1887. Einige Spielarten der Fichte. — Schriften herausgegeben von der Naturforscher-Gesellschaft bei der Universität Dorpat 2, p. 1—44.

Blomqvist, A. G. 1883. Finlands trädslag i forstligt hänseende beskrifna. II. Granen. — Finska Forstfören. Medd. 3, p. 1—179. Helsingfors.

Cajander, A. K. 1916, 1917. Metsänhoidon perusteet. I. Kasvibiologian ja kasvimaantieteen pääpiirteet. II. Suomen dendrologian pääpiirteet. — Porvoo.

Caspary, R. 1874. Die Krummfichte, eine markkranke Form. — Schr. Phys.-Ökon. Ges. zu Königsberg 15, p. 115—136.

—»— 1880. Über eine Trauerfichte. — Ibid. 20, p. 50.

Conwentz, H. 1895. Beobachtungen über seltene Waldbäume in Westpreussen. — Danzig.

Dutrochet, H. 1837. Mémoires pour servir à l'histoire anatomique et physiologique des Végéteaux et des Animaux. II. — Paris. — Zit. nach Molisch (1930).

Elfving, Fr. 1926. Die Gehölze des Botanischen Gartens zu Helsingfors. — Mitt. Deutsch. Dendrol. Ges. 36, p. 195—197.

Engler, A. 1896. Eine merkwürdige Fichte. — Schweiz. Zschr. Fortswes. 1896, p. 125.

Ernstson, M. 1946. Norges »Goliatgran». — Lustgården 27, p. 237—239.

Feucht, Otto. 1912. Variationen heimischer Waldbäume in Württemberg. — Jahresheft Ver. vaterl. Naturk. in Württemberg 1912, p. 336—356.

Fries, Th. M. 1890. Strödda bidrag till kännedom om Skandinaviens barrträd. — Bot. Not. 1890, p. 250—256.

Gayer, Karl. 1898. Der Waldbau. 4. Aufl. — Berlin.

Geete, Erik. 1907. Gran av ovanlig typ. — Skogsvårdsfören. Tidskr. 5, p. 432—435.

—»— 1911. Några bidrag belysande granens formvariationer. — Ibid. 9, p. 90—92.

Graebner, Paul. 1924. Die nichtparasitären Krankheiten. — Sorauer: Handb. der Pflanzenkrankheiten. I. Berlin.

Hartig, R. 1901. Holzuntersuchungen. — Berlin.
Hartmann, Fr. 1932. Untersuchungen über Ursachen und Gesetzmässigkeit exzentrischen Dickenwachstums bei Nadel- und Laubbäumen. — Forstw. Centralbl. 54, p. 497—517, 547—566, 581—590, 622—634.
—»— 1942. Das statische Wuchsgesetz bei Nadel- und Laubbäumen. — Wien.
Hassenberger, R. 1939. Fichtenformen und Fichtenrassen im Glatzer Schneegebirge. — Zschr. Forst- u. Jagdwesen 71, p. 113—140.
Heikinheimo, Olli. 1920. Kuusimuodoista ja niiden metsätaloudellisesta arvosta. *(Referat:* Über die Fichtenformen und ihren forstwirtschaftlichen Wert.) — Comm. ex Inst. Quaest. Forest. Fenn. 2, p. 1—102.
—»— 1932. Metsäpuiden siementämiskyvystä. I. *(Referat:* Über die Besamungsfähigkeit der Waldbäume. — Comm. Inst. Forest. Fenn. 17:3, p. 1—61.
Hesselman, Henrik. 1908. Material för studiet af skogsträdens raser. 9. Beståndsbildande ormgran. *(Referat:* Material zur Erforschung der Rassen schwedischer Waldbäume. 9. Über horst- und bestandbildende Schlangenfichte (Picea excelsa Link. f. virgata Jacq.).) — Medd. Stat. Skogsförsöksanst. 5, p. 195—226.
Hiitonen, Ilmari. 1933. Suomen kasvio. — Helsinki.
Hjelt, Hj. 1888. Conspectus florae fennicae. Pars I. Pteridophyta et Gymnospermae. — Acta Soc. F. Fl. Fenn. 5, p. 1—107.
Hofmeister, W. 1860. Über die durch die Schwerkraft bestimmten Richtungen von Pflanzenteilen. — Ber. Math.-phys. Kl. K. Sächs. Ges. Wiss. 1860, p. 205.
Hultmark, D. 1908. Granar af ovanlig typ. — Skogsvårdsfören. Tidskr. 6. p. 524—526.
Karkiainen, N. 1937. Mainintoja käärmemännystä, pylväskuusesta ym. erikoisuuksista. — Metsät. Aikakausl. 54, p. 30—35.
Kiellander, C. L. 1951. Gran. — Svensk Växtförädling, p. 667—710. Stockholm.
Kihlman (Kairamo), A. Osw. 1902. Muutamista havupuu-muunnoksista. — Medd. Soc. F. Fl. Fenn. 29, p. 26—32.
Kirchner, O., Loew, E. & Schröter, C. 1906. Die Coniferen und Gnetaceen Mitteleuropas. — Stuttgart.
Korhonen, L. 1951. *Picea excelsa* f. *pendula* Mäntsälässä (U). — Luonnon Tutkija 55, p. 28.
Kraemer. 1841. Über eine spiralförmig gewundene Fichte. — Flora. 24, p. 700.
Lagerspetz, Kari. 1951. *Picea excelsa* f. *pendula* Jacq. & L'Hér. Espoossa (U). — Luonnon Tutkija 55, S. 103.
Lübeck, R. 1908. Egendomliga barrträdsformer. — Skogsvårdsfören. Tidskr. 6, p. 218—220.
Lundberg, Edv. 1912. Strödda iakttagelser och naturminnen. En pelargran. — Ibid. p. 119—120.
Mela, A. J. 1895. Suomen koulukasvio. 3. Aufl. — Helsinki.
Molisch, Hans. 1930. Pflanzenphysiologie als Theorie der Gärtnerei. 6. Aufl. — Jena.
Nordmark, Olle. 1947—48. Ormgranar — en inventering. — Lustgården 28—29, p. 147—164.
Novik, Peter. 1908. Gran av ovanlig typ. — Skogsvårdsfören. Tidskr. 6, p. 142.
Puenzieux, A. 1897. Une journée de course dans les Alpes vaudoises, — und daraus in deutscher Übersetzung von Dr. Fankhauser: Die Trauerfichte von Chavonnes. — Schweiz. Zschr. Forstwes. 48, p. 397—402.

Rabenius, G. 1908. Gran af ovanlig typ. — Skogsvårdsfören. Tidskr. 6, p. 141.

Rubner, Konrad. 1936, 1939. Beitrag zur Kenntnis der Fichtenformen und Fichtenrassen. [I]. — Tharandter forstl. Jahrb. 87, p. 101—176; II. — Ibid. 90, p. 883—915.

Rylander, Carl. 1946. Prydnadshassel, klottall och några sällsynta granar. — Lustgården 27, p. 231—236.

Samuelson, Edvin. 1947—48. *Abies concolor pendula.* — Ibid. 28—29, p. 177—178.

Samuelson, Wald. 1912. Två granar med märklig förgrening. Tätt förgrenad gran. — Skogsvårdsfören. Tidskr. 10, p. 249—250.

Schilberzky. 1892. Die Trauerfichte von Leutschau. *(Picea excelsa* Lk. var. *pendula* f. *tortuosa.)* — Kertészeti Lapok. 7. — Zit. nach Schröter (1898).

Schröter, C. 1898. Über die Vielgestaltigkeit der Fichte. — Vierteljahrsschr. Naturf. Ges. in Zürich 43, Sep. p. 1—130.

Schübeler, F. C. 1888. Viridarium norvegicum. Norges Vaextrige. — Christiania.

Schwerin, Fritz v. 1911. Dendrologische Notizen. *Picea excelsa columnaris* Carr. — Mitt. Deutsch. Dendrol. Ges. 20, p. 260.

Silva Tarouca, Ernst. 1913. Unsere Freiland-Nadelhölzer. — Wien—Leipzig.

Sylvén Nils. 1908. Material för studiet af skogsträdens raser. *(Referat:* Material zur Erforschung der Rassen der schwedischen Waldbäume.) — Medd. Stat. Skogsförsöksanst. 5, p. 169—193.

—»— 1909. Studier öfver granens formrikedom, särskildt dess förgreningstyper och deras skogliga värde. *(Referat:* Studien über den Formenreichtum der Fichte, besonders die Verzweigungstypen derselben und ihren forstlichen Wert.) — Ibid. 6, p. 57—117.

—»— 1910. Om pollineringsförsök med tall och gran. *(Referat:* Über Bestäubungsversuche mit Kiefer und Fichte.). — Ibid. 7, p. 219—228.

—»— 1916. De svenska skogsträden. I. Barrträden. — Stockholm.

—»— 1920. En vacker svensk tårgran. — Lustgården 1, p. 162—164.

—»— 1942. Ny svensk fyndort för tårgran, *Picea abies* f. *pendula.* — Ibid. 23, p. 166.

—»— 1943. Årsberättelse över Föreningens för växtförädling av skogsträd verksamhet under år 1942. — Medd. Fören. f. växtförädl. av skogsträd 29; Svensk Papperstidning, Sep. p. 1—33.

Tamm, Olof. 1912. Pelarliknande gran från Söderteljetrakten. — Skogsvårdsfören. Tidskr. 10, p. 49—50.

T(anttu), A. 1912. *Picea excelsa pendula* (Jacq et Hér). — Suomen Metsänhoitoyhd. julk. 29, p. 477.

Trolander, A. S. 1929. Meddelande från Kronobergs läns naturvetenskapliga förening. Utdrag ur föredrag om olika granformer 20 oktober 1928. — Lustgården 10, p. 195—196.

Vöchting, H. 1884. Über Organbildung im Pflanzenreich. II. — Bonn.

Wahlenberg, G. 1812. Flora lapponica. — Berolini.

Wierdak, S. 1928. Dendrologische Notizen. — Zit. nach Mitt. Deutsch. Dendrol. Ges. 40, p. 378.

Willkomm, Moritz. 1887. Forstliche Flora von Deutschland und Österreich. — Leipzig und Heidelberg.

Wittrock, Veit Brecher. 1887. Skandinaviens Gymnospermer. — Hartman: Skandinaviens Flora, 12. Aufl. Stockholm.

HAVAINTOJA ERÄÄSTÄ SURUKUUSI-(*PICEA ABIES* (L.) H. KARST. f. *PENDULA* JACQ. & HERINCQ) ESIINTYMÄSTÄ

Selostus:

Tutkimus selvittelee erästä Sälinkään kylästä Mäntsälästä tavattua, Vuorelan pikkutilan metsässä kasvavaa, niin yksilömääränsä kuin ulkonäkönsäkin puolesta hyvin erikoislaatuista kuusiesiintymää. Varsin pienellä, vain n. hehtaarin laajuisella alalla kasvaa täällä yli kolmekymmentä *Picea abies* f. *pendula*-yksilöä. Näille niinsanotuille surukuusille on ominaista se, että oksat sivuhaaroineen riippuvat enemmän tai vähemmän runkomyötäisesti alaspäin. Kun tällaiset kasvutapansa puolesta tavallisuudesta poikkeavat yksilöt esiintyvät luonnossa yleensä yksitellen tai vain muutaman puun muodostamina ryhminä, kyseessä olevaa *pendula*-esiintymää onkin pidettävä yksilörunsautensa puolesta varsin harvinaisena tapauksena. Lisäksi on erikoista myös se, että mainitut puut edustavat kaikkia mahdollisia väliasteita äärimmäisen *pendula*-muodon ja norm. kasvutavan väliltä. Tämä onkin tarjonnut tilaisuuden vertailla anatomis-morfologisesti näitä *typica—pendula*-sarjan eri yksilöitä keskenään, jolloin on voitu tuoda myös selvitystä siihen, mistä kyseessä oleva *pendula*-muodoille ominainen kasvutapa ja eräät muut niiden tuntomerkit johtuvat. Tutkimuksessa onkin päädytty siihen tulokseen, että kysymyksessä on kasvin kehitystä säätelevässä, sen eri osien välisessä korrelaatiossa tapahtunut häiriö, eli toisin sanottuna tavallista pitemmälle viety pää- ja sivuhaarojen välinen »komentosuhde» saa aikaan paitsi oksien riippuisuutta, myös monia muita seurausilmiöitä, jotka itseasiassa näyttävät kuitenkin olevan täysin normaaliseen puun kehitykseen liittyviä, vain tavallista korostetummassa muodossa esiintyviä ilmiöitä.

ERÄIDEN KUUSENKÄPYTUHOLAISTEN ESIINTYMISESTÄ ERI LEVEYSASTEILLA

UKKO RUMMUKAINEN

ÜBER DAS AUFTRETEN EINIGER ZAPFENSCHÄDLINGE DER FICHTE AUF VERSCHIEDENEN GEOGRAPHISCHEN BREITEN IN FINLAND

DEUTSCHES REFERAT

HELSINKI 1954

Helsinki 1954. Valtioneuvoston kirjapaino

Sisällysluettelo

Sivu

Johdanto 5

Tutkimusolosuhteista 7
- Käpysadot tutkimusvuosina 8
- Tutkimukseen otetuista tuholaisista ja muista tutkimusolosuhteista 10

Eri tuholaisten esiintymisestä 11
- Kuusenkäpykääriäinen, *Laspeyresia strobilella* 11
- Käpykoisa, *Dioryctria abietella* 12
- Kuusenkäpykärpänen, *Pegohylemyia anthracina* 14
- Kuusenkäpysääski, *Perrisia strobi* 16

Yhteenveto ja päätelmiä 18

Kirjallisuutta 19

Referat 20

Johdanto

Tuhohyönteislajin esiintymisen jollakin paikkakunnalla ei vielä tarvitse merkitä tuhon syntymistä. Sopivien ulkoisten seikkojen lisäksi tarvitaan hyönteisiä jokin tietty määrä, ennenkuin voidaan puhua tuhosta (vrt. esim. Kangas 1949). Niinpä eteläisten maiden suurtuholaista, nunnaperhosta *(Lymantria monacha* L.), on silloin tällöin tavattu meidänkin maastamme (Grönblom & Suomalainen 1950, Suomalainen 1953) ilman että minkäänlaisia tuhotapauksia olisi aiheutunut. Vaikka harvat meille eksyneet perhosyksilöt olisivatkin munineet ja munista olisivat kuoriutuneet toukat, on hyönteiskanta aina tuhoutunut ennenkuin vahinkoja on voitu todeta. Tuhonkohteita — kuusia — meilläkin olisi yllin kyllin, mutta tuholainen ei kestä meidän pohjoista ilman alaamme.

Samaan tapaan on kiinnitetty huomiota (Franz 1948) siihen, miten sodan 1941—45 aikana Lapissa tuhoutui suuret määrät puita, jotka tarjosivat mitä parhaimmat edellytykset todellisten joukkotuhojen synnylle. Niitä ei kuitenkaan ilmennyt huolimatta siitä, että sekä kuusikoiden että männiköiden pahimmat viholliset (kuusessa mm. kirjanpainaja, *Ips typographus*, männyssä mm. ytimennävertäjät, *Blastophagus* sp.) kuuluvat hyönteisiin jotka »ovat levinneet Lappiin saakka», kuten sanonta kuuluu. Maan eteläosissa tällaisia katastrofeja on sattunut (Saalas 1919). Kun Suomenmaa on suhteellisen kaita ja pitkä ulottuen puurajan pohjoispuolelta tammivyöhykkeen pohjoiselle rajalle asti etelässä, jää rajojen sisäpuolelle niin erilaisia ilmastollisia alueita, että tuhohyönteinen, mikä hyvin tulee toimeen ja pystyy lisääntymään maan eteläosassa tuhojen syntyyn tarvittavassa määrässä, ei enää pohjoisosassa siihen kykenekään vaikka sitä ehkä sielläkin esiintyy. Pohjoisen ankarammat olosuhteet karsivat tuholaiskannasta suuremman osan kuin etelän lauhkeampi ilmanala. Toisaalta voidaan ajatella olevan pohjoisia lajeja, jotka eivät etelässä menesty niin hyvin kuin pohjoisessa.

Kuusenkäpyjen tärkeimmät tuholaiset kuuluvat myös niihin lajeihin, jotka »ovat levinneet Lappiin asti» (Saalas 1949). Siten niiden aiheuttamia tuhoja saattaa tavata koko maassa. Niinkuin edellisestä ilmenee, niillä siitä huolimatta ei tarvitse välttämättä olla kaikkialla yhtä suurta

käytännöllistä merkitystä. Esillä oleva tutkielma pyrkii tuomaan valaistusta tähän seikkaan niiden tutkimusten nojalla, joita Metsäntutkimuslaitoksessa kuusenkäpytuhoista on suoritettu vuosina 1951 ja 1952. Jos ilmenisi, että jotkin tärkeimmistä tuholaisista olisivat »eteläisiä» tai »pohjoisia» lajeja, voitaisiin sitä seikkaa ehkä käyttää jossakin määrin hyväksi kävynkeräyksiä järjestettäessä ja ennen kaikkea siemenviljelmiä perustettaessa.

Tutkimusolosuhteista

Käpyhyönteisten esiintymisrunsauden selvittäminen on sikäli helppoa, että sen yhteydessä voidaan jättää huomioimatta seikkoja, mitkä yleensä on otettava varteen metsätuhotutkimuksissa. Tuhothan tapahtuvat täysin terveessä kohteessa, joten tuho-objektin kunto ei näyttele samaa osaa kuin sellaisten tuholaisten ollessa kysymyksessä, joiden iskeytyminen on siitä riippuvainen ja mikä seikka tekisi koko tutkimuksen paljon komplisoidummaksi (vrt. K a n g a s 1950). Kuitenkin, erityisesti kun on kysymys sellaisista tuholaisista, joita tavataan koko tutkimusalueella, ovat tietyt määrätynlaiset edellytykset tarpeen.

Ensiksikin on oltava selvillä tutkimusvuosien käpysadoista ja lisäksi ainakin ensimmäistä tutkimusvuotta edeltäneen vuoden sadosta, sillä jokaisella käpysadolla jo sellaisenaan on vaikutus tuholaisten esiintymisrunsauteen. Huonona käpyvuonna tuholaiskanta ei voi säilyä suurena. Jos sitä seuraa hyvä käpyvuosi, ei tuholaisia tällöin ehkä ole »riittävästi» ja pienet käpynäytteet eivät anna esiintymisestä oikeata kuvaa.

Hyvänä käpyvuonna kantojen suureneminen tapahtuu voimakkaasti ja jos sitä jälleen seuraa heikko käpyvuosi, tapahtuu nyt kolmantena vuonna tuhojen määrässä jyrkkä nousu ja käpynäytteet antavat entistä paremman kuvan tuhojen runsaudesta ja esiintymispaikoista. Tällöin myös juuri abiottisten tekijöiden vaikutus lienee parhaiten nähtävissä, sillä ensimmäisenä vuonna tuholaisten joukkolisääntymisestä niiden luontaiset viholliset eivät vielä ole niin suurin määrin tuholaiskantaa pienentämässä kuin myöhemmin. Siten tällainen huono käpyvuosi hyvän vuoden jälkeen ilmeisestikin on kaikkein edullisin tutkimusvuosi oheisen kaltaista tutkimusta silmällä pitäen, erityisesti jos hyvää vuotta on edeltänyt ainakin muutama mahdollisimman huono vuosi, joka on supistanut tuholais- ja erittäinkin niiden vihollisKannat mahdollisimman pieniksi.

Kun Suomen kokoisessa maassa käpysadot harvoin ovat kaikkialla yhtä suuret, on tarpeen olla selvillä vaihteluista eri alueiden välillä.

Toiseksi on ilmeisestikin tarpeen, että tutkimuskohteina olevat hyönteislajit ovat niin yleisiä, että niitä esiintyy jatkuvasti vuodesta toiseen niillä

alueilla, missä ne yleensä tulevat toimeen. Ainakin hyviä käpyvuosia seuranneina huonoina vuosina esiintymisen pitäisi ilmetä massoittaisena, jotta näytteet antaisivat mahdollisimman varman kuvan eri leveysasteiden tuholaistilanteesta.

Kolmanneksi on luonnollisestikin syytä toistaa tutkimus useampina vuosina perätysten. Vasta jos tuholaisen esiintyminen eri vuosina ja eri suurissa käpysadoissa osoittaa samansuuntaisia piirteitä, voidaan näille piirteille antaa jonkinlainen arvo.

Seuraavassa tarkastellaan tutkimusolosuhteita näiden vaatimusten valossa.

Käpysadot tutkimusvuosina

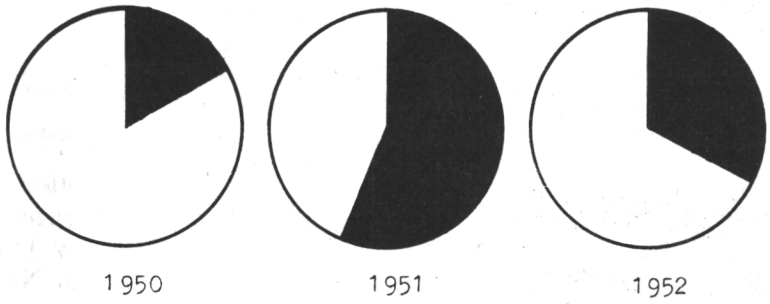
Käpysatoja arvioitaessa käytettiin seuraavaa asteikkoa (Heikinheimo 1931):

0 = ei yhtään,
1 = hyvin vähän,
2 = vähänlaisesti,
3 = keskinkertaisesti,
4 = paljonlaisesti,
5 = runsaasti.

Arviointeja suorittivat eri metsäjärjestöjen ja -yhtymien kenttämiehet.

Ensimmäistä tutkimusvuotta edeltäneenä kesänä 1950 syntyi kuusiin käpyjä erittäin heikosti (Metsälehti 1950). Suuressa osassa maata oli täydellinen katovuosi. Runsaampia — edes keskinkertaisia — satoja arvioitiin olleen vain pohjois-Suomessa sekä harvoissa yksittäisissä pitäjissä Kainuussa, Pohjanmaalla ja pohjois-Savossa. Jos jokaiselle arviolle annamme sitä vastaavan numeroarvon (ei yhtään käpyjä = 0, hyvin vähän = 1, vähänlaisesti = 2 jne.) saamme koko maan käpysadolle arvon 1.0, eli hyvin vähäistä satoa vastaavan.

Ensimmäisenä tutkimusvuonna — 1951 — oli poikkeuksellisen hyvä käpyvuosi (Metsälehti 1951) suurimmassa osassa maata. Pohjoisessa aina n. Rovaniemelle asti ilmoitetaan muodostuneen käpyjä keskinkertaista runsaammin ja n. 66° ja etelärannikon välillä arviot yleensä puhuvat varauksettoman runsaasta sadosta. Maan kaakkoiskolkassa n. Kotka—Mikkeli—Imatra-kolmiossa sekä lounaassa Turun ympäristössä on kuitenkin ilmeisesti saatu keskinkertaista pienempi sato ja Pohjanlahden rannikolla n. Vaasasta etelään keskinkertainen. Myös Lapissa Rovaniemen pohjoispuolella käpyjä oli vähän jos kohta sielläkin joissakin paikoissa sato vielä oli keskinkertainen, jonkun arvion mukaan esim. Pelkosenniemen seuduissa runsaanlainenkin. Koko maan sadon numeroarvoksi saatiin 3.4 eli selvästi keskinkertaista parempaa satoa vastaava.



Kuva 1. Käpysato tutkimusvuosina sekä ensimmäistä tutkimusvuotta edeltäneenä kesänä.
Abb. 1. Der Zapfenertrag der Fichte in Finnland in den Jahren 1950—52.

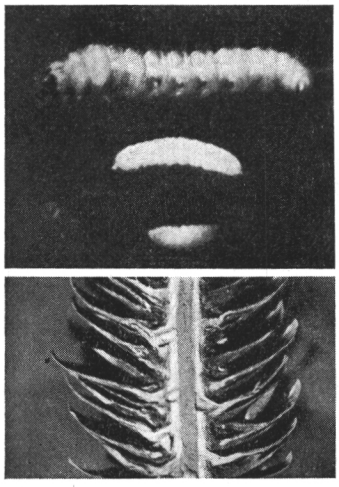
Vuonna 1952 oli käpyjä kuusissa jälleen huomattavasti vähemmän (Metsälehti 1952). Ainoastaan lounais-Suomessa saatiin edellistä vuotta parempi sato (Turun ja Porin läänin numeroarvot 2.8 → 3.3). Kaikkialla muualla oli tapahtunut jopa romahdusmaisia vähennyksiä, suurin Kuopion läänissä (4.2 → 1.75). Kuitenkin Jyväskylän—Hämeenlinnan välillä useat arviot liikkuivat keskinkertaista paremman sadon merkeissä ja keskinkertaisia satoja on todettu monin paikoin muuallakin, esim. Oulun—Raahen, Vammalan—Alavuden ja Joutsan—Miehikkälän välillä. Koko maan sadon arvo oli 1.9, mikä lienee ainakin tarpeeksi suuri ellei liian suuri arvo. On nimittäin otettava huomioon, että tämän vuoden satoa arvioitaessa myös edellisen vuoden suuri käpymäärä oli vielä suurelta osalta puissa ja se on aivan ilmeisesti vaikeuttanut arviointeja ja aiheuttanut sekaannusta. Esim. Vetelin pitäjässä kaksi arvioijaa ilmoitti olleen runsaan käpysadon, kun kolmas ei todennut kuusissa laisinkaan uusia käpyjä ja lähimmässä ympäristössä useiden muiden arviot ilmoittivat sadon hyvin vähäiseksi. Samanlaisia eroavuuksia, vaikkei ehkä aivan niin kärjistettyjä, oli todettavissa muillakin paikkakunnilla, vaikka kuusen käpysato yleensä arvioidaankin kaikkein yhtenäisimmin ja tasaisimmin käpyjen suuresta koosta ja hyvästä näkyvyydestä johtuen. Maasta käsin suoritettavan arvioinnin vaikeuden tällaisissa olosuhteissa ymmärtää, kun ottaa huomioon, että jopa puista käpyjä kerättäessä saatettiin erehtyä luulemaan vanhaa käpyä tuoreeksi, kuten useat v. 1952 saadut käpynäytteet osoittivat. On ilmeistä, että v. 1952 tapahtuneissa suurissa arviointieroissa pienimpiä satoja vastaavat arviot olivat lähimpänä todellista tilannetta. Siten koko maan arvoa 1.9, jossa ovat mukana niin suuret kuin pienetkin arviot, lienee pidettävä ainakin jonkin verran liian optimistisena.

Kuten esitetystä on ilmennyt, ovat tutkimusolosuhteet käpysatojen osalta ilmeisestikin olleet vaatimuksia vastaavat, jopa suorastaan optimaaliset. Ensin on ollut erittäin heikko käpyvuosi 1950 (numeroarvo 1.0), sitten hyvä vuosi 1951 (3.4) ja vihdoin jälleen heikko vuosi 1952 (1.9).

Tutkimukseen otetuista tuholaisista ja muista tutkimusolosuhteista

Tutkimuksen kohteina tässä yhteydessä ovat seuraavat tuholaiset: kuusenkäpykääriäinen, *Laspeyresia strobilella* L., käpykoisa, *Dioryctria abietella* Schiff., kuusenkärpänen, *Pego hylemyia anthtracina* Czerny ja kuusenkäpysääski, *Perrisia strobi* Winn. Ne aikaansaivat koko maassa keskimäärin seuraavanlaisia tuhoja:

	Kävyistä vioittunut %	
	1951	1952
Laspeyresia	22.7	45.7
Dioryctria	12.8	32.0
Helemyia	11.9	10.9
Perrisia	35.8	63.2



Kuva 2. Tutkimuksessa käsitellyt tuholaiset. Ylemmässä kuvassa käpykoisan (ylinnä), kuusenkäpykääriäisen (kesk.) ja kuusenkäpykärpäsen (alh.) toukat toisiinsa verrattuna. N. $^3/_2$ luon. koosta. Alemmassa kuvassa kuusensiemensääsken toukkien kutomia harsopusseja suomujen tyvissä. (Mikkeli, 61°40′).
Abb. 2. Die von der Untersuchung betroffenen Schädlinge. Im oberen Bilde zuoberst die Raupe von Dioryctria abietella, in der Mitte die von Laspeyresia strobilella und unten die Larve von Pegohylemyia anthracina zur Veranschaulichung ihres gegenseitigen Grössenverhältnisses. Etwa $^3/_2$. Im unteren Bilde Netzsäckchen von Perrisia strobi -Larven am Grunde der Zapfenschuppen (Mikkeli, 61°40′).

Kolme ensinmainittua olivat molempina tutkimusvuosina ylivoimaisesti pahimmat siemensadon hävittäjät, mitä ovat olleet aikaisemminkin, sillä Kankaan (1940) v:n 1937 sadosta suorittaman tutkimuksen mukaan oli *Laspeyresia*-vikaisia käpyjä 29.5 ja *Dioryctria*-vikaisia 34.7 %. Kärpästuhot eivät silloin tutkimustavasta johtuen tulleet näkyviin, mutta on ne myöhemmin havaittu (Lovaszy 1942, Kangas & Leskinen 1942) meillä yleisiksi. *Perrisia strobi* ei aiheuta välittömiä siemensadon menetyksiä, sillä sen esiintyminen kävyssä rajoittuu pääasiassa suomuihin ja lapakkoon. Se on kuitenkin otettu mukaan suuren yleisyytensä vuoksi.

Tutkimukseen otettuja tuholaisia tavattiin siis yleisesti ja säännöllisesti. Erityisesti v. 1952 ne esiintyivät suurin joukoin. Tuholaiskantojen lisääntyminen näytteissä v:sta 1951 v:teen 1952 tapahtui odotetusti, käpykärpästä ehkä lukuunottamatta. Ilmeisesti tuholaistenkin kannalta katsottuna tutkimusedellytykset siten olivat hyvät.

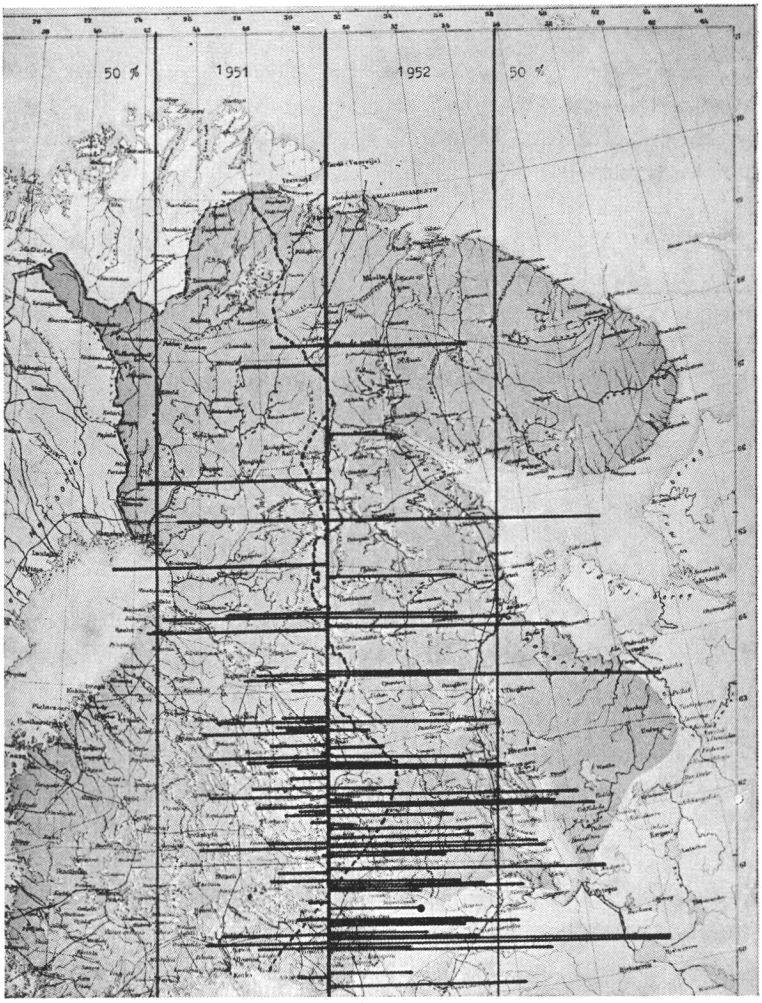
Tutkimus käsittää vain kaksi perättäistä vuotta, mikä tietystikään ei ole paljon. Kun näinä vuosina kuitenkin olosuhteet asioiden selvittämiseksi olivat muissa suhteissa hyvät, elleivät suorastaan optimaaliset, voitaneen näinkin lyhyen tutkimuskauden tuloksille jo antaa jonkinlainen, ainakin suuntaa ennakoiva merkitys.

Käpymateriaali tutkimuksiin saatiin Metsäntutkimuslaitoksen kokeilualueista ja Keskusmetsäseura Tapion alaisista metsänhoitolautakunnista eri puolilta maata. Kaikkiaan tutkittiin v. 1951 290:stä ja 1952 404:stä metsiköstä saadut käpynäytteet.

Eri tuholaisten esiintymisestä

Kuusenkäpykääriäinen, Laspeyresia strobilella L.

Kuusenkäpykääriäistä tavattiin molempina tutkimusvuosina kaikista käpynäytteistä, joten sen määrä metsissämme ilmeisestikin on varsin suuri. Kesällä 1951 ilmenivät kääriäistuhot silmiinpistävän runsaina melko pohjoisesta saaduissa näytteissä (kuva 3; Rummukainen 1952), sillä hyönteisen vioittamia käpyjä oli Taivalkosken (65°30′) näytteessä



Kuva 3. Kuusenkäpykääriäisen esiintyminen eri leveysasteilla. Keskiakselista vas. v. 1951 ja oik. v. 1952. Jos poikkiviiva ulottuu keskiakselista viivaan »50 %», on ko. näytteessä 50 % kävyistä ollut kääriäisen vioittamia. Jokainen poikkiviiva vastaa yleensä keskiarvoa 10 metsiköstä.
Abb. 3. Das Auftreten von Laspeyresia strobilella auf verschiedenen geographischen Breiten in Finnland in den Jahren 1951 und 1952. Jeder waagerechte Strich vertritt in den meisten Fällen den Mittelwert von zehn Waldungen, und seine Länge gibt die Anzahl der von der Art angegriffenen Zapfen in Prozenten von allen untersuchten Zapfen an.

63 %, Rovaniemen (66°30′) näytteessä 55 % ja Hyrynsalmen (64°30′) näytteessä 52 %, mitkä olivatkin suurimmat esiintymisluvut. Vähiten tuhoja oli Vilppulan (62°) (1 %), Pielisjärven (63°) (Koli) (2 %) ja Lempäälän (61°20′) (5 %) näytteissä. Lisäksi on mainittava, että pohjoisen näytteissä kävyssään yleisesti oli 4—5 toukkaa, kun niitä etelän kävyissä oli 1—2 kpl.

Kuten s. 8 ilmeni, oli käpysato v. 1950 paras juuri niillä seuduilla, missä v. 1951 kääriäistuhot olivat runsaimmat ja ankarimmat. Näyttää siis siltä, että esiintyminen on ollut riippuvaista lähinnä siitä, missä määrin lisääntymiskohteita, käpyjä, on ollut eikä niinkään paljoa ilmanalasta.

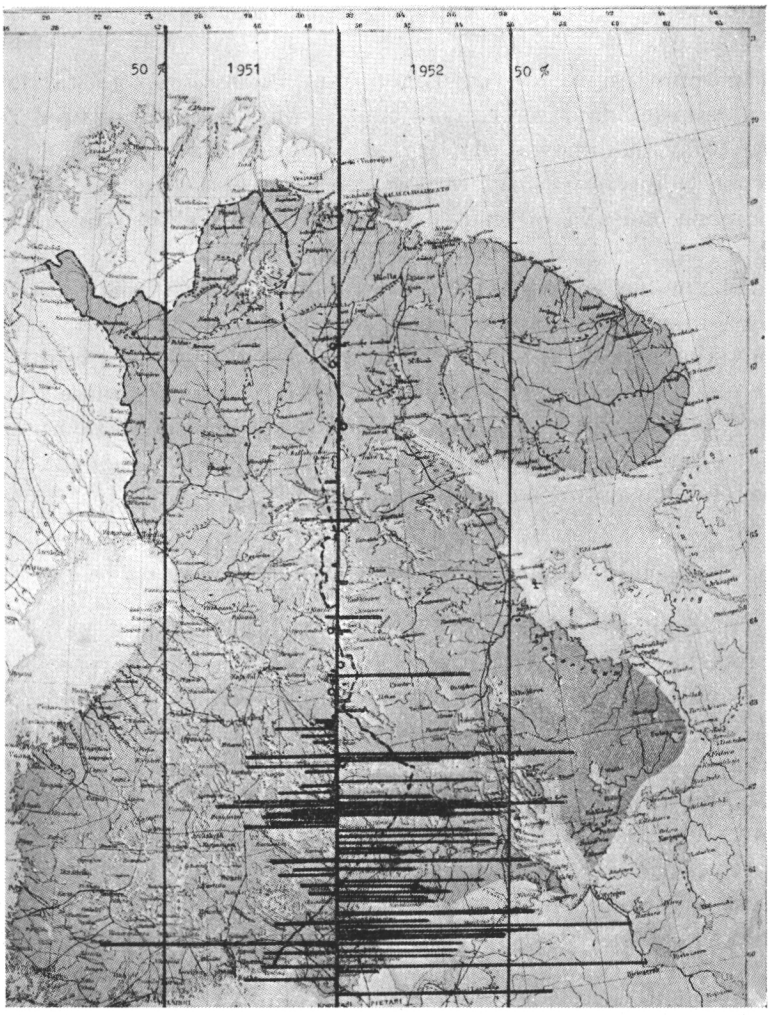
Vuonna 1952 näytteet yleensä olivat paljon pahemmin kääriäisen vioittamia. Kääriäisestä käpytuholaisena sai nyt kokonaan toisenlaisen kuvan kuin edellisenä vuonna. Runsaimmat tuhot olivat seuraavien paikkakuntien näytteissä: Lapinjärvi (60°30′) 100 %, Kärkölä (60°50′) 100 %, Sotkamo (64°10′) 98 %, Punkaharju (61°50′) 81 %, Kuusamo (66°) 80 %. Vähäisimmät tuhot todettiin Peräseinäjoella (62°30′) (6 %), Ähtärissä (62°30′) (6 %), Kinnulassa (63°20′) (12 %), Pelkosenniemellä (67°) (18 %) ja Viitasaarella (63°) (19 %). Sekä runsaat että vähäiset tuhot sirottuivat siis jotensakin säännöttömästi maan eri osien välille. Nytkin niissä näytteissä, missä enimmät kävyt olivat vioittuneet, tuhot myös yksittäisissä kävyissä esiintyivät ankarimpina.

Näiden tutkimusten perusteella näyttää siis siltä, että kuusenkäpykääriäisen esiintyminen on riippumatonta eri leveysasteilla vallitsevista lämpöoloista.

Käpykoisa, Dioryctria abietella Schiff.

Käpykoisa oli v. 1951 yleisin kävyille ankaria vaurioita aiheuttavista tuholaisista, mikä onkin ymmärrettävissä, koska jo yksi koisan toukka pystyy täydellisesti hävittämään kävyn.

V. 1951 olivat koisan tuhot yleisimmät Luumäellä (60°55′), lähellä Suomenlahden rannikkoa (kuva 4), missä 63 % kävyistä oli sen vioittamia. Lisäksi ilmoitettiin sieltä, että syksyllä ennen lumien tuloa suuri osa kävyistä tippui tuhojen takia itsestään maahan. Lähinnä runsaimmat tuhot tavattiin Kiihtelysvaaran (62°30′) (35 %) ja Ähtärin (62°30′) (29 %) näytteissä. Neljässä näytteessä, jotka oli saatu Muoniosta (68°), Inarista (68°30′) Hyrynsalmelta (64°40′) ja Kärsämäeltä (64°), ei tämän lajin tuhoja esiintynyt laisinkaan. Koisan pahasti vioittamat näytteet saatiin järjestään Iisalmen (63°30′) eteläpuolelta. Merkillepantavaa on, että v:n 1950 kohtalainen käpysato pohjoisessa ei saanut aikaan samanlaista hyönteiskannan ja tuhojen lisääntymistä kuin käpykääriäisellä. Huomattakoon kuitenkin, että koisa tulee toimeen myös versoissa, pihkoittuneissa rungon osissa ja havukirvojen äkämissä (Baer 1906, Escherich 1931, Schimitscheck 1937, joten se ei ole riippuvainen yksinomaan kävyistä.



Kuva 4. Käpykoisan esiintyminen eri leveysasteilla. Selitykset samat kuin kuvassa 3. Pikkuympyrät osoittavat kohtia, mistä saaduissa näytteissä ei tuhoa esiintynyt.
Abb. 4. Das Auftreten von Dioryctria abietella auf verschiedenen geographischen Breiten in Finnland in den Jahren 1951 und 1952. Erklärungen wie in Abb. 3. Die Kreise vertreten Stellen, wo die Art nicht in den Proben gefunden wurde.

V. 1952 olivat koisan tuhot kääriäisen tuhojen lailla paljon runsaammat kuin edellisenä vuonna. Pahimmin vaurioituneet näytteet saatiin Lapinjärveltä (60°30′) (90 % kävyistä vioittuneita), Hämeenlinnasta (61°) (86 %), Vimpelistä (63°10′) (69 %), Peräseinäjoelta (62°30′) (66 %) ja Lohjalta (60°15′) (63 %). Luumäellä, missä edellisenä kesänä koisa aiheutti pahinta jälkeä, tuhosadannes oli nyt 35. Vähennys saattanee johtua, paitsi puhtaasta sattumasta, myös siitä, että siellä oli nyt saatu jonkin verran runsaampi käpysato kuin edellisenä vuonna. Kiihtelysvaaralla ja Ähtärissä,

missä kummassakin pitäjässä käpyjä nyt oli vähemmän, olivat tuhosadannekset 47 ja 27.

Nytkin puuttuivat koisan tuhot muutamista näytteistä kokonaan ja jälleen tällaiset näytteet tulivat melko pohjoisesta, nimittäin Pelkosenniemeltä, (67°), Kuhmosta (64°10′) ja Viitasaarelta (63°). Pohjoisimmat merkittävät tuhot olivat nyt Sotkamon näytteessä (64°10′) (39 %). Sitä pohjoisempana koisalla ei enää ollut paljoakaan vaikutusta siemensadon määrään.

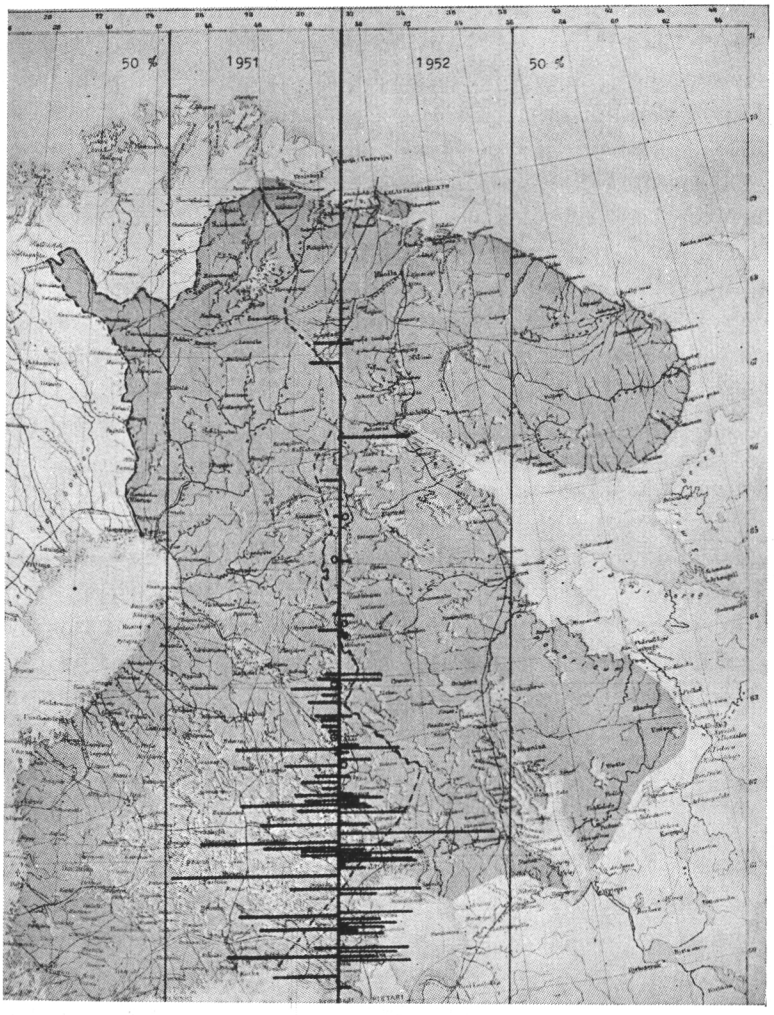
Kahden vuoden aikana tehdyt havainnot näyttävät siis yhtä pitävästi viittaavan siihen, että käpykoisan esiintyminen on yleisintä maan eteläosissa. Vaikka paikallisesti vielä keski-Suomessakin saattoi esiintyä pahojakin tuhoja, väheni keskimääräinen esiintymisrunsaus pohjoiseen mentäessä niin, että 64—65:nnen leveysasteen seuduilla ja sitä pohjoisempana tuhot olivat jo jotensakin merkityksettömiä. Täten koisa osoittautui melko eteläiseksi tuholaiseksi.

Kuusenkäpykärpänen, Pegohylemyia anthracina Czerny

Kuusenkäpykärpäsen esiintyminen ei v. 1951 jäänyt paljon jälkeen koisan tuhoista (vioitettujen käpyjen määrä koisalla 12.8, kärpäsellä 11.9 %). Eniten vioitettuja käpyjä oli Kullaan näytteessä (61°30′) (49 %), missä käpysato ko. vuonna oli arvioitu »vähänlaiseksi» (2). Seuraavilla sijoilla olivat Vilppula (62°) (40 %) ja Lapinjärvi (60°30) (32 %). Kärpästuhoja ei tavattu Ylihärmän (63°10′), Pyhännän (64°5′) eikä Taivalkosken (65°30′) näytteistä. Yleensä (kuva 5) tuhoja esiintyi etelästä pohjoiseen asti 5—20 % välillä. Runsaammissa esiintymisissä näytti pääsuuntana olevan tuhojen väheneminen etelästä pohjoiseen mentäessä. Ilmiö ei kuitenkaan ollut lähimainkaan yhtä selvä kuin koisalla. Vielä pohjoisimmissakin näytteissä Inarissa (68°30′) ja Muoniossa (68°) oli kärpäsen vioittamia käpyjä 8 ja 9 %.

Eräässä erillisessä kasvatuskokeessa v. 1951 saatiin kärpästoukkia Muonion näytteestä 2:sta ja Tuusulan (60°20′) näytteestä 20:sta sadanneksesta käpyjä muiden näytteiden sijoittuessa näiden välille.

Kesällä 1952 ei tilanne muuttunut entisestään. Kärpästuhoja oli nyt kävyissä vieläkin vähemmän, 10.9 %, ja ne jakaantuivat entistäkin tasaisemmin eri leveysasteille. Ainoastaan Kitee (62°5′) (45 %) teki selvän poikkeuksen muista. Seuraaviksi pahimmat näytteet saatiin Parkanosta (62°) (24 %), Lempäälästä (61°20′) (23 %), Juvalta (61°55′) (22 %), Punkaharjulta (61°50′), Padasjoelta (61°20′) ja Paimiosta (60°25′) (kaikissa tuho-% 21), siis yleensä melko etelästä, mutta vielä niinkin pohjoisessa kuin Pelkosenniemellä (67°) kärpästuhoja oli 19 %. Nyt, niinkuin edellisenäkin vuonna, saatiin muutamat kärpäsettömät näytteet melko pohjoisesta, nimittäin Kuusamosta (66°), Hyrynsalmelta (64°30′), Pattijoelta (64°40′) ja Viitasaarelta (63°).



Kuva 5. Kuusenkäpykärpäsen esiintyminen eri leveysasteilla. Selitykset samat kuin kuvissa 3 ja 4.
Abb. 5. Das Auftreten von Pegohylemyia anthracina auf verschiedenen geographischen Breiten in Finnland in den Jahren 1951 und 1952. Erklärungen wie in Abb. 3 und 4.

On ehkä syytä panna merkille, että monilla sellaisilla paikkakunnilla (Kitee, Punkaharju, Vilppula, Evo — tuho-% v. 1951 29, — Padasjoki, Lapinjärvi), missä tuhoja esiintyi runsaasti, kasvaa melko suuria tai pienempiä lehtikuusikoita *(Larix europaea* ja *L. sibirica)*. Toisissa tutkimuksissa on ilmennyt, että vuosina 1950 ja 1951 oli siperialaisen ja eurooppalaisen lehtikuusen käpyjen pahin vihollinen käpykärpänen tuhojen määrän Kiteellä ja Punkaharjulla vaihdellessa 48—87 % välillä. Onko lehtikuusiesiintymillä toisaalta ja kärpästuhojen tavallista runsaammalla esiintymisellä kuusessa toisaalta jotakin yhteyttä, ei kuitenkaan ainakaan toistaiseksi

voi varmasti sanoa. Lisäksi on lehtikuusella ainakin Punkaharjulla todettu (Lovaszy 1942) toinenkin käpykärpäslaji, *Hylemyia laricicola* Karl., eikä ole tietoa siitä, onko sillä ollut jotakin osuutta nyt puheena olevissa kuusen käpyjen tuhoissa.

Näiden tutkimusten perusteella ei siis ollut todettavissa varmoja eroavuuksia kärpästuhojen esiintymisessä eri leveysasteilla. Ilmeisesti ainakaan suuria eroja ei ole olemassa. Samaan suuntaan viittaavat aikaisemmatkin havainnot (Lovaszy 1942), joiden mukaan niin pohjoisessa kuin Pallasjärvellä (68°10′) ja Rovaniemellä (66°30′) voi jopa 50 % näytteiden kävyistä olla kärpäsen vioittamia. Sama tutkija on etelä-Suomen näytteissä todennut kärpäsen toisinaan jopa ainoaksi tuholaiseksi.

Kuusenkäpysääski, Perrisia strobi Winn.

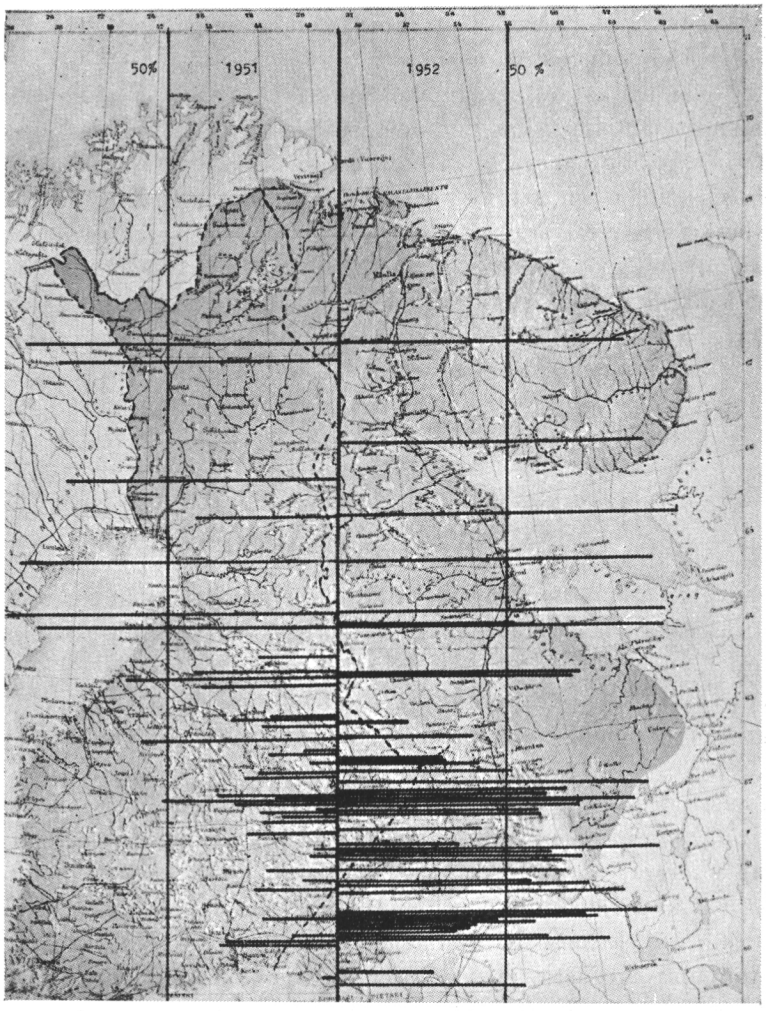
Kuusenkäpysääski oli molempina tutkimusvuosina todennäköisesti yleisempi käpyjen asukas kuin mitä esiintymisluvut osoittavat, sillä luvut on saatu halkaisemalla kävyt kertaalleen ja katsomalla, oliko halkaisupinnassa sääskistä merkkejä. Suurin osa käpysuomuista jäi siten tutkimatta. Esiintymisrunsautta kuvaavat luvut ovat siten vain suhdelukuja. Jos kävyt olisi tutkittu perusteellisesti, olisi sääski varmasti osoittautunut yleisemmäksi.

Kuten kuvasta 6 ilmenee, oli sääski v. 1951 yleisin pohjois-Suomessa. Runsaimmat esiintymät todettiin seuraavilla paikkakunnilla: Puolanka (64°50′) 97 %, Muonio (68°) ja Taivalkoski (65°30′) 93 %, Inari (68°30′) 91 %. Vähiten sääskiä oli Tuusulassa (60°20′) (4 %), Kurussa (61°50′) ja Ähtärissä (62°30′) (6 %) sekä Vilppulassa (62°) (7 %).

Sen lisäksi, että sääskeä pohjois-Suomessa esiintyi useammissa kävyissä kuin etelä-Suomessa, oli sääskirunsaus pohjoisessa myös yksittäisissä kävyissä varsin paljon suurempi kuin etelässä (Rummukainen 1952). Kun etelä-Suomen kävyssä tavattiin vain jokunen harva sääskiesiintymä, saattoi niitä pohjoisen kävyssä olla miltei jokaisessa suomussa. Tämä erittäin runsas esiintyminen alkoi n. 65:nnen leveysasteen tienoilla. Täten se sattui niille seuduille, missä vuotta aikaisemmin (1950) oli ollut eniten käpyjä ja siis parhaat hyönteisen lisääntymismahdollisuudet.

V. 1952 sääskisiä käpyjä myös etelästä saaduissa näytteissä oli paljon entistä enemmän. Runsaimmat esiintymät todettiin seuraavasti: Kuusamo (66°) 100 %, Hyrynsalmi (64°30′) ja Puolanka (64°50′) 96 %, Kuru (61°50′) 95 %, Hämeenlinna (61°) 94 % ja Yli-Ii (65°30′) 93 %. Vähäisimmät esiintymät taas saatiin seuraavilta paikkakunnilta: Kinnula (63°20′) 21 %, Säyneinen (63°15′) 26 %, Paimio (60°25′) 28 %, Parkano (62°) 31 % ja Viitasaari (63°) 32 %.

Erityisesti nyt olisi pelkkien esiintymislukujen perusteella, joiden mukaan kartta 6 on piirretty, saanut väärän kuvan sääskirunsaudesta maan eri osissa, sillä nythän hyönteinen oli varsin yleinen myös maan



Kuva 6. Kuusenkäpysääsken esiintyminen eri leveysasteilla. Selitykset samat kuin kuvassa 3.
Abb. 6. Das Auftreten von Perrisia strobi auf verschiedenen geographischen Breiten in Finnland in den Jahren 1951 und 1952. Erklärungen wie in Abb. 3.

eteläosissa. Kuitenkaan tilanne itse asiassa ei ollut kovinkaan suuresti muuttunut edellisestä vuodesta. Yksittäisissä kävyissä sääski pohjois-Suomessa nytkin esiintyi paljon runsaampana kuin etelä-Suomessa. Esimerkiksi Pelkosenniemen (67°) näytteessä (esiintymis-% 89) oli käpyjä, joista voitiin laskea 1 cm:n pituiselta kävynosalta suomuista ja lapakosta 15—17 sääsken harsopussia, eli n. 83 sääskeä jokaista keskimäärin 5.2 cm:n pituista käpyä kohti. Etelärannikon läheltä Sippolasta (60°45′) saadussa näytteessä esiintymis-% halkaisupinnassa oli 62, käpyjen keskimääräinen pituus 8.7 cm, sääskiä käpysenttimetriä kohti 1.3 kpl eli koko kävyssä n. 11 kpl. Jos Sippolan näytteessä olisi käpyjen erilaiset koot huomioiden

esiintynyt sääskiä yhtä runsaasti kuin Pelkosenniemellä, olisi kävyssään pitänyt olla 139 sääskeä 11 asemesta.

Vaikka siis kuvasta 6 ei ilmenekään selvää eroa sääsken esiintymisrunsaudessa etelä- ja pohjois-Suomen välillä, oli esiintyminen yksittäisissä kävyissä siksi paljon runsaampaa pohjoisessa kuin etelässä, että hyönteistä aivan ilmeisesti on pidettävä pohjoisena lajina. Esiintymisrunsaus n. 65:nnen leveysasteen tienoilta ylöspäin oli niin suuri, että se lienee jo häirinnyt siemensadon säännöllistä kehittymistä ja tuleentumista. Tämä seikka on kuitenkin vielä vastaisin tutkimuksin selvitettävä. Myös Kihlman (vrt. Sahlberg 1890) on todennut sääsken pohjoisessa sangen yleiseksi. Trägårdh (1916—17) arvelee yhden syyn piilevän siinä, että pohjoiset olosuhteet eivät ole suotuisia sääsken erään loisen, *Platygaster contorticornis* Ratz:n toimeentulolle vaikka kylläkin sääskelle.

Yhteenvetoa ja päätelmiä

Yhteenvetona vuosien 1951 ja 1952 tutkimuksista voimme todeta:

1. Kuusenkäpykääriäinen esiintyi yhtä hyvin pohjoisessa kuin etelässäkin;

2. Käpykoisa oli jotensakin selvästi eteläinen laji, jonka merkittävä esiintyminen pohjoiseen mentäessä päättyi 64—65:nnen leveysasteen tienoilla;

3. Kuusenkäpykärpäsen esiintyminen oli lähinnä verrattavissa kääriäisen esiintymiseen ollen kuitenkin ehkä hieman runsaampaa maan eteläkuin pohjois-osissa;

4. Kuusenkäpysääski osoittautui pohjoiseksi lajiksi, vaikka se maan eteläosissakin oli yleinen. N. 65:nnen leveysasteen tienoilta ylöspäin esiintyminen oli niin runsasta, että se useissa tapauksissa ilmeisestikin häiritsi siemensadon kehitystä katkomalla siemeniin johtavia ravinnonkuljetusteitä;

5. Tutkimuksen perusteella näyttää siis siltä, että koisantuhot ovat heikkoinakin käpyvuosina suurelta osalta vältettävissä keräämällä kävyt mahdollisimman pohjoisesta. Sääskellä taas ei ole merkitystä 65:nnen leveysasteen eteläpuolella. Siten on ilmeistä, että huonoina käpyvuosina käpyjä kerättäessä kannattaa erityistä huomiota kiinnittää Kainuun kuusikoihin ja muihin samoilla leveysasteilla oleviin metsiin. Sieltä sekä pohjoiseen että etelään lisääntyvät tuhot ja pohjoisessa lisäksi ilmastolliset tekijät yksinään jo ehkäisevät siementen tuleentumisen useimpina vuosina kuten Kujala (1927) on osoittanut. Tietystä osasta maata kerätyllä siemenellä on se huomioitava haitta, että sitä ei voida puiden kasvun kärsimättä siirtää mielin määrin pohjois-etelä-suunnassa. Heikinheimon (1949) mukaan kuusen siementä voidaan pohjoiseen päin haitatta siirtää 20—30 peninkulmaa ja etelään päin 10—15 peninkulmaa.

Kirjallisuutta

Baer, W. 1906. Beobachtungen und Studien über Dioryctria splendidella H. S. und abietella S. W. Thar. Forstl. Jahrb. 56, p. 63—85.

Escherich, K. 1931. Die Forstinsekten Mitteleuropas, III., p. 440—448. Berlin.

Grönblom, Th. & Suomalainen, E. 1950. Über das Vorkommen der Nonne, Lymantria monacha L. *(Lep., Lymantriidae)*, in Finnland. Ann. Entom. Fenn. 16., p. 178—181.

Franz, J. 1948. Über die Zonenbildung der Insektenkalamitäten in Urwäldern. Forstwiss. Centr. bl. 67. Jahrg., Hft 1.

Heikinheimo, O. 1931. Männyn ja kuusen käpyjen runsaus kevättalvella 1931. Metsätietoa I, 1. Helsinki.

—»— 1949. Tuloksia kuusen ja männyn maantieteellisillä roduilla suoritetuista kokeista. Summary: Results of experiments on the geographical races of spruce and pine. Metsätiet. tutk. lait. julk. 37. 2.

Kangas, E. 1940. Kuusen käpytuhot ja siemensato v. 1937. Ref.: Zapfenschäden und Samenertrag bei der Fichte im J. 1937. Metsätiet. tutkim. lait. julk. 38. 4.

—»— 1949. Metsätuhot. Suuri Metsäkirja I, P. 487—532. Helsinki.

—»— 1950. Über die Objektwahl des Schadenurhebers bei einigen Waldschäden. Ann. Entom. Fenn. 16., p. 145—177.

—»— & Leskinen, K. 1942. Pegohylemyia anthracina Czerny *(Dibt., Muscidae)* als Zapfenschädling an der Fichte. Ann. Entom. Fenn. 9, p. 195—212.

Kujala, V. 1927. Untersuchungen über den Bau und die Keimfähigkeit von Kiefern- und Fichtensamen in Finnland. Metsätiet. tutkim. lait. julk. 12.

Lovaszy, P. 1942. Fliefenlarven als Zapfenschädlinge. Ann. Entom. Fenn. 7., p. 79—83.

Metsälehti 1950. Käpysato heikko kuusen ja männynkin osalta. No 45.

—»— 1951. Hyvää kuusen siementä maan keski- ja itäosissa. No 46.

—»— 1952. Männyissä runsaasti käpyjä. No 37.

Rummukainen, U. 1952. Kuusen siementuhoista vuonna 1951. Metsätal. Aikak.lehti, No 2.

Saalas, U. 1919. Kaarnakuoriaisista ja niiden aiheuttamista vahingoista Suomen metsissä. Ref.: Über die Borkenkäfer und durch sie verursachten Schaden in den Wäldern Finnlands. Acta For. Fenn. 10.

—»— 1949. Suomen metsähyönteiset. Suomen tiedettä 5. Helsinki.

Sahlberg, J. 1890. Cecidomyia Strobi Winnertz, en skadeinsekt uti nordens granskogar. Medd. af Soc. pro Fauna et Flora Fenn. 17, p. 14—16.

Suomalainen, E. 1953. Neueres über das Vorkommen der Nonne, Lymantria monacha L. *(Lep., Lymantriidae)* in Finnland. Ann. Entom. Fenn. 19, p. 52—56.

Trägårdh, I. 1916—17. Undersökningar över gran- och tallkottarnas skadeinsekter. Medd. fr. stat. skogsförs. anst. 13—14., p. 1 141—1 204.

Schimitscheck, E. 1937. Forstschädlingsauftreten in Österreich 1936. Centr. bl. f. d. ges. Forstwes., p. 1—25.

ÜBER DAS AUFTRETEN EINIGER ZAPFENSCHÄDLINGE DER FICHTE AUF VERSCHIEDENEN GEOGRAPHISCHEN BREITEN IN FINNLAND

Referat

Einleitung

Die Untersuchung wurde in den Jahren 1951 und 1952 ausgeführt und bildet einen Versuch zur Klarlegung des quantitativen Auftretens einiger Zapfenschädlinge der Fichte *(Picea excelsa)* auf verschiedenen geographischen Breiten Finnlands. Jedes von der Untersuchung betroffene Insekt ist über das ganze Land verbreitet, indem sich aber letzteres über eine Länge von mehr als 1 100 Kilometern von der Nordgrenze der Eichenregion im Süden bis jenseits der Nordgrenze der Fichte im Norden erstreckt, war es interessant zu untersuchen, ob vielleicht in dieser Richtung Unterschiede in der Reichlichkeit der Arten aufzudecken wären, die sich zutreffendenfalls wenigstens in einigem Umfang bei der Zapfeneinsammlung verwerten liessen.

Über die Verhältnisse während der Untersuchung

Im Jahre 1950, im Vorjahr der Untersuchung, fiel die Zapfenernte im ganzen Lande schwach aus (Abb. 1). Wird vollständiger Zapfenschwund mit 0 bezeichnet, sehr schwache Ernte mit 1, mässig schwache mit 2, mittelmässige mit 3, mässig gute mit 4 und gute mit 5, so ergibt sich für das ganze Land im genannten Jahr der Durchschnittswert 1.0. Nur in den nördlichen Teilen des Landes war der Zapfenertrag mittelmässig.

Das Jahr 1951 war in grossen Teilen des Landes als ein gutes Zapfenjahr zu bezeichnen. Nur im äussersten Norden sowie in der Südost- und Südwestecke des Landes war der Zapfenertrag einigermassen unter mittelmässig. Für das ganze Land ergibt sich der Mittelwert 3.4.

Im Jahr 1952 war der Zapfenertrag mit Ausnahme der südwestlichen Teile durchgehends schwächer als im Jahr zuvor, Gesamtmittel 1.9.

Es war also möglich, die Situation in zwei aufeinanderfolgenden, ihrem Wert nach sehr verschiedenen Zapfenjahren zu studieren.

Die Untersuchung betraf folgende Schädlinge der Fichtenzapfen (in Klammern die mittleren Prozentanteile der vom betreffenden Insekt angegriffenen Zapfen in beiden Jahren der Untersuchung): *Laspeyresia strobilella* L. (22.7 und 45.7 %). *Dioryctria abietella* Schiff. (12.8 und 32.0 %), *Pegohylemyia anthracina* Czerny (11.9 und 10.9 %) und *Perrisia strobi* Winn. (35.8 und 63.2 %).

Die im Jahr 1951 untersuchten Zapfenproben stammten von 290, die im Jahr 1952 untersuchten von 404 Waldungen.

Über das Auftreten der verschiedenen Schädlinge

Laspeyresia strobilella war im Norden ebenso wie im Süden zu finden (Abb. 3). Im Jahr 1951 trat die Art am zahlreichsten dort auf, wo die Zapfenernte im Jahr zuvor am reichlichsten gewesen war und es dem Insekt also nicht an geeigneten Brutstätten mangelte. Im Jahr 1952 wurden Schäden in reichlichem Ausmass auch im Süden verzeichnet, wo wiederum das Jahr 1951 ein gutes Zapfenjahr gewesen war.

Dioryctria abietella erwies sich im Lichte der Untersuchung recht deutlich als eine südliche Art (Abb. 4), die in beiden Jahren nur bis etwa 64—65° n. Br. in nennenswerterer Reichlichkeit auftrat. Der Zapfenertrag des Jahres 1950 im Norden hatte keinen Einfluss auf das Auftreten der Art im Jahr 1952.

Pegohylemyia anthracina war in den südlichen Teilen des Landes vielleicht etwas häufiger als im Norden (Abb. 5). Die reichen Vorkommnisse (z. B. das reichste des Jahres 1952) liegen in Proben von solchen Ortschaften vor, in denen es nachweislich Lärchenanpflanzungen *(Larix sibirica* und *L. europaea)* gibt. Weil die Fliegen die ärgsten Zapfenfeinde der erwähnten Lärchenarten sind, ist es möglich, dass den Lärchenkulturen ein bestimmter Einfluss auch auf die Zapfenschäden der Fichte in den betreffenden Ortschaften zukommt.

Perrisia strobi erwies sich unzweideutig als eine nördliche Art, auch wenn dies nicht völlig eindeutig aus der Abb. 6 hervorgeht, und zwar weil letztere ja lediglich angibt, in wie vielen Zapfen die Mücke gefunden wurde, nicht aber, wie reichlich sie im einzelnen Zapfen auftrat. Etwa von 65° nordwärts trat die Art in beiden Jahren so reichlich auf (sogar 16 Mücken auf 1 cm des Zapfens), dass sie sicherlich indirekt zur Verzögerung der Samenausstreuung beigetragen haben muss, trotzdem die Larve eigentlich fast nur die Schuppen und die Zapfenachse bewohnt. Obwohl besonders im Jahr 1952 Mücken auch im Süden in den meisten Zapfen gefunden wurden, war ihre Zahl im einzelnen Zapfen meistens nicht gross. Um ein Beispiel zu erwähnen, verhielten sich die Mückenzahlen in den Zapfen aus Pelkosenniemi (etwa 67°) und Sippola (etwa 60°45′) wie 13 zu 1.

EXPERIMENTS ON THE EFFECT OF ANAEROBIC MEDIA UPON BIRCH, PINE AND SPRUCE SEEDLINGS

OLAVI HUIKARI

KOKEITA KASVUALUSTAN ANAEROBISUUDEN VAIKUTUKSESTA KOIVUN, MÄNNYN JA KUUSEN TAIMIIN

SUOMENKIELINEN SELOSTUS

HELSINKI 1954

Contents

Page

Introduction 3
Importance of the anaerobic condition of the soil according to the literature 5
Experiments on the importance of the anaerobic condition of the soil 6
Preparation of media 6
Raising of seedlings and their transfer to flasks 7
Preparation of anaerobic media and check of the anaerobic condition 7
Relative importance of the anaerobic condition of media and of the activity of micro-organisms 8
Other observations 10
Conclusions 10
Bibliography 11
Suomenkielinen selostus 13

Helsinki 1954. Valtioneuvoston kirjapaino

Introduction

On the basis of the second national forest survey (Ilvessalo, 1948) it is known that the total area of the Finnish swamps (some 10.1 million hectares) comprises about 29 per cent of treeless swamps, about 47 % of swamps bearing pine *(Pinus sylvestris L.)* as the dominant species and about 24 % of swamps dominated by spruce *(Picea Abies*, L. Karst.) or birch *(Betula pubescens* Ehrh.).

Thus, a considerable proportion of the swamps constitute distinctly more favorable sites for pine than for spruce and birch. On the other hand, however, the development of pine on many natural swamp types is poor when compared with that of spruce and birch. The birch generally appears with spruce on the same sites but also thrives with pine. The commonest birch species on swamps is *Betula pubescens* Ehrh. although *Betula verrucosa* Ehrh. is also frequently met with.

The differences found in nature in the occurrence of the various tree species are difficult to explain on the basis of the knowledge available at present concerning the sites of the respective tree species.

According to Aaltonen (1936), the occurrence of pine and spruce in nature indicates that, to develop regularly, the spruce requires a more fertile soil than the pine. Owing to the fact that this type of soil is moister, it is difficult, in his opinion, to establish with certainty to what degree in each case growth is dependent on the moisture relations of the soil, too. The differences in the nutrient contents of the soil do not offer an acceptable solution to the problem, either, because the nutrient contents of some swamp types dominated by pine have been found (cf. e. g., Kivinen 1933 and 1948) to correspond to that of some spruce-dominated swamp types. Moreover, the findings of Kotilainen (1928) eliminate the possibility of employing determinations of the pH of the soil in the solution of the present problem. The susceptibility of spruce to frost, studied by Multamäki (1942), can hardly be regarded as an adequate explanation of these differences in the subsistence of the various tree species, although its contribution to the solution of the problem is not to be underestimated.

Plant physiological investigations have confirmed the indispensability of oxygen for the vital functions of growing roots. On the other hand,

investigations by Hesselman (1910), Romell (1922) and Malmström (1923) have proved that the waters of swamps and waterlogged forest lands are almost completely devoid of oxygen even at a depth of 20 centimetres. The investigations of Multamäki (1923 and 1936), Kokkonen (1923), Metsävainio (1931) and Linkola & Tiirikka (1936) reveal a significant correlation between the depth of the root systems and the level of the ground water on peatlands. As a consequence, it has been generally accepted that the deficiency or abundance of oxygen in the soil directly affects the well-being of trees, particularly on swamps.

Studies on the slope relations of swamp types carried out by Lukkala (1929) and measurements of the water permeability of peats by Malmström (1928 and 1931) have led to the conclusion that the waters of swamps bearing spruce are more mobile and richer in oxygen than those of pine-bearing swamps. Obviously, in the majority of cases there must also exist a distinct difference between swamps growing pine and those totally open, in that the waters of the former are more mobile than those of the latter. A general feature of the slope relations of both pine and spruce swamps, as revealed by an investigation of Lukkala (1929), is that the more sloping the swamp type the more trees it bears.

In accordance with these views, it can be observed that the development of trees on swamps in a natural condition is obviously proportional to the mobility and oxygen content of the water in the soil. Variations in the hydrological properties of the soil have a selective effect upon the tree species, too.

Since there is obviously a connection between the differing mobility of waters and variations in several other soil properties affecting plant growth, besides the fluctuations in oxygen supply, an experimental investigation into the significance of the aerobic condition of the soil must be regarded as indispensable.

In order to test the methods and to throw light upon the significance of the aerobic condition of the soil, a preliminary experiment, to be discussed in the following, was arranged in the Department of Swamp Research at the Forest Research Institute, Helsinki.

The results, however, proved interesting enough to justify their publication even at this early stage of the investigation. For all the help and support given me by my principal, Prof. O. J. Lukkala, in the design of the experiment, I beg to express my deepest gratitude. For the valuable advice in the planning of the experiment a special acknowledgement is due to Prof. Unto Vartiovaara, Chief of the Institute of Microbiology at the University of Helsinki, and Dr. Peitsa Mikola, specialist in microbiology at the Forest Research Institute.

Importance of the aerobic condition of the soil according to the literature

The degree of dependence of different plants upon the aerobic condition of the soil surrounding their root systems has been the subject of numerous investigations. The results of these studies indicate that different plant species have very dissimilar requirements in this respect. There are plants, including even trees, with root systems which are apparently able to function independently of the oxygen content of the soil. A special group is formed by the swamp plants proper, the structural properties of which make it understandable that they can grow in soil poor in oxygen. For example, in the roots of sedges and horsetails expanded cell interspaces can generally be found, which obviously enable the roots of the plants to secure their oxygen supply independently of external conditions. The results of the following studies are more difficult to explain, however.

Livingston and Free (1917) found no interdependence between the activities of the root systems of *Salix nigra* and the oxygen capacity of the soil. Mc Quilkin (1935) observed that the root system of *Pinus rigida* reached a depth of several feet and developed strong ramifications in a sandy soil poor in oxygen and saturated with water. No structural properties have been discovered in the roots of *Pinus rigida* to which this ability could be attributed. According to Ijjasz (1938), alder roots covered for months by subsoil water survive without any damage. The »knees» of *Taxodium distichum* have been generally taken as a typical example of the attempt of a root system functioning in a soil poor in oxygen to safeguard its oxygen supply. The experiments conducted by Kramer with Riley and Bannister (1952) on the metabolism of these knees yielded, however, the surprising result that the knees of *Taxodium distichum* have no significance as regards the oxygen supply of the other roots. The oxygen absorbed is consumed by the knees themselves. In earlier investigations, such as Penfound's (1934), mention can already be found that the removal of the knees on *Taxodium distichum* has but little effect on the growth of the tree. Vallance and Could (1951) showed, by experiments performed on *Menyanthes trifoliata*, that the shoot must provide the roots with oxygen. The mechanism of oxygen transmission is not completely understood as yet, however.

In spite of prolonged efforts on the part of scientists, starting in the last century, to ascertain the importance of oxygen as an ecological factor, a great deal still rests on hypotheses, as Aaltonen (1940), for instance, has pointed out. He mentions that: even though the undeniably favorable effect of running water upon the vegetation is attributed to its greater oxygen capacity as compared with stagnant water, the phenomenon may be due to other causes as well. In the opinion of Hesselman (1910), Bergman (1920) and Clements (1921), the oxygen capacity of the soil can best be regarded as a characteristic of the soil and as a secondary factor.

Experiments on the importance of the anaerobic condition of the soil

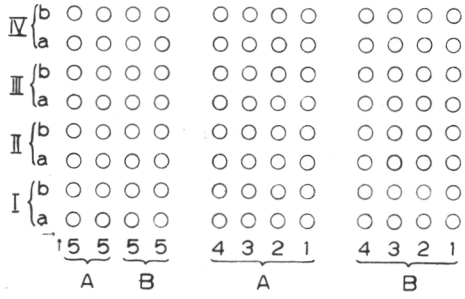
Preparation of media

As illustrated in Fig. 1, the experiment was carried out using 150 millilitre Erlenmeyer flasks in which a 2 centimetre layer of quartz, heated to incandescence and washed with HCl, served as a substrate. The size of the sand particles was limited by sifting to 0.5—2.0 mm. Altogether 96 flasks were used. Following the example of M e l i n (1936), the nutrient solution used was as follows:

KH_2PO_4	0.5	g
$CaCl_2$	0.05	»
$NaCl$	0.025	»
$MgSO_4 7H_2O$	0.15	»
$(NH_4)_2HPO_4$	0.25	»
$FeCl_3$(1 %)	1.2	ml
H_2O	1 000	»

20 ml of nutrient solution was poured into each flask. The solution was prepared in distilled water for 24 flasks (IV rows, Table 1) and using three kinds of peat extracts in place of distilled water for 72 flasks. The extracts were prepared by mixing one kilogram of peat with 1.5 litres of distilled water and filtering through cotton wool the amount of extract needed for the flasks. For 24 flasks (rows I, Table 1) the peat (C-t, H_3) necessary

Table 1. Scheme of the experimental arrangement.



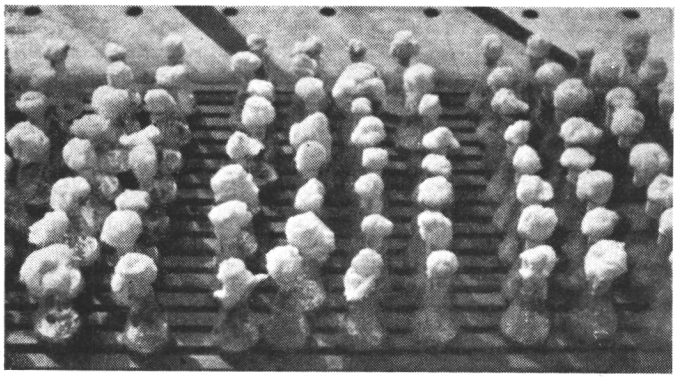


Fig. 1. General view of the experiment.

for preparation of the extract was taken from open swamps, »nevas», for 24 flasks (rows II, Table 1) from spruce swamps, »korpis», with herbs (CL-t, H_7) and for 24 flasks (rows III, Table 1) from pine swamps, »rämes», with high shrubs (LS-t, H_2). Half of each series of flasks were sterilized in an autoclave for 20 minutes at a temperature of 120°C. The use of peat extracts was intended to demonstrate the effect of micro-organisms upon the subsistence of tree seedlings on swamps. The results given by the peat extracts are not comparable with each other owing to the inadequate attention paid to the choice of comparable peat samples in designing the experiment.

Raising of seedlings and their transfer to flasks

The experiment involved seedlings of two birch species, (*Betula pubescens* Ehrh. and *Betula verrucosa* Ehrh.), Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and Norway spruce (*Picea Abies*, L. Karst.). The seeds were sterilized with $CaOCl_2$- solution and germinated on agar medium in Petri dishes. The sterile germinated seeds were transferred to flasks during the period March 5—15, 1953. Into row 1 (Table 1) of each flask were transferred 4 seedlings of *Betula verrucosa*, into row 2 (Table 1), correspondingly, seedlings of *Betula pubescens*, into row 3 (Table 1) seedlings of Scots pine, into row 4 (Table 1) seedlings of Norway spruce and into row 5 (Table 1) one seedling of each of the four aforenamed species. The experiment, thus, comprised altogether 384 seedlings. The flasks were kept in a greenhouse with a glass roof having no artificial illumination.

Preparation of anaerobic media and check of the anaerobic condition

After the seedlings had reached a height of some 3 cm, a 5 mm layer of sterilized paraffin was added to the flasks (48) of rows B (Table 1). The

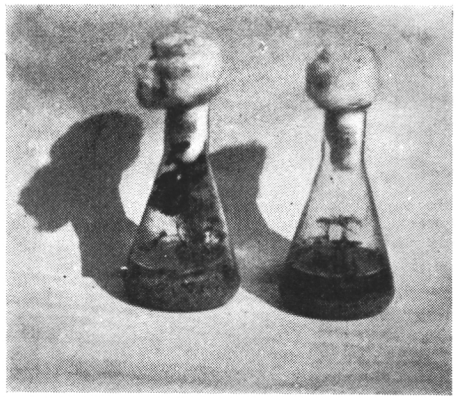


Fig. 2. Seedlings of *Betula pubescens* on an anaerobic medium. Both flasks contain extracts from »räme», the medium on the left is sterilized, the one on the right is unsterilized.

paraffin seal was to prevent the access of air to the medium. During the experiment water was added to the flasks once before and cone after the introduction of the paraffin seal. Prior to the addition of water to the anaerobic media, the oxygen dissolved had been removed by boiling and by directing nitrogen gas through the water for half an hour.

The experiment was checked on 25. 6., 10. 8. and 9. 9. 1953. During this examination, made through the flask walls, the following information was recorded: height of seedlings, length of leaves, condition of seedlings, number of yellowed leaves and abundance of micro-organisms, algal, fungal and bacterial growth being recorded separately.

The anaerobic state of the medium was confirmed by using methyl blue indicator solution. In the flasks with a paraffin seal the methyl blue solution turned colorless. According to H e w i t t (1950) the change of color in methyl blue takes place at + 47 mV in a solution with a pH of 6 — like the present media — the solution being blue above this pH and colorless below it.

Relative importance of the anaerobic condition of the media and of the activity of microorganisms

Table 2 gives the number of thriving seedlings under differing experimental conditions as observed on 9. 9. 1953, and Table 3 the corresponding maximum heights of the tree species.

On scrutinizing the tables it can be seen that an anaerobic medium has had no harmful effect on the development of *Betula pubescens*. *Betula verrucosa* has perhaps suffered slightly. The growth of *Pinus sylvestris* and *Picea Abies* seedlings on an aerobic medium has been distinctly superior to that on an anaerobic one.

The sterilized and unsterilized media have produced clear differences in the development of seedlings of all the tree species. Only macroscopic observations could be made on the micro-organisms present in the medium. The most consistent observation made was that the development of birch seedlings in inversely proportional to the abundance of algae. It can be stated that micro-organisms have a more harmful effect upon the development of birch, in particular, than the anaerobic condition of the medium.

Table 2. Number of thriving seedlings of the tree species under different experimental conditions 9. 9. -53. Originally each experiment involved 6 seedlings.

Medium		B. pubescens		B. verrucosa		Pinus silvestris		Picea excelsa	
Treatment	Extract	Aer.	Anaer.	Aer.	Anaer.	Aer.	Anaer.	Aer.	Anaer.
Sterilized	Water	6	5	5	1	6	0	3	1
	Neva	5	6	5	5	5	0	3	0
	Korpi.....	3	5	5	4	4	0	2	0
	Räme.....	4	5	4	3	5	1	5	0
Un-sterilized	Water	5	4	4	1	4	0	4	0
	Neva	4	4	5	5	4	0	0	0
	Korpi.....	0	0	0	0	0	0	0	0
	Räme.....	0	0	0	3	1	0	0	0

The results indicate that the complete absence of trees on some swamps is not attributable to the anaerobic condition of the soil. In addition, it can be observed that the seedlings of birch species, and of pine and spruce can survive, and even grow, despite the fact that the soil has been practically completely deprived of air. The experiments effected with the aid of the methyl blue indicator solution showed that reducing conditions prevail under the surface of the paraffin seal. This phenomenon can obviously have but one explanation, *viz.*, that the birch seedlings must be capable of conveying oxygen from the shoot to the roots. The same phenomenon may occur in pine and spruce seedlings, too, but to a lesser degree.

Since the tree species employed in the experiment are not known to have any structural properties to which the conveyance of oxygen could

Table 3. Maximum height (cm) of seedlings of the tree species grown under different experimental conditions, 9. 9. -53 (— = all seedlings dead before 9. 9. -53).

Medium		B. pubescens		B. verrucosa		Pinus silvestris		Picea excelsa	
Treatment	Extract	Aer.	Anaer.	Aer.	Anaer.	Aer.	Anaer.	Aer.	Anaer.
Sterilized	Water	11	11	9	11	11	8	8	4
	Neva	11	11	11	11	11	5	5	4
	Korpi	11	11	11	11	11	10	7	—
	Räme	11	11	11	11	11	11	9	7
Un-sterilized	Water	11	6	11	8	10	9	8	4
	Neva	7	11	11	11	9	—	5	6
	Korpi	3	—	—	—	8	—	6	4
	Räme	6	8	—	11	11	—	6	6

be attributed, the conclusion is unavoidable that the oxygen is carried from the shoot to the roots in solution in the sap conducting assimilates in this direction. The poorer subsistence of coniferous species on anaerobic soil may be due to the inferiority of tracheids to the sieve tubes of deciduous species as a channel for the dissolved oxygen.

Other observations

When examining the oxidation-reduction potential, necessitating the addition of methyl blue indicator solution to the medium, it was found that the root tips of birch seedlings turned blue in spite of the fact that the indicator substance all over the medium had lost its color. The roots of pine and spruce seedlings grew too deep in the sand to allow the corresponding experiment to be carried out reliably. The observation signified, however, that *Betula pubescens* and *Betula verrucosa*, at least, are able to maintain the oxidation-reduction potential on the oxidizing side on the surface of their root tips, even though reducing conditions prevail in the medium, and thus obviously to facilitate the formation of mycorrhizal symbiosis. Consequently, the birch may have other soil-improving effects, apart from the leaf litter rich in calcium. The birch may serve as an active accelerator of fungal activities, for instance, on soils with a thick humus cover. It is not impossible, therefore, that the birch may assist the growth of pine and spruce, for instance.

Conclusions

On the basis of the experiments made and of the literature, it can be concluded that the poor subsistence of trees on swamps is not directly due to the deficiency of oxygen in the soil although the abundance of oxygen is generally correlated with the subsistence of trees. The experiments discussed show differences in the relation of different tree species to the hydrological properties of the soil. Thus, the growing stock may serve as an indicator of differences to be found in the soils.

The classification of swamps on the basis of the growing stock into the main categories, treeless, spruce- and pine-dominated, originally suggested by the investigations of Norrlin (1871) and Cajander (1913), and subsequently generally accepted in Finnland, thus provides a reliable and safe starting-point for the utilization value classification of swamps on the basis of the ground vegetation. The experiment supports the view expressed earlier by the author (Huikari, 1953), *viz.*, that the effect of swamp drainage is due to the increase in the mobility of the water.

Bibliography

Aaltonen, V. T. 1936. Kuusi männyn kilpailijana kasvupaikasta. *Referat:* Die Fichte als Konkurrentin der Kiefer um den Standort. Acta forest. fenn. 42.

—»— 1940. Metsämaa. Porvoo, Helsinki.

Bergman, H. F. 1920. The relation of aeration to the growth and activity of roots and its influence on the ecesis of plants in swamps. Ann. Botany 34: 13—33.

Cajander, A. K. 1913. Studien über die Moore Finnlands. Acta forest. fenn. 2.

Clements, F. E. 1921. Aeration and air content. Carnegie Inst. Wash. Pub. 315.

Hesselman, Henrik. 1910. Om vattnets syrehalt och dess inverkan på skogsmarkens försumpning och skogens växtlighet. *Resumé:* Über den Sauerstoffgehalt des Bodenwassers und dessen Einwirkung auf die Versumpfung des Bodens und das Wachstum des Waldes. Meddel. från Stat. skogsförsöksanst. 7.

Hewitt, L. F. 1950. Oxidation—Reduction potentials in Bacteriology and Biochemistry. E. & S. Livingstone LTD. Edinburgh.

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

Ijjasz, E. L. 1938. Grundwasser und Baumvegetation. Erdiszeti Kisérletek 40.

Ilvessalo, Yrjö. 1948. Nyky-Suomen metsät. Metsätiet. tutkimuslait. julk. 35.

Kivinen, Erkki. 1933. Suokasvien ja niiden kasvualustan kasvinravintoainesuhteista. *Referat:* Untersuchungen über den Gehalt an Pflanzennährstoffen in Moorpflanzen und an ihren Standorten. Acta agral. fenn. 27.

—»— 1948. Suotiede. Porvoo.

Kokkonen, P. 1923. Beobachtungen über das Wurzelsystem der Kiefer in Moorböden. Acta forest. fenn. 25.

Kotilainen, Mauno J. 1928. Untersuchungen über die Beziehungen zwischen der Pflanzendecke der Moore und der Beschaffenheit, besonders der Reaktion des Torfbodens. S. suovilj. yhd. tiet. julk. 7.

Kramer, P. J., Riley, W. S. and Bannister, T. T. 1952. Gas exchange of cypress knees. Ecology 33: 117—121.

Laing, E. V. 1932. Studies on tree roots. Forestry Comm. Bull. 13.

Linkola, K. and Tiirikka, Aili. 1936. Über Wurzelsysteme und Wurzelausbreitung der Wiesenpflanzen auf verschiedenen Wiesenstandorten. Ann. bot. soc. zool.-bot. fenn. Vanamo 6.

Livingston, B. E. and Free, E. E. 1917. The effect of deficient soil oxygen on the roots of higher plants. John Hopkins Univ. Circ. 182.

Lukkala, O. J. 1929. Über die Dicke der Torfschicht und die Neigungsverhältnisse der Mooroberfläche auf verschiedenen Moortypen. Acta forest. fenn. 34.

Malmström, Carl. 1923. Degerö Stormyr. *Resumé:* Degerö Stormyr. Medd. fr. Statens skogsförsöksanst. 20.
—»— 1928. Våra torvmarker ur skogsdikningssynpunkt. Medd. fr. Statens skogsförsöksanst. 24.
—»— 1931. Om faran för skogsmarkens försumpning i Norrland Medd. fr. Statens skogsförsöksanst. 26.
McQuilkin, W. E. 1935. Root development of pitch pine, with some comparative observations on shortleaf pine. J. Agr. Research, 51: 983—1 016.
Melin, Elias. 1936. Methoden der experimentellen Untersuchung mykotropher Pflanzen. Handb. d. biol. Arbeitsmeth., XI: 4.
Metsävainio, Kaarlo. 1931. Untersuchungen über das Wurzelsystem der Moorpflanzen. Ann. bot. soc. zool.-bot. fenn. Vanamo 1.
Multamäki, S. E. 1923. Tutkimuksia ojitettujen turvemaiden metsänkasvusta. Acta forest. fenn. 27.
—»— 1936. Über den Grundwasserstand in versumpften Waldböden vor und nach der Entwässerung. V hydrologische Konferenz der baltischen Staaten, 4 A. Finnland, Juni 1936.
—»— 1942. Kuusen taimien paleltuminen ja sen vaikutus ojitettujen soiden metsittymiseen. *Referat:* Das Erfrieren der Fichtenpflanzen in seiner Wirkung auf die Bewaldung der entwässerten Moore. Acta forest. fenn. 51.
Norrlin, J. P. 1871. Flora Kareliae Onegensis. I. Nat. Sällsk. F. Fl. Fenn. Förh. 13.
Penfound, W. T. 1934. Comparative structure of the wood in the »knees» swollen bases, and normal trunk of the tupelo gum (Nyssa aquatica L.). Amer. Jour. Bot. 21: 623—631.
Romell, Lars-Gunnar. 1922. Luftväxling i marken som ekologisk faktor. Medd. fr. Stat. skogsförsöksanst. 19.
Vallance, K. B. and Coult, D. A. 1951. Observations on the Gaseous Exchanges which take place between *Menyanthes trifoliata* L. and its Environment. I. The Composition of the Internal Gas of the Plant. Journ. of Experimental Botany, Vol. II, N:o 5.

KOKEITA KASVUALUSTAN ANAEROBISUUDEN VAIKUTUKSESTA KOIVUN, MÄNNYN JA KUUSEN TAIMIIN

Suomenkielinen selostus

Koe suoritettiin rauduskoivun *(Betula verrucosa* Ehrh.), hieskoivun *(Betula pubescens* Ehrh.), männyn *(Pinus sylvestris* L.) ja kuusen *(Picea Abies* L. Karst.) taimilla. Sterileissä oloissa idätetyt siemenet siirrettiin kasvamaan 150 ml erlenmeyerpulloihin. Pulloja oli 96 kpl, jokaisessa niistä oli 4 tainta. Kasvualustana käytettiin kvartsihiekkaa. Jokaiseen pulloon lisättiin sama ravintoliuos. Pullot jaettiin neljään osaan, joista yhteen siirrettiin rämeen pieneliöitä, toiseen korven, kolmanteen nevan ja neljäs jätettiin ilman pieneliösiirrostusta. Kun taimet olivat kasvaneet n. 3 cm:n pituisiksi, lisättiin puoleen jokaisesta koetapauksesta 5 mm:n paksuinen kerros parafiiniöljyä. Parafiiniöljyllä peitettyjen kasvualustojen anaerobisuutta tarkkailtiin metylensini-indikaattoriväriliuosta käyttäen.

Suoritetuissa tarkastuksissa havaittiin, että kasvualustan anaerobisuus ei vaikuttanut haitallisesti hieskoivun menestymiseen. Rauduskoivu oli ehkä hiukan kärsinyt siitä. Männyn ja kuusen taimien kasvu oli selvästi heikompaa anaerobisella kasvualustalla kuin aerobisella.

Kaikkien puulajien taimien menestymisessä oli selvä ero steriloidun ja steriloimattoman kasvualustan välillä. Kasvualustojen mikrobipitoisuuksista oli mahdollisuus tehdä vain makroskooppisia havaintoja. Selvimmin oli havaittavissa, että koivun taimien menestyminen on kääntäen verrannollinen leväkasvustojen runsauteen. Voitiin havaita, että kasvualustan pieneliöstö vaikuttaa varsinkin koivujen taimien menestymiseen haitallisemmin kuin kasvualustan anaerobisuus.

Tulokset osoittavat, että eräiden soiden täydellinen puuttomuus ei johdu kasvualustan anaerobisuudesta. Lisäksi on havaittavissa, että hieskoivun, rauduskoivun, männyn ja kuusen taimet voivat pysyä elossa ja kasvaakin vaikka kasvualusta eristetään ilmasta jokseenkin täydellisesti. Metylensini-indikaattorivärillä tehdyt kokeet osoittivat, että kasvualustassa vallitsee parafiiniöljyn alla pelkistävät olot. Tämä merkinnee sitä, että koivun taimien täytyy pystyä kuljettamaan versosta happea juuristoon. Sama ilmiö voi tapahtua myöskin männyn ja kuusen taimissa, mutta vähäisemmässä määrässä.

Kun kokeessa käytetyillä puulajeilla ei tiedetä olevan mitään sellaisia rakenteellisia ominaisuuksia, jotka selvittäisivät hapen kulkeutumisen, on pidettävä jokseenkin luonnollisena,että happea kulkeutuu versosta juuristoon assimilatiovirtauksen mukana liuenneena k. o. suuntaan liikkuviin nesteisiin. Havupuiden heikompi toimeentulo anaerobisessa kasvualustassa voidaan selittää johtuvaksi putkisolujen epäedullisuudesta liuenneen hapen kuljetusteinä lehtipuiden siiviläsoluihin verrattuna.

Kun hapetuspelkistyspotentiaalia tarkkailtaessa lisättiin kasvualustaan metylensini-indikaattoriväriliuosta havaittiin, että koivujen taimien juurien kärjet värjäytyivät sinisiksi, vaikka indikaattoriväri muualla kasvualustassa menetti värinsä. Kuusen ja männyn taimien juuret kasvoivat hiekan sisässä siten, että niille ei onnistuttu luotettavasti tekemään vastaavaa koetta. Havainto viittaisi siihen, että ainakin *Betula pubescens* ja *Betula verrucosa* pystyvät pitämään juuren kärjen pinnassa hapetuspelkistyspotentiaalin hapettavan puolella, vaikka kasvualustassa vallitsevat pelkistävät olot ja siten ilmeisesti vaikuttamaan mykoritsasymbioosin muodostumiseen. Koivulla saattaa täten olla muitakin tärkeitä ns. maataparantavia vaikutuksia kuin kalkkirikas lehtikarike. Koivu voi vaikuttaa aktiivisesti sienitoiminnan kiihdyttäjänä mm. paksuhumuksisilla mailla. Ei siis ole mahdotonta, että koivu esim. tätä kautta pystyisi tukemaan kuusen ja männyn menestymistä.

Kokeen tulosten perusteella näyttää todennäköiseltä, että vaikka hapen runsaus kasvualustassa on luonnossa yleensä korrelatiossa puiden menestymisen kanssa ei hapen vähyys kasvualustassa ole välittömänä syynä siihen, että puut menestyvät heikosti soilla. Lisäksi voidaan havaita, että eri puulajien suhtautumisessa kasvualustan ominaisuuksiin on eroavaisuuksia. Puustolla on siten ilmeisesti merkitystä kasvualustoissa vallitsevien eroavaisuuksien ilmentäjänä. Tämä puolestaan merkinnee mm. sitä, että soiden jako rämeisiin, korpiin ja nevoihin antaa hyvän pohjan aluskasvillisuuden ja suon muiden ominaisuuksien avulla tapahtuvalle käyttöarvoluokitukselle.

ALUSTAVIA TUTKIMUKSIA METSÄHUMUKSEN KATALAASI-VAIKUTUKSESTA

PEITSA MIKOLA

PRELIMINARY STUDIES ON THE CATALYTIC POWER OF FOREST HUMUS

SUMMARY IN ENGLISH

HELSINKI 1954

Sisällys

	Sivu
Johdanto	3
Katalaasi-vaikutuksen mittaaminen	5
Suoritetut tutkimukset	7
Tulosten tarkastelua	16
Käytännöllisiä sovellutuksia	17
Kirjallisuutta	19
Summary	20

Helsinki 1954. Valtioneuvoston kirjapaino

Johdanto

Herätteen metsämaan katalaasi-vaikutuksen tutkimiseen kirjoittaja sai v. 1951 prof. S. A. Wildeltä Madisonissa, Wis., U. S. A., kokeiltaessa manometrin käyttömahdollisuuksia metsämaan ominaisuuksien tutkimisessa. Alustavissa kokeissa todettiin, että vetyperoksidi hajaantuu metsähumuksen läsnä ollessa vedeksi ja hapeksi sellaisella nopeudella, että se on helposti manometrillä mitattavissa. Lisäksi eri humustyypit osoittautuivat vetyperoksidin hajoituskyvyssään hyvin erilaisiksi. — Oli siis täysi syy ryhtyä tarkemmin tutkimaan tätä toistaiseksi sangen vähän tunnettua metsämaan ominaisuutta sekä sen mahdollista käytännöllistä merkitystä.

Maan kykyä hajoittaa vetyperoksidia nimitetään usein sen katalyyttiseksi voimaksi tai katalyyttiseksi kapasiteetiksi. Koska kuitenkin maalla on kyky katalysoida monia muitakin reaktioita, voidaan yleisesti puhua maan katalyyttisistä ominaisuuksista, joista vetyperoksidiin kohdistuva on vain yksi, joskin helpoimmin todettavissa oleva. Seuraavassa tätä vetyperoksidin hajoittamiskykyä, joka on ominainen erityisesti katalaasi-entsyymille, nimitetään maan katalaasi-vaikutukseksi, riippumatta siitä, johtuuko se maassa mahdollisesti olevista entsyymeistä vai kokonaan muista tekijöistä.

Scharrer (1936) on esittänyt seikkaperäisen katsauksen maan katalyyttisten ominaisuuksien aikaisempaan tutkimukseen. Sen mukaan maan katalyyttinen vaikutus vetyperoksidiin oli tunnettua jo Berzeliukselle yli 100 vuotta sitten, mutta vasta kuluvan vuosisadan alussa tutkijat alkoivat kiinnittää siihen enemmän huomiota. Sen jälkeen useilla tahoilla on koetettu saada selville, mistä tämä maan ominaisuus johtuu sekä millä tavalla sitä voitaisiin käyttää hyväksi maan viljavuuden tutkimisessa.

Waksmanin ja Dubos'in (1926) mukaan maan katalaasi-vaikutus johtuu etupäässä kolmesta tekijästä: 1) katalaasi-entsyymistä, jota on sekä maamikrobien soluissa että kasvien juurissa, 2) eräistä muista orgaanisista aineista, joita on mm. kuolleessa sienirihmastossa, sekä 3) epäorgaanisista katalysaattoreista, jollaisia ovat ennen kaikkea rauta- ja manganioksidit. Myös joillakin savikolloideilla on todettu olevan vetyperoksidia hajoittava vaikutus.

Katalaasi-vaikutuksen käyttöä maan viljavuustutkimuksissa vaikeuttaa se seikka, että se saattaa johtua monista hyvin erilaisista syistä. Voima-

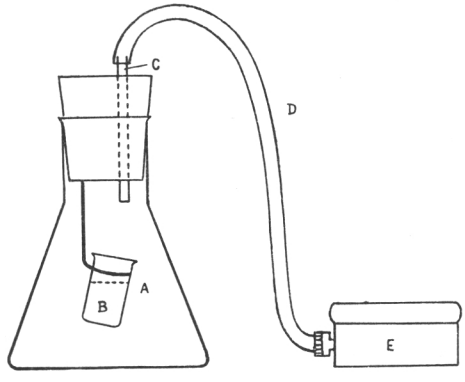
kas katalaasi-vaikutus voi osoittaa maassa joko mikrobitoiminnan vilkkautta, suurta humuspitoisuutta tai rauta- ja manganioksidien läsnäoloa. Kaikkien näiden seikkojen osoittamiseen katalaasi-vaikutusta on yritetty käyttää. Edelleen on tutkittu maan happamuuden ja kosteuden vaikutusta katalyyttisiin ominaisuuksiin. Yleensä on tehty se havainto, että katalaasi-vaikutus lisääntyy viljavuuden parantuessa, mutta sitä on kuitenkin pidettävä sangen epäluotettavana maan viljavuuden osoittajana. Scharrer (1936, s. 829) päätyykin sellaiseen lopputulokseen, että maan kyky hajoittaa vetyperoksidia ei ole vastannut niitä odotuksia, mitä siihen maan viljavuustutkimusten apuvälineenä usein on kiinnitetty, mutta että sillä yhdessä maan muiden ominaisuuksien kanssa saattaa olla käytännöllistä merkitystä tiettyjen erikoiskysymysten tutkimisessa.

Kaikki tähänastiset tutkimukset ovat kohdistuneet viljelysmaihin. Seuraavassa esitetään muutamia alustavia kokeita, joilla on pyritty selvittämään maan katalaasi-vaikutuksen käyttömahdollisuuksia metsäntutkimuksissa. Tutkimukset on tehty vv. 1951—53 etupäässä Ruotsinkylän kokeilualueessa sekä Korkeakosken hoitoalueessa.

Katalaasi-vaikutuksen mittaaminen

Maan katalaasi-vaikutus, samoin kuin katalaasi-entsyymin aktiivisuuskin, on useimmiten määritetty mittaamalla reaktiossa vapautuneen hapen tilavuus (esim. Waksman & Dubos 1926, Scharrer 1933 ja 1936, ym.). Koska kuitenkin kaasun paineen mittaaminen on nopeampaa ja varsinkin kenttäoloissa yksinkertaisempaa kuin tilavuuden, ottivat Wilde ja kirjoittaja manometrin käytäntöön maan katalaasi-vaikutuksen nopeana mittausvälineenä (Wilde & Mikola 1951).

Mittausmenetelmä on seuraavanlainen (kuva 1):



Kuva 1. Katalaasi-vaikutuksen mittauksessa käytetty koje.
Fig. 1. Equipment for a determination of the catalytic power of humus.

Avosuiseen 250 ml:n vetoiseen pulloon (A) pannaan pohjalle tutkittava näyte. Pullon kumitulppaan on metallilangalla kiinnitetty avosuinen astia (B), johon ennen pullon sulkemista pannaan 10 ml 5 % H_2O_2. Kumitulpan läpi on pistetty lasiputki (C), johon edelleen on yhdistetty kumiletku (D). Kumiletkun toinen pää yhdistetään aneroidimanometriin (E). Kun pullo on suljettu ja kumiletku yhdistetty manometriin, kallistetaan pulloa siten, että neste valuu astiasta B pullon pohjalle, ja ravistamalla pulloa sekoitetaan maanäyte nesteeseen. Manometri osoittaa paineen nousua pullossa ja se voidaan lukea esim. 2 tai 5 min:n kuluttua tai voidaan lukemat merkitä muistiin pitemmänkin ajan kuluessa esim. 1 min:n väliajoin.

Tärkein seikka, joka vaikuttaa pullossa määräajassa vapautuvan hapen määrään, on pulloon pannun näytteen suuruus. Menetelmää kehitettäessä oli ensin ratkaistava, mitataanko näytteen suuruus tilavuuden vai painon mukaan. Tilavuutta pidettiin parempana, koska maan paino riippuu suuresti sen vesipitoisuudesta ja koska jouduttiin vertaamaan keskenään mm. humusta ja kivennäismaata, joiden tilavuuspainot ovat perin erilaiset. Näytteen mittana käytettiin lusikkaa, jonka tilavuus oli 3 cm^3. Muutamissa tapauksissa näyte on mitattu pulloon painon mukaan, jolloin siitä on erikseen mainittu. Näytteen tilavuuden määrittäminen on menetelmän suurin epätarkkuus, sillä varsinkin sitkeästä ja löyhärakenteisesta kangashumuksesta on vaikea saada täsmälleen saman suuruisia näytteitä. Epätarkkuutta pyrittiin vähentämään siten, että suuremmasta humuserästä tehtiin useita määrityksiä, vähintään kaksi. Eri määritykset saattoivat poiketa toisistaan jopa 30—50 %, mutta useimmiten ne olivat hämmästyttävän yhdenmukaisia. Jos kaksi peräkkäistä määritystä antoi hyvin samanlaisen tuloksen, otettiin niistä keskiarvo. Jos ne taas suuresti poikkesivat toisistaan, tehtiin vielä kolmas ja neljäs määritys ja otettiin kaikkien keskiarvo.

Vetyperoksidiliuoksen väkevyydellä ei ole suurta vaikutusta menetelmän antamiin arvoihin, kuten ilmenee taulukosta 1. Tämä on sangen tärkeä seikka, koska vetyperoksidi varastoituna vähitellen hajoaa ja sen väkevyys siis muuttuu.

Taulukko 1. Vetyperoksidin väkevyyden vaikutus hapen vapautumisnopeuteen. Kokeessa käytettiin lehtomaisen *Pinus strobus*-metsän pintahumusta.

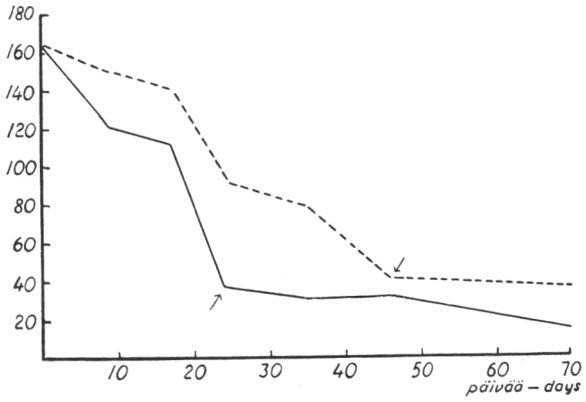
Table 1. Effect of H_2O_2 concentration on the rate of oxygen release. Surface layer of a duff-mull humus of a white pine stand was applied.

H_2O_2:n väkevyys *Concentration of H_2O_2*	Paine, mm Hg *Pressure mm Hg*			
	1 min.	2 min.	5 min.	10 min.
5 %	32	48	78	104
10 %	35	53	87	118

Myöskään pienet erot peroksidiliuoksen määrissä eivät näyttäneet vaikuttavan tulokseen.

Mittaukset suoritettiin aina tuoreista maanäytteistä. Useimmat tutkijat ovat käyttäneet kokeissaan ilmakuivaa maata, jolloin tulosten esittäminen painoyksikköä kohti on helpompaa. Kuten taulukosta 6 ilmenee, on ilmakuivassa maassa katalaasi-vaikutus paljon heikompi kuin tuoreessa. Milloin määritystä ei voitu suorittaa välittömästi näytteen oton jälkeen, näyte säilytettiin kumitulpalla suljetussa lasiputkessa kuivumisen estämiseksi. Määritys voitiin aina kuitenkin suorittaa 3—4 päivän kuluessa. Kuva 2

osoittaa, mitä näytteen näin varastoiminen vaikuttaa katalaasivaikutuksen säilymiseen. Jääkaapissa säilytettynä vaikutus säilyy melko hyvin 2—3 viikkoa.



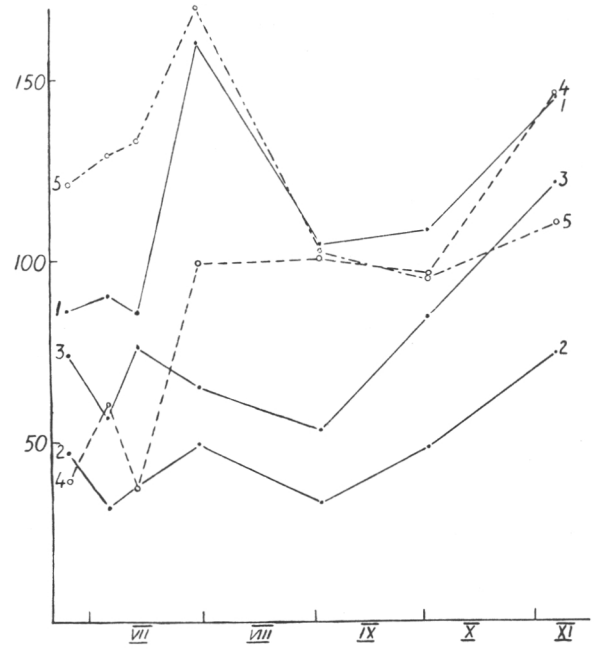
Kuva 2. Näytteen varastoimisen vaikutus katalaasi-vaikutukseen. Maa OMT:n kuusikosta Vihdistä 19. 8. 1952. Paine on mitattu 5 min:ssa. Kokoviiva osoittaa mittaustuloksia näytteistä, jotka säilytettiin suljetuissa putkissa huoneenlämmössä, katkoviiva näytteistä, jotka säilytettiin jääkaapissa. Nuolet osoittavat ajankohtaa, jolloin näytteissä todettiin epämiellyttävä »anaerobi» haju.

Fig. 2. Influence of the storage of samples on the catalytic power. Humus was taken from a spruce stand of Oxalis-Myrtillus type in S. Finland. Pressure is measured after 5 minutes. The solid line indicates c. p. of samples which were stored in stoppered tubes in an ice box, the dotted line that of samples stored at room temperature. Arrows show the time when an unpleasant »anaerobic» smell was found in the samples.

Suoritetut tutkimukset

Katalaasi-vaikutuksen mahdollinen käyttö metsämaan tutkimuksessa riippuu olennaisesti siitä, kuinka muuttumaton tämä ominaisuus on. Sen valaisemiseksi valittiin kesällä 1953 Korkeakoskella viisi metsikköä, joista katalaasi-vaikutus mitattiin eri aikoina kesästä. Kuten kuvasta 3 näkyy, on vaikutus varsinkin sammaleisissa kuusikoissa syksyllä yleensä ollut voimakkaampi kuin keskikesällä, kun taas koivikossa asian laita näyttää olleen pikemminkin päinvastoin. Talven ja kevään osalta havainnot puuttuvat. Ei myöskään ole tietoa siitä, miten pitkäaikainen kuivuus mahdollisesti vaikuttaisi, koska kesä 1953 oli juhannuksesta lähtien sangen sateinen ja maassa siis jatkuvasti oli runsaasti kosteutta.

Miten katalaasi-vaikutus vaihtelee eri syvyyksillä maassa, ilmenee taulukoista 2 ja 3. Se on siis voimakkain karikkeissa ja humuskerroksen pintaosassa ja puuttuu kokonaan muuttumattomasta mineraalimaasta, samoin turvemaassa katalaasi-vaikutus on aivan maan pintakerrokseen rajoittuva ilmiö. Rikastuneessa B-horisontissa katalaasi-vaikutus on voimakkaampi kuin huuhtoutuneessa A-horisontissa.



Kuva 3. Katalaasi-vaikutuksen mittaustuloksia samoista metsiköistä kesän eri aikoina, ilmaistuna paineena 5 min:n kuluttua.
1. 80-vuotias kuusikko OMT:llä.
2. 90-vuotias männikkö hiekkamaan VT:llä.
3. Kuusettunut VT hiekkamaalla.
4. Hidaskasvuinen »väsynyt» kuusikko MT:llä.
5. 50-vuotias kaskiaholle noussut koivikko, OMT.

Fig. 3. Catalytic power of humus in some stands at different times during the summer, presented as pressure after 5 min.
1. 80 yr. old spruce stand of Oxalis-Myrtillus type.
2. 90 yr. old pine stand of Vaccinium type on sandy soil.
3. Spruce stand of Vaccinium type on sandy soil.
4. Old, »tired» spruce stand of Myrtillus type.
5. 50 yr. old birch stand of Oxalis-Myrtillus type, on an old burnt-over area.

Taulukko 2. Katalaasi-vaikutus podsolimaannoksen eri horisonteissa, mitattuna paineena mm Hg 5 min. aikana. (Ruotsinkylä, 14. 9. 1951.)

Table 2. Catalytic power in different horizons of podzol profile, measured as pressure after 5 min.

Metsikön ja maan kuvaus *Description of stand and soil*	Karikekerros *Litter*	Humuskerros *Humus layer*		A	B	C
		F	H			
1. OMT, kuusi-haapa-sekametsä. Humus 3 cm, A 3 cm, B epäselvä *OMT, a mixed stand of spruce and aspen* ..	150	48		2	2	0
2. MT, kuusikko. Humus 3 cm (2 + 1) A 8 cm, B selvä *MT, spruce stand*	114	84	41	11	22	0
3. MT, männikkö Humus 2 cm, A 7 cm, B selvä *MT, pine stand*	89	91		3	25	0
4. CT, männikkö Humus 3 cm, A 2 cm, B epäselvä *CT, pine stand*	ei määr. *not det.*	54		10	19	0

Taulukko 3. Katalaasi-vaikutus eri syvyyksillä maassa, mitattuna paineena mg Hg 5 min. aikana. (Ruotsinkylä 14. 9. 51.)

Table 3. Catalytic power in various depths in organic soils, measured as pressure after 5 min.

Metsikön ja maan kuvaus *Description of stand and soil*	0—2 cm	10 cm	20 cm
1. Korpikangas, turvetta 1 m, koivu-kuusi-sekametsä, 40 v. — *40 yr. old mixed stand on drained swamp; peat layer 1 m* ..	67	10	0
2. ODT, kuusikko, 0—2 cm multamaista kangashumusta, 2—20 cm humuksen sek. multaa, sen alla glei-horisontti — *Spruce stand of good growth. 0—2 cm duff, 2—20 cm mull, 20- cm gley horizon*	32	40	0
3. Ojitettu tervaleppä-saniaiskorpi, turvetta 15 cm, sen alla glei-horisontti — *Black alder stand of Fern type, drained; peat layer 15 cm, 15- cm gley horizon*	22	6	0

Taulukot 4 ja 5 esittävät tuloksia eri metsätyypeissä ja erilaisissa metsiköissä suoritetuista humuksen katalaasi-vaikutuksen mittauksista. Näytteet on otettu maanpinnasta, välittömästi karike- ja sammalkerroksen alta.

Vaikkakin tuloksissa on suurta vaihtelua, näyttää siltä, että katalaasi-vaikutus on voimakkain OMT:n humuksessa ja heikkenee karumpia metsätyyppejä kohti mentäessä. Edelleen katalaasi-vaikutus on voimakkain koivikoissa, sen jälkeen kuusikoissa ja heikoin männiköissä. Sekametsikössä katalaasi-vaikutus on erilainen eri puulajien alla (kohde 6, taul. 4), ja myös puhtaassa metsikössä se vaihtelee pintakasvillisuuden mukaan (kohde 2, taul. 6). Kulottaminen samoin kuin kuumennus autoklaavissa (taul. 6) hävittää humuksen katalaasi-vaikutuksen miltei kokonaan, mutta kasvipeitteen ja pieneliöstön kehittyessä tämä ominaisuus lisääntyy ja saattaa esim. hiljattain kasketuilla mailla olla hyvinkin voimakas. Korvissa katalaasi-vaikutus on heikko ja rajoittuu aivan maan pintaan ja rämeillä melkein puuttuu siitäkin. Erityisesti herättää huomiota katalaasi-vaikutuksen voimakkuus avotunturilla. — Vaikutuksen voimakkuus aukealla kanervakankaalla (kohde 19, taul. 4) johtunee ainakin osittain siitä, että humusnäyte on sisältänyt elävää jäkälää (vrt. kuva 4).

Vielä mainittakoon, että välittömästi koekohteen 5 vieressä olevissa kaura- ja heinäpelloissa oli katalaasi-vaikutus 2 min:ssa 18—32 mm ja 5 min:ssa 34—57 mm, siis metsämaihin verrattuna suhteellisen alhainen.

Koska maan katalaasi-vaikutuksen on todettu riippuvan mm. sen happamuudesta ja orgaanisen aineen määrästä, mitattiin muutamista näytteistä pH ja määritettiin humuspitoisuus hehkutuskevennyksenä (taulukko 6). Näillä seikoilla ei näytä olevan merkitystä ainakaan niissä rajoissa, missä ne meikäläisten metsämaiden humuskerroksessa vaihtelevat.

Taulukko 4. Mittaustuloksia humuskerroksen katalaasi-vaikutuksesta erilaisissa metsiköissä. (Korkeakoski, heinäk. 1953).

Table 4. Determinations of catalytic power of humus layer in different forest types.

Metsätyyppi ja metsikkö sekä vallitseva pintakasvillisuus *Description of site type, stand, and dominant vegetation*	Katalaasi-vaikutus, mm Hg *Catalytic power, mm Hg*	
	2 min.	5 min.
1. OMT; kasvuisa kuusikko, 80 v., seinäsammal	52	90
2. OMT; kuusikko, 100 v., seinäsammal	65	110
3. OMT; taaja lepikkö, 20 v., heinät	46	66
4. OMT; harva koivikko, 50 v., heinät	70	122
5. OMT; harva koivikko, 50 v., heinät	81	144
6a. MT; vanha kaskiala sekametsä, 30 v., heinät, Näyte koivujen alta	146	210
6b. Sama metsikkö, näyte mäntyjen alta	34	72
7. MT; kuusikko, 100 v., seinäsammal	27	56
8. MT; hidaskasvuinen kuusikko, 100 v., seinäsammal	34	68
9. MT; kuusikko, 100 v., seinäsammal	39	69
10. MT; kitulias kuusikko, 100 v., seinäsammal	36	65
11. VT; kuusikko, 100 v., seinäsammal	46	78
12. VT; kuusikko; 100 v. seinäsammal	43	76
13. VT; männikkö, 20 v., kanerva	70	130
14. VT; männikkö, 70 v., varvut-seinäsammal	48	87
15. VT; männikkö, 90 v., varvut-seinäsammal	19	38
16. VT; tiheä sekametsä, 20 v., ruohot	48	87
17. CT; tiheä mäntytaimisto, 20 v. kanerva, (palanut 45 v. sitten)	27	50
18. CT; männikkö, 150 v., kanerva-seinäsammal	12	28
19. CT; aukea (lentokenttä), jäkälä	92	174
20. MT; hakkausala, kulot. voimakk. samana kesänä, kasviton	3	9
21a. MT; hakkausala, kulot. lievästi samana kesänä, kasviton	24	40
21b. Sama hakkuuala, palamaton kohta, ruohot	44	68
22. VT; hakkuuala, kulot. voimakk. samana kesänä, kasviton	13	23
23. MT; hakkuuala n:o 9 vier. kulot. 2 v. sitten, ruohot ja heinät	39	69
24. VT; männikkö, 20 v., kulot. 25 v. sitten, varvut ja ruohot	43	76
25a. Kalliometsä; jäkälälaikku	77	106
25b. » *Pleurozium-Calluna*-laikku	54	90
26. VK; kuusikko, 120 v., metsäkorte	22	51
27. VK; koivikko, 20 v., puolukka + ruohot	12	28
28. IR; männikkö, 150 v., vaivaiskoivu-*Sphagnum*	1	4
29. V-turvekgs.; männikkö, 150 v., puolukka	15	30

Taulukko 5. Mittaustuloksia humuskerroksen katalaasi-vaikutuksesta Pohjois-Suomessa. (Syysk. 1952).

Table 5. Determinations of catalytic power of humus layer of some stands in Northern Finland.

Tutkimuspaikka ja metsikön kuvaus *Location and stand*	Katalaasi-vaikutus mm Hg *Catalytic power, mm Hg*	
	2 min.	5 min.
1. Kivalo, EMT; männikkö, 150 v.	16	41
2. » HMT; kuusikko, 250 v.	25	55
3. » HMT; palanut 30 v. sitten, koivikko	60	110
4. Pallasjärvi, EMT, männikkö, 150 v.	32	73
5. » HMT, kuusikko, 250 v.	19	37
6. Pallastunturi, tunturikoivikko	57	94
7. » avotunturi, *B. nana*-varvikko	102	148
8. » tunturin laki, niukka sammalkasvillisuus	61	95

Taulukko 6. Eräiden metsätyyppien humuskerroksesta otettujen näytteiden happamuus ja humuspitoisuus sekä katalaasi-vaikutus tuoreena, ilmakuivana ja autoklaavissa steriloituna (Ruotsinkylä, heinäk. 1952).

Table 6. The pH, humus content, and catalytic power of humus samples from different forest types. Catalytic power is determined on fresh, air-dried, and autoclaved samples.

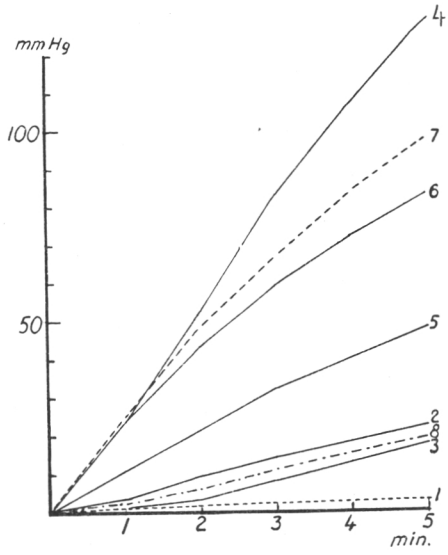
Näytteen alkuperä *Sampling location*	pH	Humus %	Paine mm Hg 5 min:ssa *Pressure, mm Hg, after 5 min.*		
			Tuoreena *Fresh*	Ilmakuiv. *Air-dried*	Autoklavis *Autoclaved.*
1. [1])OMT, hiesumaa, leppävaltainen sekametsä, 20 v. — *OMT, silt soil, 20 yr. old grey alder stand*	5.3	34.3	99	66	0
2a. OMT, hiesumaa, kuusikko, 100 v., F-kerr. — *OMT, silt soil, 100 yr. old spruce stand; F layer*	5.1	69.5	126	88	0
2b. Sama, 5 cm syv. (H-kerr.) *Do, H layer*	4.5	25.8	108	51	0
2c. Sama, *Sphagnum*-laikku *Do, Sphagnum spot*	4.4	90.2	37	1	0
3. OMT, hiesumaa, avohakkausala — *OMT, silt soil, clear-cut area*	4.7	20.2	129	93	0
4. MT, hiekkamaa, kuusikko, 50 v. — *MT, sandy soil, 50 yr. old spruce stand*	4.2	89.9	48	13	0
5. VT, hiekkamaa, männikkö, 22 v. — *VT, sandy soil, 22 yr. old pine plantation*	3.8	ei määr. *not det.*	54	6	0
6. Ojitettu korpi, koivikko, 30 v. — *Drained swamp, birch stand*	4.7	79.4	40	20	0

[1]) Kohteet 1—3 ovat rinnakkain samalla karttakuviolla. Ne ovat maalajin ja metsätyypin puolesta samanlaisia, mutta puuston puolesta mahdollisimman erilaisia.

Metsämaan humuskerros sisältää sangen monenlaisia aineksia, kuten eläviä juuria, elävää ja kuollutta sienirihmastoa ja muita mikrobeja, osittain hajonneita erilaisia kasvinjätteitä, joissa alkuperäinen rakenne vielä on osittain jäljellä, sekä amorfisia humusaineita. Lisäksi maan pinnalla on elävä sammal- ja jäkäläkerros sekä erilaisia karikkeita, jotka ilman selvää rajaa liittyvät varsinaiseen humuskerrokseen. Mihin näistä metsämaan komponenteista katalaasi-vaikutus etupäässä liittyy, sen seikan valaisemiseksi suoritettiin pari koetta. Kahdesta metsiköstä, nim. VT:n männiköstä ja MT:n kuusivaltaisesta sekametsästä, otettiin sekä vihreitä kasvinosia että humusta, josta eri rakenneosat otettiin mahdollisimman tarkoin erilleen ja mitattiin kustakin katalaasi-vaikutus. Määritys tapahtui siten, että pulloon pantiin tuoretta näytettä 1 g ja vetyperoksidia 10 ml ja paineen nousua pullossa seurattiin 5 min. ajan. Tulokset ovat kuvissa 4 ja 5.

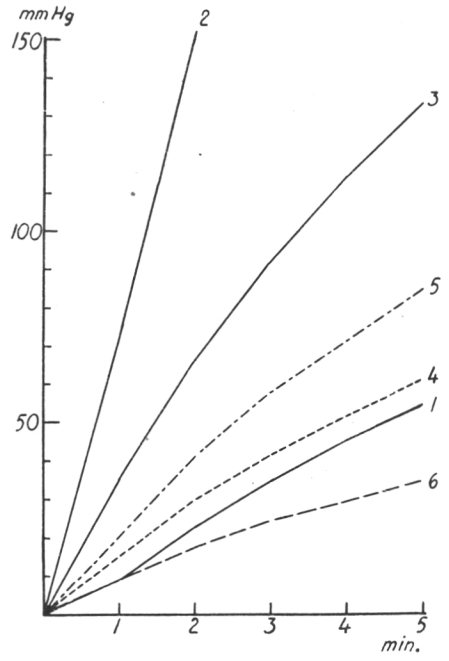
Tämän mukaan voimakkain katalaasi-vaikutus näyttää olevan elävässä sammalessa ja jäkälässä sekä sangen voimakas myös niissä humuksen osissa, missä mikrobitoiminta on vilkasta, kuten hajaantumisen alkuvaiheissa olevissa karikkeissa ja juurten ja erityisesti mykoritsain läheisyydessä

(ns. ritsosfäärissä), kun taas pitemmälle hajonneissa melko stabiilissa tilassa olevissa humusaineissa vaikutus on heikompi. Vasta maahan pudonneissa karikkeissa, joissa mikrobien hajoitustoiminta ei ole vielä alkanut, katalaasivaikutus on verrattain heikko. Vaikutus oli melkein 0 tuoreissa kokonaisissa männyn neulasissa, joissa vahakerros ilmeisesti esti vetyperoksidin pääsemästä kosketukseen soluissa olevien entsyymien kanssa; paloitelluissa neulasissa todettiin kaasun kehitystä vain leikkauspinnoista.



Kuva 4. Katalaasi-vaikutus muutamissa kasvinosissa sekä humuksessa VT:n männikössä, Ruotsinkylä, 31. 10. 1953. Näytteen suuruus 1 g tuoretta painoa.
1. Vihreät männyn neulaset kokonaisina.
2. » » » silputtuina.
3. Vasta maahan varisseet männyn neulaset kokonaisina.
4. *Cladonia,* tuore.
5. Humuskerroksen pintaosaa (F-kerrosta), sisältää etupäässä kuollutta seinäsammalta.
6. Humuskerroksen pohjaosaa (H-kerrosta), sisältää runsaasti sienirihmastoa.
7. Männyn juuria ja mykoritsoja sekä niiden lähintä ympäristöä (ritsosfääriä).
8. Hiekansekaista humusta humuskerroksen ja uutemaan rajalta.

Fig. 4. Catalytic power of some plants and humus constituents in a pine stand of Vaccinium type.
1. Green pine needles.
2. Do, chopped.
3. Recently fallen brown needles.
4. Fresh Cladonia-lichens.
5. F-layer, mainly dead Hylocomium.
6. H-layer, rich in fungal mycelia.
7. Pine roots and mycorrhizae with humus of rhizosphere.
8. Mixed humus and sand between humus and mineral layers.

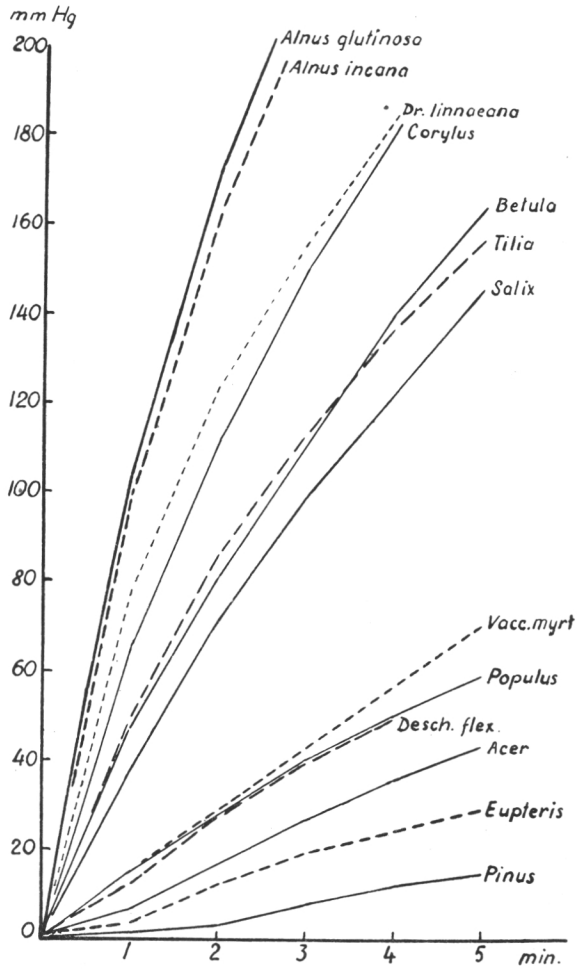


Kuva 5. Katalaasi-vaikutus muutamissa kasvinosissa sekä humuksessa MT:n kuusivaltaisessa sekametsässä, Ruotsinkylä, 25. 10. 1953. Näytteen suuruus 1 g tuoretta painoa.
1. Vasta maahan varisseet koivun lehdet.
2. Sammalen (*Pleurozium*) vihreä osa.
3. Sammalen ruskea (kuollut?) osa.
4. Vanhoja kuusenneulaskarikkeita sammalen seasta.
5. Kuusen juuria ja mykoritsoja sekä niiden lähintä ympäristöä (ritsosfääriä).
6. Amorfista humusta 8 cm:n syvyydeltä.

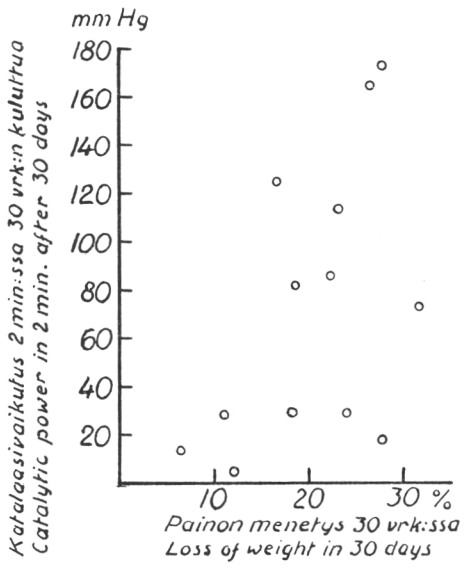
Fig. 5. Catalytic power of some plants and humus constituents in a mixed spruce stand of Myrtillus type.
1. Recently fallen birch leaves.
2. Green moss (Pleurozium).
3. Brown (dead) part of mosses.
4. Old spruce needle litter among mosses.
5. Spruce roots and mycorrhizae with humus of rhizosphere.
6. Amorphous humus from 8 cm depth.

Koska katalaasi-vaikutus näyttää olevan erityisesti mikrobien toimintaan ja karikkeiden hajaantumiseen liittyvä ilmiö, suoritettiin vielä seuraava koe. Pulloihin pantiin erilaisia karikkeita 1 g ilmakuivaa ainetta ja 2 ml vettä sekä ympättiin metsämaan mikrobeilla. Katalaasi-vaikutus mitattiin 1 ja 2 kk:n kuluttua. Tulokset 1 kk:n kuluttua ovat kuvassa 6. Toisilla pulloilla, joihin oli karikkeita pantu 5 g ja vettä 20 ml, määritettiin hajaantumisen tehokkuus painon menetyksenä. Tulokset ovat taulukossa 7.

Suurin piirtein voidaan todeta, että mitä nopeammin karikkeet ovat hajonneet, sitä voimakkaampi on ollut katalaasi-vaikutus, mutta kuten kuvasta 7 nähdään, suuriakin poikkeuksia on tästä säännöstä.



Kuva 6. Muutamien metsäkarikkeiden katalaasi-vaikutus 1 kk:n hajaantumisen jälkeen.
Fig. 6. Catalytic power of forest litter after 1 month's decomposition.



Kuva 7. Karikkeiden hajaantumisnopeus (abskissa) ja katalaasi-vaikutus (ordinaatta) laboratoriokokeessa.

Fig. 7. Rate of decomposition (abscisse) and catalytic power (ordinate) of different kinds of forest litter in the laboratory.

Taulukko 7. Muutamien metsäkarikkeiden pH, painon menetys ja katalaasi-vaikutus laboratoriokokeessa.

Table 7. pH, loss of weight, and catalytic power of decomposing litter in a laboratory experiment.

Karikelaji *Kind of litter*	pH			Painon menetys, % *Loss of weight, %*		Paine 2 min:ssa, mm Hg *Pressure after 2 min. mm Hg*	
	alussa *initial*	1 kk *after 1 month*	2 kk *after 2 months*	1 kk:ssa	2 kk:ssa	1 kk	2 kk
Pinus silvestris	4.1	4.5	4.9	12.1	16.8	3	7
Betula	5.6	6.9	7.0	18.7	28.1	81	96
Populus tremula	5.8	7.2	7.9	24.1	35.4	27	34
Alnus incana	5.4	7.7	8.2	26.9	33.3	164	207
A. glutinosa	5.0	6.9	7.5	27.7	38.8	172	156
Tilia cordata	5.5	7.5	7.8	22.4	31.2	86	60
Acer platanoides	4.4	6.4	6.3	27.7	33.7	16	37
Salix caprea	6.1	7.6	8.1	31.5	41.6	71	43
Corylus avellana	5.8	7.2	7.4	23.4	33.8	113	112
Vaccinium myrtillus	4.1	6.3	6.6	17.8	27.0	29	16
Eupteris aquilina	5.3	6.0	5.3	6.4	13.1	12	14
Dryopteris linnaeana	5.7	6.7	6.7	16.7	21.4	124	109
Deschampsia flexuosa	5.1	5.2	5.0	10.9	14.1	27	30

Tulosten tarkastelua

Metsähumuksella on yleensä sangen voimakas kyky hajoittaa vetyperoksidia. Jo Waksman ja Dubos (1926, ss. 416—417) kiinnittivät huomiota tähän metsähumuksen »räjähdysmäiseen» voimaan, jonka he havaitsivat olevan ominaista myös sienisolukolle.

Kuten edellä on mainittu, maan katalaasi-vaikutus voi johtua kolmesta maassa olevasta aineryhmästä, nimittäin epäorgaanisista katalysaattoreista, tietyistä katalyyttisesti vaikuttavista orgaanisista aineista, etenkin bentsolijohdannaisista, ja varsinaisista entsyymeistä. Eri tutkijain käsitykset vaihtelevat suuresti siinä suhteessa, mikä näistä tekijöistä on tärkein. Eri maat ovat tässä suhteessa ilmeisesti hyvin erilaisia. Scharrer (1924), Pfeil (1932) ym. pitävät epäorgaanisia katalysaattoreita tärkeimpinä, kun taas mm. Waksman ja Dubos (1926) korostavat ilmiön biokemiallista puolta ja mikrobien osuutta siinä. Waksman (1932 s. 711) ehdottaa katalaasi-vaikutuksen mitattavaksi erikseen steriloimattomasta, autoklaavissa steriloidusta ja hehkutetusta maasta, jolloin eri tekijäin merkitystä voidaan arvioida.

Metsähumus poikkeaa monessa suhteessa suuresti viljelysmaista, joiden katalaasi-vaikutusta on tutkittu. Tällaisia metsähumuksen erikoisominaisuuksia ovat mm. voimakas happamuus ja suuri orgaanisen aineen pitoisuus. Edellä selostetut kokeet osoittavat melko selvästi, että metsähumuksen katalaasi-vaikutus on peräisin pääasiassa sen orgaanisesta ja nimenomaan elävästä osasta. Tähän viittaa jo se, että autoklaavissa sterilointi hävittää vaikutuksen kokonaan ja pelkkä kuivauskin alentaa sen murto-osaan alkuperäisestä. Jos autoklaavissa steriloidut karikkeet, joiden katalaasivaikutus on 0, ympätään maamikrobeilla, karikkeissa on 2—3 viikon kuluttua jokseenkin sama katalaasi-vaikutus kuin ennen sterilointia. Tosin kuivattaessa ja autoklavisoitaessa saattaa tapahtua muutoksia myös kuolleissa humusaineissa, vieläpä maan epäorgaanisessakin osassa, joten humuksen katalaasi-vaikutuksen ei tarvitse kokonaan johtua elävien solujen muodostamista entsyymeistä. Vaikutus on kaikkein voimakkain elävässä sienirihmastossa, kuten jäkälässä ja nopeasti lahoavissa karikkeissa, samoin mykoritsoissa ja myös vihreissä kasveissa, esim. sammalessa, mikäli kasvin pinnalla ei ole eristävää kerrosta, joka estää vetyperoksidia pääsemästä kosketukseen entsyymien kanssa. Katalaasi-vaikutuksen lisääntyminen sammaleisten metsien humuskerroksessa loppukesällä johtunee siitä, että sienien toiminta maassa on loppukesällä vilkkaimmillaan; on syytä tässä yhteydessä huomauttaa, että tutkimuskesän 1953 syyspuoli oli erittäin sateinen ja metsässä oli poikkeuksellisen runsaasti sieniä. — Lehtomaisissa lehtimetsissä taas, missä maan humuspitoisuus on kangasmetsien humuskerrokseen verrattuna sangen pieni, voi katalaasi-vaikutuksen aleneminen kesän mittaan osoittaa humuspitoisuuden pienenemistä. Pienestä humus-

pitoisuudesta johtunee myös taulukossa 4 näkyvä suhteellisen alhainen katalaasi-vaikutus lepikön maassa.

Podsolimaannoksen B-horisontissa havaittava selvä katalaasi-vaikutus (taulukko 2) voi johtua ainakin osittain raudasta ja muistakin epäorgaanisista aineista. Tähän kysymykseen ei ole edellä enempää puututtu, vaan on rajoituttu humuskerrokseen. Peltomaassa tehdyissä tutkimuksissa on yleensä emästen todettu lisäävän katalaasi-vaikutusta, niinpä maan kalkitseminen on sitä voimakkaasti lisännyt (Waksman & Dubos 1926). On mielenkiintoista todeta, että metsämaan kulotus alentaa jyrkästi katalaasi-vaikutusta, sitä enemmän, mitä perusteellisempi kulotus on. Kulotuksessa tulee maahan liukoisia emäksiä ja pH nousee voimakkaasti, minkä pitäisi lisätä katalaasi-vaikutusta, mutta ilmeisesti paljon suurempi merkitys on kulotuksen eliöitä ja entsyymejä tuhoavalla vaikutuksella. Kulotuksen jälkeen katalaasi-vaikutus lisääntyy jälleen sitä myöten kuin kasvipeite ja mikrobien toiminta voimistuvat.

Maan katalaasi-vaikutus on ilmeisesti yhteydessä myös sen hapetus-pelkistyspotentiaalin kanssa. Niinpä soilla katalaasi-vaikutusta on vain aivan maan pinnassa, missä olot ovat aerobit, mutta anaerobeissa oloissa tämä ominaisuus suoturpeelta puuttuu kokonaan. Olosuhteiden muuttuminen anaerobeiksi on todennäköisenä syynä myös siihen katalaasi-vaikutuksen jyrkkään laskuun, joka esiintyy tuoreita humusnäytteitä suljetussa tilassa säilytettäessä (kuva 2). Tämä sopii hyvin yhteen vanhan havainnon kanssa, että useimmilta anaerobeilta mikrobeilta puuttuu katalaasi-entsyymi.

Metsähumuksessa ja karikkeissa, missä epäorgaanisten katalysaattorien merkitys on vähäinen, katalaasi-vaikutus on seuraus pääasiassa elävien solujen toiminnasta ja kuvastaa suurin piirtein aerobien mikrobien toiminnan vilkkautta. Toisaalta mikrobien toiminta on tietyssä suhteessa maan — myös metsämaan (Svinhufvud 1938) — viljavuuteen, jopa siinä määrin, että mikrobien luvun määrittämistä yleisesti käytetään yhtenä, joskaan ei täysin luotettavana menetelmänä maan viljavuutta tutkittaessa (Waksman 1932). Katalaasi-vaikutuskin siis jossakin määrin saattaa kuvastaa maan yleistä viljavuutta, vaikka aivan vastakkaisiakin esimerkkiä on runsaasti. Niinpä vaikutus voi olla hyvin suuri ohuessa humuskerroksessa jäkälän alla paljaalla kalliolla (kohde 25 a, taul. 4) ja verraten heikko rehevässä saniaislehtokorvessa (kohde 3, taul. 3).

Käytännöllisiä sovellutuksia

Koska katalaasi-vaikutus on metsämaassa sangen voimakkaana esiintyvä ilmiö, jonka suhteen erilaiset maat suuresti eroavat toisistaa, herää luonnostaan ajatus, miten näin silmiinpistävää ja helposti mitattavaa ominai-

suutta voitaisiin käyttää hyväksi maan tutkimuksessa ja käytännöllisessä metsänhoidossa. Maan viljavuuden osoittajana se on sangen epäluotettava tai suorastaan harhaanjohtava tunnus, mutta joidenkin erikoistapausten tutkimisessa sen mittauksella voitaneen varmentaa ja täydentää muiden havaintojen tai mittausten antamia tuloksia. Voidaan esim. ajatella seuraavanlaisia tapauksia:

Samassa kehitysvaiheessa olevissa sammaleisissa kuusikoissa maan katalaasi-vaikutus ja puuston kasvu näyttävät olevan melko suoraan verrannollisia. Katalaasi-vaikutuksen heikkous osoittaa maan »väsymistä» tai »sairautta». Maan »sairauden» tutkimisessa tätä ominaisuutta on käytetty aikaisemminkin (P f e i l 1932).

Kulotuksen teho paksuun kangashumukseen voidaan myös osoittaa katalaasi-vaikutuksen avulla. Voimakkaassa kulotuksessa kuumuus on hävittänyt katalaasi-vaikutuksen koko humuskerroksesta, kun taas lievän kulotuksen jälkeen palamatta jääneessä humuksessa tämä ominaisuus on jäljellä.

Suurin merkitys katalaasi-vaikutuksella kuitenkin lienee metsämaan aerobisuuden osoittajana. Tämän kyvyn puuttuminen humuskerroksen alaosassa on selvä merkki olosuhteiden anaerobisuudesta, ts. maan soistumisesta. Soistumisvaara voitaneen näin todeta jo ennen varsinaisten suokasvien esiintymistäkin. Hapetus-pelkistyspotentiaali on viime aikoina saanut yhä kasvavan huomion osakseen kasvupaikkatekijänä. Katalaasivaikutus voinee tarjota erään apukeinon tämän maastossa vaikeasti mitattavan ominaisuuden tutkimisessa.

Kirjallisuutta

Pfeil, E. 1932. Über den Einfluss der Zustandsform des Mangans und Eisens auf die katalytische Kraft gesunder und säurekranker Böden. Zeitschr. f. Pflanzenernähr., Düng. u. Bodenkunde, 23 : 129—139.

Scharrer, K. 1933. Reaktionskinetik der Hydroperoxyd spaltenden Eigenschaft der Böden. Zeitschr. f. Pflanzenernähr., Düng. u. Bodenkunde, 31 : 27—36.

—»— 1936. Über katalytische Eigenschaften der Böden. Forschungsdienst, 1 : 824—831.

Svinhufvud, V. E. 1937. Untersuchungen über die bodenmikrobiologischen Unterschiede der Cajander'schen Waldtypen. Acta Forest. Fenn., 44, 1.

Waksman, S. A. 1932. Principles of soil microbiology. 2 ed. Baltimore.

Waksman, S. A. & Dubos, R. J. 1926. Microbiological analysis of soil as an index of soil fertility: X. The catalytic power of the soil. Soil Science 22 : 407—420.

Wilde, S. A. & Mikola, P. 1951. Rapid determination of catalytic capacity of humus and soil. Techn. Notes No 38. State Cons. Dept. and Coll. of Agric., Madison, Wis.

PRELIMINARY STUDIES ON THE CATALYTIC POWER OF FOREST HUMUS

Summary

Introduction

The ability of soil to split hydrogen peroxide into water and free oxygen has been known for more than a century. This soil property is usually called the catalytic power or catalytic capacity of soil although soil possesses other catalytic properties too. Possible causes of the catalytic power of soil are true enzymes, originating from microorganisms or higher plants, other organic compounds, or inorganic substances such as iron and manganese oxides. In some degree the catalytic power reflects the fertility of soil; its use, however, has not corresponded to early expectations of its use as a tool in soil fertility studies. This is due to the fact that catalytic power is caused by several widely different factors, as is shown e. g. by W a k s m a n & D u b o s (1926), and S c h a r r e r (1936).

Hitherto the catalytic power of humus has received no attention in forest soil studies. This paper presents some results of determinations of the catalytic power of humus in different Finnish forest soils.

Method

W i l d e and M i k o l a (1951) developed a simple manometric technique for the rapid determination of catalytic power in the field. The method is briefly as follows (Fig. 1):

A full measuring spoon of 3 ccm of humus is placed in a 250 ml reaction vessel A, and 10 ml of 5 % H_2O_2 is poured into a small glass vial B. The reaction vessel is connected to an aneroid manometer E by rubber tubing D. The peroxide is poured from the small vial into the bottom of the reaction vessel, which is then shaken vigorously. Manometer readings are made after 2 or 5 minutes, or recorded at 1 min. intervals.

Slight differences in the amount of peroxide or in its strength had no appreciable influence on the results. On the other hand the amount of humus was most important. Therefore the method was not very accurate because soil samples of exactly same size are hard to take, especially from tough and fibrous raw humus.

Determinations were always made on fresh humus samples. Drying of soil decreases catalytic power considerably (cf. Table 6), as does prolonged storage in moist condition (Fig. 2).

Experimental

In podzol profile the catalytic power was highest in litter and in the upper layer of humus, and completely absent in the unchanged subsoil. In the enriched B horizon the catalytic power was higher than in the leached A_2 horizon (Table 2). In peat soils catalytic power occurs in the uppermost layer only (Table 3).

In widely different forest types it was hard to find any correlation between site productivity and the catalytic power of humus. In general, catalytic power was higher in deciduous than in coniferous forests and higher in spruce than in pine stands. It is very low in Sphagnum moss. Burning of slash and ground vegetation almost entirely destroys the catalytic power of humus, as does heating the humus samples in an autoclave (Table 6). Neither the acidity of humus nor its content of organic matter affected the catalytic power (Table 6).

The catalytic power of some constituents of the humus layer is presented in Figs. 4—5. Catalytic power is highest in living mosses and lichens, and very high also in those parts of the humus where microorganisms are most active, e. g. in mycorrhizas and the rhizosphere.

Decomposing litter has a high catalytic power (Fig. 6). A slight correlation between the rate of decomposition and the catalytic power of litter can be established (Table 7, Fig. 7).

Discussion

Forest humus usually has a very high catalytic power, apparently due to a high content of organic matter and strong microbial activity.

The catalytic power of forest humus is predominantly of enzymatic origin, as is shown by the fact that heating in an autoclave destroys catalytic power completely. When fresh litter material is sterilized in an autoclave and then inoculated with soil microorganisms a high level of catalytic power is attained in a few weeks.

The conclusion reached is that the catalytic power of forest humus reflects both the activity of aerobic microorganisms and the oxidation-reduction potential of soil.

The eventual use of catalytic power in practical forest soil studies is discussed. Although catalytic power can not serve as an indicator of soil fertility its determination may prove useful in studying certain special problems. Thus the lack of catalytic power in humus very likely indicates anaerobic conditions, i. e. excessive moisture. Because the oxidation-reduction potential of soil is hard to measure in the field catalytic power may offer an indirect way to approach this soil property.

METSÄMAAN KANTASIENIEN KYVYSTÄ HAJOITTAA NEULAS- JA LEHTIKARIKKEITA

PEITSA MIKOLA

EXPERIMENTS ON THE ABILITY OF FOREST SOIL *BASIDIOMYCETES* TO DECOMPOSE LITTER MATERIAL

SUMMARY IN ENGLISH

HELSINKI 1954

Sisällys

Sivu

Johdanto 3
Suoritetut kokeet 5
Lopputarkastelua 13
Kirjallisuutta 15

Summary 16

Helsinki 1954. Valtioneuvoston kirjapaino

Johdanto

Metsämaahan tulee vuosittain karikkeiden muodossa useita tonneja hehtaaria kohti orgaanista ainetta, joka välittömästi joutuu maassa olevien mikrobien hajoitettavaksi. Karikkeiden hajaantumisen nopeus riippuu ennen kaikkea niiden sisältämien aineiden vastustuskyvystä sekä mikrobien kyvystä hajoittaa tiettyjä aineita. Nopeimmin hajaantuvat sokerit ym. veteen liukenevat aineet, sen jälkeen hemiselluloosat ja selluloosa, ja vaikeimmin hajaantuvina pidetään yleensä ligniiniä sekä vahoja, hartseja ym. aineita, mitä karikkeisiin sisältyy pienin määrin.

Metsäkarikkeet sisältävät suhteellisen runsaasti ligniiniä, keskimäärin n. 20 % kuiva-aineestaan. Sen vuoksi ligniinin hajoitus on keskeinen kysymys karikkeiden hajoamisen ja metsähumuksen synnyn tutkimisessa. Koska useimmat bakteerit eivät kykene hajoittamaan ligniiniä ja sädesienet taas, joita peltomaassa pidetään tärkeinä ligniinin hajoittajina, eivät menesty voimakkaasti happamassa ympäristössä (Waksman 1950), on huomio kiintynyt sienien merkitykseen metsäkarikkeiden hajoittajina. Kyky hajoittaa ligniiniä todettiin ensin puuainetta lahottavilla sienillä, joista toiset, ns. tumman lahon aiheuttajat, hajoittavat puusta etupäässä selluloosan jättäen ligniinin jäljelle, ja vaalean lahon aiheuttajat taas hajoittavat myös ligniiniä, usein vieläpä nopeammin kuin puun muita aineosia (Falck 1926). Falck (1923, 1930) kiinnitti ensimmäisenä huomiota kantasienien merkitykseen ligniinin hajoittajina metsämaassa. Myöhemmin on erityisesti Lindeberg (1944, 1946) tutkinut metsämaan kantasienien kykyä hajoittaa karikkeiden eri aineosia. Hän totesi (1944), että tutkituista 14 *Marasmius*-lajista 13 pystyi hajoittamaan sekä selluloosaa että ligniiniä, niistä 6 lajia ligniiniä nopeammin kuin selluloosaa, ja vain *M. chordalis* ilmeisesti oli kykenemätön hajoittamaan ligniiniä. Sen jälkeen (1946) hän kokeili 32 eri kantasienilajia, jotka kaikki ovat tyypillisiä metsäsieniä, useimmat maassa, osa kannoissa kasvavia, ja nämä kaikki olivat tehokkaita karikkeiden hajoittajia. Yksi laji *(Clavaria gracilis)* pystyi hajoittamaan vain ligniiniä, kaikki toiset vaihtelevissa suhteissa sekä selluloosaa että ligniiniä.

Melin (1925) totesi mykoritsasienet jokseenkin kykenemättömiksi käyttämään selluloosaa. Myöhemmin on Norkrans (1944, 1950) perusteellisesti selvittänyt metsämaan saprofyyttisten ja mykoritsasienien välisiä eroja.

Metsämaassa elävien sienien elontoiminnan ja ominaisuuksien tutkiminen on tärkeätä kahdelta eri kannalta. Toisaalta kysymyksessä on sangen suuri eliöryhmä, jonka fysiologisten ominaisuuksien selvittely tarjoaa laajan työkentän kasvifysiologeille. Toisaalta karikkeiden hajaantuminen, niissä olevien ravinteiden vapautuminen ja humuksen muodostuminen ovat käytännön metsänhoidon kannalta ensiarvoisen tärkeitä kysymyksiä, joiden selvittäminen ja hallitseminen edellyttävät niihin osallistuvien eliöiden kaikinpuolista tuntemista. Tämän alan tutkimisessa ollaan jo hyvällä alulla, mutta toistaiseksi niiden kantasienien lukumäärä, jotka varmuudella tiedetään karikkeiden hajoittajiksi, samoin kuin todistettujen mykoritsain muodostajienkin määrä (Melin 1936, Modess 1941), on melko vaatimaton metsämaan tavallistenkin kantasienien suureen lukuun verrattuna.

Seuraavassa esitetään tuloksia muutamista kokeista, joissa sienipuhdasviljelmien on annettu kasvaa erilaisilla metsäkarikkeilla. Kokeiden tarkoituksena oli hankkia lisävalaistusta metsämaan suuren sienilajiston ominaisuuksista sekä toisaalta myös täydentää kokonaiskuvaa metsäkarikkeiden hajaantumisesta sekä kantasienien merkityksestä siinä. Kokeet on tehty Metsäntutkimuslaitoksen biologisessa laboratoriossa 1952—53.

Suoritetut kokeet

Kokeissa käytettiin kaikkiaan 41 kantasienilajia, joiden puhdasviljelmät oli hankittu kasvattamalla itiöemän sisästä steriilisti otettu kappale sienisolukkoa ravintoagarilla. Lisäksi oli yhdessä kokeessa mukana koivun mykoritsasta 1946 eristetty *Cenococcum graniforme* sekä neljä lajiltaan määrittämätöntä, metsähumuksesta eristettyä hometta. Kokeiltavaksi otettiin sellaisia sieniä, jotka kasvoivat suhteellisen hyvin ravintoalustalla ja joiden siis voitiin odottaa jatkavan kasvuaan myös karikkeille siirrettyinä sekä joiden tiedetään tai voitiin epäillä pystyvän hajoittamaan karikkeita. Vertauksen vuoksi otettiin kokeisiin mukaan myös joitakin mykoritsain muodostajiksi tunnettuja tai epäiltyjä lajeja, jotka kasvoivat hyvin agaralustalla.

Karikkeet oli kerätty syksyllä 1951 puiden alta välittömästi lehtien tai neulasten varisemisen jälkeen. Vain kuusenneulaskarikkeet oli kerätty syksyllä metsäpolulta, ja ne olivat siis olleet maassa pitemmän aikaa, osa ehkä vuosia. Karikkeiden alkuperä ja niiden muutamia ominaisuuksia selostetaan toisessa yhteydessä (M i k o l a 1954).

Koska tutkittavana oli sienien kyky hajoittaa karikkeiden orgaanisia aineita, koetettiin muut olosuhteet tehdä mahdollisimman suotuisiksi antamalla sienille liuoksessa ravinteita, joista muutoin saattoi olla puutetta. Koeastiaan (petri-maljaan tai koeputkeen) pantiin sen vuoksi 0.5 g ilmakuivia karikkeita sekä 5 ml ravintoliuosta, jonka kokoonpano oli seuraava:

KH_2PO_4	1 g	$FeCl_3$ (1 %)	0.5 ml
NH_4-tartraattia	5 »	$MnSO_4 \cdot 4H_2O$ (1 %) ..	0.5 »
$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	0.5 »	$ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ (1 %) ...	0.5 »
CaCl (0.1 m.)	5 ml	H_2O	1 000 »

Tämä on sienien kasvattamisessa yleisesti käytetty standardiravintoliuos, josta orgaaninen hiililähde on jätetty pois.

Kokeet tapahtuivat siten, että koeastiaan pantiin punnittu määrä karikkeita ja steriloitiin autoklaavissa. Erikseen steriloitiin ravintoliuos ja kaadettiin koeastiaan karikkeiden päälle. Sen jälkeen siirrostettiin karikkeille tutkittavan sienen kasvustoa n. 5 × 5 mm:n suuruinen kappale

agarilta. Koeastiat pidettiin +19—20°C lämpötilassa. Haihdunnan kautta poistunut nestemäärä korvattiin vedellä 2 kk. kokeen alkamisesta. Kokeen päätyttyä karikkeet kuivattiin 2 vrk. +105°C lämpötilassa ja punnittiin. Alkuperäispaino saatiin käsittelemällä muutamia karike-eriä muutoin aivan samalla tavalla, mutta ymppäämättä sienipuhdasviljelmällä.

Ensimmäisissä alustavissa kokeissa käytettiin koeastioina petri-maljoja. Kokeiltavat kasvualustat olivat männyn ja kuusen neulaset, koivun ja haavan lehdet sekä puhdas selluloosa (suodatinpaperi). Tulokset, ts. karikkeiden kuivapainon menetys %:na alkuperäisestä, on esitettynä taulukoissa 1 ja 2. Koska kutakin yhdistelmää oli vain kaksi rinnakkaisviljelmää, on tulokset käsitettävä likimääräisinä ja sen vuoksi myös prosenttiluvut, jotka siis tavallisesti ovat kahden luvun keskiarvoja, on esitetty ilman desimaaleja.

Jos sieni ei ole lainkaan ruvennut kasvamaan karikkeilla, on sen kohdalle taulukkoihin merkitty viiva. Jos sen sijaan sieni on kasvanut, mutta painon vähennystä ei karikkeissa ole selvästi todettu, on sille kohdalle merkitty 0. Pieni painon vähennys, joka voi mahtua koevirheen rajoihin, on merkitty △.

Taulukko 1. Karikkeiden kuiva-aineen menetys 130 vrk:ssa (Koe 1).
Table 1. Loss of dry weight of litter in 130 days (Exp. 1).

Sienilaji *Fungus*	Kuiva-aineesta hävinnyt, % *Loss of dry weight, per cent*				
	Männyn neulaset *Pine needles*	Kuusen neulaset *Spruce needles*	Koivun lehdet *Birch leaves*	Haavan lehdet *Aspen leaves*	Suodatinpaperi *Filter paper*
Clavaria ligula Schaeff.	16	28	36	40	3
Collybia confluens (Pers)	14		14	28	14
Marasmius perforans (Hoffm.)	50	40	65	56	32
Mycena sanguinolenta (A. & S.)	41	33	40	40	20

Taulukko 2. Karikkeiden kuiva-aineen menetys 90 vrk:ssa (Koe 2).
Table 2. Loss of dry weight of litter in 90 days (Exp. 2).

Sienilaji *Fungus*	Kuiva-aineesta hävinnyt, % *Loss of dry weight, per cent*				
	Männyn neulaset *Pine needles*	Kuusen neulaset *Spruce needles*	Koivun lehdet *Birch leaves*	Haavan lehdet *Aspen leaves*	Suodatinpaperi *Filter paper*
Armillaria mellea (Vahl)	△	0	14	18	4
Boletus luteus L.	0	0	—	0	0
» *variegatus* Schwartz.	△	0	△	—	0
Cenococcum graniforme (Sow.)	0	0	△	0	0
Clitocybe cerussata Fr.	△	20	32	23	11
Collybia dryophila (Bull.)	13	28	60	52	△
Cortinarius armillatus Fr.	0	0		0	0
Cystoderma carcharias (Pers.)	△	0	0	0	0
Mycena galopus (Pers.)	20	24	36	43	13
» *lactea* (Pers.)	9	17	41	43	13
Pholiota mutabilis Schaeff.	9		16	30	28

Seuraavassa kokeessa (Koe 3) otettiin kokeiltavaksi suurempi joukko sieniä, jotka siirrostettiin männyn neulas- ja koivun lehtikarikkeille. Koska petri-maljoja oli vaikea suojella ulkopuoliselta infektiolta, käytettiin koeastioina vanutulpalla suljettuja koeputkia. Koeputket pidettiin vinossa asennossa, jolloin kosteuden jakaantuminen oli parempi, vaikkakaan sienien kasvuolosuhteet eivät olleet niin hyvät kuin petri-maljoissa. Koska tarkoituksena oli vain saada selville, pystyykö tietty sieni hajoittamaan karikkeita vai ei, supistettiin koeaika 60 vrk:ksi. Tulokset ovat taulukossa 3.

Rinnan tämän kokeen kanssa kokeiltiin muutamien tehokkaiksi hajoittajiksi tunnettujen sienien kasvua useilla erilaisilla karikkeilla (Taulukko 4).

Kokeissa käytetyistä sienikannoista osa oli melko vanhoja, joten ne kauan keinotekoisella ravintoalustalla kasvatettuina olivat saattaneet menettää joitakin alkuperäisiä ominaisuuksiaan. Sen vuoksi se seikka, että jokin sieni ei ole kokeessa pystynyt hajoittamaan karikkeita, ei mitenkään todista, että kyseinen laji olisi siihen luonnossakin kykenemätön. Mutta jos jokin sieni kokeessa on hajoittanut karikkeita tehokkaasti, on ainakin hyvin todennäköistä, että se pystyy siihen myös luonnossa. Joillakin sienillä ligniinin ja selluloosan hajoituskyky säilyy ilmeisesti vuosia vähentymättömänä, niinpä kokeissa käytetty *Collybia dryophilan* kanta oli eristetty jo 1948.

Sienien kykyä hajoittaa karikkeiden selluloosaa ja ligniiniä tutkittiin myös määrittämällä kokeen päätyttyä muutamien karike-erien ligniini- ja selluloosapitoisuus. Hajoaminen oli kuitenkin ollut yleensä niin vähäistä ja käytettävät karikemäärät niin pieniä, että vain tehokkaimpien hajoittajien kyvyistä saatiin tässä suhteessa selvyyttä. Vähäinenkin ligniinin hajoitus voitiin kuitenkin todeta karikkeiden värin voimakkaana vaalenemisena sienen vaikutuspiirissä.

Amanita-suvusta oli kokeessa mukana vain *A. porphyrea*, joka todennäköisesti on mykoritsasieni. Karikkeilla se ei suostunut kasvamaan ollenkaan, vaikka kyseinen kanta kasvoi agarilla melko hyvin. Melinin (1925) ym. tutkimusten mukaan metsäpuiden mykoritsasienet yleensä ovat kykenemättömiä käyttämään selluloosaa tai muita liukenemattomia hiiliyhdisteitä, mutta sen lisäksi, kuten Melin (1946) ja Norkrans (1944) ovat osoittaneet, metsäkarikkeissa on mykoritsasienien kasvua ehkäiseviä aineita. Lindeberg (1948) on yksinkertaisella menetelmällä tutkinut useiden metsämaan sienien kykyä muodostaa ligniiniä hajoittavia entsyymejä, ja hänenkin kokeessaan *A. porphyrean* reaktio oli negatiivinen.

Armillaria mellea on tunnettu metsäpuiden loiseksi, mutta kasvaa myös kannoissa ym. kuolleissa kasvinosissa. Kokeiltu kanta, joka oli runsaan vuoden ikäinen, pystyi melko hyvin hajoittamaan karikkeita ja kasvoi sangen hyvin myös suodatinpaperilla. Karikkeiden värin vaalenemista ei tapahtunut, joten ko. kanta ei ilmeisesti hajoittanut ligniiniä.

Taulukko 3. Karikkeiden kuiva-aineen menetys 60 vrk:ssa (Koe 3).

Table 3. Loss of dry weight of litter in 60 days (Exp. 3).

Sienilaji *Fungus*	Kuiva-aineesta hävinnyt, % *Loss of dry weight, per cent*	
	Männyn neulaset *Pine needles*	Koivun lehdet *Birch leaves*
Amanita porphyrea (A. & S.)	—	—
Armillaria mellea (Vahl)	4	14
Boletus bovinus Fr.	0	△
» *felleus* Bull.	—	—
» *piperatus* Bull.	0	△
» *subtomentosus* Fr. 29	4	12
» » 72	—	△
Clavaria ligua Schaeff.	4	16
Clitocybe fumosa (Pers.)	0	△
» *inversa* (Scop.)	0	△
» *odora* (Bull.)	0	11
Cystoderma amianthina (Scop.)	0	6
» *carcharias* (Pers.)	0	△
» *granulosa* (Batsch)	0	16
Hypholoma fasciculare (Huds.)	21	29
Lactarius rufus Scop.	0	△
Lepiota naucina Fr.	0	8
» *rhacodes* (Vitt.)	0	16
Marasmius perforans (Hoffm.)	9	23
Mycena galopus (Pers.)	4	10
» *lactea* (Pers.)	5	7
Paxillus involutus (Batsch.)	7	6
Pholiota mutabilis Schaeff.	4	10
Polyporus annosus Fr.	10	18
» *betulinus* (Bull.)	6	9
Psalliota silvicola (Vitt.)	0	6
Stropharia aeruginosa (Curt.)	0	△
» *albonitens* Fr.	△	5
Penicillium sp.	8	6
Rhizopus a	0	0
» b	0	0
Aspergillus sp.	△	△

Taulukko 4. Karikkeiden kuiva-aineen menetys 60 vrk:ssa (Koe 3).

Table 4. Loss of dry weight of litter in 60 days (Exp. 3).

Sienilaji *Fungus*	Kuiva-aineesta hävinnyt, % *Loss of dry weight, per cent*						
	Männyn neulaset *Pine needles*	Peuce-männyn neulaset *Pinus peuce needles*	Lehti-kuusen neulaset *Larch needles*	Koivun lehdet *Birch leaves*	Haavan lehdet *Aspen leaves*	Lepän lehdet *Alder leaves*	Mustikan lehdet *Blueberry leaves*
Clitocybe clavipes (Pers.)	4		9	16	12	9	
Laccaria laccata Scop. ..	15	11	16	14	16	26	22
Collybia butyracea (Bull.)	1	4	27	26	20	21	37
Mycena epipterygia (Scop.)	5		11	6	9	17	
» *metata* Fr.	8		6	10	8	24	
» *rosella* Fr.	2		7	17	10	12	
Stropharia depilata Fr. ..	2		23	33	30	28	

Boletus-lajit ovat yleensä mykoritsain muodostajia, ja sen mukaisesti ne käyttäytyivät myös karikkeilla. Poikkeuksen teki vain *B. subtomentosus* 29, sama kanta, jonka myös Lindeberg (1948) huomasi hajoittavan ligniiniä. Kanta 72, joka oli eristetty Suomessa 1949, oli jo näöltään toisenlainen, enemmän toisten *Boletusten* näköinen, ja käyttäytyi niiden tavoin. *B. felleus*, joka on mykoritsasieni (Rosendahl 1942), kasvoi hyvin agarilla, mutta karikkeilla se kuoli alkuunsa. *B. piperatus* taas, jolla mykoritsan muodostusta ei ole voitu osoittaa, kasvoi agarilla huonosti, mutta pystyi kasvamaan jonkin verran myös karikkeilla.

Mykoritsasieni *Cenococcum graniforme* käyttäytyi samalla tavalla kuin kirjoittajan aikaisemmissakin kokeissa (Mikola 1948).

Clavaria ligula on jo Lindebergin (1946) kokeista tunnettu tehokkaaksi karikkeiden, varsinkin ligniinin hajoittajaksi, samoin muutamat muut *Clavaria*-lajit. Ligniinin hajoitus todettiin voimakkaana karikkeiden värin vaalenemisena.

Clitocybe-lajit ovat myös Lindebergin mukaan tehokkaita ligniinin ja selluloosan hajoittajia. Näissä kokeissa olivat tehokkaimpia lajeja *C. cerussata* ja *C. clavipes*. Käytetty *C. inversa*-kanta, joka oli eristetty jo 1949, oli agarilla sangen hidaskasvuinen.

Laccaria (Clitocybe) laccata oli sangen nopeakasvuinen sieni, joka hajoitti karikkeita, mutta mahdollisesti ei ligniiniä, sillä karikkeet eivät sen viljelmissä vaalenneet, niinkuin oli laita *C. clavipesilla*, *C. cerussatalla* ja *C. odoralla*.

Collybia dryophila ja *C. butyracea* olivat kaikkein tehokkaimpia karikkeiden hajoittajia, *C. confluens* vähän heikompi.

Suuren *Cortinarius*-suvun, joka käsittää nimenomaan metsämaassa kasvavia sieniä, ominaisuuksista tiedetään sangen vähän. Melinin (1936) mukaan kolme lajia on mykoritsasieniä ja Lindebergin (1946) mukaan *C. bulbiger* pystyy hajoittamaan karikkeita. *C. armillatus*, joka agarilla kasvoi hyvin, ei hajoittanut karikkeita, mutta ei ainakaan kirjoittajan kokeissa ole muodostanut mykoritsoja.

Hypholoma fasciculare on luonnossa kannoissa kasvava laji, joka kuitenkin hajoitti kokeessa neulas- ja lehtikarikkeita, myös ligniiniä, tehokkaasti, samoin kuin *Hypholoma*-lajit Lindeberginkin kokeissa.

Lepiota rhacodes kasvoi karikkeilla sangen hyvin muodostaen runsaasti sienirihmastoa. Sienen hyvään kasvuun verrattuna karikkeiden painon menetys oli yllättävän pieni. *L. naucina* on pelloilla kasvava laji, jolle metsäkarikkeet on outo kasvualusta, ja kasvu sen vuoksi oli heikonlainen.

Cystoderma (Lepiota) amianthina ja *C. carcharias* olivat mahdollisesti kauan agar-alustalla kasvatettuina (edellinen eristetty 1949, jälkimmäinen 1948) menettäneet kykyään hajoittaa karikkeita, sillä Lindebergin (1946) kokeessa *C. amianthina* oli melko tehokas hajoittaja. *C. granulosalla*, joka oli nuorempi kanta (erist. 1952), oli tämä kyky vielä melko voimakas.

Luonnossa esiintymisensä perusteella nämä kolme lajia lienevät ekologisesti hyvin samanlaisia. Mykoritsasieniä ei *Lepiota*- ja *Cystoderma*-suvuista ole tavattu.

Lactarius-lajit ovat tunnetusti vaikeita viljellä ja kasvavat sangen hitaasti. Kirjoittajan eristämistä 9 lajista *L. rufus* kasvoi parhaiten ja pääsi sen vuoksi mukaan kokeeseen. Modessin (1941) mukaan *L. rufus* on fakultatiivi mykoritsasieni. *Lactarius*-lajeja pidetään yleensä mykoritsasieninä, vaikka vain muutamia on voitu sellaisiksi osoittaa kasvattamisvaikeuksien vuoksi. On sen vuoksi sangen yllättävää, että Lindebergin (1948) kokeessa *Lactariuksilla* osoittautui yleisesti olevan ligniiniä hajoittavia entsyymejä.

Marasmius-lajit ovat kaikki tehokkaita karikkeiden hajoittajia, kuten Lindeberg (1944) on osoittanut.

Myös *Mycena*-lajit ovat tehokkaita selluloosan ja ligniinin hajoittajia (Lindeberg 1946). Edellä selostetuissa kokeissa *M. epipterygialla* ja *M. metatalla* ei karikkeiden väri vaalennut, joten ko. kannat eivät ilmeisesti hajoittaneet ligniiniä. Sen sijaan Lindebergin kokeessa *M. epipterygia* hajoitti myös ligniiniä.

Paxillus involutus on jonkin verran oikullinen. Siirrostuksen yhteydessä se helposti kuolee, ja niin se ei ruvennut kasvamaan muutamissa putkissa, mutta missä se kasvoi, se hajoitti kohtalaisesti karikkeita, ilmeisesti ei kuitenkaan ligniiniä.

Pholista mutabilis on *Hypholomain* tavoin kannoissa kasvava sieni, joka kasvoi hyvin myös karikkeilla. Se hajoitti selluloosaa ilmeisesti nopeammin kuin ligniiniä, kuten Lindebergin kin (1946) kokeessa.

Psalliota silvicola kasvoi melko heikosti, mutta hajoitti lehtikarikkeita kuitenkin jonkin verran.

Stophariat ovat lehtikarikkeissa tai lannassa kasvavia sieniä, joiden joukossa tuskin on mykoritsain muodostajia (Modess 1941). *S. depilata* hajoitti karikkeita erittäin nopeasti, toiset lajit sen sijaan heikosti. Ero johtunee siitä, että *S. depilata* oli nuori kanta (erist. 1952), kun taas *S. aeruginosa* oli eristetty 1948 ja *S. albonitens* 1951.

Kokeessa oli mukana vielä kaksi sientä, jotka tunnetaan puiden loisina, *Polyporus annosus* ja *P. betulinus*. Molemmat kasvoivat hyvin myös karikkeilla. *P. annosuksen* tiedetään esiintyvän metsämaassa saprofyyttinä, mutta *P. betulinuksen* esiintymisestä maassa ei ole tietoa.

Metsämaasta eristetyistä neljästä homesienestä vain yksi *Penicillium* pystyi selvästi hajoittamaan karikkeita, ei sekään ilmeisesti ligniiniä. Tämäkin sieni oli käyttäytymisessään karikkeita hajoittavista kantasienistä poikkeava, niinpä kun karikkeiden pH yleensä laski niiden hajotessa, se nousi *Penicillium*-putkissa. (Samoin pH nousi *Laccaria laccatan* ja *Mycena epipterygian* hajoittaessa karikkeita).

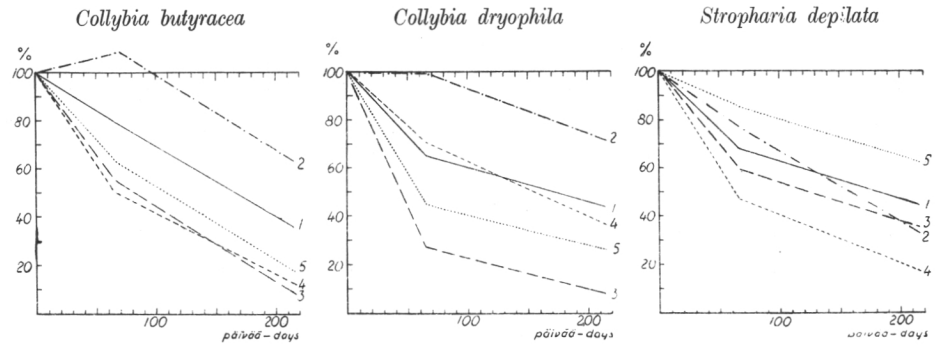
Melkein kaikki sienet hajoittivat lehtikarikkeita huomattavasti nopeammin kuin neulaskarikkeita. Ero oli suurin lyhyenä koeaikana (Koe 3). Erityisesti herättää huomiota, että sellaisetkin sienet, jotka luonnossa esiintyvät vain havumetsissä, kuten *Clavaria ligula*, *Cystoderma granulosa* ja *Mycena rosella*, kokeessa hajoittivat lehtiä nopeammin kuin neulasia. Vieläpä *Marasmius perforans*, jonka itiöemiä luonnossa tavataan vain neulaskarikkeissa, kasvoi kokeessa paremmin lehtikarikkeilla.

Taulukossa 4 on erityisesti pantava merkille, että *Collybia butyracea* hajoitti voimakkaasti lehtikuusen neulaskarikkeita. Kokeessa käytetty kanta oli eristetty lehtikuusikosta, joten kysymyksessä lienee lehtikuusen karikkeisiin erikoistunut rotu.

Karikkeiden värin vaalenemisen perusteella olivat tehokkaita ligniinin hajoittajia ainakin seuraavat: *Boletus subtomentosus*-kanta 29, *Clavaria ligula*, *Clitocybe cerussata*, *C. clavipes*, *Collybia butyracea*, *C. dryophila*, *Hypholoma fasciculare*, *Marasmius perforans*, *Mycena galopus*, *M. lactea*, *M. rosella*, *M. sanguinolenta*, *Pholiota mutabilis*, *Polyporus annosus*, *P. betulinus* ja *Stropharia depilata*. Ligniinin hajoittajia, vaikka kokeessa heikohkosti kasvaneita, ovat ilmeisesti myös *Clitocybe odora* sekä *Stropharia aeruginosa* ja *S. albonitens*.

Tarkemman tutkimuksen kohteeksi otettiin kolme tehokasta karikkeiden hajoittajaa, *Collybia butyracea*, *C. dryophila* ja *Stropharia depilata*. 2 g koivun lehtikarikkeita pantiin 150 ml Erlenmayer-pulloon, johon autoklavisoinnin jälkeen lisättiin 25 ml steriloitua vettä. Kullakin sienellä ympättiin neljä pulloa, joista kaksi analysoitiin 67 ja kaksi 216 päivän kuluttua. Kahden kuukauden välein pulloihin lisättiin vettä haihdunnan korvaamiseksi. Karikkeista määritettiin koko kuiva-aine sekä vesiliukoinen ja 2-n. suolahappoon liukeneva osa, ligniini (määritettynä ligno-tioglykolihappona liuottamalla), selluloosa (määritettynä glukoosina hydrolisoimalla ligniinin liuotuksessa jäänyt jäännös väkevällä rikkihapolla), ja näissä määrityksissä liukenematon jäännös (Mikola 1954). Tulokset ovat kuvassa 1. Rinnakkaisviljelmät antoivat hyvin yhdenmukaiset tulokset.

Collybia dryophilalla oli painon vähennys jo 67 päivässä 35 % ja *C. butyracealla* 216 päivässä 64 %. Kun molemmat sienet samalla rakensivat runsaasti sienisolukkoa, joka oli mukana punnituksessa, merkitsee se sitä, että karikkeista oli hajonnut vieläkin suurempi osa. Näiden sienien hajoitustoiminta kohdistui karikkeiden vaikeimmin liukeneviin aineksiin, niinpä *C. dryophila* hajoitti ligniinistä 67 päivässä kokonaista 73 %, ja kokeen päätyttyä oli ligniinistä jäljellä alle 10 %. Lindebergin (1946) mukaan sienet muodostavat myös joitakin aineita, jotka suhtautuvat tioglykolihappoon ligniinin tavoin, ja tämän huomioon ottaen voidaan katsoa molempien *Collybia*-lajien 216 päivässä hajoittaneen kaiken tarjolla olleen ligniinin. Vesiliukoiset ja helposti hydrolisoituvat aineet eivät kokeen alkuaikana vähentyneet, koska sienet kasvaessaan itse muodostavat täl-



Kuva 1. Koivun lehtikarikkeiden koko kuiva-aineen sekä tärkeimpien aineryhmien painon kehitys (%:na alkuperäisestä) laboratoriokokeessa *Collybia butyracean*, *C. dryophilan* ja *Stropharia depilatan* hajoittaessa karikkeita.

Fig. 1. Decrease of total dry weight and main constituents of birch leaf litter when decomposed by Collybia butyracea, C. dryophila, and Stropharia depilata under laboratory conditions.

1. Koko kuiva-aine — *Total dry weight*
2. Vesiliukoinen ja laimealla hapolla hydrolisoituva — *Water-soluble and hydrolyzed by weak acid*
3. Ligniini — *Lignin*
4. Selluloosa — *Cellulose*
5. Liukenematon jäännös — *Insoluble remainder.*

laisia aineita. Samaten voidaan useimmissa Lindebergin (1944, 1946) kokeissa panna merkille, että sekä ligniini että selluloosa ovat vähentyneet huomattavasti enemmän kuin koko ainemäärä.

Collybia butyracea hajoitti selluloosaa ja ligniiniä jokseenkin yhtä nopeasti, *C. dryophila* taas ligniiniä huomattavasti nopeammin. *Stropharia depilata* hajoitti selluloosaa jonkin verran helpommin kuin ligniiniä — minkä muuten saattoi todeta jo karikkeiden väristä — ja samaten vesiliukoinen ja helposti hydrolisoituva osa (hemiselluloosat) väheni melko nopeasti.

Collybiain kohdalla tulos poikkeaa huomattavasti Lindebergin (1946) tutkimuksesta. Lindebergin kokeessa *C. butyracea* hajoitti ligniiniä noin 5 kertaa nopeammin kuin selluloosaa ja *C. dryophila* molempia jokseenkin yhtä nopeasti. Kuten Lindeberg huomauttaa, hajoitetun ligniinin ja selluloosan suhde ei tietyllä sienellä ole ollenkaan vakio, vaan saattaa riippua sienikannasta, hajoitettavista karikkeista, koeajan pituudesta ja koeolosuhteista.

Lopputarkastelua

Kuten jo Lindeberg ym. ovat osoittaneet, kyky hajoittaa selluloosaa ja ligniiniä on metsämaan kantasienien keskuudessa sangen yleinen. Useimmat karikkeita hajoittavat kantasienet pystyvät käyttämään hyväkseen sekä selluloosaa että ligniiniä; suhteellisen harvinaisia lienevät tapaukset, joissa sieni hajoittaa tehokkaasti toista ja on aivan kykenemätön hajoittamaan toista näistä aineista. Metsäpuiden mykoritsasienet puolestaan eivät pysty vaikealiukoisiin hiiliyhdisteisiin. Ero mykoritsasienien ja karikkeita hajoittavien saprofyyttien välillä ei ole kuitenkaan ehdoton; niinpä Norkrans (1950) on osoittanut, että mykoritsoja muodostava *Tricholoma fumosum* hajoittaa tehokkaasti selluloosaa. Samasta lajista, esim. *Boletus subtomentosus*, saattaa esiintyä sekä mykoritsoja muodostavia että saprofyyttisiä rotuja, samoin kuin tunnetuista parasiiteista tavataan myös saprofyyttisiä rotuja (Robak 1952). Sienen kyvyttömyys hajoittaa karikkeita antaa kuitenkin aiheen epäillä lajia mykoritsasieneksi, ellei sitä ennestään sellaiseksi tunneta (esim. *Cortinarius armillatus*).

Kantasienien merkitys maan mikrobiologiassa sivuutetaan usein, koska näitä sieniä ei yleensä saada eristetyiksi tavallisissa maasta tehdyissä laimennusviljelmissä. Laimennusviljelmissä saadaan eristetyiksi tavallisesti suurin joukoin itiöitä muodostavia homeita, joiden merkitys karikkeiden vaikealiukoisten aineosien hajoittajina saattaa olla varsin kyseenalainen. Humuksesta tehdyt maljaviljelmät antanevat puutteellisen tai jopa virheellisen kuvan maan karikkeita hajoittavasta mikrobistosta.

Kantasienien kyky hajoittaa karikkeita ei ilman muuta todista niiden tärkeyttä myös luonnossa. Esim. *Collybia dryophila* hajoittaa koivun lehtikarikkeita huomattavasti nopeammin kuin metsähumuksen luonnollinen sekamikrobisto, mutta eri aineosien hajoitus tapahtuu jokseenkin päinvastaisessa järjestyksessä, kuin tiedetään karikkeiden luonnossa hajaantuvan. Luonnossa vesiliukoiset aineet hajoavat nopeimmin, sitten hemiselluloosat ja selluloosa, ja ligniini on vastustuskykyisintä (Waksman 1932, Mikola 1954). Edelleen *Collybian* hajoittamien karikkeiden pH laski noin 3.5:een, kun se taas sekamikrobistolla nousi yli 7. Näin ollen *Collybia* ja toiset sen kaltaiset sienet eivät yleisyydestään huolimatta voi olla ainakaan kaikkialla metsissämme vallitsevia karikkeiden hajoittajia,

vaikka niillä etenkin ligniinin hajoittajina lieneekin melkoinen merkitys. Sienien keskinäinen kilpailu rajoittanee tiettyjen lajien esiintymisen melko suppealle alueelle. Siitä esim. johtunee, että *Marasmius perforans* tavataan luonnossa vain kuusen neulaskarikkeissa, vaikka puhdasviljelmässä sille koivun lehtikarikkeet näyttivät olevan helpommin käytettävää ravintoa.

F a l c k (1930) jakoi karikkeita hajoittavat sienet kahteen ryhmään, nimittäin humusta (so. raakahumusta) muodostaviin, jotka hajoittavat vain selluloosaa, ja humusta kuluttaviin, jotka hajoittavat sekä selluloosaa että ligniiniä. Hän oletti, että havumetsien suurempi taipumus raakahumuksen muodostumiseen johtuisi siitä, että havuneulasten hajoittajasienet ovat humuksen muodostajia (esim. *Coniophora cerebella)*, kun taas lehtikarikkeiden hajoittajat olisivat humuksen kuluttajia (esim. *Clitocybe nebularis)*. Totta on, että hyvin monet ligniinin hajoittajat ovat lehtimetsälajeja, esim. *Clitocybe*-lajit ja *Collybia dryophila*, mutta myös yleisten havumetsälajien joukossa tunnetaan tehokkaita ligniinin hajoittajia, esim. *Clavaria ligula*, *Marasmius perforans* ja *M. androsaceus*, *Mycena vulgaris* ym. Lehtikarikkeiden nopeampi hajaantuminen johtuu ensi sijassa niiden ainekokoomuksesta, esim. koivun lehtien ligniini ilmeisesti on toisenlaista ja helpommin hajaantuvaa kuin männyn neulasten ligniini. Kuitenkin lehti- ja sekametsien monipuolisempi karike-aines luonee edellytykset runsaammalle ja monipuolisemmalle sienilajistolle (R a u t a v a a r a 1950), jolla puolestaan on paremmat mahdollisuudet karikkeiden täydellisempään hajoittamiseen.

Niin kauan kuin kantasienien todellisesta toiminnasta metsämaassa ei tiedetä nykyistä enempää, on ennenaikaista tehdä pitkälle meneviä päätelmiä niiden ekologisesta merkityksestä. R o m e l l (1939) on erityisesti korostanut, että kantasienien runsaan esiintymisen perusteella voidaan tehdä suorastaan harhapäätelmiä humuksen aktiivisuudesta, koska mykoritsasienet luultavasti osallistuvat sangen vähän tai tuskin ollenkaan orgaanisen aineen hajoitukseen maassa. Sen vuoksi, kuten R o m e l l huomauttaa, metsämaan sienten fysiologisten ominaisuuksien systemaattista tutkimista on pidettävä olennaisena osana maassa tapahtuvaa orgaanisen aineen hajaantumista ja metsähumuksen muodostumista koskevissa ja niihin liittyvissä tutkimuksissa.

Kirjallisuutta

Falck, R. 1923. Erweiterte Denkschrift über die Bedeutung der Fadenpilze für die Nutzbarmachung der Abfallstoffe zur Baumernährung im Walde und über die Möglichkeit einer nachträglichen pilzlichen Aufschliessung des Trockentorfs. — Mykol. Unters. u. Ber. 2 : 38—72.

—»— 1926. Über korrosive und destruktive Holzzersetzung und ihre biologische Bedeutung. — Ber. Deutsch. Bot. Ges. 44 : 652—664.

—»— 1930. Nachweise der Humusbildung und Humuszehrung durch bestimmte Arten höherer Fadenpilze im Waldboden. — Forstarchiv, 6 : 366—377.

Lindeberg, G. 1944. Über die Physiologie ligninabbauender Bodenhymenomyzeten. — Symb. Bot. Upsal. 8 : 2.

—»— 1946. On the decomposition of lignin and cellulose in litter caused by soil-inhabiting *Hymenomycetes*. — Arkiv för Botanik, 33A : 10.

—»— 1948. On the occurrence of polyphenol oxidases in soil-inhabiting *Basidiomycetes*. — Phys. Plant. 1 : 196—205.

Melin, E. 1925. Untersuchungen über die Bedeutung der Baummykorrhiza. — Jena.

—»— 1936. Methoden der experimentellen Untersuchung mykotropher Pflanzen. — Handb. d. biol. Arbeitsmeth. 11 : 4.

—»— 1946. Der Einfluss von Waldstreuextrakten auf das Wachstum von Bodenpilzen, mit besonderer Berücksichtigung der Wurzelpilze von Bäumen. — Symb. Bot. Upsal. 8 : 3.

Mikola, P. 1948. On the physiology and ecology of *Cenococcum graniforme* especially as a mycorrhizal fungus of birch. — Metsätiet. tutkimusl. julk. 36.2.

—»— 1954. Kokeellisia tutkimuksia metsäkarikkeiden hajaantumisnopeudesta. — Metsäntutkimuslaitoksen julk. 43.1.

Modess, O. 1941. Zur Kenntnis der Mykorrhizabildner von Kiefer und Fichte. — Symb. Bot. Upsal. 5 : 1.

Norkrans, B. 1944. Om mykorrhizabildande och rent saprofytiska *Tricholoma*-arternas fysiologi. — Sv. Bot. Tidskr. 38 : 121—122.

—»— 1950. Studies in growth and cellulolytic enzymes of *Tricholoma* with special reference to mycorrhiza formation. — Symb. Bot. Upsal. 11 : 1.

Rautavaara, T. 1950. Sienten osuus Suomen luonnossa. — Suomen luonto, 37—48.

Robak, H. 1952. Om saprofyttiske og parasittiske raser av lerkekreftsoppen, *Dasyscypha Willkommii* (Hart.) Rehm. — Medd. fr. Vestl. Forstl. Forsøksst.

Romell, L-G. 1939. Barrskogens marksvampar och deras roll i skogens liv. — Sv. Skogsvårdsför. Tidskr. 37 : 348—375.

Rosendahl, R. O. 1942. The effect of mycorrhizal and non-mycorrhizal fungi on the availability of difficulty-soluble potash and phosphorus minerals. — Proc. Soil Sci. Soc. Amer. 7 : 477—479.

Waksman, S. A. 1932. Principles of soil microbiology. 2 ed.—Baltimore.

—»— 1950. The Actinomycetes. Their nature, occurrence, activities, and importance. — Waltham, Mass.

EXPERIMENTS ON THE ABILITY OF FOREST SOIL BASIDIOMYCETES TO DECOMPOSE LITTER MATERIAL

Summary

Introduction

Forest soil receives annually several tons of plant residues that then are decomposed by microorganisms. Because lignin constitutes a considerable part, approx. 20 per cent, of forest litter, the decomposition of lignin is of primary importance in the formation of humus and the mobilization of nutrients in forest soil. As is shown by Falck (1930), Lindeberg (1944, 1946) and others many *Basidiomycetes* decompose cellulose, lignin, and other complex litter material effectively in forest soil where conditions for the activity of bacteria and *Actinomycetes* are less favourable. On the other hand most mycorrhizal fungi of forest trees are incapable of utilizing cellulose and other insoluble carbon compounds (Melin 1925, etc.).

Although a great number of mushrooms are known as litter decomposers or mycorrhiza formers the role of *Basidiomycetes* as a whole in the ecology of forest soil is still obscure. This paper presents some results of pure culture experiments, where known species of *Basidiomycetes* were grown on needle and leaf litter.

Experimental

The pure cultures of fungi were obtained by the ordinary tissue culture method from sporophores. 41 species of *Basidiomycetes* were tested, mainly such species as grew well on agar and were supposed to decompose litter; some known mycorrhizal fungi were also included.

Fresh litter material was collected in the fall from the ground under trees. Only spruce needles had lain on the ground a year or two. The origin and composition of litter are presented in another paper by the author (Mikola 1954).

0.5 g of litter was placed in a test tube or petri dish, and after autoclaving 5 ml of nutrient solution was added, the composition of which is given on p. 5.
Cultures were kept at a temperature of 19—20°C. At the end of the experiment the litter was dried at 105°C and weighed.

The intensity of litter decomposition by different fungi is presented as loss of weight, in per cent of the original weight. The results are given in Tables 1—4. Lignin decomposition was indicated by decolorization of the litter. Active lignin decomposers were *Clavaria ligula, Clitocybe cerussata, C. clavipes, C. odora, Collybia butyracea, C. dryophila, Hypholoma fasciculare, Marasmius perforans, Mycena galopus, M. lactea, M. rosella, M. sanguinolenta, Pholiota mutabilis, Polyporus annosus, P. betulinus,* and *Stropharia depilata.* Litter was decomposed without decolorization by *Armillaria mellea, Laccaria (Clitocybe) laccata, Mycena epipterygia,* and *M. metata.* Mycorrhizal fungi grew poorly on litter, many of them failed entirely.

Leaf litter was decomposed much faster than coniferous needles.

Three of the most active decomposers, *Collybia butyracea*, *C. dryophila*, and *Stropharia depilata*, were grown on 2 g of birch leaves in flasks without any additional nutrients. After 67 and 216 days the flasks (two replicates) were analyzed. The decrease of the total dry weight and the main constituents of leaves is given in Fig. 1.

Discussion

Most litter-decomposing soil *Basidiomycetes* are capable of breaking down both lignin and cellulose. The proportion of decomposed cellulose and lignin is not constant for a given species but depends on environmental conditions, and evidently there are different races and strains of the same species too. Indeed strains of mycorrhizal fungi can be obtained that decompose lignin and cellulose *(Boletus subtomentosus)*, just as parasitic fungi have saprophytic races.

The breakdown of litter by *Collybia* and other lignin-decomposing fungi differs greatly from that predominant in nature. The natural population of forest humus decomposes water-soluble substances first, and lignin is the most resistant; with *Collybia* the position was quite the reverse. Further, *Collybia* increases, the natural population decreases the acidity of litter. Thus *Collybiae* and similar species may not predominate in forest soil although they are most effective decomposers of litter material. In nature competition between groups and species limits the occurrence and activity of different species considerably. Thus e. g. *Marasmius perforans* that in pure culture prefers birch leaves to coniferous needles in nature is found on needle litter only.

A rich vegetation of lignin-decomposing fungi, e. g. *Clitocybe* species, may indicate healthy humus conditions (F a l c k 1930, R o m e l l 1939). On the other hand mycorrhizal fungi participate probably very little in the transformation of organic matter in soil. Mixed and decicuous forests provide better conditions for a rich fungal population and more active decomposition of litter than pure coniferous stands. However, an assessment of the importance of *Basidiomycetes* in the ecology of forest soil requires more information on the physiology of individual species.

UITTOHÄVIÖÖN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT

KIRJALLISUUSTUTKIMUS

PAAVO ARO ja MATTI TURJA

FACTORS INFLUENCING LOSS DURING FLOATING

STUDY OF LITERATURE

SUMMARY

HELSINKI 1955

Helsinki 1955. Valtioneuvoston kirjapaino

Alkusanat

Pohtiessaan niitä keinoja, joilla uittotoimintaa maassamme voitaisiin edistää, Valtioneuvoston asettama uittokomitea on todennut uitossa hävinneiden puumäärien muodostavan siksi tärkeän kustannustekijän uittotoiminnassa, että niiden pienentäminen on yksi tärkeimmistä uittotoimintamme edistämiskeinoista. Kun maassamme ei kuitenkaan ole suoritettu yhtenäistä tutkimusta uittohäviön suuruudesta eikä siihen vaikuttavista tekijöistä, kääntyi uittokomitea keväällä 1951 Metsätieteellisen tutkimuslaitoksen puoleen pyynnöllä, että tutkimuslaitos toimittaisi kiireellisenä tutkimuksen uittohäviön suuruudesta, selvittäisi uittohäviöön vaikuttavat tekijät sekä tutkisi keinoja uittohäviön pienentämiseksi tai sen poistamiseksi kokonaan. Tutkimuslaitoksen metsäteknologian tutkimusosasto laatikin uittokomitealle suunnitelman tutkimuksen suorittamisesta. Tässä suunnitelmassa uittohäviön suuruus ehdotetaan selvitettäväksi laajojen uittokokeiden avulla. Koska uittohäviöön vaikuttavia tekijöitä on sangen runsaasti tutkittu eri maissa, ehdotettiin suunnitelmassa, että kirjallisuustutkimuksen avulla kootaan yhteen tähän astiset tiedot mainituista tekijöistä ja näiden tietojen pohjalla suunnitellaan sitten tarvittavat lisätutkimukset.

Metsäteknologian tutkimusosastossa ryhdyttiinkin jo kesän 1951 aikana toimiin mainitunlaisen kirjallisuustutkimuksen aikaansaamiseksi. Metsänhoitaja Matti Turja keräsi ja seuloi asianomaisen kirjallisuuden sekä laati käsikirjoituksen. Työn suunnittelusta ja johdosta sekä käsikirjoituksen tarkastuksesta ja lopulliseen kuntoon saattamisesta on huolehtinut professori Paavo Aro.

Kiitollisuudella on mainittava, että professori Matti Jalava ja metsätieteen tohtori P. S. Tikka ovat tarkastaneet käsikirjoituksen ja täydentäneet sitä asiallisilla huomautuksilla ja lisäyksillä.

Helsingissä lokakuun 15 p:nä 1951.

Tekijät.

Sisällysluettelo

Sivu

1. Johdanto 5
2. Uittohäviöstä yleensä 6
3. Puun ja sen ominaisuuksien vaikutus uittohäviöön 9
31. Kosteussuhteet kasvavassa puussa 9
32. Havu- ja lehtipuiden rakenne 12
33. Puun kuivuminen ja vettyminen 13
34. Sydän- ja mantopuun sekä kesäpuun määrä ja puun paino 19
35. Oksaisuus 24
36. Puun ikä ja koko 26
4. Muut uittohäviöön vaikuttavat tekijät 34
41. Puun kasvupaikka 34
42. Kaatoaika ja kaatotapa 36
43. Kuoriminen ja varastoiminen 44
44. Veden ja ilman lämpötila 54
45. Uittoajan pituus ja vuodenaika 57
46. Vesistön laatu ja virran voimakkuus 58
5. Laadullinen uittohäviö 60
51. Uiton aikana ilmestyvät laatuviat 60
6. Toimenpiteet uittohäviön pienentämiseksi 65
61. Uppopuiden nosto 65
62. Uppopuiden uitto-ominaisuudet 68
63. Suoja-aineiden käyttö 71
64. Lainsäädännölliset toimenpiteet 75
7. Selvitystä kaipaavia uittohäviökysymyksiä 78
Kirjallisuusluettelo 80
Liite: Tärkeimpien selostettujen tutkimusten aineistojen suuruudet 83
Summary 87

1. Johdanto

Metsätaloudessamme näyttelevät puutavaran kuljetuskysymykset varsin huomattavaa osaa. Jo silloin, kun puutavarallamme alkoi olla tavallista merkittävämpää menekkiä ulkomailla, alettiin tähän kysymykseen kiinnittää huomiota. Tieverkostoltaan vielä nykyäänkin varsin harvassa maassamme jouduttiin jo sahateollisuutemme alkuvaiheessa turvautumaan uittoon eli lauttaukseen, kuten sitä aikaisemmin suomenkielellä yleisemmin nimitettiin. Kun työvoima oli halpaa ja uitettava puutavara mitoiltaan hyvin järeätä sekä paljon sydänpuuta sisältävää, tuli tämä kuljetusmuoto ylivoimaisesti edullisimmaksi ja usein ainoaksi mahdolliseksi kuljetustavaksi.

Mutta sitä mukaa, kun työpalkat nousivat ja uittotavara kooltaan pieneni, jouduttiin kiinnittämään huomiota siihen, miten tämän kuljetusmuodon kustannuksia voitaisiin pienentää. Näin ruvettiin kunnostamaan uittoväyliä sekä parantamaan uittomenetelmiä ja -kalustoa. Varsinkin läntisessä naapurimaassamme kiinnitettiin näihin seikkoihin suurta huomiota ja uhrattiin paljon varoja. Näin saavutettiin entistä paljon parempia ja edullisempia uittotuloksia. Jo näiden edellä mainittujen seikkojen yhteydessä yritettiin myös tutkia uittohäviön, so. uittoon pantujen ja perille tulleiden puumäärien erotuksen, syitä ja keinoja sen pienentämiseksi. Tämä ongelma onkin sittemmin askarruttanut hyvin monen tutkijan ja käytännön miehen päätä ja varsinkin meidän vuosisadallamme on asiaa yritetty selvittää. Uittohäviön tärkeimmän osan muodostavat uiton aikana uponneet ja vesistön pohjaan jääneet puut, uppopuut, mutta on uittohäviötä käsiteltäessä huomioitava myös rannalle jääneet, rantautuneet, uittorakenteisiin käytetyt, uiton aikana pirstoutuneet, varastetut ja uittomiesten polttopuiksi yms. käyttämät puut. Näitä kysymyksiä ja varsinkin uppopuukysymystä selvittäessään ovat eri tutkijat tulleet osaksi toisiaan tukeviin mutta myös osaksi ristiriitaisiin tuloksiin ja sentähden lienee paikallaan luoda katsaus heidän saavutuksiinsa.

2. Uittohäviöstä yleensä

Ensimmäiset todellä merkittävät tutkimukset puun uppoamisesta lienevät suorittaneet Duhamel du Monceau ja hänen oppilaansa Dalibard (Lassila 1931), jotka käsittelivät puun uppoamista erikoisena puun ominaisuutena. Näiden tutkijain tutkimukset olivat melko perusteellisia, samaten kuin hiukan myöhemmin Nördlingerin (Lassila 1931) tutkimuksetkin, ja voidaan näiden kolmen miehen saavutuksia pitää perustana myöhemmän ajan tutkimuksille. Jo hyvin aikaisin otettiin kysymys esille myös läntisessä naapurimaassamme, jossa sittemmin on esiintynyt lukuisia tutkijoita tämän kysymyksen selvittämiseksi. Varsinkin vuosisatamme alku oli hyvin kiihkeätä aikaa Ruotsissa tässä suhteessa, mutta on siihen jatkuvastikin kiinnitetty siellä suurta huomiota.

Meillä Suomessa uittohäviökysymys omana tutkimuskohteena tuli esille vähän myöhemmin, mutta senjälkeen ovatkin siihen yhä useammat tutkijat kiinnittäneet huomiota. Mitään varmaa ja lopullista selvyyttä ei kuitenkaan valitettavasti ole asiaan sen paremmin meillä kuin muuallakaan saatu. Tämä onkin hyvin ymmärrettävää, kun ottaa huomioon, että tutkimuskenttä on sangen laaja. Sellaiset, lopulliseen tulokseen hyvin oleellisesti vaikuttavat seikat kuin kosteussuhteet kasvavassa puussa, puun kuivuminen ja veden imemiskyky, puun rakenteen vaikutus, puun koon ja iän vaikutus, kaatoajan, sydänpuun, vuosiluston, oksaisuuden, uiton suorittamiseen valitun vuodenajan, uittoajan pituuden, vesistön laadun, virran voimakkuuden, tuulen, veden ja ilman lämpötilan, puutavaran varastoinnin ja kuorinnan yms. vaikutukset uittohäviömäärään vaativat varsin laajoja ja pitkäaikaisia tutkimuksia.

Ne numerot, joita meillä ja muissa maissa on uittohäviön määräksi esitetty, osoittavat, että on kysymys sellaisista arvoista, joihin kannattaa tutkimustyötä uhrata. Lukuja tarkasteltaessa on huomattava, että on kysymys kokonaisuudesta, joka muodostuu siihen vaikuttavista eri tekijöistä. Kuinka suuri osuus näistä tekijöistä suurimmalla, uppoamishäviöllä, uittohäviöön todellisuudessa on, on vielä lopullisesti selvittämättä ja sentähden on rajoituttava käsittelemään vain veteen pantujen ja perille tulleiden puumäärien erotusta.

Uittohäviön todellista määrää ei varmuudella voida sanoa, vaan luvut perustuvat etupäässä käytännön miesten arviointeihin ja joihinkin pieneh-

köihin erillisiin tutkimuksiin. Näslund (1916) arvelee uittohäviön v. 1906 olleen Ruotsissa 0.66 %, mutta v. 1914 jo 1.95 %. Suuri ero johtuu siitä, että pinotavaran osuus vastaavana aikana on noussut 8.5 %:sta 40 %:iin. Haug (1915) on tutkinut uittohäviötä Norjassa ja saanut sen hyvin erilaiseksi eri vuosina, Farris-joella v. 1912 9 %, v. 1913 vain 0.3 % ja v. 1914 2.8 %. Nunnedalslangen-nimisessä paikassa olivat vastaavat luvut v. 1912 19.5 % ja 1913 25.4 %. Saksassa on Rausch (1878) tutkinut uittohäviötä jo v. 1878 ja saanut sen pyökille 10.5 %:ksi ja havupuupinotavaralle 6.2 %:ksi. Meillä Suomessa esim. Oksala (1931) esittää uittohäviön keskiarvoiksi havutukeille 2.5 %, havupuupinotavaralle 8 % ja koivutukeille 9 %. Järvelä (1948) on päässyt melkein samanlaiseen tulokseen; hän esittää uittohäviön määräksi 6—7 %, josta 5 % uppoamishäviönä ja 1—2 % varkauksien, uittorakenteiden, särkymisen yms. aiheuttamina.

Luvut siis suurinpiirtein katsoen tukevat toisiaan. Ottamalla Oksalan esittämät luvut perustaksi saamme tilaston avulla likimääräiset uittohäviöprosentit vuosina 1928—50 (taulukko 1).

Luvut on saatu Saaren (1928—37), Keltikankaan (1938), Väryn (1939—40) ja Pöntysen (1941—50) laatimista uittotilastoista. Lukujen tarkoituksesta johtuen on tilastosta otettu se luku, joka esittää kunakin vuonna uittoon pantua puumäärää vähennettynä sillä määrällä, joka on saatu toisilta uittoyhdistyksiltä. Näin saatu jäännös on mainittuna vuonna uittoon pantu todellinen puutavaramäärä. Tämä määrä on jaettu tukkien ja pinotavaran kesken sinä vuonna luovutettujen tukkien ja pinotavaran määrien suhteella. Tällä tavalla saadusta tukkien kuutiomäärästä on laskettu tukkien uittohäviö 2½ %:n ja pinotavaran kuutiomäärästä pinotavaran uittohäviö 8 %:n mukaan. Mainittu suhde lienee uittoon pantujen määrien kohdalla hiukan toinen, koska pinotavaran uittohäviö on suurempi, mutta tarkemman suhdeluvun muutamien vuosien kohdalta puuttuessa on johdonmukaisuuden vuoksi käytetty esitettyä suhdetta.

Numeroita tarkastettaessa on huomattava, että ne eivät koske kaikkia maassamme suoritettuja uittoja. Kaikki yksityisuitot ovat tilastosta kokonaan poissa ja uittoyhdistyksistäkin on joitakin täytynyt jättää huomioimatta, koska ne eivät ole antaneet tarpeellisia tietoja toiminnastaan tilaston laatijoille.

Kuten taulukosta nähdään, on siis uittohäviön kokonaismäärä ajanjaksona 1928—50 ollut vähintään 9 025 000 tod. k-m³. Todellisuudessa ylittänee se kuitenkin huomattavasti mainitun luvun, sillä esim. sotavuosina jäi puita talvehtimaan paljon runsaammin kuin tavallisesti, mikä juuri on omiaan edistämään uittohäviön suurenemista. — Täten lienee

Taulukko 1. Likimääräiset uittohäviömäärät vv. 1928—50.
1 000 tod. k-m³.

Vuosi	Uittoon pantu		Uittohäviö		
	Tukit	Pinotavara	Tukit	Pinotavara	Yhteensä
1928	8 656	2 494	216.5	223.5	440.0
1929	6 233	2 774	156.0	222.0	378.0
1930	5 698	3 041	142.5	243.5	386.0
1931	4 388	3 243	109.5	259.5	269.0
1932	3 964	2 070	99.0	165.5	264.5
1933	4 885	2 713	122.0	217.0	339.0
1934	7 282	3 427	182.0	274.0	456.0
1935	6 547	4 064	163.5	325.0	488.5
1936	5 829	4 051	145.5	324.0	469.5
1937	7 261	5 110	181.5	409.0	590.5
1938	6 406	5 479	160.0	438.5	598.5
1939	4 292	3 657	107.5	292.5	400.0
1940	1 697	1 677	42.5	134.1	176.5
1941	4 384	2 756	109.5	220.5	330.0
1942	2 540	1 309	63.5	104.5	168.0
1943	3 676	1 900	92.0	152.0	244.0
1944	3 326	2 274	83.0	182.0	265.0
1945	4 339	2 462	108.5	197.0	305.5
1946	6 277	5 115	157.0	409.0	566.0
1947	6 470	4 821	162.0	385.5	547.5
1948	5 182	4 104	129.5	328.5	458.0
1949	5 423	3 438	135.5	275.0	410.5
1950	6 057	2 785	151.5	223.0	374.5
Yhteensä	120 812	74 764	3 020.0	6 005.0	9 025.0
Keskim. vuodessa	5 252.7	3 250.6	131.3	261.1	392.4

kiistattomasti tullut osoitetuksi, että liikumme sellaisella tutkimuskentällä, missä jo pienikin parannus merkitsee suuria taloudellisia arvoja.

Uittohäviön rahallinen määrä suurenee vielä lisäksi siten, että korkeasuhdanteiden aikana, jolloin uittomäärät ovat suuria ja siitä johtuen uittohäviön absoluuttinen määräkin suuri, jää kallista puutavaraa saapumatta perille paljon enemmän kuin laskusuhdanteiden aikana halvempaa puutavaraa. Esim. ensimmäisenä »pulavuonna» 1929 uitettiin n. 21 % vähemmän kuin viimeisenä korkeasuhdanteen vuonna 1928.

3. Puun ja sen ominaisuuksien vaikutus uittohäviöön

31. Kosteussuhteet kasvavassa puussa

Kuten tunnettua, kaikki kasvit tarvitsevat elääkseen vettä, johonka liuenneena ravintoaineet siirtyvät maasta kasvin käytettäväksi. Metsiemme puut eivät mitenkään poikkea tässä suhteessa muista kasveista. Mutta vesipitoisuuden vaihtelu on eri puulajeilla ja hyvin usein samankin puulajin eri yksilöillä hyvin suuri, vieläpä se vaihtelee saman puun eri osissakin. Päästäkseen selville veden kulkuteistä puun rungossa monet tutkijat ovat lähteneet ensiksi selvittämään juuri näitä ilmiöitä.

Kaikki tutkijat ovat poikkeuksetta huomanneet sydän- ja mantopuun suuren eron tässä suhteessa. Eneroth (1922) ilmoittaa männyn sydänpuun vesipitoisuudeksi 15—35 %, kuusen sydänpuun 20—45 % tuorepainosta. Mantopuun vesipitoisuuden hän, kuten kaikki muutkin tutkijat, mainitsee paljon korkeammaksi, 60—70 %:ksi, siis $^2/_3$ puun tuorepainosta. Nämä luvut pitävät kuitenkin paikkansa vain täydellisesti normaalissa puussa. Esim. latvansa menettäneessä puussa on vesipitoisuus aluksi epänormaalin suuri. Welander (1916) on taas laskenut sydän- ja mantopuun painon erotuksen prosenteissa ja saanut sen männylle 76 %:ksi ja kuuselle 51 %:ksi. Männyn sydänpuu on hänen mukaansa n. 6 % raskaampaa kuin kuusen; vastaava luku mantopuulla on 24 %. Nämä tiedot Welander ilmoittaa saadun helmikuulla kaadetusta ja punnitusta puusta. Hän mainitsee kuitenkin Nördlingerin tutkimuksissaan saaneen kuusen painavammaksi, mikä siis olisi ristiriidassa hänen omien tutkimustensa kanssa. Welander on tutkinut myös tuoreen puun painoa eri osissa runkoa pituussuuntaan, mutta hänen tutkimuksensa eivät antaneet tukea väitteille, että vesipitoisuus vaihtelisi runkoa ylöspäin noustessa.

Jalava (1932, -38, -40) on myöskin syventynyt tähän kysymykseen monenkin eri tutkimuksensa yhteydessä. Hän esittää mm., että vettä esiintyy solun onteloissa ja seinämissä. Solun seinämissä sitä on ns. fibrillien välissä, kun sitävastoin itse fibrillien oletetaan olevan kuivia. Solun seinän kyllästymispiste on hänen mukaansa 25—30 %. Sydänpuun kosteuspitoisuuden hän väittää olevan solun seinämän kyllästymispisteen paikkeilla. Koivun kasvukosteuteen sanoo Jalava latvan suuruuden vaikuttavan hyvin ratkaisevasti. Kun tutkittiin koivuja, joilla oli eri suuruiset

latvukset, huomattiin pienilatvaisten koivujen olevan kosteimpia. Havupuilla ei eroa huomattu juuri ollenkaan. Saman tutkimuksen yhteydessä huomattiin kosteuden havupuilla nousevan latvaan päin mentäessä. Se nousi jopa niinkin jyrkästi kuin 80 %:sta 190 %:iin koko rungon mitalla. Koivulla sitävastoin oli tyvi korkeintaan 10—20 % kuivempi.

Kasvupaikan kosteus on Jalavan mukaan havupuilla yksi ratkaisevista tekijöistä kasvukosteuteen nähden. Koivulla sen ei huomattu vaikuttavan mitään.

Jalavan aikaisempaa tutkimusta tukee tavallaan hänen myöhemmät huomionsa. Hän ilmoittaa saaneensa käyttökelpoisen vanerikoivurungon osan vesipitoisuudeksi tuoreena 70—90 %, paitsi tyvessä, jossa se oli 15 % alhaisempi. Mielenkiintoisena seikkana pidettäköön hänen huomiotansa koivun sydänpuusta, joka tutkimuksessa osoittautui n. 10 % kosteammaksi kuin mantopuu.

Myös sään sanoo Jalava vaikuttavan puiden kasvukosteuteen verraten voimakkaasti. Tämä ilmiö eliminoituu suureksi osaksi sellaisten puulajien kohdalla, jotka muutenkin kasvavat vain kosteilla paikoilla, jolloin sään vaikutusta tuskin huomaa. Vuodenaika ei Jalavan mukaan suuriakaan vaikuta muuten paitsi, että koivun tyvi on jonkinverran kosteampi talvella kuin kesällä.

Mielenkiintoisena sivuseikkana mainittakoon, että esim. koivu voi suotuisissa olosuhteissa haihduttaa vuorokauden kuluessa bruttopainonsa vettä, so. juurten, rungon, oksien ja lehtien yhteisen painon. Tästä seikasta tulee vielä tarkemmin puhe rasiinkaadon yhteydessä.

Veden esiintymisestä kasvavassa puussa kirjoittaa Lundberg (1927): »Kasvavassa tai vastakaadetussa puussa on huomattavia vesimääriä. Vesi esiintyy osaksi vapaana soluonteloissa, osaksi myöskin sidottuna soluseinämiin. Soluonteloissa ja itse soluissa on myös ilmaa. Jos tuore puu saa olla vedessä, esim. uiton aikana, työntyy tämä ilma pois veden vaikutuksesta ja korvautuu vedellä.»

Helander (1933) on tutkinut kuusen ja männyn vesisolujen pituusvaihteluja ja tullut siihen tulokseen, että ne tyviosassa saavuttavat suurimman kokonsa 90—100 vuoden tienoissa. Tämän jälkeen näyttää niiden pituuskasvu alenevan nopeammin varjoon ja sorrettuun asemaan jääneissä puissa kuin edullisemmalla paikalla olleissa. Rungon yläosissa näyttää sitävastoin varjoon jäänyt puu suunnilleen samanlaisen jyrkästi nousevan käyrän kuin muut suuremmatkin puut. Hyötykasvuinen puu on tyvipuolellaan kasvattanut suhteettoman lyhyitä vesisoluja, joiden pituus jo n. 60 vuoden tienoilla on saavuttamaisillaan maksiminsa, mutta ylempänä rungossa kasvaa niiden pituus jyrkästi eikä pituuden maksimia vielä tuolloin ole saavutettu. Nuoremmassa ja syrjäytetyssä puussa ei vesisolujen

pituus vielä ole ennättänyt saavuttaa samaa mittaa kuin n. 20 vuotta vanhemmassa vallitsevassa puussa.

Edellä oleva pätee yhtä hyvin männylle kuin kuusellekin.

Iän vaikutuksesta vesisolujen pituuteen kirjoittaa Helander:

»Puun ikä vaikuttaa kaikissa puissa kasvupaikasta ja maanlaadusta riippumatta aivan samalla tavalla puun vesisoluihin. Iän suuretessa muodostuu johonkin määrärajaan asti uusissa vuosilustoissa edellisiä pitempiä vesisoluja, mutta kun pituusmaksimi on saavutettu, voidaan myöhemmin syntyneissä lustoissa huomata niiden selvää lyhenemistä.»

Nylinder (1950), jonka tutkimukset näyttävät olevan hyvin perusteellisia, esittää tutkimustensa tuloksena seuraavaa:

»Kasvukosteus laskee kannolta noustaessa 1/10 puun pituuden matkalla, jonka jälkeen se nousee latvaan päin mentäessä. Kosteus laskee paljon ulomman ja sisemmän mantopuun välillä sekä sisemmän mantopuun ja ulomman sydänpuun välillä. Sydänpuun kosteus on rungon alaosassa suurempi kuin sydänpuun sisäosassa. Kosteus on suurempi ominaispainoltaan alhaisessa puussa kuin ominaispainoltaan korkeassa. Lopuksi kosteus vaihtelee vuodenajan mukaan.»

Lisäksi mainitsee Nylinder, että samalla kasvupaikalla kasvavissa puissa kosteuspitoisuus kohoaa puun rinnankorkeusläpimitan mukaan. Vuodenajan vaikutusta selventänee hänen ilmoituksensa, että kosteus nousee ulommassa mantopuussa toukokuusta heinäkuuhun laskeakseen tämän jälkeen vähitellen. Mantopuun keskellä saavutettiin maksimiarvo elokuussa, sisemmässä mantopuussa syksyllä. Vaihtelut vuodenajan mukaan osoittautuivat pienimmiksi kannolla ja 10 % puun pituudesta kannolta ylöspäin noustaessa.

Edelläoleviin tutkimustuloksiin nojautuen voidaan tehdä seuraavat johtopäätökset:

— Havupuilla on sydänpuu huomattavasti kuivempaa kuin mantopuu, kun sitävastoin lehtipuilla, etupäässä koivulla, asia saattaa olla päinvastoinkin.

— Kasvavan puun kosteuspitoisuus lisääntyy sekä havu- että lehtipuilla latvaan päin noustessa.

— Kasvupaikan kosteus vaikuttaa havupuilla kasvukosteuteen hyvin voimakkaasti. Koivulla ei vaikutusta ole huomattu.

— Ilman kosteuden vaikutus kaikkiin puulajeihin on niinikään huomattava.

— Tiedot vuodenajan vaikutuksesta ovat vielä jonkinverran ristiriitaisia, mutta on todennäköistä, että kasvavan puun kosteus on puun varsinaisena kasvuaikana, touko—kesä—heinäkuulla, jonkin verran korkeampi kuin muina aikoina.

— Puun ikä vaikuttaa sikäli, että hyvällä kasvupaikalla kasvanut puu on nuoremmalla iällään kosteampaa kuin varjossa ja huonolla alustalla kasvanut puu.

32. Havu- ja lehtipuiden rakenne

Yleisesti tunnettua on, että havu- ja lehtipuut eroavat rakenteeltaan huomattavastikin toisistaan. Jo edellä on tullut mainituksi, että kasvavan koivun kosteudessa on oleellisia eroavaisuuksia havupuihin verrattuna. Tämä johtuu juuri puulajien rakenteellisesta erilaisuudesta.

Helander (1918) mainitsee tärkeimpänä eroavaisuutena olevan havupuun rakenteen yksinkertaisuuden lehtipuihin verrattuna. Vuosilustomuodostus on säännöllinen ja selvä, ydinsäteitä on vaikea huomata eikä puu ole pituusleikkauspinnoiltaan uurteinen. Solut ovat pääasiallisesti vesisoluja, vaikkakin pituussuuntaisia tylppösolurivejä tavataan. Vesisolut ovat pyöreitä tahi tavallisimmin neli- ja kuusisärmäisiä ja suurilla rengashuokosilla varustettuja. Pituussuuntaisia tylppösolurivejä on aina pihkatiehyeillä varustetuissa puissa näiden tiehyeiden ympärillä, sulkien ne täydellisesti ja muodostaen pihkatiehyen ns. epiteelisolukon.

Lehtipuiden rakenne on paljon vaihtelevampi kuin havupuiden. Solurakenne on moninaisempi. Lehtipuissa on putkiloita ja ne ovat sijoittuneet hajalleen pitkin lustoa tai kehään luston sisäreunalle. Vuosilustojen rajat eivät läheskään aina ole niin selvät kuin havupuissa. Ydinsäteet ovat milloin yksi-, milloin monikerroksisia. Varsinaisessa pystypuussa on putkiloiden ohella puutylppösäikeitä, puusyitä, vesisoluja ja moniosaisia puusyitä.

Myös sydänpuun muodostuminen on aivan erilaista havupuilla ja koivulla, jota lehtipuista on mielenkiintoisinta uiton kannalta katsottuna tarkastella. Kosteus- ja värieroa ei koivun sydänpuulla ole. Kuusen sydänpuu eroaa pintapuusta pienemmän kosteuden perusteella, männyn sydänpuu on sekä kosteutensa että värinsäkin puolesta erilaista kuin manto.

Sydänpuun muodostumisesta johtuvasta erilaisuudesta kirjoittaa Ullén (1929):

»Pieni, 25—30 cm pitkä, hyvin kuivattu koivupölli siveltiin toisesta päästään partavaahdokkeella. Kun toisesta päästä puhallettiin pöllin läpi, syntyi lukemattomia pieniä saippuakuplia partavaahdokkeella siveltyyn päähän. Samanlaisessa kokeessa havupuulla ei kuplia ollenkaan syntynyt.»

Yhtenä suurimpana tekijänä puiden uppoamiseen on tähän saakka pidetty puun biologista rakennetta. Onkin selvää, että tämän täytyy vaikuttaa hyvin voimakkaasti puun uitto-ominaisuuksiin ja sentähden on kiinnitettävä mitä suurinta huomiota tätä seikkaa selvittäneiden tutkijain tuloksiin.

Jalavan (1932) mukaan tiiviissä runsaasti kesäpuuta sisältävässä puussa on enemmän vettä, koska siinä soluseinämät ovat paksumpia ja niinollen pystyvät sitomaan enemmän vettä, josta johtuen puu on raskaampaa. Koska puun lustojen paksuudella ja kesäpuuprosentilla on selvä

yhteys, lienee paikallaan mainita Jalavan em. tutkimuksessa tekemästä huomiosta, että hyvin nopea- ja hyvin hidaskasvuisissa männyissä on kesäpuuprosentti alhainen. Suurin on kesäpuumäärä sellaisessa puussa, jossa vuosilustoja on 7—10 kpl. cm:llä.

Useat tutkijat ovat kuitenkin tulleet siihen tulokseen, että vuosiluston paksuudella ei ole niin suurta merkitystä. Esim. Ekman (1922) mainitsee tästä samaten kuin Boberg-Juhlin-Dannfeltkin (1926).

33. Puun kuivuminen ja vettyminen

Aikaisemmin pidettiin puutavaran kuivaamista ainoana keinona uppoamishäviön estämiseksi. Saadaksemme oikean käsityksen puun kuivumisesta ja sen vastakkaisilmiöstä, puun veden imemiskyvystä, on meidän tutustuttava ensin niihin »lakeihin», joiden mukaan nämä ilmiöt tapahtuvat sikäli kuin niitä nykyisin käsillä olevien tutkimustulosten valossa tunnetaan.

Jo edellä kasvavan puun kosteussuhteita käsiteltäessä tuli mainituksi, että tuoreessa puussa on vettä solun seinämissä ja itse soluontelossa. Soluonteloissa on sen lisäksi ilmaa.

Silloin, kun solun seinämät ovat imeneet niin paljon vettä kuin ne siihen kykenevät, ovat ne saavuttaneet ns. kyllästymispisteen. Tämä kyllästymispiste ei ole millään tavoin vakio, vaan sen korkeus riippuu monista tekijöistä. Nylinder (1950) mainitsee mm., että kyllästymispiste laskee silloin, kun lämpötila nousee. Suuri ligniinipitoisuus aiheuttaa samaten alhaisen kyllästymispisteen; tämän kanssa on tavallaan yhteydessä myös sydänpuun muodostus, jolloin kyllästymispiste myös laskee hartsin ym. aineiden vaikutuksesta. Solun seinän kyllästymispisteen sanoo Jalava (1932) vaihtelevan 25—30 %:n välillä.

Veden liikkeistä puussa kirjoittaa Nylinder (1950): Veden liikkeitä puukappaleessa kuivumisen ja veden imeytymisen tapahtuessa ei ole täysin onnistuttu selvittämään. Useita teorioita on esitetty, mutta minkään niistä ei katsota pitävän täysin yhtä todellisuuden kanssa. Pääasiassa on tutkittu hygroskooppista puolta. Oletetaan, että vesi osaksi liikkuu höyrydiffuusion (ångdiffusion), mutta myös jossakin määrin pintadiffuusion (ytdiffusion) vaikutuksesta soluonteloissa ja huokosissa ja kulkee osaksi nesteenä solun seinämien läpi. Kun se juoksevassa muodossa on kulkenut solun seinämän läpi, höyryyntyy se solun seinämän sisäpuolella ja höyrynä kulkee soluontelon läpi tiivistyäkseen vastakkaisella solun seinämällä jatkaakseen edellä selostetulla tavalla kulkuaan. Mutta määrättyjä pieniä tarkistuksia täytyy kuitenkin tehdä niihin lakeihin, jotka on saatu tutkimalla huokoisia aineita ja hyytelöitä. Koska puu kuitenkin on epähomo-

geeninen ja ei isotrooppinen, ovat nämä tarkistukset usein hyvin vaikeasti määrättävissä.

Vapaan veden liikkeissä vaikuttavat jossakin määrin toiset lait. Kapillaarivoiman vaikutuksesta pyrkii vesi pysähtymään vasta pienissä soluonteloissa, so. syyspuu- ja ydinsoluissa. Taukoamaton vesivirta voi sentähden esiintyä puun sisältä pintaan päin myöskin, vaikka kevätpuusoluissa, jotka kuivattaessa näyttävät luovuttavan kosteuttaan, ei olisikaan vapaata vettä. Sydänpuussa, johtuen sen alhaisesta vesipitoisuudesta, ei esiinny mitään mainittavia veden liikkeitä.

U l l é n (1929) on sitä mieltä, että kun puu kuivuu, poistuu vesi ensin soluonteloista ja sitten vasta alkaa itse solun seinämä luovuttaa vettä. Veden poistumisteistä mainitsee hän, että ainoa tie on tosin kulkea soluseinämien läpi, mutta höyryyntymisteorialle hän ei anna kovin suurta merkitystä.

Monet tutkijat mainitsevat kirjoituksissaan, että haihtuminen on suhteellisesti suurin puun poikkileikkausopintojen kautta. Kun kuitenkin puukappaleen poikkileikkauspinta-alojen suuruus verrattuna vaippapintaan on tavallisesti mitättömän pieni, jää näiden kautta tapahtuva veden haihtuminen toisarvoiselle tilalle ja merkitykseltään ensiarvoiseksi muodostuu vaippapinnan kautta tapahtuva haihtuminen. Tämän haihtumisen on luonto kuitenkin estänyt varustamalla puun kuorella. Mitä kuori tässä suhteessa merkitsee selviää mm. E k m a n i n (1922) maininnasta, että kuorellinen puu vaatii kuivuakseen enemmän kuin kaksi kertaa niin pitkän ajan kuin sellainen, mistä kuori on poistettu.

U l l é n (1929) vahvistaa sen, että vesi haihtuu helpommin poikkileikkauspinnan kuin vaippapinnan ja säteen suuntaisen pinnan kautta. Hän todistaa sen seuraavasti:

Kosteus, joka haihtuu puun päästä, voi kulkea suhteellisen esteettömästi pitkin pituussuuntaisia solurivejä kohdaten esteitä vain ydinsäteiden kohdalla, mutta se kosteus, joka haihtuu vaipasta, voi kulkea ainoastaan niitä soluja pitkin, jotka kulkevat kohtisuoraan vaipan pintaa vastaan, kuten esim. ydinsäteet. Kosteus, joka haihtuu säteen suuntaan olevasta pinnasta, voi kulkea vain niiden harvojen solujen kautta, jotka kulkevat ympyrän kehän suunnassa.

U l l é n (1929) kiteyttää huomionsa puun kuivumisesta seuraaviin kohtiin:

1. Kuivuminen on lyhyehkönä kuivumisaikana kokonaan riippuvainen sadepäivien lukumäärästä (2 kk.). Jos kesän aikana joka kolmas päivä on sateinen, ei voida odottaa puutavaran ollenkaan kuivuvan.

Koko vuoden aikana on kuivuminen suurin silloin, kun ilman lämpötila on suhteellisen korkea ja sadepäivien lukumäärä on varsinkin kevään (huhti-kesäkuun) aikana pieni.

2. Kuivuminen on edelleen suhteessa tuulen nopeuteen sillä tavalla, että jos tuulen nopeus tulee nelinkertaiseksi, muuttuu kuivumisnopeus kaksinkertaiseksi.

3. Lopuksi kuivuminen on suuresti riippuvainen puutavaran lämpötilasta, eritoten lähinnä haihtumispintaa.

K l e m (1943) on tullut osittain päinvastaiseen tulokseen kuin U l l é n, ainakin mitä sateen vaikutukseen tulee. Hän vertaili jokaisen helmi-heinäkuussa sattuneen sateen jälkeen ulkona sateessa olleiden puiden ja katon alla säilytettyjen puiden vesipitoisuutta. Tällöin hän tuli siihen yllättävään tulokseen, että erot olivat aivan mitättömät. Yllättävää suuntaa osoittavat tulokset johtunevat kuitenkin kokeen virheellisestä suorittamistavasta, sillä vertailut suoritettiin vasta sateen jälkeisen päivän iltapuolella, ja sitäpaitsi katoksessa olleita puita lienee ympäröinyt suhteellisesti kosteampi ilma, koska auringonsäteet eivät päässeet sen suhteellista kosteutta alentamaan.

Veden kulkua puussa voidaan tutkia värjätyllä vedellä, jota menetelmää mm. S a c h s ja L ö f (L a s s i l a 1931) ovat käyttäneet. S a c h s huomasi, että vesi ei kulje syyspuussa, mutta hänen käyttämänsä väriaine, sinoberi, oli jossakin määrin sopimatonta, koska se kasaantui solukkoihin ja esti suodattumista. L ö f sitävastoin käytti aniliiniväriä, jolla ei mainittua epäkohtaa ole. Hän tutki erikoisesti kuoren ja kuorimisen vaikutusta veden tunkeutumiseen puuhun ja huomasi, että kuorimattomassa puussa vesi tunkeutui sisään päätepinnoista sekä oksien ja haavojen kautta. Hän huomasi myös, että nila vaikeutti vielä huomattavasti veden tunkeutumista puuhun. Niinikään hän huomasi halkeamien suuren merkityksen puun vettymiseen.

Halkeamat nimittäin näyttelevät hyvin huomattavaa osaa puun kuivumisessa ja vettymisessä. Sen lisäksi niillä on merkitystä eri vikanaisuuksien synnyssä, joista tuonnempana.

Kun puu kuivuu, poistuu siitä ensiksi se vesi, joka on vapaana soluonteloissa. Senjälkeen vasta U l l é n i n (1929) mukaan itse solunseinämät alkavat kuivua. Silloin, kun solunseinämät alkavat luovuttaa vettä, rupeavat ne myös vetääntymään kokoon, mistä aiheutuu koko puukappaleen kutistuminen. J a l a v a n (1932) mukaan on kuitenkin havaittavissa kutistumista jo ennenkuin solunseinämä on saavuttanut kyllästymispisteen, mutta tämä kutistuminen on varsin merkityksetöntä.

Kun nyt puu siis kuivuu, luovuttavat pinnalla olevat vuosilustot enemmän vettä kuin sitä sisempää ehtii tunkeutua tilalle. Seurauksena on pintakerrosten aikaisempi kuivuminen ja kutistuminen sekä säteen että tangentin suunnassa. Tuoreen sisäosan aiheuttaman jännityksen johdosta kuiva pintaosa rupeaa halkeilemaan. Näin tapahtuu aina, jos kuori kokonaan tai osaksi poistetaan ja ulkonaiset edellytykset puun kuivumiselle ovat

otolliset, sillä onhan ilman muuta selvää, että puuta ympäröivällä aineella, ilmalla, täytyy olla suurempi veden absorbtiokyky kuin puulla itsellään ennenkuin puu voi alkaa kuivua.

Halkeamien kautta tapahtuva kuivuminen on siis varsin merkityksellinen. Muodostuuhan siten haihtumiselle tarpeellista pinta-alaa joskus huomattaviakin määriä. Eri asia on sitten, onko näin saatu etu todella tavoittelemisen arvoinen, sillä näiden halkeamien ansiosta usein puutavaran arvo laskee huomattavastikin ja sitäpaitsi kuivumisen vastakkaisilmiö, vettyminen, tapahtuu niiden muodostamasta pinnasta yhtä helposti kuin kuivuminenkin. Esim. Löf (1914) mainitsee, että hyvin kuivatetussa puussa tapahtuu veden otto suurimmaksi osaksi halkeamien kautta. Samantapaiseen tulokseen on hän tullut aikaisemmin (1907) suorittamassaan tutkimuksessa. Anderssonin (1914) mielestä halkeamia esiintyy vain nopeasti kuivuneissa puissa, joka kai jossakin määrin pitääkin paikkansa.

Oksaisuus edistää myös puun kuivumista. Tämä on luonnollistakin, sillä kuten aikaisemmin on mainittu, veden haihtuminen on suhteellisesti suurin päätepinnoista ja oksan jäljet ovat juuri eräänlaisia päätepintoja. Oksaisuuden edullisuuden kuivumisen kannalta katsottuna on huomannut mm. Nylinder (1950). Lisäksi hän mainitsee, että paljon sydänpuuta sisältävä puu kuivuu hitaammin kuin vähän sydänpuuta sisältävä. Relatiivinen haihtumismäärä voi siitä huolimatta olla yhtä suuri tai suurempi ensiksi mainitulla, sillä jos puussa on paljon sydänpuuta, jää paljon vettä sisältävälle mantopuulle suhteellisesti vähemmän kuutiotilavuutta ja siis itse absoluuttinen vesipitoisuuskin on pienempi. Nylinder esittää sitäpaitsi:

— Kun muut tekijät pysyvät muuttumattomina, kuivuminen kiihtyy, kun tuore paino ja kuorimisaste kohoavat. Muiden tekijäin, kesäpuumäärän, läpimitan, vuosirenkaan leveyden ja kuiva-ainepainon noustessa kuivuminen sitävastoin hidastuu.

— Vuosiluston paksuuden nousu muiden tekijäin vaihdellessa aiheuttaa tilavuuspainon alenemisen ja tällä tavalla keskimäärin edistää kuivumisnopeutta.

Kuivumisnopeutta edistävänä tekijänä pitävät hyvin monet tutkijar, kuten Hedman (1923), Ekman (1922), Löf (1907, 1914) ja Öfverholm (1923) puutavaran oikein varastoimista. Erikoisesti kunnollisten aluspuiden merkitystä korostetaan jokaisen tutkijan taholta.

Erilaiset vikanaisuudet hidastavat kuivumista. Jalava (1938) mainitsee, että lahovikaiset rasiinkaadetut koivut eivät koskaan kuivu yhtä kuiviksi kuin terveet. Myös Ekman (1922) esittää, että sinistyminen hidastaa kuivumista.

Yleensä voidaan sanoa, että se ominaisuus, joka jouduttaa puun kuivumista, jouduttaa myös sen vettymistä. Kuitenkin on olemassa pieniä eroja näiden kahden vastakkaisilmiön välillä. Löf (1914) kirjoittaa mm., että

vesi imeytyy huonommin hyvin kuivuneeseen puuhun kuin huonosti kuivuneeseen tai tuoreeseen, sillä kuivaan puuhun vesi tunkeutuu aluksi vain pintahalkeamien kautta, mutta tuoreeseen ja huomattavasti kuivattuun oksan juurien, päiden ja sivujen kautta. Tähän vaikuttaa se, että huolellisesti kuivatussa puussa on pihka tunkeutunut pinnalle muodostaen vettä läpäisemättömän kerroksen varsinkin poikkileikkauspintoihin, jonka poishuuhtoutuminen kestää jonkin aikaa.

Boberg-Juhlin-Dannfelt (1926) ovat tutkimuksissaan tulleet siihen tulokseen, että veteen pantu puu lisää heti aluksi suuresti painoaan — voidaanpa sanoa, että veden imeytyminen ensimmäisen vuorokauden, jopa ensimmäisten tuntien aikana on erinomaisen kiihkeätä. Mitään vakiota puun jossakin aikayksikössä imemästä vesimäärästä he eivät katso voivansa ilmoittaa, sillä vaihtelu on hyvin suuri. Mutta suurena keskiarvona voidaan sanoa, että männyn paino lisääntyy hitaammin kuin kuusen. Veden imeytymistä hidastavista tekijöistä nämä tutkijat mainitsevat korkean sydänpuumäärän. Vuosiluston paksuudelle he eivät anna niin suurta merkitystä kuin sydänpuulle.

Ekman (1922) ilmoittaa veden imeytymistä nopeuttaviksi tekijöiksi kuorettomuuden, puun jäätymisen ja lahon, havupuilla ohuet vuosilustot ja pienen pihkamäärän. Hänen mukaansa mänty imee vettä nopeammin, siis toisin kuin Boberg-Juhlin-Dannfeltin mukaan. Yleissääntönä Ekman arvelee voitavan pitää sitä, että puu imee hitaammin vettä kuin se sitä haihduttaa.

Kun puu on imenyt niin paljon vettä, että sen soluontelotkin ovat täyttyneet eikä siinä käytännöllisesti katsoen ole enää ollenkaan ilmaa, kohoaa sen tilavuuspaino suuremmaksi kuin veden ja se uppoaa. Jalava (1932) sanoo solun seinämän ominaispainon olevan 1.56, joten siis täysin vettyneen puun ominaispaino olisi 1—1.56.

On mielenkiintoista tarkastella kuinka paljon puu voi imeä vettä itseensä. Löf (1907) on tätä asiaa tutkinut ja kirjoittaa, että kun täysin kuivattu puu oli ollut 230 vrk. vedessä, oli sen paino lisääntynyt 32—35 %, mutta siitä huolimatta oli sen paino alkuperäistä tuorepainoa n. 20 % pienempi.

Ekman (1922) on määrännyt vesimäärät kuivan tilavuuspainon mukaan ja saanut taulukossa 2 esitetyt arvot.

Taulukko 2. Vesimäärät kuivatilavuuspainon mukaan.

Kuiva tilav.p.	Vesipitoisuus	Tuore tilav.p.
0.30	320 %	1.17
0.40	230 »	1.22
0.50	180 »	1.27
0.60	145 »	1.31
0.70	120 »	1.34
0.80	100 »	1.37

Hedman (1923) on tutkinut puutavaran kuivumista jäällä silmälläpitäen varastoimistapaa. Hänen saamansa tulokset selvinnevät alla olevasta asetelmasta.

Puutavaran kuivuminen jäällä 15. 3.—15. 5. välisenä aikana.

Kuorinta	Varastoimistapa	Kuivunut/vettynyt	%
Täyspuhdas	Aluspuiden päällä	Kuivunut	32.15
»	Ilman aluspuita	»	9.15
Aisattu	Aluspuiden päällä	»	19.56
»	Ilman aluspuita	»	3.27
Kuorellinen	Aluspuiden päällä	»	5.77
»	Ilman aluspuita	Vettynyt	6.39

Lopuksi mainittakoon mm. Kohhin (1934, 1935) suorittamat kokeilut kaksi vuotta varastoiduilla, lahotartunnan saaneilla koivuhaloilla. Tällaisten halkojen vesipitoisuus oli 29.2 %, kun sitävastoin terveiden, 2 vuotta varastossa olleiden koivuhalkojen vesipitoisuus oli vain 23.9 %. Ero on siis 5.3 %. Suurin piirtein samanlaiseen tulokseen on tullut Björkman (1946), joka kokeillessaan koivuisilla koekappaleilla, huomasi 4 kk:n astiakokeessa vesipitoisuuden nousseen 25 %:sta 31.2 %—61.6 %:iin eri sienien aiheuttaman lahon johdosta. Myös Rozens (1935) mainitsee, että terveiden koivuhalkojen kosteus vaihtelee 25.7—30.9 % ja täydellisen lahotartunnan saaneiden 58.7—74.1 %. — Kohh (1934) on lisäksi laskenut eri vuodenaikoina kaadetun puun kuivumisen vuorokautta kohden ensimmäisen kaadon jälkeisen kuukauden aikana. Tulokset ovat allaolevassa asetelmassa:

Kaadettu	syys-lokakuussa	kuivunut	0.32 %
»	marras-helmikuussa	»	0.08 »
»	maalis-huhtikuussa	»	0.35 »
»	touko-elokuussa	»	1.06 »

Yhteenvetona 2. ja 3. kohdassa esitetyistä tutkimustuloksista voidaan mainita:

— Sydänpuumuodostuksen erilaisuudesta johtuu, että lehtipuut uivat huonommin kuin havupuut.

— Puun kuivumista jouduttavat seuraavat tekijät:

1. Kuoren poistaminen joko kokonaan tai osaksi.
2. Puun oksaisuus.
3. Alhainen kesäpuumäärä, pieni läpimitta, ohut vuosirengas ja alhainen kuiva-ainepaino, kaikki yhdessä tai jokainen erikseen.
4. Oikea varastoimistapa.
5. Halkeamat.
6. Että puu on vapaa laho- ja sinivioista.

7. Suotuisat ilmastolliset olosuhteet.

— Veden imeytyminen puuhun on hitaampaa kuin sen haihtuminen siitä.

— Samat seikat, jotka nopeuttavat kuivumista, edistävät myös puun vettymistä paitsi että vikaisuudet, laho ja sinistyminen, jouduttavat veden imeytymistä ja hidastavat kuivumista.

— Puun kyky imeä vettä riippuu sen kuivasta tilavuuspainosta.

— Täysin vettyneenkään puun paino ei kohoa yli 1.56:n.

34. Sydän- ja mantopuun sekä kesäpuun määrä ja puun paino

Edellä on jo useasti jouduttu sivuamaan sydän- ja mantopuun keskinäisen suhteen vaikutusta uitto-ominaisuuteen ja jouduttu toteamaan sen suuri merkitys puuta uitettaessa.

Sydänpuun ominaisuuksia ja sen vaikutusta uitto-ominaisuuksiin käsiteltäessä on rajoituttava yksinomaan havupuihin, koska esim. Jalavan (1938) ja Pettersson in (1930) mukaan koivulla ei ole sydänpuuta siinä merkityksessä kuin se uiton kannalta olisi toivottavaa. Pettersson mainitsee nim., että koivusta puuttuu kokonaan varsinainen sydänpuu. Haavalla on kyllä hänen mukaansa sydänpuuta, mutta ottaen huomioon tämän puulajin suht. pienen uittomäärän ja lisäksi sen, että sillä saman tutkijan mukaan on aivan erinomaiset uitto-ominaisuudet silloin, kun se on kuivaa, voimme sen sydänpuunkin jättää käsittelemättä.

Sydänpuun ominaisuuksista kirjoittaa Ekman (1922):

Vesipitoisuus sydänpuussa vaihtelee männyllä 15—35 % ja kuusella 20—45 % tuorepainosta ja mantopuussa 60—70 %.

Welanderin (1916) mukaan sydän- ja mantopuun painon erotus männyllä on 76 % ja kuusella 51 %. Hänen mukaansa puun tilavuuspaino riippuu pääasiassa sydänpuusta.

Boberg-Juhlin-Dannfelt (1926) ovat sitä mieltä, että uiton kannalta katsoen on sydänpuulla tärkeämpi merkitys kuin esim. vuosiluston paksuudella.

Jalavan (1932) mukaan sydänpuun kosteuspitoisuus kasvavassa tai vasta kaadetussa männyssä ei ole soluseinämien kyllästymispisteen alapuolella.

Tämän peräti tärkeän ominaisuuden esiintymistä puussa on Werberg (1929) tutkinut hyvin perusteellisesti. Hänen tutkimuksensa tulokset voidaan tämän kirjoituksen tarkoitusta vastaavasti kiteyttää seuraaviin kohtiin:

— Männyn sydänpuun väri on tummempaa, puuaine tiheämpää ja raskaampaa (6—8 %) kuin mantopuu. Kutistuminen ja paisuminen on hitaampaa kuin mantopuun.

— Vallitsevan tuulen mukaan on puun poikkileikkauspinta usein ovaali, josta johtuen sydänpuukin on usein soikea, koska sydänpuun raja varsinkin ylempänä seuraa puun poikkileikkauspinnan kehää.

— Sydänpuun suhteellinen määrä kasvaa kannolta ylöspäin noustaessa ensiksi johonkin määrättyyn maksimiin, jonka jälkeen se alkaa laskea keskiosassa hitammin ja latvassa nopeammin. Tämä ilmiö on selväpiirteisin nuorissa puissa. Vanhoissa puissa mainittu maksimi saavutetaan hyvällä boniteetilla 1/3—2/3, huonolla boniteetilla 1/8—1/4 pituuden päässä kannosta lukien.

— Tyven läpimitan ja puun iän noustessa nousee myös sydänpuun suhteellinen läpimitta ja sen mukana pinta-ala, jos puut kasvavat samanlaisella kasvupaikalla.

— Hyvällä kasvupaikalla on puilla korkeampi sydänpuuprosentti kuin huonolla kasvupaikalla.

— Sydänpuumäärän suhteellinen ero tyvessä ja latvassa on varsinkin pienillä puilla hyvin pieni.

— Maaperän huonontuminen vaikuttaa alentavasti sydänpuun suhteelliseen määrään varsinkin pienissä puissa.

— Iän mukana kohoaa sydänpuun tilavuusprosentti samalla boniteetilla ja kääntäen, samassa iässä kohoaa sydänpuun tilavuusprosentti boniteetin parantuessa.

— Sydänpuun syntymisen selvittämiseksi on kiinnitettävä erikoisesti huomiota puun latvuksen vaikutukseen.

Nylinder (1950) kirjoittaa sydänpuun ominaisuuksista:

»Sydänpuun veden imemiskyky päätepinnoista on sekä männyllä että kuusella suurin sen keskustassa. Erikoisesti männyn tyvitukeissa on tämä ominaisuus silmiinpistävä. Tämä johtunee mm. siitä, että määrättyjä sydänpuuaineita on pienemmissä määrin keskustassa kuin laidoilla ja että keskustassa on sydänpuuhalkeamia. Nämä halkeamat eivät näytä sulkeutuvan niinkuin tavalliset kuivaushalkeamat veteen pantaessa. Tämä voi johtua siitä, että halkeamat, joita on vanhahkoissa puissa, eivät ole syntyneet kuivumisesta aiheutuvasta kutistumisesta — sydänpuun kosteuden ei missään yhteydessä ole huomattu olevan solun seinän kyllästymispisteen alapuolella — vaan erikoisista jännitteistä».

Mikäli puu kuivataan perusteellisesti vähenee sydänpuun merkitys puun uimiskykyyn Tuovisen (1951) mukaan huomattavasti. Täydellisessä kuivauksessa lähenee mantopuu uitto-ominaisuuksiltaan sydänpuuta siinä määrin, että ei enää voida puhua näistä kahdesta erilaisesta puun osasta siinä mielessä kuin tämän kirjoituksen yhteydessä on tarkoitus. Vasta toisena uittokesänä kuivauksen jälkeen alkaa ero olla huomattavissa.

Jo aikaisemmin on tullut mainituksi Welanderin (1916) mielipide, että puun paino riippuu kokonaan sydänpuusta. Tätä suhdetta ovat useat tutkijat tarkemminkin selvittäneet. Koska tutkimustulokset yleensä käyvät oleellisilta kohdiltaan yhteen, otettakoon tähän vain Petterssonin (1930) esittämät havainnot:

— Kun ikä ja puulaji pysyvät samana, alenee tilavuuspaino sydänpuuprosentin noustessa.

— Kun sydänpuuprosentti ja puulaji pysyvät samana, alenee tilavuuspaino iän noustessa.

— Kun sydänpuuprosentti ja ikä pysyvät samana, alenee tilavuuspaino, vaikkakin merkityksettömästi, runkoa ylöspäin noustaessa.

Pienimmästä tarpeellisesta sydänpuumäärästä on myös suoritettu monta tutkimusta. Lassila (1931) mainitsee professori Hesselmanin tulleen siihen tulokseen, että alin prosenttimäärä olisi n. 41 %, mutta lisää heti, että koska manto- ja sydänpuu eivät joudu samalla tapaa kosketukseen veden kanssa on sekä Hesselman että Kinnman tulleet siihen tulokseen, että pienen kuivauksen jälkeen on 35 % riittävä määrä. Pettersson (1930) on taas sitä mieltä, että jos sydänpuuta on 20 tilavuusprosenttia on uppoamishäviö 2.3 % 5½ kuukauden uitossa.

Tässä yhteydessä lienee syytä mainita vanhojen Pohjois-Suomen »uittojätkien» käytännöstä saama toteamus. He nimittäin sanovat, että jos 7″ latvaläpimittaisessa tukissa ei ole kahvikupin vertaa sydänpuuta, niin puu uppoaa. Tämä käytännöllinen havainto muutettuna numeroiksi merkitsee, että alin uittokelpoisen puun sydänpuumäärä täytyy olla vähintään 16—18 %.

Ronge n mukaan on kuorellisen mäntypuun uimiskykyä arvosteltaessa kiinnitettävä huomiota sydänpuun ohella myös mantopuun kesäpuun määrään. Kevyessä puussa mantopuun kesäpuuprosentti on 10—15, normaalissa 15—25 ja raskaassa 25—30. Jotta kuorellinen mäntypuu kestäisi 4 kuukautta uimiskykyisenä tulee sydänpuuprosentin olla kevyessä puussa 40 mutta raskaassa puussa vähintäin 60. Tiheälustoinen puu, jonka kesäpuun määrä aina on suuri, kuuluu siis raskaisiin puihin, ja tulee sillä olla siis paljon sydänpuuta ennenkuin se on uimiskykyinen (Orring 1948, s. 463—466).

Tuovinen (1949) on tutkiessaan rampapuiden uittoa ja uimiskykyä Kemijoella huomannut, että perille saapuneiden sydänpuu-% ei yleensä ole ollut sen suurempi kuin rampapuiden keskimäärin. Sensijaan uivina perille saapuneiden puiden sydänpuu-% on ollut selvästi keskimääräistä suurempi.

Puun painoa on jo aikaisemmin tässä kirjoituksessa useassa yhteydessä kosketeltu. Aikaisempien mainintojen lisäksi on mainittava mm. Welanderin (1916) punnitukset tuoreen puun painosta helmikuulla. Hän on saanut esim. männyn sydänpuun keskimääräiseksi painoksi kuutiometriä kohden 552 kg ja mantopuun 973 kg (803—1 081 kg/m³). Kuusen sydän-

Taulukko 3. Sydänpuun vaikutus tilavuuspainoon.

Puulaji	Jos läpimitasta on sydänpuuta			
	1/3	1/2	2/3	3/4
	on paino kg/m³			
Mänty	926	868	786	736
Kuusi	755	718	667	635

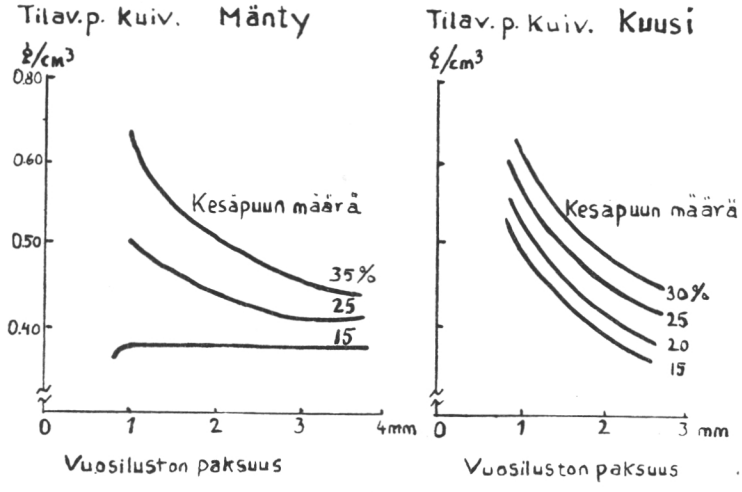
puu painaa hänen mukaansa 520 kg/m³, mantopuu 784 kg/m³ (617—895 kg/m³). Sydänpuun vaikutusta tilavuuspainoon valaisee taulukko 3, jossa painot on ilmoitettu kg/m³. Päinvastoin kuin sydänpuulla, jonka muodostumiseen ei vuosiluston paksuus paljoakaan vaikuttanut, on vuosiluston paksuudella suuri vaikutus tuoreen puun tilavuuspainoon.

Jalavan (1940) mukaan on nuorien runkojen ja latvojen, siis yleensä pinotavaran paino huomattavasti suurempi kuin sahatukkien johtuen tämä nuorien runkojen suuresta vesipitoisuudesta (yli 100 %, usein 200 %).

Ekman (1922) on huomannut, että oksanjuuret kohottavat tilavuuspainoa, koska oksien tilavuuspaino on usein yli 1.0.

Pintapuun vuosilustojen tiheydestä kirjoittaa Tuovinen (1951): »Jos uloimmat vuosilustot sisältävät nopeasti kasvanutta, ohutseinäistä kevätpuuta runsaasti, jolloin luston paksuus on eräitä poikkeuksia lukuunottamatta suuri, tiettyyn puutilavuuteen mahtuu huomattavan runsaasti vettä. Asiaan vaikuttanee edelleen veden helpompi tunkeutuminen ohuiden solunseinämien lävitse. Samoin leveälustoisten pölkkyjen sydänpuuprosentti on tavallista pienempi. Lopputuloksena joka tapauksessa on, että leveälustoiset pölkyt menettävät uimiskelpoisuutensa nopeammin kuin tiheälustoiset. Ero tuntuu aluksi vain kaikkein pienimmissä läpimittaluokissa, mutta leviää vähitellen yhä suurempiin vahvuuksiin.«

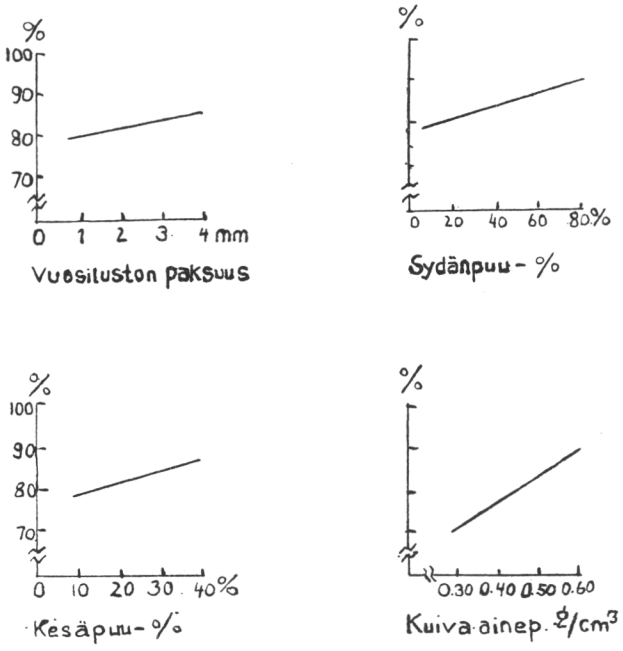
Nylinder (1950) on huomannut mm., että puun kosteus kohoaa, kun vuosiluston paksuus kasvaa. Hänen mukaansa on yhteys tilavuuspainon, syyspuun määrän ja keskimääräisen vuosiluston paksuuden kesken kuvion 1 mukainen.



Kuvio 1. Vuosiluston paksuuden, syyspuun määrän ja ominaispainon vaikutus toisiinsa.

Kuvion mukaan tilavuuspaino vaihtelee vuosiluston paksuudesta johtuen voimakkaammin kuusella kuin männyllä syyspuumäärän ollessa pieni.

N y l i n d e r i n mukaan kiihtyy kuivuminen, kun tuore tilavuuspaino nousee ja kuorimisaste kohoaa muiden tekijäin pysyessä samana. Kun sitävastoin muut tekijät, sydänpuun määrä, läpimitta, vuosiluston paksuus ja kuivan puun tilavuuspaino kohoaa, hidastuu kuivuminen. Näitä toteamuksia selventääksemme esitetään ne vielä graafisesti kuviossa 2.



Kuvio 2. Vuosiluston paksuuden, sydänpuun määrän, kesäpuun määrän ja kuivan puun tilavuuspainon vaikutus kuivumiseen.

Paino kuivattamisen jälkeen %:na painosta ennen kuivattamista.

Kesäpuun vaikutuksesta uitto-ominaisuuksiin kirjoittaa N y l i n d e r (1950), että kohoavan kesäpuu-%:n mukana hidastuu puun veden imemiskyky.

Lopuksi tulkoon mainituksi C a l l i n i n (1948) tutkimustulos koivun ja haavan uitto-ominaisuuksista koskien puun tiheyttä, joka lienee hyvin lähellä viimeksi kosketeltua aihetta, painoa ja vuosiluston paksuutta. Hän on tullut siihen tulokseen, että harvasyisellä koivulla ja haavalla on parempi uimiskyky kuin tiheäsyisillä vastaavilla puulajeilla.

Löf (1914) kirjoittaa, että suurilustoisen ja kituvan harvennus- sekä latvustavaran täytyy suuren tilavuuspainonsa tähden kuivua täydellisesti uidakseen pitemmän aikaa.

Sydänpuun, vuosiluston paksuuden, kesäpuun ja painon vaikutukseen puun uimiskykyä silmälläpitäen on siis kiinnitetty paljon huomiota. Poimimalla edellä esitetyistä tutkimuksista oleellisimmat kohdat voimme luoda jonkinlaisen yleiskatsauksen niiden vaikutukseen:

— Sydänpuun merkitys uitto-ominaisuuksia edistävänä tekijänä ilmenee vain havupuilla ja haavalla.

— Puun paino ja uimiskyky riippuu huomattavasti sydänpuun ja mantopuun kesäpuuosuuden suuruudesta.

— Sydänpuuta on suhteellisesti eniten rungon keskiosassa, kun sitä sitävastoin tyvessä ja latvassa on vähemmän. Tätä väitettä tukee mm. Öfverholmin (1923) tekemä havainto, että tyvitukki uppoaa tyvi edellä mutta latvatukki latva edellä.

— Sydänpuun määrä ja kasvupaikan hyvyys ovat suoraan verrannollisia toisiinsa.

— Sydänpuun määrä ja puun ikä ovat suoraan verrannollisia toisiinsa. Samoin puun läpimitta ja sydänpuun suhteellinen määrä.

— Sydänpuulla ja mantopuun kesäpuuosuudella on uitossa tärkeämpi merkitys kuin vuosiluston paksuudella.

— Pienin tarpeellinen sydänpuumäärä uitossa on todennäköisesti 16 % poikkileikkauspinta-alasta.

— Sydänpuun kosteus kasvavassa tai vasta kaadetussa männyssä on 25—30 % puun painosta kuivana.

— Täysin kuivatussa puussa sydänpuun merkitys vähenee yhden kesän uitossa.

— Kesäpuu-%:n noustessa puun veden imemiskyky alenee.

— Rampapuiden uimiskyky on yllättävän vähän riippuvainen sydänpuun määrästä.

35. Oksaisuus

Oksaisuuden vaikutusta puun uimiskykyyn ja yleensä puutavaran uittoon ei ole vielä läheskään täydellisesti selvitetty. On todennäköistä, että tällä seikalla on paljon suurempi merkitys uppoamis- ja uittohäviön syntymiseen kuin yleensä luullaan.

Tämän kirjoituksen puitteissa on jo useassa yhteydessä jouduttu sivuamaan oksaisuuden vaikutusta puun uitto-ominaisuuksiin. Kuorimisen vaikutusta myöhemmin tarkasteltaessa tehdään se huomio, että oksaista puuta ei tarvitse kuoria yhtä välttämättömästi kuin nopeakasvuista oksatonta. Tämä johtuu samoin aikaisemmin mainitusta seikasta, että suhteellinen kuivuminen päätepintojen kautta on suuri ja oksanjuurethan ovat tavallaan päätepintoja. Samoin on tullut esitetyksi Ekmanin (1922) esittämä toteamus, että oksanjuuret kohottavat tilavuuspainoa, koska itse oksien tilavuuspaino on suurempi kuin varsinaisen puun, usein yli 1.0.

Yleisenä sääntönä voidaan pitää Nylinderin (1950) mainintaa, että puu kuivuu sitä nopeammin mitä ylempää rungosta se on otettu. Tämä johtuu oksaisuuden lisääntymisestä. Kääntäen on tutkija huomannut latvatukkien imevän enemmän vettä kuin tyvitukkien esittäen syyksi saman kuin edellä.

Ainoa perusteellinen tutkimus kuivumisesta oksien kautta on Nylinderin (1950) käsialaa. Sentähden suomennetaan se tähän kokonaisuudessaan:

»Tutkimus käsitti 8 kpl. 1 m:n pitkiä pölkkyjä, jotka sisälsivät kaiken kaikkiaan 10 tervettä ja 5 kuivaa oksaa läpimitaltaan 20 ja 28 mm. Oksat oli karsittu kirveellä aivan läheltä runkoa. Kuorimattomat tukit, joiden vuosiluston paksuus vaihteli 2.7 ja 2.5 mm, saivat kuivua kolme kuukautta, jonka jälkeen tarpeellinen määrä n. 5 cm paksuja kiekkoja sahattiin tukeista oksien molemmilta puolilta. Kiekoista hakattiin 5 sektoria keskimmäisen sijaitessa juuri oksan ylä- tai alapuolella. Sektorit, jotka olivat 10 mm leveitä kuoren puolelta, jaettiin 5 mantopuu- ja 3 sydänpuuosaan. Kosteuspitoisuus määrättiin tavalliseen tapaan punnitsemalla kappaleet heti paloittelemisen ja kuivauskaapissa kuivaamisen jälkeen.

Näiden oksien lisäksi halkaistiin neljä pölkkyä, joissa oli kaikkiaan 10 tervettä oksaa ja näkyvän kuivausalueen pituus mitattiin. Keskiarvoksi saatiin ylöspäin 29.1 cm ja alaspäin 31.4 cm.

Oksien kuivumisaste osoitti suurta vaihtelua. Kaikissa tapauksissa saatiin kuitenkin suurin piirtein katsoen samanlainen kuva kuivumisen kulusta. Kuivissa oksissa osoittautui kuivuminen samanlaiseksi, mutta sujui hitaammin.

Taulukosta 4, joka osoittaa kuivumisvaihteluita kuivuvan terveen oksan yläpuolella, selviää, että kuivuminen oksan ympärillä on paikallisesti jyrkästi rajoitettua. Tangentin suuntaan on kuivuminen tapahtunut huomattavasti hitaammin kuin pituussuuntaan. Edellämainitun kymmenen oksan perusteella, joiden kuivumisalueen pituus on mitattu, näyttää siltä,

Taulukko 4. Kosteuden jakaantuminen 15—20 cm tuoreen oksan yläpuolelta otetussa poikkileikkauksessa. Keskimäärin 10 oksaa.

Koekappale n:o	Sektorin n:o				
	1	2	3	4	5
1	178	155	67	148	182
2	183	161	76	159	184
3	164	157	91	151	172
4	160	158	119	149	156
5	139	141	130	136	135
6	32	32	31	31	31
7	31	31	31	31	32
8	33	32	33	36	32

että kuivuminen ulottuisi jonkinverran pitemmälle oksan alapuolelle kuin yläpuolelle. Huomattu ero ei kuitenkaan ole varma.

Säteen suuntaan tapahtuu kuivuminen pääasiassa mantopuussa. Vähäinen kuivuminen voidaan kuitenkin myös todeta sydänpuussa oksan välittömässä läheisyydessä.»

Jalava (1938) on tarkkaillut oksaisuuden vaikutusta vanerikoivujen uitossa. Hän suoritti kokeen siten, että vertailtiin 0—1 ja 3—4 oksaa sisältäviä 0.5 m:n pituisia, tervattuja ja tervaamattomia pölkkyjä. Tulokset näkyvät taulukosta 5.

Taulukko 5. Eri oksaisuusastetta olevien pölkkyjen vedenimemiskyvyn vertailu.

	Paino		
	Alussa	Kolmen viikon uiton jälkeen	
		0—1-oksaiset	3—4-oksaiset
Tervatut	100	110	117
Tervaamattomat	100	137	136

Löfinkin (1914) huomio siitä, että kuivunut puu imee vettä vain pintahalkeamiensa kautta, mutta huonosti kuivattu oksanjuurien, päiden ja sivujen kautta, on jo aikaisemmin mainittu.

Callin (1948) on myös huomannut oksaisuuden vaikutuksen, koska hän kehoittaa parantamaan koivujen uintikykyä impregnoimalla päät ja suuremmat oksan juuret. Kuitenkin hän olettaa, että impregnoimalla yksinomaan päät oksaisissakin koivutukeissa saavutettaisiin tyydyttävä uimiskyvyn parannus.

Jalava (1938) kirjoittaa, että koivutukit uivat sitä paremmin, mitä pitempiä, oksattomampia, paksumpia ja terveempiä ne ovat.

Varmaa on, että karsittujen oksien poikkileikkauspinta-alojen suuruus vaikuttaa puun kuivumiseen ja vettymiseen huomattavasti. Varsinkin sellaisilla puilla, jotka eivät ole ehtineet perusteellisesti kuivua ennen veteen veritystä, kuten useimmiten lienee asianlaita, oksaisuus vaikuttaa ratkaisevasti uimiskykyyn. Myös on varmaa, että oksainen puu on jo tilavuuspainoltaan jonkinverran raskaampaa.

36. Puun ikä ja koko

Iän vaikutus uitto-ominaisuuksiin on yksinomaan välillistä laatua. Sentähden voimme tässä yhteydessä sivuuttaa tämän tekijän viittaamalla sen osuuteen sydänpuun muodostuksessa, puun kuivumisessa ja puun oksaisuudessa. Tunnettuahan on, että vanhemmassa puussa oksia on pääasiassa latvaosassa usein vain pienenä tupsuna.

Puun koon vaikutus uittohäviöön on aluksi jaettava kahteen eri ryhmään. Ensinnäkin pölkyn suuruus vaikuttaa ns. uittohankaluuteen ja toiseksi kuivumiseen ja veden imemiskykyyn.

Jo Förster (1882) mainitsee yhtenä uiton varjopuolena rajoitetun pituuden. Onkin ymmärrettävää, että Keski-Euroopan pienissä ja jyrkkälaskuisissa vuoristopuroissa pitkän tavaran uittaminen tuotti suurta hankaluutta.

Vuoristo (1938) on suorittanut tutkimuksia eri puutavaralajien, siis eri kokoakin olevien puiden uittohankaluudesta. Hän on tullut siihen tulokseen, että järeämmän tavaran, tukkien, ns. negatiivinen uittoominaisuus on suurempi kuin pinotavaran, siis pienpuun. Tämän hän sanoo osaksi johtuvan pientavaran paremmasta kuivumisesta. 2 m kuusipaperipuita hän sanoo jääneen vähiten rannalle. Toinen negatiivinen uittoominaisuus, ruuhkautuminen, suurenee puiden suuretessa, varsinkin matalassa vedessä. Järeämpi puutavara jäi myös hänen mukaansa helpommin kosteisiin. Yleisenä sääntönä on siis pidettävä, että tukkien enenevä pituus aiheuttaa uittohäiriöiden lisääntymistä. Tästä seikasta Vuoristo on esittänyt suhdelukujakin, jotka on esitetty taulukossa 6.

Taulukko 6. Eri läpimittaisten tukkien aiheuttamien uittohäiriöiden määrää kuvaavat suhdeluvut eri uittokelpoisuusluokkaa olevilla väylillä (8″ tukki perusmittana).

Väylän uittokelp. lk.	Tukin latvaläpimitta			
	6″	8″	10″	12″
I	1.01	1.00	1.19	1.40
II	0.82	1.00	1.24	2.27
III	0.79	1.00	1.20	2.23
II ja III keskiarvo	0.80	1.00	1.22	2.25

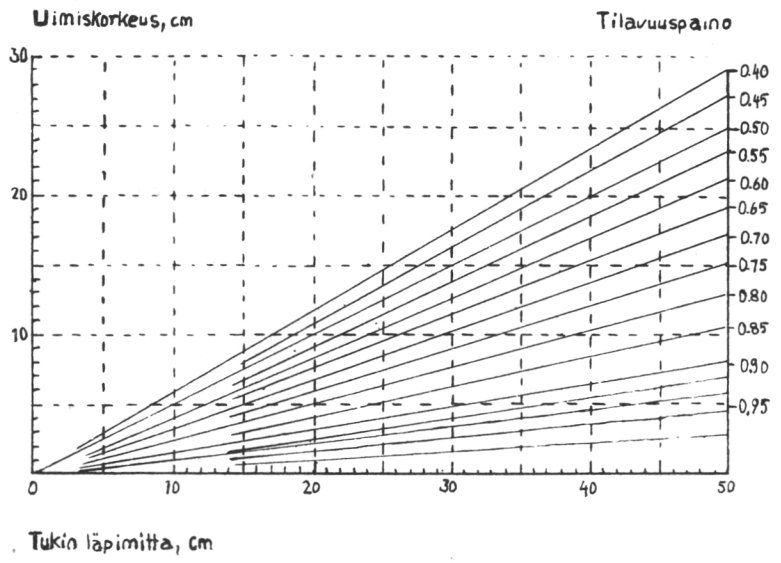
Koivutukkien uittohankaluus ei Vuoriston mukaan lisäänny tukin suuretessa.

Ymmärrettävästi uittohankaluuden suuretessa on pölkyllä suurempi vaara jäädä kokonaan perille tulematta, joka siis vaikuttaa uittohäviön suurenemiseen.

Puun läpimitan ja uimiskorkeuden vaikutuksesta tilavuuspainoon esittää Nylinder (1950) kuviossa 3 piirretyt suorat.

Callin (1948) mainitsee luodessaan katsauksen toisten tutkijain saavutuksiin Nylénin tutkimuksesta mm.:

Kysymyksessä oli koivupolttopuiden uitto, joka tapahtui osaksi halkoina ja osaksi 3 m:n pituisina aisattuina ja kuorellisina rankoina, jotka oli otettu 2″ latvaläpimittaan saakka. Lyhyen uittokauden, 2—4 viikkoa, aikana ei



Kuvio 3. Suorat, joiden avulla voidaan määrätä tilavuuspaino, kun tunnetaan pölkyn uimiskorkeus ja läpimitta.

käytännöllisesti katsoen uppopuita ollenkaan ehtinyt syntyä. Halkojen uitto oli sujunut paljon joustavammin kuin rankojen ja tullut huomattavasti halvemmaksi. N y l é n katsoo, että 3 m:n pituisten koivurankojen uitto tulee ainakin 2 kertaa niin kalliiksi kuin havupuiden.

J a l a v a (1938) on tarkkaillut pienien ja isojen pölkkyjen veden imemiskykyä suoja-ainekokeiden yhteydessä. Pölkyt olivat kaikki samanpituisia, joten imemiskykyyn vaikuttavaksi tekijäksi jää vain paksuus. Tulokset ovat nähtävänä taulukossa 7.

Taulukko 7. Pienien ja isojen pölkkyjen veden imemiskyky.

	Paino			
	alussa	3 viikon kuluttua	5 viikon kuluttua	7 viikon kuluttua
Pienet tervatut pölkyt	100	116	119	127
Isot tervatut pölkyt	100	111	113	118
Pienet tervaamattomat pölkyt	100	137	—	—
Isot tervaamattomat pölkyt	100	138	—	—

Pienien tervattujen pölkkyjen huomataan imeneen vettä enemmän kuin isojen. Tämä johtuu epäilemättä siitä, että oksan jäljistä imeytyvä vesi ennättää tunkeutua puun läpi pienissä pölkyissä paljon lyhyemmässä ajassa kuin isoissa pölkyissä. — Koepölkyt olivat kaikki verraten oksaisia. — Sensijaan tervaamattomissa pölkyissä ei näytä olevan sanottavaa eroa

vettymisen määrässä. Tämä taas johtunee siitä, että näin lyhyissä pölkyissä vettyminen on joka tapauksessa niin suuri, että se lähentelee kyllästymispistettä puun kaikissa osissa ja silloin ei pölkyn paksuus enää vaikuta mitään. Tämän vahvistukseksi on Jalava huomannut, että vettyminen 0.5 m pitkillä pölkyillä on 4 kertaa suurempi kuin 2 m pitkillä. Yleissääntönä esittää Jalava lopuksi:

Mitä pitempiä, oksattomampia, paksumpia ja terveempiä koivutukit ovat, sitä kauemmin ne uivat.

Kohh (1934) on tutkinut koivuhalkojen kuivumista silmälläpitäen niiden paksuuden vaikutusta. Haloillahan ei vaippapinta-ala suurene pölkyn suuretessa yhtä nopeasti kuin pyöreällä pinotavaralla, joten lisääntyvän paksuuden aiheuttama, kuivumista hidastava vaikutuskaan ei ole yhtä voimakas kuin esim. paperipuilla. Kuitenkin on hän huomannut paitsi sitä, että lisääntyvä paksuus hidastaa haloillakin kuivumista, myös sen, että paksummat halot imevät syksyllä hitaammin vettä itseensä. Pitemmän ajan kuluessa, esim. kokonaisen syksyn aikana, ero pienien ja isojen halkojen kostumisessa on hyvin pieni, mutta kuitenkin havaittavissa.

Edelläoleva koski koivupuiden paksuuden ja pituuden vaikutusta. Havupuun vastaavien tekijöiden vaikutuksesta kirjoittaa Nylinder (1950):

»Puun muista ominaisuuksista vaikuttaa kesäpuun määrä ja läpimitta eniten veden imeytymiseen. Kun läpimitta suurenee, muiden tekijöiden pysyessä samana, vähenee veden imeytyminen puuhun, laskettuna prosentteina ennen kuivausta olleesta painosta.»

Erikoisesti pituuden osuudesta puun kuivumiseen ja veden imemiskykyyn on muistettava kirjoituksemme alussa mainittu tosiasia, että puun päätepintojen haihduttamis- ja imemiskyky on suhteellisesti suurin. Kun nyt puu lyhenee, tulee pituusleikkauksen pinta-ala prosentuaalisesti puun koko ulkopinnasta suuremmaksi kuin pitkässä puussa. Näin ollen päätepintojen osuus haihduttamis- ja imemisilmiöön suurenee, mutta on huomattava, että tämä suureneminen tapahtuu nopeammin kuin päätepinta-alan prosentuaalinen suureneminen puun koko pinnasta, koska niiden suhteellinen haihduttamis- ja imemiskyky on suurempi kuin muiden pintojen.

Kuitenkin tämä suureneminen ei käytännössä juuri koskaan saavuta peräti merkittävää osaa. Esim. Boberg-Juhlin-Dannfelt (1926) uskaltavat väittää, että pölkyn pituudella ei ole mitään käytännöllistä merkitystä puun uimiskyvylle.

Ullén (1929) on tutkinut tätä asiaa edellisen väitteen perusteella, mutta ei ole tullut tuota väitettä täysin tukevaan tulokseen. Ainoastaan 20 cm:n pituisissa puukapuloissa on veden jakaantuminen pituussuuntaan kaikkialla suurin piirtein samanlainen.

Tätä käsitystä tukee Callinin (1948) tekemät huomiot koivu- ja haapatukkien pituuden vaikutuksesta uimiskykyyn. Ne on kokonaisuudessaan esitetty alla olevassa asetelmassa.

Vuoden 1945 aineisto.

Kuorellinen koivu, pantu veteen 7/5, 27/5 ja 27/6 1945.

		Tukin pituus 3 m	6 m
Uponneita, syksyllä 1945	tyvitukkeja	0/8 = 0 %	0/6 = 0 %
	latvatukkeja	4/6 = 67 »	2/8 = 25 »
	yhteensä	4/14 = 29 »	2/14 = 14 »

Kuorellinen haapa, pantu veteen 7/5, 27/5 ja 27/6 1945.

		Pölkyn pituus 3 m	6 m
Uponneita, syksyllä 1945	tyvitukkeja	4/9 = 44 %	5/7 = 71 %
	latvatukkeja	6/8 = 75 »	3/8 = 38 »
	yhteensä	10/17 = 59 »	8/15 = 53 »

Vuoden 1946 aineisto.

Rasiinkaadettu koivu, pantu veteen 22/5 ja 2/7 1946.

		Pölkyn pituus 2 m	6 m
Uponneita, syksyllä 1946	tyvitukkeja	5/16 = 31 %	4/17 = 24 %
	välitukkeja	5/18 = 28 »	3/15 = 20 »
	latvatukkeja	3/9 = 33 »	5/8 = 62 »
	yhteensä	13/43 = 30 »	12/40 = 30 »
Uponneita, keväällä 1947	tyvitukkeja	9/16 = 56 %	8/17 = 47 %
	välitukkeja	10/18 = 56 »	9/15 = 60 »
	latvatukkeja	6/9 = 67 »	6/8 = 75 »
	yhteensä	25/43 = 58 »	23/40 = 58 »

Rasiinkaadettu koivu, pantu veteen 8/8 1946.

		Pölkyn pituus 2 m	6 m
Uponneita, keväällä 1947	tyvitukkeja	2/7 = 28 %	3/6 = 50 %
	välitukkeja	3/12 = 25 »	—
	latvatukkeja	2/6 = 33 »	1/9 = 11 »
	yhteensä	7/25 = 28 »	4/15 = 27 »

Rasiinkaadettu haapa.

Uponneita	2/50 = 4 %	1/55 = 2 %

Prosenttiluvun edessä oleva murtoluku, esim. 5/16 tarkoittaa, että tukkeja on kaikkiaan ollut 16 kpl., joista on uponnut 5 kpl.

Asetelmasta näkyy, että lyhyissä, kuorellisissa latva-koivupölkyissä on ollut huomattavan paljon suurempi uppoamisprosentti kuin pitkissä. Sitävastoin tyvipölkyissä ei uppopuita esiinny ollenkaan. Tähän on kuitenkin huomautettava, että 3 m latvapölkyt sisältävät enemmän latvapuuta kuin 6 m, joka, kuten tunnettua aiheuttaa uimiskyvyn huonontumisen. Tämä ei kuitenkaan yksinään selitä uimiskyvyn erotusta. Aineiston pienuuden tähden ei mitään varmoja johtopäätöksiä voida tehdä.

Kuorellisen haavan uimiskyvyssä ei voida huomata selvää eroa lyhyiden ja pitkien pölkkyjen välillä. Pitkät tyvipölkyt uivat kuitenkin huonommin ja pitkät latvatukit paremmin kuin lyhyet. Myös tässä tapauksessa lienee aineisto liian pieni mihinkään varmojen johtopäätösten tekoon.

Rasiinkaadettujen pölkkyjen uimiskyky otetaan myöhemmin vielä tarkemmin käsiteltäväksi.

Eräässä toisessa Callinin (1948) suorittamassa kokeessa upposi 6′ pitkiä koivupölkkyjä 84 % ja 18′ pitkiä 55 %.

Ekmanin (1922) mukaan painon lisäyksen erotus 0.5 m ja 3 m pitkissä koivupölkyissä on taulukon 8 mukainen.

Taulukko 8. Eri pituisten koivupölkkyjen painon lisääntyminen vedessä.

	Ollut vedessä, pv.			
	1	2	3	4
	Paino lisääntynyt, %			
3 m	5.0	6.1	6.8	7.3
0.5 »	8.7	11.6	13.5	14.6

Tuovinen (1949) on rampapuiden uittokokeessa kiinnittänyt huomiota myös tukkien järeyden vaikutukseen. On valitettavaa, että hän ei tullut mitanneeksi tarkemmin pituutta ko. koeuitossa. Sentähden voidaan hänen tutkimuksestaan saada pituuden osuudesta uppopuiden syntymiseen valaisevia tietoja vain vertailemalla eri tavaralaatuja. Tämähän on kuitenkin hyvin epäkiitollinen vertailuperuste, sillä, kuten tunnettua, esim. tukkien ja 4-m kuorellisen paperipuun uppohukkaan vaikuttavat jo osaksi vallan eri tekijät. 4-m ja 2-m kuorellisten paperipuiden vertailulla saadaan kyllä hiukan luotettavampia tietoja, mutta olettaa sopii, että 2-m paperipuita on suuressa määrin tehty rungon latvaosista, mistä 4-m ei enää ole saatu, joten 2-m:ssä on enemmän uitto-ominaisuuksiltaan huonoa latvapuuta.

Vertailu esitetään taulukossa 9.

Taulukko 9. Erilaisten puutavaralajien uittohäviö.

Puulaji	Puutavaralaji	Pantu veteen kpl	Uinut perille kpl		Kadonnut %	
			hyvin	huonosti		
Mä	Tukit, kuorelliset	750	241	189	42.7	41.0 %
Ku	» »	50	32	10	16.0	
Mä	4-m kuorelliset paperip.	334	107	91	40.7	41.4 %
Ku	» » »	166	65	30	42.8	
Mä	2-m » »	124	21	31	58.1	58.5 %
Ku	» » »	76	20	11	59.2	
Mä	2-m puolipuhdas paperip.	855	115	216	61.3	56.2 %
Ku	» » »	179	98	24	31.8	
Mä	2-m kelot	200	36	94	35.0	34.7 %
Ku	» »	2	2	—	—	

Taulukosta huomataan, että tukkien ja 4-m kuorellisten paperipuiden ero on mitätön. Sitävastoin, kun paperipuiden pituus lyhenee 2-m:iin, on uittohäviössä huomattava ero.

Paksuuden vaikutuksen Tuovinen samassa tutkimuksessaan on tiivistänyt seuraaviin kohtiin:

1. Perille saapuneiden mäntyrampatukkien järeys ei poikkea paljoakaan kaikkien kokeessa olleiden puiden järeydestä. Perille saapuneet kuusirampatukit ovat olleet huomattavasti järeämpiä kuin matkalla kadonneet.
2. 4-m kuorellisten mäntypaperipuiden paksuudessa ei havaita eroa perille tulleiden ja matkalla kadonneiden kesken.
   4-m kuorellisien kuusipaperipuiden uimiskyky on samanlainen kuin tukkienkin.
3. 2-m kuorelliset paperipuut mitattiin eri tavalla uittoon pantaessa ja niiden perille saavuttua, joten tarkkaa vertailua ei voida suorittaa. Missään tapauksessa perille saapuneiden puiden suuruus ei kuitenkaan paljon poikkea uittoon pantujen pölkkyjen suuruudesta.
4. 2-m puolipuhtaista mäntypaperipuista ovat perille saapuneet olleet keskimääräistä jonkinverran kookkaampia ja uivina perille saapuneet edelleen suurempia kuin vesirajassa olevat ja rammat.
   Kuuset ovat kaikkiaan olleet pienempiä kuin männyt. Uivina perille saapuneet ovat olleet yleensä järeämpiä kuin muut pölkkyryhmät.
5. 2-m halot. Perille saapuneet pölkyt ja hyvin uivina tulleet ovat olleet keskimääräistä hieman suurempia.
6. Perille saapuneiden pölkkyjen suuruus ei yleensä ole poikennut rampapuiden keskimääräisestä suuruudesta.

Läpimitan vaikutuksesta jäälle varastoiduissa kuusi- ja mäntypaperipuissa on Tuovinen (1951) tehnyt tutkimuksen.

Koe-eriä hänen tutkimuksessaan oli kaikkiaan kolme, joista ensimmäinen upotettiin jään päälle nousseeseen veteen ja jäädytettiin siihen, toinen

upotettiin avantoon jään alle ja kolmas säilytettiin rannalla pinoissa aina 10. 5. saakka, jolloin veteen vieritys tapahtui.

Koe suoritettiin silmälläpitäen näiden puiden uitto-ominaisuuksia yksi- ja kaksivuotisessa uitossa.

Kokeessa huomattiin, että läpimitan vaikutus oli varsin tuntuva. 9 cm:n läpimittaluokkaan kuuluvat kuusipölkyt (läpimitta alle 10 cm) eivät kestä tyydyttävästi edes yksivuotista uittoa, sillä uppoamisen rajalla oli n. 12 % kappaleluvusta. Mäntypölkkyjen kohdalla tilanne oli vieläkin heikompi, sillä alle 10 cm vahvuisista oli uppoamistilassa peräti 38 % ja vielä 11 cm vahvuisistakin 6 %.

Jäissä talvehtiminen ensimmäisen uittokesän jälkeen on muodostunut varsin tuhoisaksi. Vesirajassa olevia, rampoja tai uponneita oli näet seuraavasti:

Taulukko 10. Jäissä talvehtineiden, huonosti uivien ja uponneiden paperipuiden prosenttimäärät.

Läpimitta, cm	Kuusi, %	Mänty, %
9	42	81
11	12	37
13	4	17
15	0	0

Taulukosta huomataan, että läpimitan kriitillinen raja on 12—14 cm, jota pienempiä ei kannata jättää talvehtimaan ensimmäisen uittokesän jälkeen.

Toisen uittokesän kuluessa vettyminen yhä jatkuu. Suuremmat läpimittaluokat eivät kuitenkaan joudu vaaralle alttiiksi.

Tutkimustulokset puun koon vaikutuksesta uitto-ominaisuuksiin ovat siksi ristiriitaisia, että niistä voidaan tehdä vain harvoja johtopäätöksiä. Nekin ovat sitäpaitsi vielä jossakin määrin epävarmoja, joten niitä voidaan pitää vain osviittaa antavina tuleville tutkimuksille.

— Puutavaran negatiiviset uitto-ominaisuudet kasvavat sen koon, pituuden ja paksuuden suuretessa varsinkin huonohkoilla uittoväylillä. Sitäpaitsi pitkän tavaran uitto tulee todennäköisesti kalliimmaksi kuin lyhyen tavaran.

— Läpimitan suuretessa veden imeytyminen heikkenee. Mitään eksaktisia lukuja ei voida kuitenkaan esittää.

— Myöskin puun pituuden kasvaessa veden imeytyminen heikkenee. Tämä ilmiö on mahdollisesti koivulla huomattavampi kuin haavalla ja havupuilla.

— Pituuden vaikutuksella on todennäköisesti eräänlainen maksiminsa siten, että pituuden kasvaessa johonkin määrättyyn määrään — mahdollisesti 3—4 m:iin — puun vettyminen hidastuu voimakkaasti, mutta tätä rajaa suuremmissa pituusluokissa vettymisvaihtelut ovat mitättömiä.

4. Muut uittohäviöön vaikuttavat tekijät

41. Puun kasvupaikka

Kasvupaikan vaikutusta on edellisissä luvuissa useasti kosketeltu. Sellaiset seikat kuin maan laadun, kasvupaikan korkeussuhteiden, metsikön tiheyden yms. vaikutukset lienevät tulleet jotensakin tyhjentävästi eri yhteyksissä selitetyiksi. Mutta jonkinlaisen yleiskuvan saamiseksi on pieni kertaus paikallaan.

J a l a v a (1938) kirjoittaa koivun kosteudesta:

»Eri metsätyypeillä kasvaneissa koivuissa ei ole havaittu sanottavia kosteuseroja. Varsinaisilta kuivilta kangasmetsätyypeiltä ei tosin ole koepuita, mutta eihän niillä yleensä vanerikoivuja kasvakaan. Korpinotkojen koivut ovat tosin olleet hiukan kosteampia kuin keskimäärin muut, mutta ne ovat myös jotensakin säännöllisesti tupsulatvaisia, jollaiset koivut ovat muillakin metsätyypeillä keskimäärää kosteampia, joten korpikoivujen suuremman kosteuden ei suinkaan tarvitse johtua yksinomaan kasvupaikasta.»

B o b e r g - J u h l i n - D a n n f e l t (1926) kirjoittavat:

Tutkimuksen yhtenä tehtävänä oli myös tutkia painovaihtelujen erotuksia puutavaroissa, jotka oli hakattu eri latvuskerrosten puista, jonka tähden koko aineisto jaettiin vallitseviin, myötävallitseviin ja vallittuihin puihin. Taulukosta 11 ilmenee näiden eri tavalla kasvaneiden puiden ominaisuudet ja kosteuspitoisuudet.

Taulukko 11. Eri puuluokkien puiden ominaisuudet ja vesipitoisuus.

Puuluokka	Sydän- ja mantopuu-% koko koekiekon pinnasta		Vuosirenkaita kpl/cm			Vesipitoisuus-% kuiva-ainepainosta		
	Sydänp.	Mantop.	Sydänp.	Mantop.	Keskim.	Sydänp.	Mantop.	Keskim.
Vallitsevat	42.8	57.2	4.7	11.9	7.2	32.3	122.3	82.8
Myötävallitsevat	45.1	54.9	5.6	17.8	9.9	33.3	107.5	74.3
Vallitut	43.1	56.9	6.5	20.8	11.8	32.1	10.5	73.8

Taulukon mukaan vesipitoisuudessa ei ole juuri mitään eroa näiden kolmella eri tavalla kasvaneiden puiden kesken. Samaten sydänpuun

osuus oli suurinpiirtein samanlainen kaikilla, mutta vuosirenkaan paksuus on vallituilla puilla pienempi. Loogillisesti ajatellen johtuisi siis hyötykasvuisten puiden huono uimiskyky yksinomaan vuosirenkaiden paksuudesta. Näin ei kuitenkaan ole asian laita, vaan siihen vaikuttanevat kaikki taulukosta ilmenevät seikat yhdessä.

Ko. tutkijat ovat kuitenkin huomanneet, että jos vain sydänpuumäärä on tarpeeksi suuri, ei vallituilla ja vallitsevilla puilla ole käytännössä mitään eroa.

Tässä yhteydessä lienee sopivinta ottaa esille eri puulajien ominaisuudet uittohäviön kannalta. Tästä asiasta on varsin monessa yhteydessä aikaisemmin jo puhuttu, mutta pienenä lisävalaistuksena sanottakoon, että esim. kuivumisen suhteen ovat lehtipuut paljon heikommassa asemassa kuin havupuut. E k m a n (1907) on mm. tutkinut havu- ja lehtipuuhalkojen kuivumista yhden kesän aikana ja huomannut, että niiden kuivuminen suhtautuu toisiinsa kuten luvut 4 ja 3, siis jos havupuuhalot kuivuvat 40 %, kuivuvat lehtipuuhalot vain 30 %. H e i k i n h e i m o (1915) luokittelee eri puulajit tässä suhteessa seuraavaan paremmuusjärjestykseen: kuusi, mänty, leppä ja koivu.

K o h h i n (1934) saama järjestys on samanlainen: kuusi, haapa, mänty, leppä ja koivu.

E n a n d e r i n (1940) laatima järjestys taas on: mänty, kuusi ja koivu.

Kaikissa asetelmissa koivu on viimeisenä. Tämä johtuu K l e m'in (1943) mukaan siitä, että ns. kuivausvoima on koivulla pienempi, koska tuoreen koivun vesipitoisuus on pienempi, sillä tällöin on suuri osa vedestä sidottu solunseinämiin, jolloin se on hitaampaa haihtumaan. Sitäpaitsi koivun tilavuuspaino on suurempi kuin havupuun, joka johtuu siitä, että koivulla on paksummat solunseinämät. Lopuksi on huomattava, että koivun tuohi on tehokkaampi veden eristäjä kuin havupuun kuori.

Lopuksi huomautettakoon, että kaikki ne tämän kirjoituksen puitteissa esitetyt tutkimustulokset, joiden ilmoitetaan olevan P e t t e r s s o n i n (1930) käsialaa, koskevat etupäässä sellaisia mäntyjä, jotka ovat kasvaneet hyötykasvuista puuta edellyttävällä maaperällä.

Yhteenveto:

— Kasvupaikan vaikutus uitto-ominaisuuksiin ilmenee siten, että hyvällä maalla ja muutenkin suotuisissa olosuhteissa kasvaneiden ns. hyötykasvuisten puiden (frodvuxet virke) vesipitoisuus on suurempi kuin muiden ja ne vaativat erikoisia toimenpiteitä pysyäkseen veden pinnalla pitemmän aikaa.

— Vallittujen ja vallitsevien puiden ominaisuuksissa on vain vähän eroa vesipitoisuudessa.

— Alavilla paikoilla ja yleensä kosteammilla paikoilla kasvaneiden puiden vesipitoisuus on suurempi kuin kuivilla paikoilla kasvaneiden.

42. Kaatoaika ja kaatotapa

Johdonmukaisinta olisi jakaa tämä aihe kahteen osaan: kaatoaikaa ja kaatotapaa erikseen käsitteleviin. Nämä aiheet ovat kirjallisuudessa kuitenkin niin lujasti kietoutuneet toisiinsa, että niitä olisi mahdotonta erottaa toisistaan, joten ne on käsiteltävä saman otsakkeen alla.

Kaatoajasta on vuosien kuluessa kirjoitettu paljon, ja varsin moni tutkija on koettanut selvittää kaatoajan vaikutusta uitto-ominaisuuksiinkin. Helander (1918) mainitsee, että tukkipuita kaadetaan meillä yleensä vain aivan sydäntalvella tavallisesti joulukuun alusta 15 päivään maaliskuuta. Tämä aika on huomattu sopivaksi myös siitä syystä, että silloin kaadetut puut uivat perille paremmin kuin myöhemmin, keväämmällä kaadetut. Aikaisemmin on jo tullut mainituksi Ekmanin (1922) huomiot puun kuivumisen ja kaatoajan suhteesta. Hänen mukaansa kuorellinen puu on kuivunut lokakuuhun mennessä, jos se on kaadettu ennen kesäkuun alkua. Myöhemmin, heinäkuussa kaadettu puu ei enää ehdi samana kesänä kuivua, vaikka se olisi kuorittukin. Syys-lokakuun vaihteen jälkeen kaadettu puu ei enää ehdi sinä syksynä kuivua ollenkaan. Puulajien välisistä suhteista Ekman mainitsee, että koivu kuivuu hitaammin kuin muut puulajit.

Tässä yhteydessä lienee syytä palauttaa mieliin muutamia puun kuivumista käsitelleessä luvussa esiintulleita seikkoja. Ullénin (1929) huomiot tuulen ja ilman lämpötilan vaikutuksesta lienevät tuoreessa muistissa samaten kuin Nylinderin (1950) tekemät havainnot veden liikkeistä puussa. Muutama pieni lisä eri vuodenaikojen vaikutuksesta puun kosteuteen lienee paikallaan. Koehler (1924) on tutkinut puun kosteutta eri vuodenaikoina ja saanut sen allaolevan asetelman mukaiseksi:

		talvi	kevät	kesä	syksy
Douglas-kuusi,	kosteus-%	42	42	33	38
Loblolly-mänty p.	»	109	107	107	100
s.	»	58	48	57	47
Pähkinäpuu	»	91	89	89	88

Vaikka puulajit ovatkin olleet meille vieraita, sopinee odottaa, että myös meikäläiset puulajit noudattavat samaa kaavaa. Niin onkin asianlaita, sillä Lagerberg, Lundberg ja Melin (1927) ovat saaneet männyn kosteuspitoisuudesta suurimmat arvot talvella ja keväällä. Meille kotoisempien puiden, kuusen ja koivun, vesipitoisuutta on Klem (1943) tutkinut kaatoajan mukaan. Hän sai alla olevan asetelman:

	Kaatoaika maalis-	heinä-	lokakuu
Kuusen vesi-%	76.1	51.1	62.1
Koivun »	114.5	90.6	100.4

Tulos on siis saman suuntainen kuin edellisetkin. — Callin (1945) on saanut koivun vesipitoisuuden suurimmaksi keväällä mahlan aikana.

Lassila (1931) on suorittanut pienen kirjallisuustutkimuksen tästä asiasta ja tekee siitä selkoa seuraavaan tapaan:

Niistä tutkimuksista, jotka Gunnar Ullén ja Lars Tirén ovat suorittaneet ja joista viimeksimainittu on lopullisesti tutkinut aineistoa ja laatinut siitä julkaisun, voidaan kaatoaikaan nähden tehdä seuraavat johtopäätökset:

1. Jos hakkuu tapahtuu syyskuulla ja vieläpä osalla lokakuuta ja puut kuoritaan sekä telataan harvalle telalle, niin tapahtuu sangen huomattava kuivuminen, siksi huomattava, että se riittää tekemään puut uimiskykyisiksi. Lagerbergin, Lundbergin ja Melinin (1927) tekemät tutkimukset osoittavat, että puu, joka on kaadettu syyskuun 1 päivän jälkeen, tai talvella tai keväällä, ei sinisty. Syksyllä kaadettu puu kuivuu hitaasti eikä siihen ilmesty halkeamia. (Tämä on siis ristiriidassa Ekmanin (1922) lausunnon kanssa).

2. Rasiksi kaato ei sanottavasti vaikuta väli- ja latvatukkien kuivumiseen. Sitävastoin kuivunevat 1 elok.—1 syysk. välisenä aikana rasiksi kaadetut, nopeakasvuisten puiden tyvitukit siksi paljon, että ne tyydyttävästi voidaan uittaa.

3. Uiton kannalta on siis nopeakasvuista puuta hakattava ja käsiteltävä seuraavaan tapaan:

a. Syksyhakkuu (1. 9. jälkeen) on varmin hakkuutapa puun uimiskyvyn kannalta, mutta sopivan käsittelyn avulla voidaan myös talvihakkuuta suositella. (Telat vapaiksi lumesta eikä liian aikaisin ryhdyttävä uittamaan).

b. Rasiksi kaatoa suositellaan sateisina syksyinä 15. 8.—15. 9. välisenä aikana silloin, kun puita ei voida kuivata keväällä eikä syksyllä.

Anderssonin (1914) mukaan varsinkin talvella kaadettu koivu, haapa ja nuori havupuu painuu uitettaessa heti pohjaan. Hänen kokeensa mukaan 27 % talvella kaadetuista puista upposi kesän aikana, kun sitävastoin kesällä kaadetuista havupuista upposi vain 1.7 %. Hän suoritti kokeensa eräässä lahden poukamassa, jossa tukit olivat koko kesän kelluneet kehäpuomin sisällä. Olosuhteet eivät siis olleet todellisuuden mukaisia.

Öfverholmkin (1923) väittää, että kesällä kaadetut puut antavat parhaan uimistuloksen, mutta sinistyminen ym. tuhot ovat vaarallisempia kesällä valmistetuille pölkyille.

Ullén (1929) kirjoittaa:

»Talvi, kuten tunnettua, on paras puun kaatoaika monesta syystä, mutta sellaiselle puutavaralle, joka uitetaan heti jäiden lähdön jälkeen, lienee kuivumisaika usein liian lyhyt.

Kuitenkin näyttää siltä, että lopputalven kuivattamismahdollisuudet eräillä tahoilla on aliarvioitu, sillä uimisprobleema on ainakin yhtä paljon, jos ei enemmänkin, varastoimis- kuin sopiva kaatoaikakysymys.»

Asia on nimittäin niin, että uponneena olleiden puiden merkitsemistavasta päätellen niistä useimmat ovat olleet aluspuina. (Kaikki leimat huonosti lyötyjä ja aivan päissä.)

»Näyttää tulevan yhä tavallisemmaksi, että harvennustavara hakataan kesällä, mikä vuodenaika lieneekin sopivin tälle tavaralle, mutta siten kuin esim. metsäpäällikkö Ronge kehoittaa hakkaamaan harvennustavaraa, jolloin, vaikka sitä olisi vähänkin, se jätettäisiin metsään kuivumaan, ellei sitä voida hakata keväällä, on tuskin syytä menetellä, jos ei samaan aikaan saada samanlaista tavaraa esim. talvella hakattujen puiden latvoista.»

Pettersson (1930) vertaillessaan tavallista kesäkaatoa ja rasiinkaatoa huomauttaa heti alussa, että kesäkaatoa käytettäessä tulee hakkuun tapahtua vasta sitten, kun sieni-itiöt ja kuivaushalkeamat eivät puun arvoa voi enää alentaa. Kun toiselta puolen aikainen kaato on kuivumisen kannalta edullinen, on se aika kesästä, jolloin nämä kaksi ajanjaksoa sattuvat päällekkäin, hyvin lyhyt.

Haug (1915) mainitsee, että kesällä kaadettu koivu kuivuu niin, että se ui 3—4 kuukautta.

Sopivaa kaatoaikaa harkittaessa on myös seurattava tuoreen puun kosteutta eri vuodenaikoina. Ne on tämän kirjoituksen puitteissa käsitelty varsinaista puun kuivumistapahtumaa käsiteltäessä. Kaatotavan vaikutusta voidaan osittain seurata myös puun koon vaikutusta käsittelevän luvun yhteydessä olevasta Callinin asetelmasta.

Pettersson (1930) on, kuten aikaisemmin mainittiin, vertaillut rasiinkaadettujen ja tavalliseen tapaan kaadettujen puiden uintikykyä.

Tavalliseen tapaan kesällä kaadettujen puiden kuivuminen on saanut taulukosta 12 ilmenevän kuvan:

Taulukko 12. Kuivuminen kg/m³ kesällä kaadetuissa puissa. Arvot saatu 20/10.

Kaatoaika	Latva	Välitukki	Tyvi
1/8	168	128	110
10/8	191	141	109
20/8	106	76	61
1/9	110	100	78
10/9	105	79	67
29/9	92	78	61
1/10	87	58	53
10/10	56	35	30

Rasiinkaadetun puun kuivumista valaisee taulukko 13.

Taulukko 13. Rasiinkaadetun puun kuivuminen kg/m³. Punnittu 10/11.

Kaatoaika	Latva	Välitukki	Tyvi
1/8	44	36	52
10/8	—8	—9	11
20/8	26	33	62
1/9	68	43	84
10/9	7	9	5
20/9	13	± 10	26
1/10	13	21	16
10/10	13	12	6

Huomataan siis, että kesäkaadossa latvatukit ovat kuivuneet eniten, senjälkeen välitukit ja vähimmin tyvitukit. Rasiinkaadossa sitävastoin ovat tyvitukit kuivuneet eniten. Mitään suurempaa erotusta latva- ja välitukkien kesken ei havaita.

Edelleen selviää taulukoista, että 1/9 näyttää olevan erikoisen sopiva ajankohta rasiinkaadon suorittamiselle. Kokeissa ei huomioitu ilmastollisia näkökohtia, joten ei voida sanoa, tuliko tuohon aikaan kaadettujen puiden kuivuminen sääsuhteiden vaikutuksesta edulliseksi.

Kokemuksen perusteella on rasiinkaato sateisen tai pilvisen ajanjakson alussa aiheuttanut paremman kuivumistuloksen kuin kaato aurinkoisen ja kuivan ajan alussa. Väitettä ei ole voitu kuitenkaan pätevästi todistaa.

Jos seurataan kesällä kaadetun puun painon vaihteluja, huomataan, että aikaisin kaadetut puut ovat kuivuneet paljon syksyllä, mutta sitävastoin vain vähän keväällä. Mitä myöhemmin puu kaadetaan sitä pienemmäksi muodostuu kuivuminen syksyllä ja sitä suuremmaksi kuivuminen keväällä. Sen pienen kuivumisen johdosta, joka tapahtuu myöhään kaadetulla puu'la syksyllä, estyy pintahalkeamien muodostuminen.

Taulukossa 19 on esitetty eri tavalla kaadettujen puiden uppoamis-%. Siitä käy selville, että rasiinkaadettujen puiden uppoamis-% on 7.4 ja kesällä kaadettujen 5.3 %. Taulukossa 14 on vertailtu eri rungonosien uppoamista näiden kahden kaatomuodon kesken.

Taulukko 14. Uppoamisprosentteja rasiin- ja kesällä kaadetuissa väli-, latva- ja tyvitukeissa.

	Kesäkaato uponnut %	Rasiinkaato uponnut %
Latvatukki	17	25
Välitukki	0	1
Tyvitukki	1	1

Taulukosta selviää, että melkein yksinomaan latvatukkeja on uponnut ja erikoisesti rasiinkaadettuja latvatukkeja.

Pettersson (1930) kokoaa lopuksi tutkimustensa tulokset seuraavaksi yhteenvedoksi:

1. Syyskuulla ja suotuisissa olosuhteissa osalla lokakuuta hakatut puut kuivuvat usein niin paljon, että niitä voidaan uittaa edellyttäen, että puutavara kuoritaan puolipuhtaaksi ja varastoidaan ilmavasti.

2. Rasiinkaadolla ei saavuteta tarpeellista latva- ja välitukkien kuivumista. Sitävastoin kuivunevat hyötykasvuisten puiden tyvet, jotka on kaadettu 1. 8.—15. 9. välisenä aikana tarpeeksi, uidakseen tavallisen uittoajan.

Todennäköisesti on edullisempaa kaataa puut rasiin sateisen tai pilvisen ajanjakson alussa.

Hjelmin (1912) mukaan keksittiin rasiinkaato aivan sattumalta. Oli kerran eräs koivikko, josta kaadon jälkeen lehdekset piti tehdä heti rehuksi, mutta oksiminen ja lehdeksien teko viivästyi. Kun puut sitten jonkin ajan kuluttua oksittiin, huomattiin, että ne olivat kuivuneet. Hjelmin mielestä lehtipuu pitää kaataa lehtien ehdittyä täyteen suuruuteensa. Oksimis- ja katkomisajasta ei hän esitä mitään varmaa.

Jalavan (1940) kokeiden mukaan havupuu ei kuivu rasissa. Neulaset eivät 100 vrk:ssakaan kuivuneet ja karisseet. Hänen kokeittensa tapahtumakesänä loppukesä oli kyllä sateinen. Tässä tapauksessa ei kuusella ja männyllä ollut minkäänlaista eroa.

Öfverholm (1923) kehoittaa kaatamaan hyötykasvuiset puut rasiin 1. 9. jälkeen syksyllä sekä antamaan niiden maata rasissa lokakuun loppuun tai marraskuun alkuun, jolloin ne karsitaan, katkotaan ja kuoritaan puhtaaksi.

Löf (1914) huomauttaa, että rasiinkaadettu puu ei kuivu riittävästi.

Edellämainittu Hjelm (1912) oli tarkastellut sellaisten koivujen uppoamista, jotka oli kaadettu ennen syyskuun alkua ja oksittu marraskuussa. Näistä koivuista upposi 10 % heti ja 10 % myöhemmin.

Andersson (1914) on tutkinut rasiinkaadettujen koivujen uintikykyä. Puut oli kaadettu 15. 6. ja uitto aloitettu seuraavana keväänä. Koivut pysyivät uittokelpoisina 2 kesää. Hän suosittelee lehtipuun kaatoa ennen 1. 7. ja hyötykasvuisten havupuiden ennen 1. 8., jonka jälkeen n. kuukauden kuluttua ne oksittaisiin ja katkottaisiin. Tällä tavalla sitäpaitsi metsätöiden sesonkityöluonne tasoittuisi.

Ekman (1922) on saanut huonoja kokemuksia sellaisten rasissa olleiden puiden kuivumisesta, jotka on hakattu tiheästä metsiköstä tai olleet kovan sivupaineen, esim. jatkuvan tuulen, vaikutuksen alaisia.

Callin (1948) on suorittanut kaksi eri kertaa tutkimuksia koivun kuivumisesta. Hänen tuloksensa selviävät taulukoista 15 ja 16.

Taulukko 15. Talvella rasiinkaadettujen koivujen kuivuminen.

Kaatoaika	1/12	28/12 -44	26/1	2/2 -45
Kosteus-%, syksyllä 1945	29.9	31.7	28.6	31.0
Koekappaleita	9	13	10	9

26/1 kaadetut puut olivat aukealta paikalta, josta johtunee niiden poikkeuksellisen alhainen kosteus-%.

Taulukon perusteella väittää Callin, että koivun rasiinkaato voi todennäköisesti kuivumisen puolesta tapahtua mihin vuodenaikaan tahansa. — Kuitenkin muut seikat, kuten hyönteisten, sienien ym. hyökkäykset, puoltavat rasiinkaatoa kasvukauden lopulla.

Varsinaisena kasvukautena v. 1945 rasiinkaadettujen koivujen ja haapojen kosteudeksi seuraavassa tammikuussa on sama tutkija saanut taulukossa 16 esitetyt arvot.

Taulukko 16. Rasiinkaadettujen koivujen kosteusprosentteja. Punnittu tammikuussa 1946.

	Kaatopäivä					Keski-kosteus %
	6/3	22/3	4/5	14/7	13/7 -45	
Kosteus-%, koivu	37.9	37.8	37.3	35.8	31.7	36.2
Koekappaleita	23	21	19	16	22	101
Kosteus-%, haapa	36.2	37.8	38.9	34.2	—	37.0
Koekappaleita	13	13	26	17	—	69

Tulos on siis koivun ja haavan kohdalla melkein sama.

Yhteenvetona Callin lopuksi kirjoittaa:

»Koivu on osoittautunut hyvin vaikeasti uitettavaksi. Rasiinkaadettu, impregnoitu tavara on, paitsi suurempaa uimiskykyään, lisäksi helppo uittohankaluuden kannalta uittaa.

Rasiinkaadettu, impregnoimaton koivu on uiton kannalta pidettävä parempana kuin tavalliseen tapaan kaadettu kuorimaton, koska se joka tapauksessa ui kevyemmin alussa, joka usein on vaikein uittovaihe, koska se suoritetaan uittoväylän latvoilla».

Laajin tähän saakka suoritettu tutkimus rasiinkaadettujen koivujen kuivumisesta ja uitosta lienee Jalavan (1938) suorittama. Hän on kokeellisesti todistanut mm. sen Petterssonin (1930) väitteen, että tällä tavalla kaadetun koivun tyvi kuivuu ensin, vieläpä varsin nopeassa tempossa.

Rasiinkaadettujen koivujen kuivuminen yleensäkin on Jalavan tutkimuksen mukaan hyvin nopeata. 3—4 vuorokauden kuluttua oli koepuiden paino laskenut jo 80 %:iin tai sen alapuolellekin, mikä vastaisi n. 45—50

%:n kosteutta kuivapainosta. Tämä edellyttää, että kuivumisolosuhteet ovat hyvin suotuisat, esim. puut ovat koholla maasta ja puut 4—5″ tyveltä.

Tavallisissa olosuhteissa ja koivujen ollessa suuria on 2 viikkoa pidettävä sinä aikana, jolloin koko käyttökelpoinen rungon osa on kuivunut niin paljon, että kosteusprosentti on alle 50 %:n. Ihmeellistä on, että kauemmin, 8 viikkoa, rasissa maanneet koivut olivat jo hiukan tuoreempia. Koepuut oli kaadettu heinä-elokuussa.

Kuivumisnopeuteen vaikuttavista tekijöistä mainitaan tutkimuksessa latvuksen suuruus, puun terveys, kuivumispaikka ja sääsuhteet sekä vuodenaika. Tuntuisi luonnolliselta, että mahdollisimman tuuhea latvus olisi nopean ja täydellisen kuivumisen edellytyksenä, mutta näin ei kuitenkaan ole asianlaita. Hyvin tuuheassa latvuksessa on nimittäin, kun se makaa maassa, huono ilmanvaihto, joten haihtuminenkin on huononlaista. Latvuksen pituus on tärkeämpi seikka kuin sen leveys, sillä siten tyvestä tulee lyhyempi matka ensimmäisiin lehtiin. Lahovikaisen koivun kosteus on yleensä huomattavasti suurempi kuin terveen. Sitäpaitsi latvus on usein harva ja huono vikaisella puulla. Kasvupaikan vaikutus on tavallaan myös ilmanvaihtokysymys. Notkopaikoissa, tiheässä metsässä tai muuten tuulelta suojatussa paikassa kuivuminen on hidasta. Sen lisäksi korpinotkoissa ja tiheässä kasvaneilla koivuilla on lyhyt latvus, joka hidastuttaa kuivumista. Tuulinen sää yleensä edistää kuivumista. Syyssateet hidastavat kuivumisnopeutta, mutta, vaikkei syksyllä olisi varsinaisia sateitakaan, vaikuttaa silloin vallitseva korkea ilman suhteellinen kosteus hidastavasti kuivumiseen.

Rasiinkaadetun koivun lopullinen kuivumisaste on n. 40—50 %, mikäli kuivumisolosuhteet ovat jotensakin suotuisat. Lahovioilla on suuri merkitys. Paitsi, että sellaisen puun kosteus on n. 60 %, estää laho veden liikkeitä puussa, joten siis kuivumisnopeus hidastuu kaikkialla sellaisen rungon osissa.

Hidastavasti kuivumiseen vaikuttavat vielä sellaiset seikat kuin päällekkäin kaadetut latvukset, puun jääminen kantoon kiinni, vaikkapa ohuidenkin kuoriliuskojen ja puunsäröjen välityksellä, vieläpä, jos täysin katkaistu puu lepää tiiviisti kaatokoloa vastaan, tyven jääminen kosteaan maahan ym. seikat.

Kaadon suorittamisajasta mainitsee Jalava, että kaikki seikat huomioon ottaen olisi ainakin pienilatvuksiset puut kaadettava ennen 15. 8.

Koivujen latvaosan kosteuden lisäys on hyvin nopeata ensimmäisten 20 vrk:n aikana, jonka jälkeen vettyminen hidastuu. 120 vrk:n uiton jälkeen kosteus oli n. 122 %. Runkojen keskiosan vettyminen on suhteellisen hidasta ensimmäisten 20 vrk:n aikana, mutta 20 ja 40 vrk:n välillä tapahtuu voimakas hyppäys ylöspäin. Tämän jälkeen on vettyminen suhteellisen suoraviivaista, hitaampaa kuin latvaosalla, hidastuen hiukan 80 vrk:n

Rasiinkaadettujen koivujen vettymistä uitossa kuvaa taulukko 17.

Taulukko 17. Rasiinkaadettujen koivujen eri rungon osien kosteus-% uitossa.

Ollut uitossa pv.	Latvaosa	Keskiosa	Tyviosa
0	48	48	52
5	58	49	57
10	64	50	63
20	71	51	71
25	74	53	75
30	76	58	80
35	78	67	83
40	80	72	86
60	90	77	95
80	100	81	102
100	110	84	110
120	122	88	115

kuluttua. Tyvipään vettymiskäyrä on tasaisen kaareva ylöspäin, joka merkitsee sitä, että vettyminen kiihtyy hiljalleen n. 40—50 vrk:n aikana, mutta rupeaa senjälkeen vähitellen hidastumaan ollen 120 vrk:n kuluttua n. 115 %. Yleisenä otaksumana esittää J a l a v a (1938) lopuksi, että runsaan kuukauden uiton jälkeen rasiinkaadetuista ne, jotka ovat upotakseen, alkavat upota. Kun vettyminen tapahtui pääasiassa kummastakin pääleikkauksesta, ja kun kummastakin päästä lähtenyt niin sanoakseni tulvavyöry ennätti normaalipituisissa tukeissa keskelle tukkia n. 1 kk:ssa, jolloin siis koko tukki oli läpeensä vettynyt, rupesivat tukit uppoamaan 1 kk:n kuluttua.

Tässä esitettyjen tutkimustulosten mukaan näyttää siltä, että

— puun uimiskykyä silmälläpitäen olisi kesä- tai oikeammin syyskaatoa ruvettava käyttämään enemmän. Tällainen hakkuu edellyttää kuitenkin kaiken tai ainakin hyötykasvuisen puutavaran kuorimista;

— havupuiden kuivumisesta rasiinkaadettuna on esitetty osittain ristiriitaisia tutkimustuloksia. Yleisin suunta lienee se, että rasiinkaadettu havupuu ei kuivu tarpeeksi, mutta hyötykasvuisen puun kuivumista rasiinkaato jouduttaa, jos puut kaadetaan lehteen (neulasiin) ja jonkin ajan kuluttua valmistetaan puutavaraksi sekä kuoritaan tavalliseen tapaan;

— rasiinkaatoa voidaan pitää lehtipuille, erikoisesti koivulle, ainoana uittamalla kuljetettavaksi aiotun tavaran hakkuutapana. Varsinkin pitempään uitettaessa muulla tavalla kuivatut puut uppoavat, koska niistä tällöin ainakin jossain määrin joudutaan poistamaan kuorta, joka koivulla varsin tehokkaasti edistää vettymistä;

— suotuisissa olosuhteissa koivu kuivuu rasissa tyydyttävästi 2 viikossa. Yleensä on kuitenkin varmuusmarginaaliksi otettava vielä n. 2 viikkoa lisää, yhteensä siis n. 4 viikkoa. Pitempään, esim. 8 viikkoa, rasissa maatessaan puu rupeaa todennäköisesti jälleen kostumaan;

— rasiinkaadetun koivun lopullinen kosteus-% on n. 40—50 edellyttäen, että puut ovat terveitä. Tätä kaatotapaa käytettäessä on huolellisesti valvottava, että puu ei mistään saa tyveensä uutta kosteutta;

— terve, huolellisesti rasiinkaadettu koivu ui vähintään yli kuukauden tappioitta, mutta todennäköisesti paljon kauemminkin.

43. Kuoriminen ja varastoiminen

Melkein jokainen, joka on uitto- tai uppoamishäviötä tutkinut, on kiinnittänyt ensin huomionsa eri kuorimistapojen ja kuoren vaikutukseen. Tästä kysymyksestä näyttää muodostuneen uittokokeiden keskeisin ongelma. Alkunsa tämä lienee saanut oikeastaan lainsäädännön torjuvasta asenteesta kuorelliseen uittotavaraan nähden, mutta vuosien kuluessa on tämän kysymyksen piiriin kytkeytynyt yhä uusia probleemoja. Tuskin yhtäkään uittotutkimusta on tehty koskettelematta tätä kysymystä milloin mistäkin näkökulmasta tarkastettuna.

Kuoren osuudesta puun kuutiomäärään antaa Tapion Taskukirja (1937) seuraavat tiedot:

Taulukko 18. Kuoren osuus puun kuutiomäärästä.

Puulaji	Puun D 1.3, cm												
	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27
	Kuori-% puun(rungon) kuorellisesta kuutiosta												
Etelä-Suomi													
Mänty	35	33	30	27	22	18	16	14	13	13	12	11	11
Kuusi	27	22	20	18	16	15	14	13	13	12	12	12	11
Koivu	20	17	15	14	13	13	13	13	13	13	13	13	13
Pohjois-Suomi													
Mänty	36	33	30	27	22	18	16	14	13	13	12	12	12
Kuusi	29	26	24	22	21	20	19	18	18	17	17	16	16
Koivu	23	19	18	18	17	17	17	16	16	16	16	16	16

Käytännössä yleensä kuitenkin tyydytään ilmoittamaan kuori-% paljon laajemmissa puitteissa. Tapion Taskukirjassakin (1937) ne ilmoitetaan tukeille Etelä-Suomessa 12—13 % ja Pohjois-Suomessa 13—16 %. Kuusipaperipuille vastaavat luvut ovat 14 % ja 18 %, kaivospölkyille molemmissa paikoissa 14 %.

Welander (1916) pitää kuoren osuutena keskikokoisilla tyvitukeilla 20—30 % kuutiotilavuudesta. Kuoren painosta hän kirjoittaa, että männyn ulkokuori painaa keskim. 389 kg/m³ ja kuusen 730 kg/m³. Sisäkuoren vastaavat painot ovat 848 kg/m³ ja 862 kg/m³. Saman tutkijan havaintojen mukaan lisää 10 mm:n vahvuinen kuori mäntytyvitukin painoa

n. 12 %, latvatukin paino lisääntyy 2½ mm:n vahvuisesta kuoresta 4 %. Keskimäärin W e l a n d e r katsoo 8½″ paksuisen puun painon lisäytyvän n. 7 mm:n paksuisen kuoren ansiosta 16 %.

U l l é n (1929) on tutkinut kuoren vaikutusta puun veden imemiskykyyn. Hän on havainnut, että kuorellinen tavara imee enemmän vettä kuin kuorittu. Toisista U l l é n i n huomioista mainittakoon:

Kokeiltaessa aivan tuoreilla, 3—6 cm paksuisilla mäntypölkyillä, jotka oli hakattu kasvukautena, huomattiin kuorimattoman tavaran imeneen enemmän vettä kuin kuoritun. Pienenä kuriositeettina mainittakoon, että jos uponneesta, kuorellisesta pölkystä irroitettiin kuori ja molemmat pantiin taas veteen, niin itse puu upposi kuin kivi, mutta kuori kellui veden pinnalla vielä 15 päivää.

Toisessa kokeessa oli materiaalina tuoreita keskitalvella hakattuja pölkkyjä, jotka olivat saaneet

a. sulaa ennen veteen panoa ja

b. sulaa veden alla.

Molemmissa ryhmissä kuorelliset pölkyt imivät enemmän vettä kuin kuoritut. Sulamistavasta johtuneista veden imeytymisen eroavaisuuksista tulee lähemmin puhe myöhemmin.

Edelleen esittää U l l é n samassa tutkimuksessaan, että se painon lisäys, joka usein on huomattavissa kuorittaessa hyvin pientä puutavaraa, ei saa olla kuorimiselle esteenä, sillä puussa kiinni oleva kuori imee hyvin nopeasti vettä, jonka tähden se ei edistä puun kelluvuutta. Korkkikuori on epäilemättä hyvää kellumaan, jota vahvistaa sen käyttö kalanpyydyksissäkin, mutta tällaista kuorta esiintyy ylipäänsä vain sellaisilla tukeilla, jotka ovat hyviä uittaa käsiteltiinpä niitä kuinka hyvänsä.

Saman väitteen esittää myös L a s s i l a (1931) osoittaessaan, että väite puun pysymisestä pinnalla kuoren avulla on paikkansapitämätön.

Kuoren vaikutuksesta mainitsee U l l é n (1929) vielä, että ottamalla kaikki olosuhteet huomioon, on syytä olettaa, että kuori kyllä pienessä määrin estää veden tunkeutumista itse puuhun. Kokeissa saatu tätä tukeva tulos voi kyllä johtua fysioloogisista syistä, alemmasta vesipitoisuudesta yms.

Ne painon erot, mitkä saadaan aikaan kuoren poistamisella, perustuvat luonnollisesti yksinomaan puun tilavuuspainoon. Jos puun tilavuuspaino on erikoisen alhainen, auttaa kuoriminen melkoisella varmuudella puun uittokelpoisuutta, mutta juuri niissä uittotavaralajeissa, joissa uppoamisprosentti on suuri, lisännee kuoriminen jonkinverran painoa.

Lopuksi huomauttaa U l l é n tässä käsiteltävänä olleessa tutkimuksessaan pihkan merkityksestä uittotavaralle ja erikoisesti sen oksidoitumisesta puun pinnalle vettä läpäisemättömäksi kerrokseksi kuoren tultua poistetuksi. Hänen mukaansa ei sillä ole niin kovin suurta merkitystä.

Ullén (1929) on tullut suurinpiirtein katsoen siihen tulokseen, että uittotavara olisi kuorittava. Mutta kuorimisen puolesta on esitetty muitakin seikkoja.

Ekman (1908) esittää seuraavia kuorimista puoltavia tekijöitä:

1. Kuorittu puu on paremmin oksittua, koska puuta täytyy kuorittaessa käännellä perusteellisemmin.
2. Kuorittua puuta on helpompi siirrellä lyhyillä matkoilla, koska se luistaa paremmin maassa.
3. Kuorittu puu ei ruuhkaannu niin helposti uitossa kuin kuorellinen.
4. Jalostuspaikkoihin ei keräänny valtavia kuorikasoja.
5. Kuoreen tarttuu helposti hiekkaa, joka tylsyttää esim. sahan terät.
6. Männyn kuori antaa helposti väriä sahatavaralle.

Ljungqvist (1915) taas mainitsee kuorimisen eduista seuraavaa:

1. Paremmasta kuivumisesta johtuu, että lahot eivät pääse pureutumaan puuhun.
2. Vähemmän painoa puutavarassa.
3. Kuoren ja puun välissä kehittyvät tuhohyönteiset eivät pääse kehittymään.
4. Metsänomistajat saavat paremman maksun pölkyistään.

Viimeksi mainittua väittämää puolustaa Ljungqvist sillä, että tehdas, esim. selluloosatehdas, maksaa paremman yksikköhinnan kuoritusta puutavarasta kuin kuorellisesta. Tämä pitänee paikkansa vain rajoitetusti, sillä yleensä taitaa kuoritusta puusta saatava hinnanero kulua kuorimispalkkoihin.

Mutta »ei niin hyvää, ettei jotakin pahaakin». Niin tässäkin tapauksessa, Ekman (1908) esittää kuorimista vastaan kolme kohtaa:

1. Puu kuivuu hitaammin kuorellisena, joten kuivumishalkeamia ei esiinny. Tämä väite pitänee paikkansa vain oksaisissa puissa, sillä puu, jossa on vahingoittumaton kuori, ei kuivu käytännöllisesti katsoen ollenkaan, kysymyksen ollessa varsinkin pitkähköistä pölkyistä.
2. Kuori pitää puun veden pinnalla. Tämäkin väite on jo Lassilan (1931) ja Ullénin (1929) tutkimusten avulla kumottu.
3. Kuoriminen tulee kalliiksi.

Koivun kuoriminen ei Hjelmin (1912) mukaan auttanut. Kysymyksessä oli koivupölkkyjen aisaus, mutta tämä ei parantanut koivujen uimiskykyä, vaan 6 viikon kuluttua puut upposivat.

Kuoren poistaminen voidaan suorittaa monta eri menetelmää käyttäen. Meillä Suomessa lienee yleisin kuorimisveitsellä ja -petkeleellä suoritettu kuoriminen. On huomattava, että tässä tarkoitetaan vain metsässä ja varastolla tapahtuvaa kuorimista. Itse tehtaalla tapahtuva koneellinen kuorinta ei enää kuulu tähän aihepiiriin, sillä näin käsiteltyjä pölkkyjä harvoin enää pantaneen uittoon. Metsässä tai varastolla tapahtuvassa

kuorinnassa käytettävää tarkoituksenmukaista koneellista menetelmää ei ainakaan toistaiseksi ole voitu kehittää.

Kuorimisasteista lienee syytä mainita, että ne jossakin määrin poikkeavat läntisessä naapurimaassamme meillä käytetyistä. Aisaus ja puolipuhdas lienevät Ruotsissa yleisimmät kuorimisasteet kaikkien tavaralajien kohdalla sekä kenties viime aikoina leviämään ruvennut laikkukuorinta. Meillä sitävastoin käytännössä aisausta esiintyy vain jotakin määräläpimittaa pienemmissä polttopuupölkyissä, rullapuissa ja koivuselluloosapuissa. Täyspuhdasta, jota meillä vielä ulosvientitavarassa melko yleisesti käytetään, ei esim. Ruotsissa juuri tunneta. Yllä esitetty on pidettävä mielessä vertailtaessa ruotsalaisten tutkijain tekemiä havaintoja eri kuorimisasteiden uitto-ominaisuuksista ja tarkasteltaessa niiden soveltuvaisuutta meikäläisiin olosuhteisiin.

Kuten aikaisemmin mainittiin ei kuorellinen, pitkähkö pölkky, jossa kuori on vahingoittumaton, kuivu käytännöllisesti katsoen koskaan. Tämän ei kuitenkaan tarvitse merkitä sitä, että se ei ollenkaan luovuttaisi vettä. Tässä yhteydessä on muistettava J a l a v a n (1932) mainitsema metsäkuiva puu, jossa on vettä vielä 40—70 % ilman sydänpuuta. Muita J a l a v a n mainitsemia kuivuusasteita ovat varastokuiva (vettä 30—40 %) ja ulkokuiva (vettä 18—25 %). Tätä luokittelua käytetään tämän kirjoituksen puitteissa.

L ö f (1914) kirjoittaa kuitenkin, että kuorimaton puutavara kahden kesän kuivumisen jälkeen saavuttaa saman kuivumisasteen kuin puolipuhdas. Puolipuhdas taas kuivuu yhden kesän aikana yhtä hyvin kuin täyspuhdas. Tästä johtuen kuorimattoman tavaran täytyy hänen mukaansa olla kaksi kesää varastossa ennenkuin sitä voidaan uittaa. Tämä pitänee paikkansa vain oksaiselle tavaralle, jonka kuorimista L ö f'kään ei pidä niin välttämättömänä. Lisäksi hän mainitsee, että yleensä pölkyn kuivumiselle on tärkeätä, että sen kaikki sivut saavat ilmaa.

W e s s l é n (1922) tarkastelee aisatun ja puolipuhtaan puutavaran kuivumista. Hänen havainnoistaan on huomionarvoisin se, että aisattu pölkky kuivuu ensimmäisenä kesänä huonommin kuin puolipuhdas, mutta toisena kesänä putoaa aisatusta pölkystä loput kuoresta pois, joten kuivuminen on toisena kesänä samanlainen näiden kahden eri kuorimisasteen kesken.

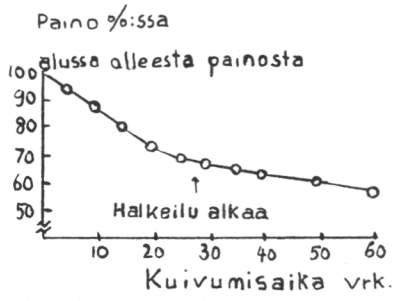
C a l l i n (1945) on myös suorittanut tavallaan edellämainitunlaisen vertailun. Kysymyksessä oli hänen tutkimuksessaan aisatun ja halkaistun polttopuun kosteuspitoisuuden vertailu. Hänen mukaansa talvella hakatut halot kuivuivat ensimmäisenä kesänä 23.5 %:n vesipitoisuuteen, ollen toisen kesän vesipitoisuus 17.5 %. Vastaavat luvut aisatuilla puilla olivat 28.9 % ja 23.8 %, joten siis ne olivat 5—6 % kosteampia kuin halkaistut. H e i k i n h e i m o n (1915) mukaan suhtautuvat halkaistut havu- ja lehti-

puupölkyt kuivumiseensa nähden toisiinsa suhteessa 46 : 34. Vastaavat luvut pyöreille puille 24 : 17.

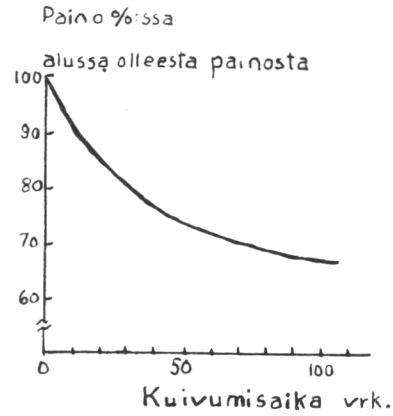
Nylinder (1950) on piirtänyt tutkimukseensa hyvin havainnollisia kuvia kuivumisesta eri kuorimisasteissa. Puolipuhtaan pölkyn kuivumisesta hän on piirtänyt graafisen käyrän, joka esitetään kuviossa 4.

Huomataan siis, että kuivuminen on nopeata ensimmäisten 20 vuorokauden aikana, jolloin pölkyn kosteus on 40—50 %. Senjälkeen kuivuminen hidastuu ollakseen n. 30 vuorokauden jälkeen melkein yhtä suuri aikayksikköä kohden.

Osittain kuoritun pölkyn kuivumisesta on sama tutkija piirtänyt kuviossa 5 esitetyn käyrän.



Kuvio 4. Puolipuhtaan mäntypölkyn kuivuminen. Päät sivelty parafiinilla, lämpötila 18° C, suht. ilman kosteus n. 75 %.



Kuvio 5. Aisatun mäntypölkyn kuivuminen. Kaksi aisausta, 4 ja 8 cm leveitä. Lämpötila 18° C, suht. ilman kosteus n. 75 %.

Sen lisäksi, mitä käyrästä nähdään, kirjoittaa Nylinder:

»Kuivuminen tapahtuu hitaasti puuhun jätetyn kuoren alla. Vesi liikkuu sitäpaitsi vastahakoisesti tangentin suuntaan. Vielä 3—4 kuukauden kuivumisen jälkeen suotuisat kosteusolosuhteet vallitsevat kuoren alla sinistäjäsienen hyökkäyksille kuorimattomien osien kohdalla.»

Laikkukuoritun pölkyn kuivumisesta kirjoittaa Nylinder samassa tutkimuksessaan:

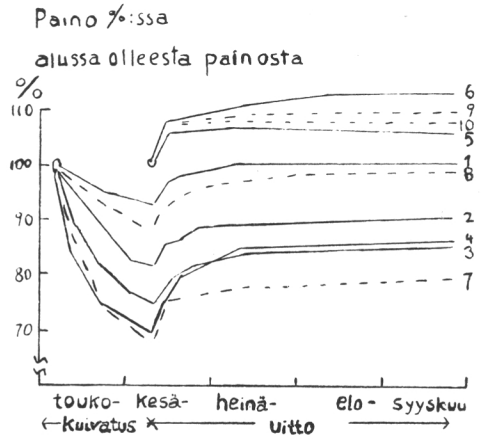
»Kuivuminen kuoren alla tapahtui nopeammin puun pituussuuntaan kuin tangentin suuntaan. Laikun pienestä koosta johtuen ei kokonaiskuivuminen ole mennyt yhtä pitkälle kuin aisatulla pölkyllä. Sitäpaitsi olosuhteet laho- ja sinistäjäsienen hyökkäyksille ovat kuoritun ja kuorellisen osan rajalla suotuisat hyvissäkin kuivumisolosuhteissa kauan aikaa.»

Ekman (1922) on tutkinut eri kuorimisasteiden kuivumisaikoja. Edelläesitetyn lisäksi mainittakoon hänen huomioistaan:

1. Talvella hakattu täyspuhdas tavara on metsäkuivaa ennen 1. 7.
2. Samaan aikaan hakattu puolipuhdas tavara on kuivaa ennen 1. 8.
3. Kuorellinen puutavara kuivuu sen minkä kuivuu lokakuuhun mennessä, jos se on hakattu ennen 1. 6.
4. 1. 7. jälkeen hakattu puutavara on kuivaa vasta seuraavana vuonna, vaikka se kuorittaisiin täyspuhtaaksikin.
5. 1. 10. jälkeen kaadettu puu ei ehdi sinä syksynä kuivua ollenkaan.
6. Koivu kuivuu hitaammin. Kuorellinen koivu ei koskaan.

Nylinder (1950) on huomannut, että kuusi näyttää kuivuneen jonkinverran nopeammin kuin mänty ja männyn tyvitukit kuivuvat hitaammin kuin ylempää puusta otetut tukit.

Puolipuhtaan ja kuorellisen männyn ja kuusen kuivumisesta ja vettymisestä esittää Nylinder kuviossa 6 esitetyt käyrät.



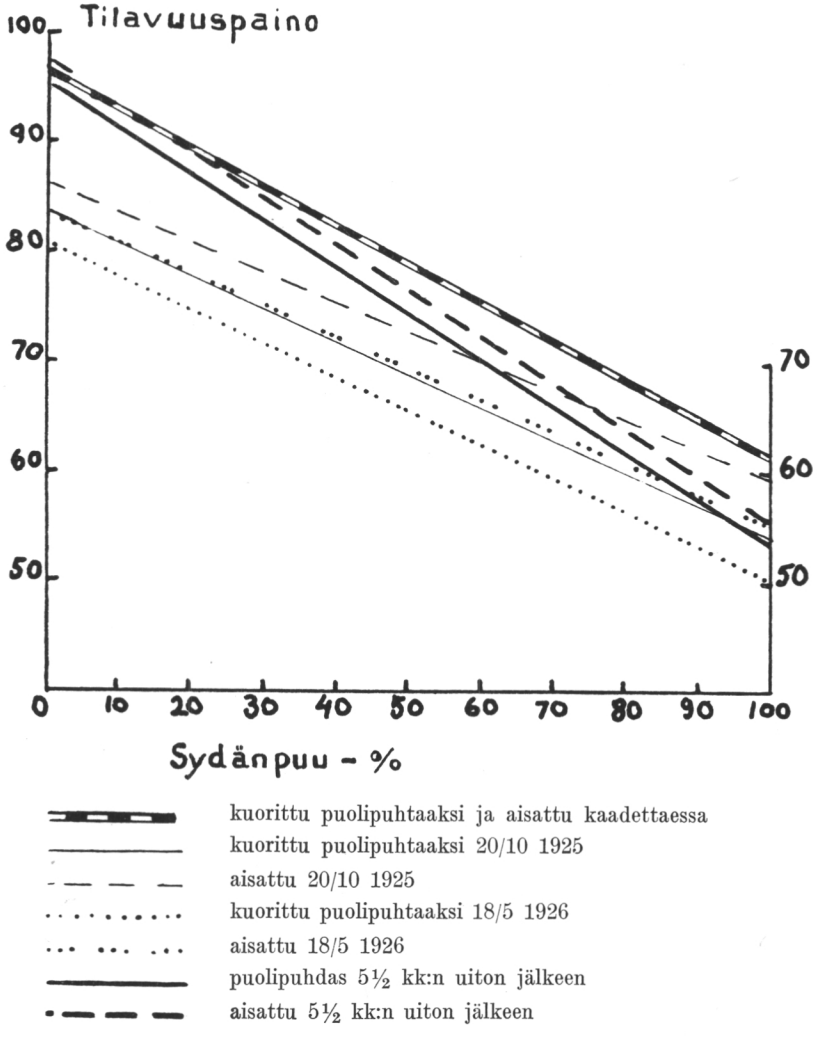
Kuvio 6. Eri kuorimisastetta olevien pölkkyjen kuivuminen ja vettyminen.

1. kuorellinen mänty, 2. kuorellinen mänty, 3. puolipuhdas mänty, 4. puolipuhdas mänty, 5. kuorellinen mänty, 6. puolipuhdas mänty, 7. puolipuhdas kuusi, 8. kuorellinen kuusi, 9. kuorellinen kuusi, 10. puolipuhdas kuusi.

Kuoritun ja kuorimattoman puun vettymisestä kirjoittaa Nylinder (1950):

»Kuoritussa puussa tapahtuu veden otto pääasiallisesti niiden osien avulla, jotka ovat veden alla, kun taas kuorellinen puu imee vettä koko manttelipintansa kautta samalla tavalla.»

Myös Pettersson (1930) selvittää graafisesti kuorellisen ja puolipuhtaan puutavaran kuivumista. Hänen tuloksensa on esitetty kuviossa 7.



Kuvio 7. Tilavuuspainon ja sydänpuun riippuvuus toisistaan eri aikoina ja eri kuorimisasteissa. Kesäkaato.

Kuvista huomataan, että vielä 5½ kuukauden uiton jälkeen on kuoritulla puulla pienempi paino kuin kuorellisella. Kuitenkin on havaittavissa, että kuoritun ja kuorellisen puutavaran ero on pienempi uiton jälkeen kuin keväällä ennen uittoa, mistä voidaan päätellä kuoritun puun uitto-ominaisuuksien ylivoimaisuuden kuorelliseen nähden pienenevän pitkäaikaisessa uitossa.

Eri kuorimisastetta olevien pölkkyjen uppoamisesta kirjoittaa Petterssson selonteossaan:

»Aisatut tukit ovat, erikoisesti mitä rasiinkaatoon tulee, uponneet enemmän kuin puolipuhtaiksi kuoritut.»

Koska koepuuerä tässä tutkimuksessa oli pieni, on uppoamishäviölle laskettu myös teoreettinen määrä. Tässä laskennassa on kiinnitetty huomiota erikoisesti sydänpuun määrään, koska koepuuerästä puuttuu eräitä sydänpuukokoja (Svenska Skogsvårdsföreningens tidskrift 1930, sivut 514—515). Taulukossa 19 on esitetty todelliset kokeessa saadut uppoamisprosenttimäärät ja lasketut vastaavat numerot.

Taulukko 19. Uppoamisprosentteja eri kuorimisasteiden välillä.

	Kesäkaato		Rasiinkaato		Talvikaato
	Tod.	Teor.	Tod.	Teor.	Tod.
Puolipuhdas	5.6	5.0	3.8	3.9	—
Aisattu	6.3	5.5	12.9	10.9	—
Keskimäärin	6.0	5.3	8.4	7.4	3.8

Edellisten tulosten kanssa ristiriitaisiin päätelmiin on tullut Öfverholm (1923). Hän ilmoittaa kyllä, että kuoreton puu on uinut parhaiten, mutta kuorellisen puun tilavuuspaino on pienempi kuin ensiksimainitun. Tämä johtuu siitä, että sivuilta ei vesi pääse sisään. Täyspuhdas puu, syksyllä kaadetuista puista tehtyä täyspuhdasta tavaraa lukuunottamatta, on hänen mukaansa uinut huonoimmin.

Callin (1948) on tutkinut eri kuorimisastetta olevien koivu- ja haapatukkien uintikykyä. Hänen tekemistään havainnoista saamme tietää, että kuorimattomalla ja aisatulla haavalla on kaikkein huonoin uintikyky, kun se taas kokonaan kuoritulla haavalla on parhain.

Kaikki koivut ovat hänen kokeissaan uineet suhteellisen hyvin 3 kuukautta. Kaato oli tapahtunut 1. 3.—5. 4. ja veteen pano 7. 5. Kolmen kuukauden uiton jälkeen alkoivat koivut suuressa mittakaavassa upota. Uittokauden päättyessä oli havaittavissa, että kuorittua ja aisattua koivutavaraa upposi paljon enemmän kuin kuorellista. Talvehtimaan jääneet koivutukit upposivat poikkeuksetta.

Kun tarkasteltiin 27. 5. veteen pantuja koivu- ja haapatukkeja, jotka oli hakattu 1. 3.—4. 5. välisenä aikana, huomattiin, että kuorittu haapa ui, jos mahdollista, vieläkin paremmin. Koivuista oli kuorituilla tukeilla huonoimmat uitto-ominaisuudet, toisena oli aisattu ja parhaiten ui kuorellinen koivu. Talvehtimaan jääneistä koivutukeista upposi enemmän kuin vastaavista haapatukeista.

Kolmannessa kokeessa pantiin veteen 27. 6. puut, jotka oli hakattu samaan aikaan kuin edellisessäkin kokeessa. Tällöin oli kuorittu puutavara ehtinyt kuivua huomattavassa määrin. Haavoista ne, jotka oli kuorittu tai aisattu, uivat kaikki perille, mutta kuorellisista haapatukeista

upposi suuri joukko. Kuorittu ja aisattu koivu alkoi heti veteen vierityksen jälkeen upota, kun sitävastoin kuorellinen koivutavara ui suhteellisen hyvin. Talvehtiminen oli tässäkin tapauksessa koivulla huonompaa kuin haavalla. Voidaanpa sanoa, että haapa selviytyi menetyksiä kärsimättä kahden kesän uitosta ja yhden talven talvehtimisesta ja alkoi upota toisen talven alussa.

Neljännessä kokeessa oli tukit hakattu 1. 3.—4. 5. 1945. Tämän jälkeen ne olivat saaneet olla telalla seuraavan kesän ja talven sekä vieritetty veteen 17. 5. seuraavana keväänä. Paremmasta kuivumisesta johtuen oli edellisen kokeen tendenssi selvemmin havaittavissa. Haavat olivat uineet mainiosti kesän ja talvehtineet tappioitta seuraavan talven. Kuorittu koivu alkoi heti upota, senjälkeen upposi aisattu koivu, kun sitävastoin kuorellinen ui parhaiten. Talvehtimisen aikana olivat koivut suurissa määrin painuneet pohjaan.

Esitetyistä kokeista voidaan tehdä se johtopäätös, että koivu ui sitä paremmin, mitä pienempi tilavuuspaino sillä on veteen vieritettäessä, so. mitä kevyemmin puut uivat alussa.

T u o v i n e n (1949), joka on tutkinut rampapuiden uittoa Kemijoella, kirjoittaa:

»Kuoriprosentin suuruudella on, ainakin mitä 2-metrisiin kuorellisiin paperipuihin tulee, hyvin voimakas vaikutus puiden uimiskykyyn. Mitä vähemmän kuorta on jäljellä sitä paremmin puut uivat. Paljon kuorta sisältävien pölkkyjen suuri uppoamishukka johtunee niiden vähäisestä kuivumisesta.»

Mainittakoon lopuksi T u o v i s e n äskenmainitun tutkimuksensa yhteydessä suorittamasta kokeesta, joka koski rampapuiden kuorintaa silmälläpitäen niiden uitto-ominaisuuksien parantamista. Koe näytti osoittavan, että lyhytaikaisen uiton ollessa kysymyksessä rampapuiden uittohäviötä voidaan kuorinnan avulla pienentää aivan oleellisesti.

Mutta minkäänlainen kuorinta ei edistä puun kuivumista, ellei myös huolehdita siitä, että muut olosuhteet ovat kuivumiselle suotuisat.

Näistä muista olosuhteista lienee varastoiminen asetettava ensi sijalle. E k m a n (1922) antaa varastoimisesta seuraavat ohjeet:

1. Varastoi aina aluspuille!
2. Mikäli mahdollista on pyrittävä varastoimaan yksinkertaisille teloille, mutta jos on käytettävä useampikerroksisia teloja, on huolehdittava riittävän ilmatilan jäämisestä kerrosten ja tukkien väleihin.

L ö f i n (1907) ohjeet ovat seuraavat:

1. Puutavara on mieluimmin varastoitava maalle ja aina aluspuille.
2. Yksikerroksiset telat.
3. Ei ole ryhdyttävä uittamaan liian aikaisin.
4. Puutavara ei missään tapauksessa saa painua jään sisään.

Hedmanin (1923) esittämä asetelma pienen puutavaran kuivumisesta aluspuiden päällä ja ilman aluspuita jäällä on jo aikaisemmin tullut mainituksi. Siitä huomataan, että aluspuiden päällä olleet pölkyt ovat kuivuneet kuorimisasteesta riippuen 13—23 % enemmän kuin ilman aluspuita varastoidut kahden kuukauden aikana kevättalvella ja -kesällä.

Tuovinen (1951) kirjoittaa varastoimisesta:

»Voidaan todeta, että rantapinoissa kuivuneet, vedessä sulamiselta säästyneet pölkyt ovat yleensä uineet paremmin kuin vedessä sulaneet pölkyt. Koe-erän pienuudesta johtuen mitkään yksityiskohtaiset päätelmät eivät ole kuitenkaan mahdollisia. Jään päälle nousseeseen veteen jäädytetyt pölkyt ovat uineet yleensä hieman heikommin kuin avantoon jään alle upotetut, mutta ero on suhteellisen vähäinen ja osittain ristiriitainen. Tulokset osoittavat joka tapauksessa, että sopimattomalla varastoimisella vaarannetaan paperipuiden uimiskykyä sangen huomattavasti».

Lassilakin (1931) kehoittaa varastoimaan kunnollisille teloille. Tällöin, kun puut on hyvin varastoitu, riittää muutama hyvä kevätpäivä kuivattamaan tukit uimiskykyisiksi. Samaa sanoo Pettersson (1930) ja lisää, että kevätkuivaus on hyvä siitäkin syystä, että sienet eivät silloin kykene iskeytymään puuhun. Toiselta puolen taas hänen mukaansa pintahalkeamia syntyy keväällä helposti.

Öfverholm (1923) kehoittaa vahventamaan jäätä keinotekoisesti silloin, kun jäälle varastoitaessa jää on niin heikkoa, että aluspuut painuisivat jään sisään.

Varsin kuvaavaa jäätymisen vaikutukselle puuta varastoitaessa on Tuovisen (1951) esittämä taulukko jään päälle nousseeseen veteen jäädytettyjen, jään alle avantoon upotettujen ja rantapinoissa olleiden paperipuiden uppoamis- ym. prosenteista (Taulukko 20).

Taulukko 20. Eri varastoimistapojen vaikutus puun uimiskykyyn.

Varastoimistapa	Pölkkyjen lukumäärästä oli vesirajassa olevia, rampoja ja uponneita %			
	1. uittok. lokak.		2. uittok. lokak.	
	kuusi	mänty	kuusi	mänty
Jäädytetty jään päälle nousseeseen veteen	1.7	8.3	15.0	61.7
Upotettu jään alle avantoon	3.5	8.3	26.7	43.5
Säilytetty rantapinossa	0.0	(20.0)	6.7	46.7

Jäätymisen epäedullinen vaikutus johtunee suurelta osalta siitä, että puun sisällä olevan jään sulaessa syntyy eräänlaisia tyhjiöitä, mikä tekee vettymisen tavallista nopeammaksi. Jään tilavuus on nimittäin suurempi kuin veden.

Nordquist (1918) tuomitsee pinot ja väittää 1.0—1.2 metriä korkeiden ristikoiden olevan erikoisen soveliaita puuta kuivattamaan.

Saadaksemme jonkinlaisen yleiskäsityksen käsittelemästämme varastoinnin ja kuorimisen vaikutuksesta uitto-ominaisuuksiin lienee paikallaan koota yhteen eri tutkijain huomioista ne, jotka voidaan pitää lopullisesti selvitettyinä.

— Vanha käsitys, että kuori pitäisi puuta pinnalla, ei pidä paikkaansa.

— On todennäköistä, että kuori jossakin määrin estää havupuillakin veden tunkeutumista itse puuhun.

— Kesäpuurikas, kituva harvennus- ja latvustavara olisi ehdottomasti kuorittava ennen veteen vieritystä.

— Oksaisen puun kuoriminen ei ole kovin välttämätöntä.

— Havupuutavaran kuorimisella saavutetaan paitsi parempaa uimiskykyä seuraavat muut edut:

1. Kuorittua puuta on helpompi telata, koska se on paremmin oksittua ja liukkaampaa. Samasta syystä se
2. ei muodosta uitossa niin helposti ruuhkautumia.
3. Kuoressa oleva hiekka ei pääse tylsyttämään sahanteriä.
4. Kuorimisesta johtuva parempi kuivuminen estää tuhosienien hyökkäykset. Myöskään tuhohyönteisillä ei ole kehittymispaikkoja, kun kuori on poistettu.

— Täyspuhtaaksi kuorittu puutavara kuivuu parhaiten, sitten puolipuhdas ja huonoimmin aisattu. Yhden kesän aikana ehtii kuitenkin sekä täyspuhdas että puolipuhdas tavara kuivua yhtä paljon.

— Kuorellisen tavaran täytyy saada kuivua kokonainen kesä ennenkuin sitä voidaan uittaa edellyttäen, että pölkky sydänpuunsa pienuuden, vuosilustojensa paksuuden ym. tähden ei tuoreena ui ollenkaan.

— Koivu kuivuu hitaammin kuin havupuut, kuorellinen koivu tavallista hakkuutapaa käyttäen ei koskaan uimiskykyiseksi.

— Kuorellinen, rasiinkaadettu koivu ui paremmin kuin kuorittu tai aisattu.

— Haavalla on erinomaiset uitto-ominaisuudet kuorittuna.

— Varastoimisen huolellisella suorituksella on ensiarvoinen merkitys. Varsinkin aluspuiden välttämättömyyttä kaikki tutkijat painostavat.

— Telat eivät missään tapauksessa saa painua jään sisään.

44. Veden ja ilman lämpötila

Ilman lämpötilan vaikutus uittohäviön syntymiseen lienee pääasiassa välillistä laatua. Siinä suhteessa viittaamme vain puutavaran kuivumisilmiötä, kuorimisen ja varastoimisen suorittamista ja kaatoajan valitsemista käsitteleviin lukuihin. Veden lämpötila taas vaikuttaa välillisesti puun vettymiseen, joka aihe on osittain käsitelty äskenmainittujen aiheiden yhteydessä.

Ilman lämpötilan suoranaisista vaikutuksista voitaisiin mainita ensinnäkin, että kylmillä ilmoilla uittomiehet hakkaavat paljon enemmän puuta polttopuiksi kuin lämpimällä. Tämä kohta lienee kuitenkin niin merki-

tyksetön, että voimme sen tällä maininnalla sivuuttaa. Toinen sään vaikutuksen ilmenemismuoto on pihkan paremmassa oksidoitumisessa puun pinnalle vettä eristäväksi kerrokseksi lämpimällä säällä. Tälläkään seikalla ei liene ainakaan Ullénin (1929) mukaan kovin suurta merkitystä. Pihkalla on hänen mukaansa suuri merkitys, mutta siten, että se puun kuivuessa impregnoi solun seinämät vettä imemättömiksi. Tähän taas vaikuttaa edullisesti aurinkoinen ja sateeton kuivumisaika. Koska pihka on tuoreessa puussa juoksevassa muodossa, huuhtoutuu se sateisena kuivausaikana helposti pois.

Yleensä veden lämpötila on kiinteässä yhteydessä ilman lämpötilaan ja molemmat taas on sidottu vuodenaikoihin varsin kiinteästi.

Haug (1915) on sitä mieltä, että vesi on sitä kantavampaa mitä kylmempää se on. Puu ui siis paremmin kylmässä vedessä ja sentähden lehtipuut hänen mukaansa olisi uitettava keväällä ensiksi.

Tavallaan vastakkaisen huomion ovat tehneet Boberg-Juhlin-Dannfelt (1926). Heidän mukaansa uittotavara vedessä ollessaankin kevenee kesän 2 kuumimman kuukauden aikana. Painon vähennys on n. 8 %, joten puutavaran tulisi uida paremmin lämpimässä vedessä. Selvitystä painon vähentymiseen eivät mainitut tutkijat kykene antamaan, mutta väittävät, ettei se johdu ainakaan kokonaisuudessaan veden pinnan yläpuolella olevan rungon osan kevenemisestä, koska painon vähennystä havaittiin myös veden alla olevassa rungon osassa, vieläpä voimakkaammin kuin vedenpäällisessä osassa. Veden lämpötilan kohoaminenkaan ei yksin ole kyennyt aikaansaamaan koko painonvähennystä eikä liioin pihkan pois huuhtoutumista.

Ekman (1922) on huomannut, että lämpötilan ollessa suotuisan tapahtuu veden pinnan yläpuolella olevasta rungon osasta veden haihtumista. Kuten aikaisemmin on selitetty on veden johtuminen tangentin ja säteen suuntaan hyvin heikkoa, joten auringon ja sään suoranaisen vaikutuksen alaisessa rungon osassa on havaittavissa painon vähentymistä. Tämä ilmiö on usein siksi voimakasta, että ko. rungon osaan muodostuu kuivaushalkeamiakin.

Ihmeelliseen tulokseen ovat tulleet Boberg-Juhlin-Dannfelt (1926) veden pinnan alle upotetun ja veden päällä kelluvan puutavaran painon lisäyksestä. Heidän kokeittensa mukaan veteen kokonaan upotettu puu ensimmäisten kahden viikon aikana vähentää painoaan kesän kuumimpana aikana suurin piirtein yhtä paljon kuin pinnalla ollut puu. Kun veden imeminen alkaa ja paino rupeaa nousemaan, osoittautuu, että veden alla oleva puu imee hitaammin vettä kuin pinnalla kelluva. Tämä pätee puolipuhtaalle puutavaralle. Kuorellisessa puutavarassa ei eroa havaita puoleen eikä toiseen.

Puun jäätymisestä uiton kestäessä, so. talvehtimisessa jäissä on aikaisemmin esitetty Tuovisen (1951) suorittama vertailu (taul. 6). Siitä ilmeni, että jäissä talvehtineissa puissa uppoamis-% oli huomattavasti suurempi kuin muulla tavalla talvehtineissa, esim. avantoon upotetuissa. Syynä, kuten tunnettua, on jään sulaessa syntyvät tyhjiöt.

Boberg-Juhlin-Dannfelt (1926) esittävät kuitenkin tässäkin tapauksessa tavallaan yllättävän väitteen. Heidän mukaansa viimeisessä punnituksessa syksyllä oli pinnalla kelluvan puun painonlisäys jonkin verran suurempi kuin veteen upotetun, kun sitävastoin keväällä jäiden lähdettyä tilanne oli päinvastainen.

Samasta aiheesta on Ullénkin (1929) suorittanut kokeiluja. Näissä kokeiluissa, joista jo aikaisemmin on tullut mainituksi, hän vertaili sellaisen puutavaran uimisajan pituutta ja veden imemiskykyä, jotka olivat saaneet a) sulaa ennen veteen vieritystä, b) vedessä, silmälläpitäen myös kuorinnan vaikutusta. Likimääräiset tulokset on esitetty taulukossa 21.

Taulukko 21. Jäätyneenä veteen pantujen (jäät.) ja ennen veteen panoa sulaneiden (sul.) puiden painon lisäys eri pitkinä uittoaikoina. Ullénin mukaan.

Uinut, pv.	Painon lisäys, %			
	Puolipuhd. sul.	Kuorell. sul.	Puolipuhd. jäät.	Kuorell. jäät.
2	6.9	10.3—13.1	8.8—10.3	8.8—13.1
4	12.6	15.7—18.1	14.2—15.7	14.2—18.1
6	15.0	17.9—20.0	18.2—19.0	17.0—20.0
8	16.3	19.0—21.2		18.2—21.8
10	17.2	20.0—22.2	uponnut	19.2
12	18.0	21.0—23.0		20.0
14	18.5	21.8—23.7		20.8
16	19.2	22.4—24.1		21.3
18	19.8	22.8		21.8
20	20.0	23.1		
22	20.2	23.6		uponnut
24	20.3	24.0		

Mitään suurempia eroja veden imemiskyvyssä ei a:n ja b:n välillä havaita. Ollaksemme oikein tarkkoja on kuin jäätyneenä veteen pantujen puolipuhtaiden pölkkyjen imemiskyky olisi jonkinverran suurempi kuin vastaavien sulaneina veteen pantujen.

Uimisajan pituudessa sensijaan on huomattavia eroja. Jäätyneenä veteen pantu puu on uinut tuskin puoltakaan siitä ajasta, minkä sulaneena veteen pantu puu on tehnyt.

Ylläolevan perusteella voidaan tehdä seuraavat johtopäätökset:

— Veden lämpötilan vaikutuksesta uppopuiden syntymiseen ei nykyisten tutkimusten valossa voida sanoa juuri mitään varmaa. Todennäköistä on, että kuumimman kesän aikana, jolloin siis vesikin on jonkin verran lämpimämpää, uittopuun paino laskee jonkin verran. Käsitys, että puut

uivat paremmin kylmässä kuin lämpimässä vedessä, pitää näinollen kenties vain osittain paikkansa.

— Jäätyneenä veteen pantu puu imee vettä hyvin nopeasti sulaessaan. Siitä syystä on vältettävä puiden jättämistä talveksi jäihin.

— Veden pinnan yläpuolella oleva pölkyn osa menettää osan painoaan kesän kuumimpana aikana. Kuoren vaikutus tähän ilmiöön ei tutkimuksista käy selville.

45. Uittoajan pituus ja vuodenaika

Otsikkoaihe kytkeytyy hyvin läheisesti edelliseen aiheeseen. Sen yhteydessä huomautettiin jo Haugin (1915) kirjaamasta kansanmiesten käsityksestä, että vesi on sitä kantavampaa, mitä kylmempää se on, jonka tähden huonosti uivat lehtipuut pitäisi uittaa aikaisin keväällä.

Puutavaraan ilmestyvien vikojen takia kehoittaa Björkman (1947) vierittämään puut veteen viimeistään ennen kesäkuun alkua.

Yleensä on veden korkeudenkin takia uitto aloitettava aikaisin keväällä. Zoeppritz (1884) on jo huomauttanut, että mitä suurempi on veden korkeus, sitä vähemmän puut tarttuvat kiinni, josta epäsuorasti johtuu lyhyempi uittoaika ja siten uppoamisen pieneneminen.

Andersson (1914) kirjoittaa kuitenkin, että uppoaminen on suurin keväällä ja syksyllä, pienin kesällä, kesä-heinäkuussa. Hänen mielestään uiton aikainen suoritus on kuitenkin suurimerkityksellistä vältettäessä uppoamishukkaa, jota, jos uitto saadaan aikaisin päätökseen, esiintyy vasta tukkivarastolla, jossa uponneet puut suhteellisen pienin kustannuksin voidaan nostaa.

Talvehtimaan jääneiden puiden uimiskyky on tyhjentävästi käsitelty varastoimisesta ja sään sekä veden lämpötilasta puhuttaessa.

On varsin ymmärrettävää, että mitä pitemmän aikaa puu joutuu olemaan vedessä sitä enemmän uppopuita alkaa esiintyä.

Taulukossa 21 nähdään lukuja eri pitkiä aikoja vedessä olleen puutavaran imemän vesimäärän aiheuttamista painon vaihteluista.

Haug (1915) mainitsee, että kesällä kaadettu koivu ui 3—4 kk., kun sitä vastoin Jalavan (1938) tutkimuksessa ensimmäiset uppokoivut alkoivat esiintyä runsaan kuukauden kuluttua.

Löf (1907) on antanut kuivuneiden havupuiden olla vedessä 230 vrk. Sinä aikana oli niiden paino lisääntynyt 32—35 %, mutta vielä tällöinkin oli niiden paino 19—20 % pienempi alkuperäistä tuorepainoa.

Yksityisen puun viipyminen uittoväylällä joidenkin määrättyjen pisteiden välillä riippuu suureksi osaksi sen uitto-ominaisuuksista. Vuoriston (1938) mukaan jää huonosti kelluva puu paljon pahemmin puomin taakse ym. hankaliin paikkoihin.

Rampapuiden uimisajan pituudesta Tuovinen (1949) on tehnyt tutkimuksessaan havaintoja. Hän tiivistää huomionsa seuraavaan:

»Ylä-Kemijoella veteen pantujen tukkien uitto on kestänyt n. 63 päivää, Keski-Kemijoen puiden n. 52 päivää ja Ala-Kemijoen puiden n. 24 päivää. Uivina perille tulleet ovat suoriutuneet uittomatkasta nopeammin kuin vesirajassa tai rampoina saapuneet. Vaikka Keski- ja Ala-Kemijoen puiden uimisajoissa on näin suuret erot, ei perille saapuneiden prosenttimäärissä ole voitu samanlaista eroa huomata. Ilmeistä lienee, että jos rampapuiden uitto saadaan suoritetuksi nykyistä nopeammin, so. jos ennen kaikkea erottelusta ei muodostu hidastavaa tekijää, rampapuiden uitossa voidaan saavuttaa nykyistä parempia tuloksia.»

Esitetystä voimme päätellä, että

— huonohkosti uivia puutavaralajeja olisi ruvettava uittamaan aikaisin keväällä päämääränä uiton aikainen loppuun saattaminen;

— huolellisesti käsitelty ja siten kohtalaiset uitto-ominaisuudet saavuttanut puutavara sietää yhden kesän uiton melko pienin tappioin;

— kaksi- tai useampivuotisessa uitossa talvi muodostaa vaarallisimman ajan uppopuihin nähden siten, että puiden vapauduttua jäästä ne nopeasti uppoavat.

46. Vesistön laatu ja virran voimakkuus

Haug (1915) olettaa, että vedessä liikkumatta makaavat puut uppoavat helpommin kuin virtaavassa paikassa olevat puut. Tämä käsitys on hyvin yleinen, mutta mitään kokeiden avulla saatuja todisteita ei oletamuksen puolesta ole olemassa.

Virtaavan veden edullisuutta todistavat mm. Boberg-Juhlin-Dannfeltin (1926) huomiot veden alla olevan puun suuremmasta painonvähennyksestä pinnalla kelluvaan nähden. Tähän ilmiöön nojautuen he epäilevät sen olettamuksen paikkansapitävyyttä, että puu vettyisi nopeammin esim. koskipaikoissa, missä se vähän väliä joutuu sukeltamaan veden alle, kuin hiljaisessa virrassa tai tyvenessä.

Callin (1948) pitää varmana, että esim. pienessä metsäjärvessä on tästä syystä uppoaminen suurempaa kuin joessa.

Virtaava vesi on edullista vikojen syntymisen ehkäisijänä.

Björkman (1947) on havainnut, että virtaavassa vedessä ei synny vikoja, kun sitävastoin tyynessä vedessä varsinkin kuoritut puut vioittuvat.

Joka tapauksessa on asia niin, että virtaavassa vedessä puut uppoavat määrätyille paikoille, kun ne sitävastoin tyynessä uppoavat siihen, missä ko. puun uintikyky loppuu. Seppäsen (1945) mukaan on uppopuita virtaavissa paikoissa vastuupaikoilla, koskien alaisissa suvannoissa, pyörteissä ja kosteissa. Tällaisista tietyistä paikoista on uppopuita helpompi nostaa kuin, jos ne olisivat hajallaan siellä täällä suuren järven pohjalla.

Vesistön laadun vaikutus ilmenee pääasiassa veden määrän vaikutuksena. Onhan tunnettua, että vähävetisissä, huonosti kunnostetuissa puroissa paljon puuta täytyy käyttää uittorakenteisiin. Oksalan (1931)

mukaan tapahtuu usein, että puut riittävät vain ojentamiseen ja hännänajoon ja, vaikka kaikki ojentamiseen käytetyt puut eivät suinkaan mene hukkaan, alenee niiden arvo reikimisen, särkymisen ym. kautta huomattavasti.

Jos taas näitä suojarakenteita ei rakenneta, jää paljon puutavaraa saapumatta perille. Vuoristo (1938) mainitsee sitäpaitsi, että rannalle jääneiden puiden määrä on suoraan verrannollinen rantojen matalavesialueeseen. Tämän matalavesialueen pienentämiseen useimmat uittorakenteet tähtäävätkin. Jo Förster (1882) pitää uiton yhtenä varjopuolena suojarakenteita.

Järvelä (1948) esittää arvioidessaan uittohäviön pienentämismahdollisuuksia mm. seuraavaa:

»Uittoväylät, ennen kaikkea purouittoväylät, joissa tilapäisiä uittolaitteita eniten tarvitaan, olisi perusteellisesti kunnostettava. Tilapäisten uittolaitteiden tarpeen vähenemisestä saatavan puun säästön lisäksi uitto tulee joutuisammaksi ja silloin myös uppoamishäviö pienenee. Vaikeauittoisten puroväylien perkaussuunnitelmia laadittaessa olisi kuitenkin kiinnitettävä huomiota myös siihen, tulisiko puutavaran maitse kuljetus niiden sadealueelta uittoa edullisemmaksi.»

»Puomien ja puomitusten tulisi olla kunnollisia ja tarkoitustaan vastaavia, jotta ne mahdollisimman tehokkaasti estäisivät puita karkaamasta väylistä ja lautoista.»

»Tilapäisiin uittolaitteisiin käytettävien puiden rikkomista olisi vältettävä, koska mm. otvat, kossat, kopukat jne. voidaan useimmiten sitoa tarvitsematta kairata reikiä tukkeihin.»

Varsinkin järviuitossa, mutta myös puutavaran syöttämisessä esim. sillan alitse, lyhyttä kanavaa pitkin järvestä toiseen yms. näyttelee tuuli hyvin huomattavaa osaa vaikuttaen hidastavasti uiton suorittamiseen ja siten välillisesti uittohäviön syntymiseen. Mitään mainintoja tuulen vaikutuksesta ei kirjallisuudessa ole löytynyt.

Yleensä voidaan vesistön laadun, virran voimakkuuden, tuulen yms. vaikutuksesta sanoa, että

— pienissä, kunnostamattomissa puroissa ja uittoväylissä on pyrittävä mahdollisimman suuressa määrin käyttämään hyväksi kevättulvaa, koska silloin veden korkeus ja virran voimakkuus on suurin;

— näyttää siltä, että virtaavissa väylissä olisi uppoamisvaara pienempi kuin tyynissä vesissä. Virtaavista vesistä sitäpaitsi on se etu, että puut uppoavat määrättyihin paikkoihin;

— uittohäviön vähentämiseksi olisi pienet ja laittamattomat uittoväylät kunnostettava sekä tilapäisissä uittorakenteissa vältettävä puiden reikimistä ja pirstomista. Tilapäiset uittorakenteet olisi sitäpaitsi tehtävä mahdollisimman tehokkaiksi ja tarkoitustaan vastaaviksi.

5. Laadullinen uittohäviö

51. Uiton aikana ilmestyvät laatuviat

Uiton aikana ilmestyvistä vioista on ensimmäiseksi mainittava kuivumishalkeamat. Tämä ei suinkaan ole yksinomaan uittamalla kuljetettavassa puutavarassa esiintyvä varjopuoli, vaan aina kun kuljetuksen kannalta on edullista puu kuivata, on tämä vaara tarjolla. Ennen uittoa tapahtuvaa kuivumishalkeamien syntyä on tämän kirjoituksen puitteissa aikaisemmin niin tyhjentävästi käsitelty, että voimme sen sivuuttaa esittämällä Luostarisen (1946) mainitseman keinon puun kuivaamisesta ilman pintahalkeamien muodostumista.

Kysymys on ns. laikkukuorinnasta, jota Ruotsissa on pitkään ja sitkeästi kokeiltu. Sen suorittamistapa on seuraava:

Tukin kumpikin pää jätetään 1 jalan pituudelta kuorimatta. Tämän jälkeen poistetaan kuori, joka toiselta pituusjalalta 12 tuuman pituudelta ja puolen tukin ympäryksen leveydeltä siten, että joka toinen kuorittu laikku tulee tukin yläpuolelle ja joka toinen sen alapuolelle.

Näin kuoritun tukin kuivuminen oli seuraavanlainen:

Kun puut olivat olleet telalla huhtikuun puolivälistä kesäkuun 1 p:ään, oli kuoritun puun pintapuu kuivunut 29.1 %, laikkukuoritun 9.9 % ja kuorellisen 3.3 %. Niiden oltua telalla em. päivämäärästä heinäkuun 1 p:ään oli kuorittujen tukkien pintapuu kuivunut 34.6 %, laikkukuoritun 18.2 % ja kuorellisen 7.9 %.

1. 6. veteen pantujen laikkukuorittujen pölkkyjen tilavuuspaino oli 0.74 ja kuorellisten 0.80. 1. 7. veteen pantujen tukkien vastaavat arvot olivat 0.67 ja 0.77. Marraskuun 1 p:nä oli ensimmäiseksi veteen pantujen laikkukuorittujen tilavuuspaino 0.88 ja kuorellisten 0.94. Toisen ryhmän vastaavat arvot sanottuna ajankohtana olivat 0.81 ja 0.91.

Edellä esitetty on esimerkkinä laikkukuoritun puutavaran edullisuudesta kuorelliseen nähden katsottuna kuivumis- ja vettymisilmiön taustaa vasten. Suurin etu laikkukuorituilla puilla oli, että pintahalkeamia eikä muitakaan vikoja niillä ollenkaan esiintynyt.

Äsken mainituilla muilla vioilla tarkoitetaan etupäässä tukkisinistymää ja varastolahoa. Tukkisinistymää esiintyy Luostarisen (1946) mukaan uitetuissa kuorituissa tukeissa jo kesäkuussa, mutta huomattavimmin vasta heinä-elokuussa. Kuorimattomissa ja laikkukuorituissa tukeissa ei tuk-

kisinistymää juuri esiinny. Mutta, jos kuorellinen tukki joutuu uiton aikana olemaan maalla, lisääntyy ko. sienen vaikutus huomattavasti. Samaten on asianlaita, jos veteen veritys tapahtuu vasta heinäkuulla. Keskimääräiset arvonvähennykset puilla, jotka ovat 1. 6. tapahtuneen veteen vierityksen jälkeen olleet maalla n. 1 kk:n, ovat kuorituilla 10.1 %, laikkukuorituilla 5.4 % ja kuorellisilla 1.3 %.

Varastolahoa ilmenee kuorituissa tukeissa vahvan pintahalkeilun yhteydessä jo elokuulla, aiheuttaen syys-lokakuulla huomattavan arvon vähennyksen. Kuorimattomissa ja laikkukuorituissa tukeissa ei mainittavaa varastolahoa ilmene.

Tuhohyönteisten merkittävin vaikutus rajoittuu Luostarisen (1946) mukaan niiden käytäviinsä kuljettamiin sieni-itiöihin.

Sahatavaran arvon vähennykseksi ilmoittaa kirjoittaja kuorimisasteen mukaan taulukossa 22 olevat arvot.

Taulukko 22. Sahatavaran arvon vähennys uittamalla kuljetettujen tukkien vahingoittumisen johdosta, %.

Kuorinta-aste	Pantu veteen	Vedessä keskeytymättä	Välillä kuivilla 1 kk.
Kuoritut	1. 6.	9 %	10 %
Laikkukuoritut	1. 6.	0 »	8 »
Kuorimattomat	1. 6.	0 »	2 »
Kuoritut	1. 7.	14 »	16 »
Laikkukuoritut	1. 7.	10 »	12 »
Kuorimattomat	1. 7.	6 »	7 »

Luostarisen (1946) mukaan vikojen ilmestymiseen vaikuttavat:

1. Kuorimisen suorittamistapa ja kuorinta-aste.
2. Veteen veritysaika.
3. Uiton yhtäjaksoisuus.
4. Varastointi sahalla.

Järvelä (1948) todetessaan edellä esitetyn huomauttaa, että näitä vikoja esiintyy eniten sellaisessa puutavarassa, jota on pitkiä matkoja kuljetettu kehälautoissa ja heikkovirtaisissa paikoissa. Yleisiä ne ovat myös niissä puissa, jotka ovat kauan olleet koskiruuhkissa, rannoilla kuivuneina tai tilapäisissä uittolaitteissa.

Pettersson (1930) esittää havaintonsa sinistäjäsienen aiheuttamista arvonvähennyksistä kaatotavoittain. Hänen huomionsa on sijoitettu taulukkoon 23.

Taulukosta selviää, että rasiinkaadettu puu on kärsinyt paljon vähemmän sinistäjäsienen tuhoista kuin tavalliseen tapaan kesällä kaadettu. Kaikkein vähiten on kärsinyt talvella kaadettu, 18/5 veteen vieritetty puutavara.

Taulukko 23. Sinistäjäsienen aiheuttamat arvonvähennykset prosentteina puutavaran arvosta.

k = puolipuhdas, a = aisattu, l = latvatukki, v = välitukki ja t = tyvitukki

Ikä	k. l.	a. l.	k. v.	a. v.	k. t.	a. t.	Keski-arvo	Kaatotapa
50	2.1	8.6	2.7	2.5	4.5	2.5	3.5	Rasiinkaato
75	7.2	8.0	7.4	6.3	9.4	8.5	7.8	
105	3.4	7.5	4.8	4.0	6.3	7.0	5.5	
Keskim.	4.2	8.0	5.0	4.3	6.7	6.0	5.7	
Keskim.	6.1		4.7		6.4		5.7	
50	10.0	10.5	9.5	8.5	10.0	4.5	8.8	Tav. kesäkaato
75	11.0	12.0	9.5	9.0	10.0	11.0	10.4	
105	9.0	11.0	10.5	9.0	11.0	7.0	9.6	
Keskim.	10.0	11.2	9.8	8.8	10.3	7.5	9.6	
Keskim.	10.6		9.3		8.9		9.6	
50	—	1.5	—	—	—	—	0.3	Talvikaato, veteenvieritys 18/5
75	—	—	—	—	—	—	—	
105	—	—	—	—	—	—	—	
Keskim.	—	0.5	—	—	—	—	0.1	
Keskim.	0.3		—		—		0.1	
75	7.0	1.5	5.5	6.0	8.5	3.5	5.3	Talvikaato, veteenv. 16/6
Keskim.	4.3		5.8		6.0		5.3	

J a l a v a (1938) on tutkiessaan vanerikoivujen kaatoa ja uittoa tullut siihen tulokseen, että myöhään kaadettuihin puihin alkaa muodostua värivikoja seuraavana keväänä myöhemmin ja kehitys tapahtuu hitaammin kuin aikaisin kaadettuihin puihin.

Kaatokesänä ei vanerikoivuihin juuri rasiinkaatoa käyttäen värivikoja ilmaannu, mutta eihän niitä silloin uitetakaan.

Jos irtopuut ovat uitettaessa koko ajan liikkeessä, pysyvät tukit yltäyleensä märkinä, kun sitävastoin seisovissa irtolautoissa ja tehtaan vesivarastolla tukin yläpuoli kuivuu. Samaten on laita nippuina uitettaessa vain sillä erotuksella, että nipun päällä olevat koivut kuivuvat kokonaan. Tukkien ollessa märkiä ei värivikoja ilmesty.

Lopputarkastelussaan kirjoittaa J a l a v a:

»1. Rasiin ja talvella kaadettuihin koivuihin alkaa värivikoja ilmestyä vasta seuraavan kevään toukokuussa. Jos sorvaaminen siirtyy myöhäisempään ajankohtaan, on tukit tehtaalla säilytettävä joko kokonaan veteen upotettuina tai jatkuvasti kastelluissa maakasoissa.

2. Jos uitto on ainoa mahdollinen kuljetustapa, on rasiin kaato uiton edellisenä kesänä siirrettävä niin myöhäiseen ajankohtaan kuin se kuivumiseen nähden on mahdollista. Uittokeväänä on koivutukit vieritettävä

veteen mahdollisimman aikaiseen. Irtopuita on uiton aikana pidettävä koko ajan liikkeessä niin, ettei tukkien veden pinnan yläpuolella oleva osa pääse kuivumaan. Avolauttojen seisottaminen tyvenissä, suojatuissa paikoissa on vahingollista.

3. Niputettaessa on pyrittävä saamaan huonot, oksaiset tukit tai, jos sekanippuja käytetään, havutukit nipun päälle.»

Kaatoajan vaikutuksesta sinistymiseen Öfverholm (1923) on suorittanut tutkimuksia. Hänen mukaansa kesä-heinäkuussa kaadettu puu sinistyy käytännöllisesti katsoen kokonaan, siis 100 %, elokuussa kaadettu sinistyy 80—85 % ja syyskuussa kaadettu 10—15 %.

Björkman (1947) on suorittanut erikoislaatuisen kokeilun tukkisinen esiintymisestä sahatukeissa. Hän valitsi 920 tukkia, jotka olivat samanikäisiä ja samanlaisella kasvupaikalla kasvaneita, 6½—8″ latvasta, sydänpuuta 25—45 % kuutiomäärästä eli $^1/_2$—$^2/_3$ läpimitasta. Tukit saivat olla yksinkertaisessa telassa 1. 6.—1. 7. välisen ajan. Tämän jälkeen joka kuukausi, marraskuu viimeisenä, tehtiin osasta koesahauksia syrjäämättä ja nämä laudat niputettiin tukin muotoon rautalangalla senjälkeen, kun ne oli kuivattu. Sinistymislaajuus, varastolahon esiintyminen ja kuorimattomien puiden hyönteisvahingot määrättiin kaikille puille yhtä aikaa marraskuussa.

Näin suoritetussa kokeessa tultiin suurin piirtein samanlaiseen tulokseen kuin Luostarisen (1946) kirjoituksessa on esitetty. Laikkukuorittu ui parhaiten ja säilyi vahingoitta, kun sitävastoin puhtaaksi kuorituissa halkeilua, sinistymistä ja varastolahoa esiintyi eniten. Vahingoittumiseen nähden oli kuorimaton puu edullisin, mutta ui huonosti.

Veteen vierityksen tulee tapahtua viimeistään ennen 1. 6. Arvioidut vahingot uiton aikana kuukauden maalla olleissa puissa olivat kuorituissa 10.1 %, laikkukuorituissa 5—4 % ja kuorellisissa 1.3 % puiden arvosta.

Sinistymistä ja varastolahoa alkaa tämän tutkimuksen mukaan esiintyä merkittävimmin elokuulla.

Laadullisiin vikoihin lienee myös luettavissa uittorakenteisiin käytettävien puiden reikiminen, veisteleminen ym. Ne on kuitenkin käsitelty edellisen otsikkoaiheen yhteydessä, joten saman asian toistumisen välttämiseksi sivuutamme tämän puolen asiasta viittaamalla vain edelliseen lukuun.

Uiton aikana ilmestyvistä laadullisista vioista voidaan edellä esitetyn nojalla tehdä seuraavat päätelmät:

— Kuivumishalkeamien muodostumista voidaan ehkäistä välttämällä kaiken kuoren poistamista ja puutavaran täydellistä tai osittaista kuivumista uiton aikana. Laikkukuorinta on ottamalla huomioon myös puun uimiskyvyn tässä suhteessa paras kuorimismenetelmä.

— Kaatoaika olisi tukkisinen ja varastolahon ehkäisemiseksi sijoitettava syyspuolelle kesää, elokuun jälkeen.

— Samasta syystä olisi varsinkin koivutukkeja ryhdyttävä uittamaan aikaisin keväällä ja vältettävä erikoisesti puiden kuivumista uiton aikana.

— Laikkukuorinta on osoittautunut kuorintamenetelmistä edullisimmaksi havupuille ottaen huomioon uimiskyvyn ja laatuhäviön syntymisen. Kun tarkastellaan asiaa yksinomaan laatunäkökannalta, on kuorellinen uittotavara parhainta.

— Kaatotavoista on rasiinkaato laatuhäviön kannalta paras menetelmä.

6. Toimenpiteet uittohäviön pienentämiseksi

61. Uppopuiden nosto

Uittohäviön pienentämisen konkreettisin muoto on uppopuiden nosto. Sitä on yritetty harjoittaa uittoyhdistystenkin taholta, mutta varsin laihoin tuloksin. Viime aikoina on kuuleman mukaan perustettu erikoisia toiminimiä, jotka nostavat uponneita uittopuita. Tällaiset toiminimet, mikäli elää saavat, tulevat varmasti kehittämään puiden nostamisessa käytettyjä menetelmiä ja työvälineitä.

Ennenkuin aloitamme nykyisin käytännössä olevista nostomenetelmistä ja työvälineistä on kerrattava aikaisemmin esitetystä muutamia kohtia.

S e p p ä s e n (1945) mukaan uppopuita esiintyy virtaavissa vesissä vastuupaikoilla, koskien alaisissa suvannoissa, pyörteissä ja kosteissa. Virrattomissa paikoissa lauttojen teko- ja säilytyspaikoissa, erottelujen läheisyydessä ja niputuspaikoilla on paljon uppopuita. Suhteellisen hyviä »apajapaikkoja» ovat myös nippujen purkamispaikat, sahojen ja vaneritehtaiden edustat sekä kehälauttojen säilytyspaikat. Mielenkiintoisena vihjeenä uppopuun löytämiseksi talvella lumettoman jään aikana mainitsee S e p p ä n e n (1945), että jäähän muodostuu ilmakuplia siihen, missä uppopuu on pohjassa.

Z o e p p r i t z (1884) sanoo Norjassa olevan monen sisäjärven pohjan kokonaan puiden peitossa.

Selvitellessään uponneiden puiden puulajeja ja sitä, mistä osasta runkoa tukit olivat, S e p p ä n e n (1946) sai 5 000 uppopuuta käsittävästä aineistosta seuraavia lukuja.

Puista oli koivutukkeja 19 %, havupuutukkeja 50 % ja pinotavaraa 31 %. Koivutukeista oli ennen vuotta 1940 pantu uittoon 46 %, vuosina 40—43 36 % ja vuosina 44—45 18 %.

Havupuutukeista oli mäntyä 70 %, joista tyviä 21 %, välitukkeja 3 % ja latvoja 76 %. Kuusista oli tyviä 38 % ja latvoja 62 %. Männyistä oli kuorittuja 28 % ja kuorellisia 72 %, kuusista vastaavat arvot olivat 54 % ja 46 %.

Havupuutukeista oli vuosina 1935—40 pantu uittoon 38 %, vuosina 1941—43 57 % ja 5 % vuosina 1944—45.

Pinotavarasta oli mäntyä 58 %, josta kuorellisia 80 %, kuusen osalle jäi 42 %, josta kuorellista 68 %. Pinotavarasta oli vuosina 1935—40 pantu uittoon 29 %, vuosina 1941—43 59 % ja vuosina 1944—45 12 %.

Kaikista nostetuista puutavaralajeista oli siis sotavuosien uittoa 71 %.

Runsaimmin uppopuita oli tämän tutkimuksen mukaan ollut vakinaisilla talvivarastopaikoilla. Huippuna voidaan pitää hiukan yli 100 k-m³:n määrää hehtaarilla. Yleensä tällaisissa paikoissa oli uppopuita 25—40 k-m³/ha. Kesävarasto- ja niputuspaikoilla niitä oli 10—30 k-m³/ha.

Pohjassa olevien puiden nostossa on käytetty monenlaisia menetelmiä. Geete (1951) mainitsee erään norjalaisen kokeilleen mm. vesikiikaria ja sukeltajaa tähän tarkoitukseen, mutta huonolla tuloksella. Sukeltajakin katsoi työn laadultaan hengenvaaralliseksi.

Yleisimmät nykyisin käytännössä olevat työkalut ovat:

1. Piikit; kiintopiikki, irtopiikki ja junttapiikki.
2. Tukkiuistin.
3. Nostokoura; pieni ja iso.

Näitä työkaluja käytetään vaihtelevasti eri syvyyksissä. Seppäsen (1946) mukaan ovat nostoajat samasta syvyydestä kaikilla välineillä samat. Hänen saamansa ajat ovat taulukossa 24.

Taulukko 24. Uppopuun nostamiseen käytetyt ajat.

Veden syvyys	Tukit	Pinotavara
— 5 m	15—20 sek/kpl	10—20 sek/kpl
5—10 »	25—30 »	20—25 »
10+ »	35—40 »	30—35 »

Tehokkuudessa on eri käyttövälineillä eroa. Jos otetaan huomioon se tarkkuus, millä järvenpohja saadaan uppopuista puhdistetuksi, ovat eri välineiden suhdeluvut seuraavanlaiset.

Taulukko 25. Eri nostovälineiden tarkkuus suhdeluvuilla ilmaistuna.

Veden syvyys	Uistin	Kiinto-piikki	Pieni koura	Iso koura
— 5	100*	93	91	88
5—10	100	85	85	80
10+	100	65	62	55

Tukkiuistin on siis paras ja isokoura huonoin. Varsinkin tummissa vesissä on paras käyttää tukkiuistinta. Yli 6 m:n syvässä vedessä irtopiikki on hitain.

Nostettujen puiden rantaan kuljettamisesta kirjoittaa Seppänen edelleen tutkimuksessaan.

Helpoin ja kätevin tapa on kuljettaa nostetut puut veneen avulla, jonka poikki on asetettu tanko. Tangon päiden tulee olla 80 cm veneen laitojen ulkopuolella. Tankoon lyötyihin ns. silmustustappeihin kiinnitetään nostetut ja silmustetut puut, joten ne kulkevat veneen perässä sen liikkuessa. Tällä tavalla voidaan kuljettaa 40—60 tukkia kerrallaan, mutta saatetaan tangon päihin kiinnittää 80—90 tukkiakin.

Toiset pitävät talvinostoa mukavampana kuin kesänostoa, koska silloin on nostajalla ikäänkuin tukevammat »jalanalustat». Talvella kuitenkin on se alue, mikä saadaan yhdestä avannosta puhdistetuksi, hyvin rajoitettu ja sitäpaitsi työkalujen varret jäätyvät. Tukkiuistimella voidaan yhdestäkin avannosta puhdistaa hiukan suurempi pohja-alue. Matalissa vesissä on irtovartinen nostopiikki kuitenkin nopein ja mukavin.

Nuottaa ilmoittaa Wiik (1921) käytetyn Pohjois-Päijänteellä uppopuiden nostoon. Nuotan pituus oli 85 m, korkeus 14 m, silmien läpimitta 6 cm ja langan paksuus 3 mm. Painona käytettiin ohutta kettinkiä, kohoina lankunpaloja ja pauloina $^3/_4''$ köyttä. Tällä välineellä saavutettiin hänen mukaansa tyydyttäviä tuloksia, jota vastoin Behm kokeillessaan sitä Kymijoessa sen hylkäsi.

Uppopuita on Lahden (1938) mukaan Enso-Gutzeitin Vuoksenniskan varastopaikalla otettu talteen erikoisella nippujen purkamiseen käytetyllä koneella. Tarkoituksena on ollut, että nipuissa vettyneet puut tulisivat myös talteen otetuksi. Heti uppoavia puita on nipuissa ollut n. 10 % (7—20 %).

Wetterhall (1926) on kokeillut uppopuiden nostoa tavallisella tukkihaalla, jonka suoran piikin päähän on lyöty väkäsiä, ja jota tapaa miltei yksinomaan ennen käytettiin. Nostettujen puiden säilyttämiseen ja rannalle kuljettamiseen hän suosittelee tukeista tehtyjä ponttoonien tapaisia laitteita, joita on monta vierekkäin ja joiden väleihin, kettinkien tai vaijerien päälle, ylös nostetut puut voidaan vetää ja soutaa maihin.

Seppänen (1946) varoittaa varastoimasta nostettuja puita rannalle, koska ne siellä rupeavat halkeilemaan ja sinistymään. Hän suosittelee niiden varastoimista suomukseen veteen.

Yhteenvetona uppopuiden nostosta voidaan sanoa:

— Vesistön ja uitto-olosuhteiden tarkalla tuntemisella voidaan paljon helpottaa uppopuiden löytämistä.

— Uppopuiden nostossa tähän saakka käytetyistä työvälineistä ovat tukkiuistin, nostosakset ja piikit tehokkaimmat, kukin omissa olosuhteissaan. Mitkään näistä työvälineistä eivät kuitenkaan ole niin tehokkaita, että uppopuiden nosto oikein kannattaisi.

— Uppopuista tehdyt tutkimukset todistavat, että koivu ui huonosti. Havupuista on huonoin mänty ja kuorellinen puu ui huonoimmin. Lisäksi ne osoittavat, kuinka vaarallista talvehtiminen uittotavaralle on.

62. Uppopuiden uitto-ominaisuudet

Kun uponneet puut on nostettu ylös pohjasta, herää itsestään kysymys niiden edullisimmasta hyväksikäytöstä. Tähän kysymykseen ei vielä ole kyetty antamaan täysin tyydyttävää vastausta. Täysin vettyneiden puiden uimiskyky on kuivattuna suhteellisen heikko, myynti paikalliselle väestölle aiheuttaisi ehkä varkauksien lisääntymistä ja paikallaan jalostus tai kuljetus maata pitkin lähimmälle teollisuuslaitokselle tulisi kovin hankalaksi. Usein ovat nostetut puut sitäpaitsi kaukana asumattomissa korvissa, tiettömien taipaleiden takana, jolloin ainoaksi mahdollisuudeksi jää uitto uhkapelin luonteesta huolimatta.

Kerran upoksissa olleiden puiden uimiskykyä on moni tarkkaillut. Freyn (1914) kokeissa kuivatetut uppopuut veteen pantaessa joko upposivat heti tai muutaman kilometrin uituaan. Löf (1907) taas on tullut sellaiseen tulokseen, että jos uponnut puu ei ole kovin kauan maannut pohjassa, saadaan se perusteellisella kuivauksella jälleen uittokelpoiseksi. Hän suoritti kokeilunsa vain järeähköllä puutavaralla.

Ekman (1922) huomauttaa, että puu näyttää imevän hitaammin vettä kuin sitä kuivattaessa siitä haihtuu. Poikkeuksen tekevät lämpimässä vedessä olleet puut.

Tuovinen (1949) on Kemijoella suorittanut tutkimuksia maalle nostettujen rampapuiden uitosta, joita jo aikaisemmin useaan kertaan tämän kirjoituksen puitteissa on mainittu.

Tutkimuksen laajuudesta saa käsityksen silmäilemällä taulukkoa 26.

Taulukko 26. Maalle nostettujen ja koekappaleiksi otettujen pölkkyjen lukumäärät.

Tavaralaji	Ylä-Kemijoki		Keski-Kemijoki		Ala-Kemijoki		Yhteensä	
	Kaikkiaan	Koe-kpl	Kaikkiaan	Koe-kpl	Kaikkiaan	Koe-kpl	Kaikkiaan	Koe-kpl
Kuorell. havutukit	2 288	200	3 821	501	1 257	298	7 366	999
4-m kuorell.	4 001	—	6 622	500	1 573	300	12 196	800
Pap.puut	—	—	—	—	—	—	—	—
2-m kuorell.	—	—	—	124	—	—	—	124
Pap.puut	12 561	—	29 091	—	22 767	—	64 419	—
2-m puolip. pap.puut ..	—	—	—	624	—	410	—	1 034
2-m kelot	—	—	—	202	—	—	—	202
Yhteensä	18 850	200	39 534	1 951	25 597	1 008	83 981	3 159

Koekappaleet pantiin veteen:

Ylä-Kemijoella 10.—12. 7., Keski-Kemijoella 20. 7.—1. 8. ja Ala-Kemijoella 10. 8.—4. 9.

Mäntytukeista on erottelulle saapunut 57.3 % kappalemäärästä. Keski- ja Ala-Kemijoella uittoon pantujen tukkien saapumisprosentissa ei huo-

mattu mitään eroa. Uintikyky sensijaan on ollut Ala-Kemijoella uittoon pannuilla rampatukeilla huomattavasti parempi.

Kuusitukkeja oli saapunut perille 84.0 %. Eri väylänosien vaikutusta ei kuusillakaan perille saapuneiden määrässä huomattu. Yleensä voidaan sanoa, että kuuset uivat paremmin kuin männyt.

Ylä-Kemijoella veteen vieritetyistä tukeista saapui perille vain 3.5 %.

Tukkien uimisajan pituus on esitetty taulukossa 27.

Taulukko 27. Rampatukkien uimisajan pituus.

Uintikyky	Uimisaika, päivää					Yhteensä ja keskim.
	35	45	55	65	75	
	% koko tukkimäärästä					
Uivat	62.5	52.6	35.9	23.1	50.0	42.9
Vesirajassa	37.5	47.4	53.8	76.9	25.0	51.6
Rammat	—	—	10.3	—	25.0	5.5
Yhteensä	100	100	100	100	100	100

Keskimääräinen uimisaika kaikille perille saapuneille oli 51.7 pv. 4 m kuorellisista paperipuista on saapunut perille keskimäärin 58.6 % kappalemäärästä. Yllättävältä tuntuu, että Ala-Kemijoella uittoon pannuista pölkyistä saapui perille vain 54.7 %, kun niitä Keski-Kemijoella veteen vieritetyistä on saapunut kokonaista 78.5 %.

4 m kuorellisen paperipuun uimisajat olivat:

Uivilla ..... keskim. 50.6 pv.
Vesirajassa olevilla ..... » 51.2 »
Rammoilla ..... » 67.9 »

2 m kuorellisia paperipuita oli saapunut perille 41.5 % koekappaleiden määrästä. Männyllä ja kuusella ei tässä ryhmässä huomattu eroavaisuutta.

2 m puolipuhtaita paperipuita oli uinut perille saakka vain 40.3 %. Männyistä oli tullut perille vain 38.7 %, kun sitävastoin kuuset olivat selviytyneet pienemmin tappioin; perille tuli näet 68.2 %.

Ainoa ryhmä, mikä selviytyi uitosta kohtalaisen hyvin oli 2 m kelot. Niistä jaksoi perille saakka 65 %. Kuusia oli tässä ryhmässä vain 2 kpl., joten niiden uimiskyvystä ei voida sanoa mitään. Joka tapauksessa molemmat tulivat perille.

Pölkkyjen ominaisuuksia, paksuutta, sydänpuumäärää ym. on jo aikaisemmin käsitelty, joten voimme ne tässä yhteydessä sivuuttaa.

Lopputarkastelussaan T u o v i n e n sanoo mm.

— Yleensä voidaan sanoa, että perille saapuneiden uimiskyky on osoittautunut sangen heikoksi.

— Perille saapuneiden pölkkyjen suuruus ei yleensä ole poikennut rampapuiden keskimääräisestä suuruudesta muuten kuin siten, että uivina perille saapuneet ovat olleet suurempia kuin vesirajassa olevat tai rammat.

— Perille saapuneiden sydänpuu-% ei yleensä ole ollut sen suurempi kuin rampapuiden keskimäärin.

— Ylä-Kemijoella veteen pantujen tukkien uitto on kestänyt n. 63 pv., Keski-Kemijoen puiden n. 52 päivää ja Ala-Kemijoen puiden n. 24 päivää. Uivina perille tulleet ovat suoriutuneet matkasta nopeammin kuin vesirajassa tai rampoina saapuneet. Vaikka Keski- ja Ala-Kemijoen puiden uimisajoissa on näin suuret erot, ei perille saapuneiden prosenttimäärissä ole voitu samanlaista eroa huomata. Ilmeistä on, että jos rampapuiden uitto saadaan suoritetuksi nykyistä nopeammin, so. jos ennen kaikkea erottelusta ei muodostu pullonkaulaa, rampapuiden uitossa voidaan saavuttaa nykyistä parempia tuloksia .

— Paljon kuorta sisältävien pölkkyjen suuri uppoamishäviö johtunee niiden vähäisestä kuivumisesta.

— Kuorinnan vaikutus osoittautui varsin edulliseksi puiden uimiskyvylle. 2 m paperipuut, niin männyt kuin kuusetkin, saatuaan kuivua kuorinnan jälkeen yli 2 viikkoa, pysyivät 14.—25. 6. välisen ajan kaikki uivina veden pinnalla. Samanlaisista kuorimattomista paperipuista oli kokeen alkupuolella ja päättyessä seuraavat määrät eri tavoin uivia pölkkyjä:

Taulukko 28. Kuorimattomien 2 m paperipuiden uimiskyky 18. 6. ja 25. 6.

Uimiskyky	18. 6.	25. 6.
	% koko pölkkymäärästä	
Uivia	58	42
Vesirajassa olevia	42	40
Rampoja	—	18
Yhteensä	100	100

Kuorellista rampapuuta kannattaa kuoria todennäköisesti senkin vuoksi, että kuori on aikaisemmin suojannut pihkan huuhtoutumista pois, joten se perusteellisella kuivauksella saataneen vielä impregnoimaan solun seinämät vähemmän vettä imeviksi.

Nostettujen puiden kuljettamista voidaan ajatella myös nippukuljetuksena. Lahti (1938) sanoo kuvaillessaan aikaisemmin mainittua, Enso-Gutzeitin käyttämää, nippujen purkamisen yhteydessä uppopuut talteen ottavaa konetta tällä tavalla kerätyt puut uitettavan edelleen nipuissa, joihin on pantu ns. »korkkipuita» lisäksi, sellaisia paljon sydänpuuta sisältäviä pölkkyjä, joilla on erinomaiset uitto-ominaisuudet. Tällä tavalla voidaan muuten Löfin (1914) mukaan uittaa harvennustavaraakin hyvin edullisesti. Ilman »korkkipuitakin» niputettu harvennustavara ui 6½ % tappioin (särkyneet + uponneet).

Uponneina olleiden puiden uitto-ominaisuuksista voidaan tehdä seuraavat johtopäätökset:

— Vesistön pohjasta nostettujen puiden uimiskyky on kuivattamisesta huolimatta joka tapauksessa hyvin huono. Näyttää kuitenkin siltä, että ne pysyvät veden pinnalla jonkin määrätyn ajan, mutta alkavat hyvin runsaasti jälleen upota tuon ajan kuluttua.

— Kuorellisten uppopuiden uitto-ominaisuuksia voidaan huomattavasti parantaa kuorinnan avulla.

— Uppopuiden läpimitalla ja sydänpuun määrällä on todennäköisesti odotetut vaikutuksensa. T u o v i s e n tutkimuksen mukaan nämä tekijät eivät vaikuttaneet perille saapuneiden määrään, mutta kylläkin huomattavasti uintikykyyn.

— Uppopuita voidaan näppärästi kuljettaa nipuissa, joihin on pantu ns. »korkkipuita» lisäksi.

63. Suoja-aineiden käyttö

Kaikki edellä esitetyt menetelmät puun uimiskyvyn parantamisesta ja sitä tietä uittohäviön, varsinkin uppoamishäviön pienentämisestä ovat perustuneet puussa itsessään piileviin ominaisuuksiin. Sellaisista menetelmistä, joissa ei enää nojauduta varsinaisesti puun omiin ominaisuuksiin, vaan jonkin vieraan aineen vaikutukseen puuhun, on käytännöllistä merkitystä saanut vain puun vettymisen ehkäiseminen keinotekoisesti suojaamalla tai kyllästämällä.

Suoja- ja kyllästämisaineita on monenlaisia. Meille suomalaisille hyvin tuttuna pidettävää tervaa on myös käytetty tähän tarkoitukseen. Tervalla on kuitenkin se varjopuoli, että se kangistuu kylmetessään, joten sen siveleminen puun pinnalle tuottaa hankaluuksia. Suoja-aineelta vaaditaan nimittäin seuraavanlaisia ominaisuuksia:

1. Vettä läpäisemätöntä.
2. Notkeata, joka helpottaa sivelemistä.
3. Ei altista lämpötilojen vaihteluille.
4. Halpaa.
5. Miellyttävää käsitellä.
6. Muodostaa kimmoisen peitteen puun päähän.

Näitä vaatimuksia seuraten on teollisuus ja yksityisetkin keksineet joukon erilaisia preparaatteja. S a x l u n d (1915) ilmoittaa käyttäneensä hyvällä menestyksellä metsät. kand. H e y e r d a h l i n keksimää sekoitusta, jonka valmistusohje on seuraava:

10 kg pikeä
1 l pellavaöljyä
0.4 kg vahaa

Ainekset keitetään liemeksi, jonka jälkeen siihen vielä lisätään:

3 l tärpättiä
1 l pellavaöljyä

Tällä aineella kokeili S a x l u n d ja tulokset näkyvät taulukosta 29.

Taulukko 29. Heyerdahlin keksimällä impregnoimisaineella käsiteltyjen tukkien uimiskyky.

Kaatotapa	Pantu veteen kpl	Tullut perille		Hävinnyt %
		kpl	%	
Kesällä kaadettu	207	141	68.12	31.88
Talvella kaadettu	166	131	78.91	21.09
» » impregn.	182	160	87.91	12.09

Impregnoidut puut ovat siis uineet paljon paremmin kuin muut puuryhmät.

Taulukosta voidaan muuten havaita se varsin yllättävä ilmiö, että kesäkaato on uinut huonommin kuin talvikaato. Tämä johtunee kuitenkin muista tekijöistä kuin kaatoajasta.

Lopuksi Saxlund (1915) ilmoittaa metsänhoitaja H. Haugin uittaneen lehtipuita ylläolevan menetelmän mukaan impregnoituina 2:kin %:n uittotappioin.

Lehtipuiden impregnoiminen onkin kiinnittänyt enemmän tutkijain huomiota kuin havupuiden niiden huonomman uimiskyvyn vuoksi.

Callin (1948) tekee selkoa impregnoimiskokeistaan seuraavaan tapaan:

Impregnoiminen voi kohottaa paljon rasiinkaadetunkin koivun uimiskykyä. Rasiinkaadetuista impregnoiduista 1 m pitkistä koivupölkyistä oli uponnut vain 4 %, kun muuten samanlaisista mutta kyllästämisaineella käsittelemättömistä pölkyistä upposi 40 %.

Tavalliseen tapaan kaadetuista kuorellisista impregnoiduista pölkyistä upposi 45 %, kun taas kyllästämättömistä samanlaisista pölkyistä upposi 96 %. Ero on siis 2—10-kertainen.

Haavalla eivät erot ole niin suuria. Suhdeluvut ovat 7 : 16 ja 11 : 16 edellämainitunlaisissa tapauksissa impregnoimisen hyväksi.

Talvehtimisessakin osoittautui rasiinkaadettu, impregnoitu koivu ylivoimaiseksi muihin pölkkyryhmiin nähden. Impregnoinnin vaikutuksesta haavalle ei tässä suhteessa voida sanoa mitään, koska kaikki haapapölkyt talvehtivat hyvin.

Ylläolevassa kokeessa pölkyt oli otettu rungon alaosista, joten ne olivat suhteellisen oksattomia. Näiden pölkkyjen päät siveltiin sekoituksella, jossa oli 75 % koivutervaa, 20 % pikeä ja 5 % lampaantalia.

Jalava (1939) väittää, että vain sellaiset tervamaiset aineet, jotka muodostavat tiiviin, vettä läpäisemättömän kerroksen siveltyyn pintaan, ovat hyödyksi. Sitävastoin ohuet, joskin jonkinverran öljymäiset aineet, kuten Rustikol ja Xylamon, eivät estä tukkien vettymistä lainkaan. Samaan luokkaan voidaan lukea vielä bitumiemulsio.

Suositeltavina aineina Jalava (1938) pitää Fenno, Aino, Tuki ja Uipipa-nimisiä sekoituksia ja koivutervaa. Myös Buchenschutzmittel ja Avanarit ovat hyviä, vaikka niiden valmistajien tarkoituksena on käyttää niitä lahoamisen estämiseksi. Koivutervan käyttö olisi taloudellisesti edullisinta, mutta kun se on suhteellisen kankeata, ei sen siveleminen ole sellaisenaan vaivatonta. Jalava kehoittaa sekoittamaan esim. asetonia koivutervaan, jolloin se tulee notkeammaksi, mutta samalla kyllä tulenvaaralliseksi. Asfaltin petrooliliuosta voidaan myös käyttää impregnoimiseen.

Eri suoja-aineilla käsiteltyjen tukkien keskimääräiseksi kosteusprosentiksi käsittelemättömiin verrattuna Jalava (1938) sai allaolevassa asetelmassa olevat arvot.

Tukit olivat olleet vedessä kaikkiaan 110 vrk., josta avolautoissa 60 vrk. ja nipuissa 50 vrk. Nipuista otettiin vain veden alla olleet tukit.

	Tyvi	Keskiosa	Latva
Suoja-aineilla käsitellyt tukit	85 %	63 %	84 %
» käsittelemättömät tukit	109 »	89 »	102 »

On huomattava, että asetelman tyvi, keskiosa ja latva ei tarkoita rungon vastaavia osia vaan yksityisen tukin tyvipäätä, keskiosaa ja latvapäätä. Tukit ovat siis päistään huomattavasti kosteampia kuin keskeltä. On todennäköistä, että jos myös oksanjäljet olisi impregnoitu, olisi ero päiden ja keskiosan välillä vieläkin suurempi.

Pölkyn pituuden lyhetessä vettyminenkin kiihtyy. Kokeillessaan 0.5 m:n pituisilla pölkyillä, jotka oli pantu veteen 20. 6. ja punnittu 3 kertaa: 12. 7., 26. 7. ja 10. 8. huomattiin, että jo ensimmäisessä punnituksessa suoja-aineilla käsittelemättömät puut olivat uppoamisen rajalla. Tulokset ovat taulukossa 30.

Taulukko 30. Suoja-aineella käsiteltyjen ja käsittelemättömien 0.5 m pitkien pölkkyjen vettyminen.

	Paino			
	Alussa	3:n viikon uiton jälkeen	5:n viikon uiton jälkeen	7:n viikon uiton jälkeen
Suoja-aineella käsitellyt	100	113	116	121
Käsittelemättömät	100	138	—	—

Uppopuita esiintyi saman kokeen suoja-aineella käsitellyissä pölkyissä 3 viikon kuluttua 0 %, 5 viikon kuluttua 6.7 % ja 7 viikon kuluttua 16.7 %,

kun taas kaikki käsittelemättömät pölkyt 5 viikon uiton jälkeen olivat uponneet.

Suoja-aineen vaikutus pienillä ja isoilla pölkyillä näkyy taulukosta 7.

Jalava (1938) antaa suuren arvon oksan jälkien suojaamiselle vettymistä vastaan. 3 viikon uiton jälkeen on vettyminen sellaisissa 0.8 m pitkissä pölkyissä, joissa on 3—4 oksaa, suojattujen ja suojaamattomien välillä verrattavissa suhteeseen 117 : 136 (ks. taulukko 5.)

Myös Tuovinen (1949) on aikaisemmin useasti mainitun tutkimuksensa yhteydessä kokeillut impregnoinnin vaikutusta rampapuiden uintikykyyn. Hän käytti Tiosol- ja Pinquinol-nimisiä aineita.

»Kokeet suoritettiin siten, että n. viikkoa ennen veteen vieritystä, mikä tapahtui 14. 6., siveltiin 25 kpl mäntytukkeja molemmista päistään yhteen kertaan Tiosol-kyllästysaineella. Samoin siveltiin 25 mäntytukin molemmat päät yhteen kertaan Pinquinol-nimisellä aineella. Veteen vierityksen tapahduttua tukit saivat olla virtaavassa vedessä puomin sisällä 25. 6. saakka, siis 1½ viikkoa. Samanaikaisesti vieritettiin veteen 25 kpl kuorellisia, millään tavoin käsittelemättömiä mäntytukkeja, jotka olivat olleet kasoissa erittäin heikoissa kuivumisolosuhteissa. Kaikkien koelautassa olevien tukkien uimissyvyys mitattiin kahteen otteeseen 18. 6. ja 25. 6. Ensimmäisessä mittauksessa havaittiin, että Tiosolilla käsitellyistä tukeista oli uivia 24 ja vesirajassa olevia 1 kpl. Kaikki Pinquinolilla kyllästetyt tukit olivat uivia. Toisessa mittauksessa (25. 6.) havaittiin, että Tiosolilla käsitellyistä puista oli uivia 21 ja vesirajassa olevia 4 kpl. Pinquinolilla käsitellyt puut olivat vielä nytkin uivia.

Vertailuperusteena olevat käsittelemättömät mäntytukit olivat kaikki yhtä lukuunottamatta joko rampoja tai uponneita jo ensimmäisessä mittauksessa.

Tuovisen suorittama kokeilu viittaa siihen, että kyllästysaineita käyttämällä maalle nostettujen rampatukkien uimiskykyä voidaan parantaa. Kokeiden pienuus ja lyhytaikaisuus sekä vertailuaineiston puutteellisuus tekevät kuitenkin mahdottomaksi tehdä pitemmälle meneviä johtopäätöksiä kyllästämisaineiden tehokkuudesta.

Näyttää siis siltä kuin

— Uittopuiden suojaamisella, jolla tässä yhteydessä tarkoitetaan puun päitten sivelemistä jollakin vettä läpäisemättömällä aineella, olisi hyvin edullinen vaikutus kaikkienkin puulajien uimiskykyyn, mutta erikoisesti koivun uittokelpoisuuteen.

— Suojaamiseen riittää usein vain päiden varustaminen vettä läpäisemättömällä kerroksella, mutta myös oksan kohtien suojaamisella on hyvin suuri merkitys.

— Nykyisistä suoja- ja kyllästämisaineista on pidettävä parhaina Pinquinol-nimistä tehdasvalmistetta sekä koivutervaa jollakin sitä notkistavalla aineella sekoitettuna.

64. Lainsäädännölliset toimenpiteet

Yksi keino uittohäviön pienentämiseksi olisi nykyisestään muutettu lainsäädäntö. Sellaiset uittohäviöön varsin oleellisesti vaikuttavat seikat kuin varkaudet ja uppopuiden omistusoikeudesta nykyisin esiintyvät ristiriidat saataisiin siten vähentymään.

Varkauksista kirjoittaa J ä r v e l ä (1948) mm. seuraavaa:

»Huomattava osa (uitosta) karanneista puista on siten (työvoiman ja välineiden puutteen vuoksi) ennen keräystä ennättänyt upota tai joutua v a r k a i d e n s a a l i i k s i.»

»Varastetut puut muodostavatkin uittohukassa ehkä suuremman osan kuin yleensä luullaankaan. Eikä uittotavaran varastaminen kohdistu yksinomaan alle vuoden uponneina olleisiin puihin, joita uppopuiden noston yhteydessä kyllä eniten varastetaan, vaan varastetaan paljon myös uittajan toimesta jo maalle nostettuja, vieläpä vedessä oleviakin puita. Varsin monessa ilmi tulleessa varkaustapauksessa on nimittäin todettu, että varastetuista puista on huomattava osa ollut suorastaan uitettavasta sumasta otettuja. Senvuoksi olisikin jo aika saada vesilainsäädäntöömme selvät määräykset siitä, ettei uponnutkaan puu ole yhteistä hyvää, josta jokaisella on oikeus ottaa haluamansa osuus. Silloin myös uittovarkaudet saataisiin vähenemään, kun uppopuiden noston valvonta helpottuisi.»

Myös T u o v i n e n (1949) viittaa varkauksiin kirjoittaessaan:

»Kemijoen uittoyhdistys ei ole kuitenkaan tahtonut ryhtyä myymään rampapuita paikkakunnan väestölle, sillä osittainenkin myynti tekisi mahdottomaksi puutavaran varkauksien riittävän tehokkaan valvonnan.»

K o s k i n e n (1948) selittää, että nykyisen lain 23. 7. 1902 ja asetuksen 28. 10. 1915 mukaan jokaisella, jolle siitä on haittaa, tai veden omistajalla on oikeus viedä uponnut tai uppoamaisillaan oleva puu rannalle, ja jää se hänelle, jos ei sitä kolmen kuukauden kuluttua paikkakunnalla olevalle uittomiehelle tapahtuneen ilmoituksen jälkeen viedä pois tai ainakin makseta kuluja. Lisäksi nykyinen laki edellyttää, että jos uppopuu on vähintäin vuoden ollut vesistön pohjassa, katsotaan se hylätyksi.

K o s k i n e n selostaa äskenmainitussa kirjoituksessaan kahden oikeusoppineen kantaa uppopuukysymyksessä. Professori S e r l a c h i u s on selittänyt lain kohdan siten, että omistusoikeus voi toteutua vain uppopuun nostamisella, joka on taas sidottu vesistön omistajan oikeuteen ja V. O. L. I: 23 §:n ilmaisemaan oikeuteen käyttää laajennettua yleisoikeutta. Päinvastaista kantaa edustaa professori M o r i n g, jonka selityksen mukaan vuoden vanhoja uppopuita saa nostaa kuka tahansa.

M o r i n g i n kantaa tukee senaatin v. 1913 myöntämä oikeus, että ulkopuolinenkin on oikeutettu uppopuita nostamaan. Tämä periaate uusiutui v. 1915 ja v. 1947 Korkeimman Oikeuden päätöksessä.

Varsin merkittävänä piirteenä nykyiselle lailleen pitää edelleen Koskinen sitä, että nykyisin on uittajan näytettävä toteen, että uppopuu ei ole vuoden vanha, saadakseen puuhun omistusoikeuden. Tämähän, kuten tunnettua, on usein hyvin vaikeata, ellei suorastaan mahdotontakin, näyttää toteen, sillä yleensä uittovuosi- ym. merkit ovat puun päässä ja nämähän on helppo sahata pois puuta vähän lyhentämällä. Lainkohtaa tulisi tässä kohden muuttaa ainakin sikäli, että uppopuun nostajan on vaadittaessa kyettävä näyttämään toteen, että puu on yli vuoden ollut uppopuuna.

Viime aikoina on oikeusoppineidenkin piirissä päässyt vallalle uittajalle edullisempi kanta. Onpa asetettu mm. komiteakin suunnittelemaan V. O. L:n tarkistuksia. Mietinnössään on komitea mm. poistanut käsitteen »hyljätty puu». Edelleen on komitea sitä mieltä, että uppopuut olisi rinnastettava löytötavaraan. Nykyinen löytötavaralaki sulkee kuitenkin uppopuut pois piiristään. Lisäksi komitea on ehdottanut uittajalle ankarampia velvollisuuksia väylän kunnossapitämiseksi.

Koskinen (1948) kehoittaa nykyisenkin lain puitteissa kiinnittämään suurempaa huomiota uittajalla olevaan oikeuteen pakkolunastaa vesistöstä tai vesistön varrelta sopivia maa- ja vesialueita varastopaikoiksi, sillä niihinhän ei ulkopuolisilla uppopuiden nostajilla ole asiaa, koska uittoyhdistys itse omistaa alueen.

Edelläesitettyyn suuntaan tähtää Suomen Uittajainyhdistyksen ja Suomen Puunjalostusteollisuuden Keskusliiton ehdottama lainmuutoskin, jonka nämä esittävät kirjelmässään Kulkulaitosten ja yleisten töiden ministeriölle 4. 5. 1948. Muutosehdotuksen mukaan esim. lain 17 § tulisi kuulumaan:

»Jos uitettu puu on rannalle tai rantaan jääneenä ulkona lautasta tahi ympäryspuomista vuotta kauemmin, olkoon rannan omistaja tai vuokraaja oikeutettu ottamaan sen omakseen, ellei puun omistaja kolmen kuukauden kuluessa, sittenkun siitä on paikkakunnalla olevalle uiton päällysmiehelle taikka puun omistajalle todisteellisesti ilmoitettu, maksa talteenotto- ja ilmoituskuluja ja ota puuta haltuunsa.

Uponneen tai uppoamaisillaan olevan puun, jota ei viipymättä oteta pois, saakoon veden omistaja tai muu, joka siitä kärsii haittaa, todistajain läsnäollessa viedä lähellä olevalle rannalle. Näin talteenotettujen puiden suhteen on meneteltävä niinkuin 1 momentissa on säädetty.

Jollei puun omistajasta ole tietoa, ilmoitettakoon talteenotosta paikkakunnan nimismiehelle, jonka on ilmoitettava talteenotosta yleisellä kuulutuksella. Muuten on tässäkin tapauksessa soveltuvin osin noudatettava 1 ja 2 momentin määräyksiä. Kuulutuskustannukset maksetaan yleisistä varoista.

Tämän pykälän säännöksiä ei kuitenkaan ole sovellettava sellaisissa tapauksissa, jolloin puut säilytetään lauttaussäännöissä määrätyillä, varastoimista varten varatuilla vesialueilla tai erottelu- tai niputuspaikoilla

taikka teollisuuslaitosten varastoalueilla. Tällaisen teollisuuslaitoksen varastoalueen perustamiseen ja sijoittamiseen on, mikäli sitä ei ole lauttaussäännössä määrätty, hankittava asianomaisen lääninhallituksen lupa.»

18 §:n sanamuoto olisi muutosehdotuksen mukaan seuraava:

»Jos uitosta on jäänyt veteen uponneita tai uppoamaisillaan olevia puita tai muita aineksia, joista on haittaa veden vapaalle juoksulle, vesistön käyttämiselle muuhun tarkoitukseen tai kalastukselle, on sen viranomaisen, jonka tulee pitää vaaria vesistöistä, omasta aloitteestaan tai saatuaan siitä luotettavan ilmoituksen tiedoitettava asiasta lääninhallitukselle, joka voi velvoittaa uittoyhdistyksen määrätyssä ajassa puhdistamaan vesistö ylempänä mainituista puista tai aineksista uhalla, että se tehdään yhdistyksen kustannuksella. Jollei uittoyhdistys toimi vesistöissä, suoritettakoon puhdistaminen yleisillä varoilla, ja vaatikoon lääninhallitus alioikeudessa nostettujen puiden omistajien velvoittamista korvaamaan ne valtion kustannukset, joita ei saada peitetyiksi, nostettujen puiden myynnistä saatavilla tuloilla.»

Ehdotus ei kuitenkaan tähän mennessä ole johtanut mihinkään tulokseen. Alunperin lienee ollut tarkoituksena saada nämä muutosehdotukset hyväksytyksi V. O. L:a muiltakin osiltaan tarkistettaessa, mutta hallitus peruutti koko muutosehdotuksen, joka jo oli ollut eduskunnan käsiteltävänä, siitä syystä, että niiden lainkohtain, joista pääasiassa tällä kertaa oli kysymys, muuttaminen olisi edellyttänyt niiden käsittelyä perustuslain säätämisestä voimassa olevassa järjestyksessä. Näin olisi asian käsittely viivästynyt ja mutkistunut, joten muutosehdotus jäi epämääräisessä tulevaisuudessa uudelleen esille otettavaksi.

— Ylläolevasta lienee käynyt selville, että nykyiseen vesioikeuslakiin kaivattaisiin enemmän uittajien oikeuksia turvaavia muutoksia, erikoisesti uppopuiden talteenottoa ja omistusta käsittelevissä kohdissa.

— Nykyisenkään lain puitteissa uittajat eivät ole käyttäneet kuitenkaan kaikkia mahdollisuuksia oikeuksiensa turvaamiseksi. Tärkein tällainen mahdollisuus on vesistön varrelta tai vesistöstä pakkolunastettavat varastoalueet.

7. Selvitystä kaipaavia uittohäviökysymyksiä

Tutkimuksien tarkastelu osoittaa, että vaikka uittohäviöön vaikuttavia tekijöitä selvittäviä tutkimuksia onkin runsaasti, monet kysymykset kuitenkin vielä odottavat ratkaisuaan tai ovat vielä kokonaan käsittelemättä. Seuraavassa esitetäänkin luettelo sellaisista kysymyksistä, jotka välttämättä olisi otettava vielä tutkimuksien kohteiksi.

Selvitystä kaivattaisiin sään, puun iän, kasvupaikan ja puun aseman metsikössä vaikutuksesta puun uimiskykyyn. Samaten ei voitane katsoa täydellisesti selvitetyiksi seuraavia tekijöitä:

1. Kuiva-ainepainon ja vettymisen suhde.
2. Oksaisen puun kuorimisen tarpeellisuus uittonäkökohtien kannalta.
3. Läpimitan ja pituuden vaikutus puun veden imemiskykyyn.
4. Kuoren vaikutus puun vettymistä ehkäisevänä tekijänä.
5. Kuoren vaikutus havaittuun veden pinnan yläpuolella olevan puun osan kuivumiseen.
6. Kuorellisen ja kuoritun koivun uimiskyky.
7. Rasiinkaadetun koivun kuivumisnopeus eli minimiaika, jona rasiinkaadettu koivu voidaan katsoa kuivuneen riittävästi.
8. Rasiinkaadetun ja rasissa kuivuneen koivun vesipitoisuus-%:n vaihtelut.
9. Kaatoajan ja -tavan vaikutukset vahinkojen, sinistymisen, varastolahon ym. syntymiseen.
10. Laikkukuorinnan lopullinen kelpoisuus.
11. Havupuiden kuivuminen rasissa.

Epävarmoina tai siis sellaisina seikkoina, joita on kyllä tähän mennessä tutkittu, mutta eri tutkijain esittämien tulosten ristiriitaisuuden vuoksi ei voida pitää läheskään täysin selvitettyinä, voidaan esittää seuraavat kohdat:

1. Sydänpuun vaikutus eri muodoissaan. Erikoisesti on mainittava pienin uitossa tarpeellinen sydänpuu-%, sydänpuun vaikutuksen muuttuminen silloin, kun puu on täysin kuivunut, sydänpuun sekä puun iän, tilavuuspainon, kesäpuumäärän, puusyiden tiheyden yms. suhde, sydänpuu-%:n vaikutus rampapuiden uimiskykyyn ja puun koon, läpimitan ja pituuden sekä sydänpuun suhde.

2. Kaatoajan vaikutus uimiskykyyn ottamalla täydellisesti huomioon laatunäkökohdat ja hakkuu- sekä vedätyskustannukset. Kukaan aikaisemmin mainituista tutkijoista ei nimittäin ole tullut kiinnittäneeksi huomiota esim. sellaiseen seikkaan, että jos tukit kaadetaan syyskesällä sulan maan aikana ja kerätään useinkin suhteellisen mataliin kasoihin, on ajomiehen niitä hyvin vaikea syvän lumen aikana löytää ja kaivaa ne lumen alta esiin.

3. Puun oksaisuuden lopullinen vaikutus.

4. Puun paksuuden ja pituuden vaikutus sen kuivumiseen ja vettymiseen.

5. Virtaavan ja tyynen veden vaikutus puiden uimiskykyyn.

6. Uponneina olleiden puiden uimiskyky.

7. Suoja-aineiden käyttö. Erikoisesti parhaat suoja-aineet ja pienin tarpeellinen suoja-aineella käsiteltävä pinta puussa.

8. Veden lämpötilan vaikutus puiden uimiskykyyn.

9. Uittohäviön vuotuinen suuruus.

Kirjallisuusluettelo

AFF = Acta forestalia Fennica.
SST = Svenska skogsvårdsföreningens tidskrift.
NST = Norrlands skogsvårdsförbunds tidskrift.
MTA = Metsätaloudellinen Aikakauslehti.

Andersson, Ernst 1914. Årstidens inverkan på flottgodsets flytförmåga. — SST H. 12. ss. 739—795.

—»— 1914. Om lämpligaste årstiden för avverkningens utförande. — SST ss. 795—798.

Björkman, Erik 1946 a. Om lagringsröta i massavedgårdar och dess förebyggande. — Medd. f. statens skogsforskningsinstitut B. 35. 1.

—»— 1946 b. Om uppkomsten av stockblånad och lagringsröta i furusågtimmer i samband med flottning. — Med. från statens skogsforskningsinstitut 35. 5. s. 56.

Boberg, S. — Juhlin — Dannfelt, M. 1926. Viktundersökningar å flottgods. — SST s. 262.

Callin, Georg 1945. Syrfällning och randbarkning av björkkolved. — NST ss. 135—152.

—»— 1948. Om flottning av björk och asp. — NST ss. 321—379.

Ekman, Wilh. 1907. Om viktförändringen hos torkande virke. — SST ss. 126—140.

—»— 1908. Är barkning av flottningsvirke nödvändigt? — SST ss. 352—360.

—»— 1922. Handbok i skogsteknologi. Stockholm, ss. 81—104.

Enander, M. 1940. Vedens torkning. — Skogen s. 182.

Eneroth, O. 1922. Vedens tyngd, vattenhalt, krympning och svällning, torkning och vattenupptagning. — Handbok i skogsteknologi. Stockholm, ss. 72—109.

Frey, L. 1914. Bottensjunket virke, dess upplyftning och försäljning. — Flottningstidskrift s. 272.

Förster, G. R. 1882. Studien aus dem Salzkammergute. — Centralblatt für das gesammte Forstwesen s. 233, 337 ja 382—397.

Geete, E. 1951. Sjunkvirke. — Skogen nr. 8.

Haug, Hans 1915. Løvtømmerfløtning. — Flottningstidskrift s. 402.

Hedman, I. A. 1923. Om avlassning av flottgods med tanke på dess intumning och höjande av dess flytförmåga. — Skogsvännen ss. 77—89.

Heijkorn, Gösta 1921. Möjligheten att upptaga sjunkvirke från större djup. — Flottningstidskrift s. 1040.

Heikinheimo, Olli 1915. Einige Beobachtungen über die Aufarbeitung und Verwahrung des Brennholzes. — AFF 4.

Heiskanen, Veijo. Halkojen kuivuminen ja varastoiminen. — Käsikirjoitus.

Helander, B. 1918. Metsänkäyttöoppi. Porvoo 1918.

—»— 1933. Kuusen ja männyn vesisolujen pituusvaihtelut. — Puutekn. tutkim. kannatusyhd. julk. n:o 14.

Hjelm, E. O. 1912. Flottning av björk i Sverige. — Flottningstidskrift. s. 105.
Jalava, M. 1932. Puun kosteuspitoisuuden, koon ja muodon muutoksista. — Metsät. tutkimusl. julk. 18. 2.
—»— 1938. Vanerikoivujen kaato ja uitto. — Puutekn. tutkim. kannatusyhd. julk. 28.
—»— 1940. Rasiin kaadettujen havupuiden kuivuminen. — Puutekn. tutkimusl. moniste.
Järvelä, Y. 1948. — Uittohäviö ja sen pienentämismahdollisuudet. — MTA ss. 183—186.
—»— 1950. Puutavaran uitto. — Metsäteknologia. Oppi- ja käsikirja. Helsinki.
Keltikangas, W. 1939. Uittotilastoa v:lta 1938. — Suomen Uittajainyhd. vuosik. 1939.
Kinnman, Gunno 1923. Bestämning av vedens volymvikt. — SST s. 139.
Koehler, Arthur 1924. The properties and uses of wood. — New-York — London.
Kohh, E. 1934. Raiumisaja ja halu möötude möjust kase-küttepuule. — Tartu Ülik. Metsaos. toim. no 25.
—»— 1935. Uurimus aasta keskel ramtud kaseküttepuidust. — Eesti Metsanduse Aastaraamat VII ss. 302—314.
Koskinen, O. T. 1948. Uittajan omistusoikeudellisesta asemasta uppopuukysymyksessä. — Suomen Uittajainyhd. vuosik. ss. 38—52.
Klem, Gustav 1943. Tørke- og lagringsforsøk med brennved. — Medd. f. d. Norske Skogfr. no 30 B VIII 4. 4. ss. 474—516.
Lagerberg, T. — Lundberg, G. — Melin, E. 1927. Biological and practical researches into blueing in pine and spruce. — SST ss. 145—272, 561—691.
Lahti, Lauri 1938. Hukkupuiden talteenotto nippuja purettaessa. — Suomen Uittajainyhd. vuosik. ss. 137—143.
Lassila, I. 1931 a. Puun uppoamista tutkimaan. — Tapio ss. 237—240.
—»— 1931 b. Puun uppoamisesta ja sen tutkimisesta. — MTA ss. 151—156.
Ljungqvist, I. 1915. Barkning av massaved. — Skogen nr. 2. ss. 33—42.
Lundberg, G. 1927. Om torkning av virke och den Fribergska högvakuumtorkugnen. — Skogen ss. 81—84.
Luostarinen, O. V. 1946. Tukkisinen, varastolahon ym. vaurioiden syntymisestä sahatukkeihin uiton aikana ja ennen uittoa. — Suomen Paperi- ja Puutavaralehti ss. 384—386.
Löf, A. 1907. Om sjunkvirke vid flottning. — SST ss. 381—388.
—»— 1914. Om flottning av gallringsvirke. — SST ss. 439—454.
Nordquist, M. 1918. Om reshöjden å upplagd kolved. — NST ss. 219—230.
Nylinder, Per 1950. Studier över barr-rundvirkets torkning och vattenupptagning — Medd. från statens skogsforskningsinstitut. Serien uppsatser nr. 15. — NST ss. 165—230.
Näslund, O. J. 1916. Sjunktimmer i Gunån 1906—1915. — Flottningstidskrift s. 453.
Oksala, A. 1931. Erikoisuitto ja yhteisuitto. — Puutekn. tutkim. kannatusyhd. yleistajuinen julk.
Orring, Bertil 1948. Besök vid Ortvikens sulfitfabrik den 6 september. — NST ss. 461—473.
Pettersson, H. 1930. Redogörelse från kommittén för flytbarhetsundersökningar. — SST ss. 496—519.

Pöntynen, V. 1945. Uittotilastoa vuosilta 1941—44. — Suomen Uittajainyhd. vuosik. 1941—44.
—»— 1946—51. Uittotilastoa vuosilta 1945—50. Tilastollisen Päätoimiston tilastokatsauksia 1946 5—6, 1947 5—6, 1948 5—6, 1949 7—8, 1950 9—10, 1951 9—10.
Rausch, J. 1878. Holztrift im Mühlkreise. Oberösterreich. — Centralblatt für das gesammte Forstwesen s. 136.
Rozens, A. 1935. Mizošanos un skaldišanas iettkeme us bérsa malkas žušanu un bojašanos no puves. — Latvijas Mežu petižanos Slacijas Raksti IV.
Saari, Eino 1931. Uittotilastoa vuosilta 1928—1929. — Puutekn. tutkim. kannatusyhd. julk. no 1.
—»— 1934. Uittotilastoa vuosilta 1930—33. — Suomen Uittajainyhd. vuosik. 1934.
—»— 1934—37. Uittotilastot vuosilta 1934—37. — Puutekn. tutkim. kannatusyhd. julk. n:ot 20, 25, 27 ja 30.
Sandström. 1915. Är randbarkning af pappersvirke önskvärd ur flottningssynpunkt? — Flottningstidskrift ss. 371—373.
Saxlund, M. 1915. Fremgangsmaate til at forhindre synkning av tømmer under fløtning. — Flottningstidskrift s. 380.
Seppänen, O. 1946. Tutkimuksia uppopuiden nostosta. — Suomen Uittajainyhd. vuosik. s. 103.
—»— 1945. Uppopuiden nosto-opas. Erip. MTA n:o 6—7.
—»— 1949. Vesiteitse kuljetus. Puutavarakaupan käsikirja. Helsinki.
Suomen Uittajainyhdistyksen ja Suomen Puunjalostusteollisuuden Keskusliitto 1948. Kirjelmä uppopuukysymyksestä Kulkulaitosten ja yleisten töiden ministeriölle 4. 5. 1948. — Suomen Uittajainyhd. vuosik. ss. 121—124 ja 149—150.
Tuovinen, A. 1949. Tutkimus maalla kuivamassa olleiden rampapuiden uitosta Kemijoella. — Metsätehon julk. n:o 20.
—»— 1951. Puutavaran uppoamisesta. — Paperi ja Puu A. 6—7 ss. 138—141.
Uittoa ja Uittotilastoa. — MTA 1931, ss. 160—163.
Ullén, G. 1929. Några försök angående rundvirkets torkning och vattenupptagning. — NST ss. 139—166 ja 266—318.
Vuoristo, I. 1938. Uittohankaluustutkimuksia. — Metsätiet. tutkimusl. julk. 25. 3.
Vöry, J. 1941. Uittotilastoa vuosilta 1939—40. — Suomen Uittajainyhd. vuosik. 1939—40.
Welander, A. 1916. Om specifika vikten för rå ved och bark hos tall och gran. — Skogen ss. 19—25.
Werberg, K. 1929. Lüli- ja maltspuu suhe männil. Tartu 1930.
Wetterhall, B. 1926. Ett enkelt, billigt och effektivt sätt att upptaga sjunket timmer i timmermagasin. — Skogen ss. 197—202.
Wiik, W. 1921. Lyftning av sjunkvirke. — Flottningstidskrift ss. 1013—1014.
Zoeppritz, A. 1884. Waldungen und Holzgewinnung in Nordschweden. Davos.
Öfverholm, A. F. 1923. Om virkets flytbarhet. Utredningar om flytbarhetens beroende av fällningstid, kapningstid, barkning och läggning. — SST ss. 65—82.

Liite.

Tärkeimpien selostettujen tutkimusten aineistojen suuruudet

B o b e r g - J u h l i n - D a n n f e l t 1926. Viktundersökningar å flottgods. — Tutkitut mäntytukit jakaantuivat allaolevan taulukon mukaan:

Taulukko A. Boberg - Juhlin - Dannfeltin k o e r u n k o j e n lukumäärä ja muutamia ominaisuuksia.

Puuluokka	Uiva tavara			Upotettu tavara			Yht.
	Puolipuhd.	Aisatt.	Kuorell.	Puolipuhd.	Aisatt.	Kuorell.	
	Puiden lukumäärä						
Vallitsevat puut ...	3	3	3	3	3	3	18
Myötävallitsevat p. .	3	3	3	3	3	3	18
Vallitut	3	3	3	3	3	3	18
Yhteensä	9	9	9	9	9	9	54

Kaikista puista merkittiin muistiin rinnankorkeusläpimitta, pituus, ikä ja muotoluokka. Puut katkottiin yksinomaan 16′ tukeiksi pituuden vaihtelun vaikutuksen poistamiseksi.

Taulukko B. Boberg - Juhlin - Dannfeltin tutkimien k o e t u k k i e n läpimittajakaantuminen.

Latvaläpimitta engl. ″	3½	5	6	7	8	9	10	11	Yhteensä
Tukkeja kpl	37	21	23	16	11	5	6	2	121

C a l l i n 1948. Om flottning av björk och asp.

Tutkimus on suoritettu vuosina 1945—1947 ja aloitettiin 1. 3. 1945. Tästä päivästä alkaen kaadettiin suurin piirtein 2 kertaa kuukaudessa aina kesäkuun puoliväliin saakka joukko koivuja ja haapoja, joista osa kuorittiin, osa aisattiin ja osa jätettiin kuorimatta. Noin kerran kuukaudessa kaadettiin sitäpaitsi muutamia koivuja ja haapoja rasiin aina syksyyn saakka. Hakkuun yhteydessä katkottiin puut eri pituisiksi ja otettiin 2—3″ latvaläpimittaan asti.

Veteen vieritysaika ja puiden lukumäärät selviävät allaolevista asetelmista:

Veteen veritys 7. 5. -45 (hakattu 1. 3.—5. 4. -45)

kuorittuja	koivutukkeja	5 kpl
aisattuja	»	23 »
kuorellisia	»	11 »
kuorittuja	haapatukkeja	22 »
aisattuja	»	26 »
kuorellisia	»	14 »

Veteen veritys 27. 5. -45 (hakattu 1. 3.—4. 5. -45)

kuorittuja	koivutukkeja	14 kpl
aisattuja	»	32 »
kuorellisia	»	10 »
kuorittuja	haapatukkeja	29 »
aisattuja	»	39 »
kuorellisia	»	17 »

Veteen veritys 27. 6. -45 (hakattu ks. ed.)

kuorittuja	koivutukkeja	5 kpl
aisattuja	»	33 »
kuorellisia	»	13 »
kuorittuja	haapatukkeja	29 »
aisattuja	»	38 »
kuorellisia	»	16 »

Veteen veritys 17. 5. -46 (hakattu 1. 3.—4. 5. -45)

kuorittuja	koivutukkeja	16 kpl
aisattuja	»	35 »
kuorellisia	»	12 »
kuorittuja	haapatukkeja	25 »
aisattuja	»	42 »
kuorellisia	»	12 »

Veteen veritys 2. 5. -46

kuorittuja	koivutukkeja	18 kpl	hakattu 25. 5. -45
»	haapa »	55 »	» 12. 6. -45

Veteen veritys 22. 5. -46

rasiin kaadettu	koivu	33 kpl	hakattu tammikuussa -46
aisattu	»	22 »	kaadettu 23. 5.—14. 7. -45
kuorellinen	»	34 »	» 7. 1.— 2. 4. -46
rasiin kaadettu	haapa	46 »	hakattu tammikuussa -46
aisattu	»	37 »	kaadettu 23. 5.—14. 7. -45
kuorittu	»	4 »	» 7. 1. -46

Veteen vieritys 2. 7. -46

rasiin kaadettu	koivu	63 kpl	hakattu tammikuussa -46
aisattu	»	24 »	kaadettu 16. 6. -45
kuorellinen	»	37 »	» 7. 1. ja 2. 4. -46
rasiin kaadettu	haapa	47 »	hakattu tammikuussa -46
aisattu	»	36 »	kaadettu 16. 6. -45
kuorellinen	»	4 »	» 7. 1. -46

Veteen vieritys 8. 8. -46

rasiin kaadettu	koivu	42 kpl	hakattu tammikuussa -46
aisattu	»	34 »	kaadettu 16. 6. ja 14. 7. -45
kuorellinen	»	34 »	» 7. 1. ja 2. 4. -46
rasiin kaadettu	haapa	52 »	hakattu tammikuussa -46
aisattu	»	28 »	kaadettu 16. 6. -45
kuorellinen	»	5 »	» 7. 1. -46

Veteen vieritys 11. 6. -46

rasiin kaadettu	impregnoitu	1 m	pit.	koivu	25 kpl
rasiin »	ei »	»	»	»	25 »
kuorellinen	impregnoitu	»	»	»	24 »
»	ei »	»	»	»	24 »
rasiin kaadettu	impregnoitu	»	»	haapa	13 »
» »	ei »	»	»	»	12 »
kuorellinen	impregnoitu	»	»	»	25 »
»	ei »	»	»	»	25 »

J a l a v a 1932. Puun kosteuspitoisuuden, koon ja muodon muutoksista. Aineisto käsitti yksinomaan mäntykoepuita Ruotsinkylän (Ru), Veikkolan (Ve), Vilppulan (Vi) ja Kivalon (Ki) kokeilualueista 85 kpl seuraavilta metsätyypeiltä:

	Ru	Ve	Vi	Ki	Yht.
VT	5	5	—	10	20
MT	5	5	—	10	20
Räme	—	5	5	5	15
CT	—	5	5	—	10
OMT	—	5	5	—	10
ClT	—	—	—	5	5
HMT	—	—	—	5	5

Yhteensä 85 kpl

J a l a v a 1940. Rasiin kaadettujen havupuiden kuivuminen. Koealueita oli 2, kumpikin Virroilla. Koealue I oli kuusi-mänty-koivu-sekametsää, jossa puut olivat nopeakasvuisia, 40—50 v:n ikäisiä. Koealue II oli kallioperäinen saari, jossa kasvoi harvahkoa verraten kituvaa, hidas-

kasvuista 60—70-vuotista mänty-kuusi-sekametsää. Aivan huonot puut jätettiin kokeen ulkopuolelle.

Ensimmäinen kaato suoritettiin 10. 7., jonka jälkeen joka 10. päivä kaadettiin määrätty määrä kuusia ja mäntyjä, molempia yhtä paljon elokuun loppuun asti. Koepuita otettiin I koealueelta 76 kpl ja II koealueelta 72 kpl.

Löf 1907. Om sjunkvirke vid flottning. — Koe käsitti vain 29 tukkia.

Löf 1914. Om flottning av gallringsvirke. Kirjoittaja on itsekin sitä mieltä, etteivät hänen tutkimuksensa tulokset lopullisesti olisi päteviä, koska kokeet on suoritettu vapaa-aikoina, tutkimuksen suoritustavassa ehkä olisi toivomisen varaa ja tutkimukseen on kuulunut vain 80 talvella hakattua harvennuspuuta.

Nylinder 1950. Studier över barr-rundvirkets torkning och vattenupptagning.

Koepuut otettiin lievästi harvennetusta mäntymetsiköstä. Ikä 45 v. korkeus 18 m. Läpimitta kuoren päältä rinnankorkeudelta oli 5 koepuussa 11.2—19.6 cm.

Laboratoriokokeissa oli puulajina mänty.

Kenttäkokeissa, joiden tarkoituksena oli selvittää pyöreän puun kuivumista ja veden imemiskykyä, oli aineistona 17 mäntyä ja 7 kuusta. Puut kaadettiin huhtikuun lopulla 1947 ja katkottiin metrin mittaisiksi pölkyiksi, joista kuorittiin n. 1/3. Jokaisesta pölkystä mitattiin läpimitta kuoren päältä ja alta molemmista päistä. Samaten mitattiin sydänpuumäärä ja vuosilustojen lukumäärä. Lisäksi mitattiin kuoressa olevat »huolemat» ja oksanjäljet.

Pettersson 1930. Redogörelse från kommittén för flytbarhetsundersöknngar.

Mäntytavara oli otettu kolmelta kasvupaikalta: 50, 75 ja 105 vuotta vanhoista metsiköistä. Valinnassa koetettiin löytää sellaisia kasvupaikkoja, joilla oletettiin kasvavan suhteellisen raskasta ja hyötykasvuista puuta. Ainoastaan terveitä, laadultaan keskinkertaisia puita oli otettu mukaan.

Hakkuu oli suoritettu siten, että kaikista kolmesta metsiköstä oli kaadettu 7 puuta 20. 7. vaiheilla, jonka jälkeen 10 päivän väliajoin kaadettiin samaten aina 7 puuta aina lokakuun 10 p:ään asti. Jokaisesta kaadetusta 7 puun erästä oli 4 karsittu ja katkottu heti ja 3 jätetty rasiin.

Ullén 1929. Några försök angående rundvirkets torkning och vattenupptagning. — Aineisto kokeiluihin oli hankittu eri paikoista ja käsitti kaiken kaikkiaan n. 250 koekappaletta. Jakaantuminen puulajeihin ym. käy selville tutkimustulosten käsittelyn yhteydessä.

Öfverholm 1923. Om virkets flytbarhet. Tutkimusaineisto käsitti kaiken kaikkiaan 2 000 tukkia ja 14 000 pinotavarapölkkyä. Koko aineisto oli jaettu 231 eri koe-erään.

Factors Influencing Loss During Floating

Summary

The amount of timber lost in floating forms such an important cost factor in floating operations that its reduction is one of the most important ways to improve floating work. However, the magnitude of floating loss is not known, and to date no coherent investigation of it has been accomplished in Finland. Since, however, the factors influencing floating loss have been rather abundantly investigated in many countries, the present publication is a collection of the results of various investigators concerning factors influencing floating loss and the ways for combating them.

The Influence of Wood and its Properties in the Origin of Floating Loss

Moisture conditions in the growing tree

(p. 9)

In conifers the heartwood is considerably drier than the sapwood, whereas in deciduous trees, especially the birch, the situation may even be the opposite.

The water content of the growing tree increases both in conifers and in deciduous trees in an upward direction.

The moisture of the site affects the moisture content of the growing tree in conifers very strongly. In birch no effect has been noticed.

The influence of air humidity is likewise considerable in all types of trees. Information concerning seasonal influence in the moisture content of the tree is still to a certain extent contradictory, but it is probable that the moisture of the growing tree is somewhat higher during its real period of growth, May—June—July, than at other times.

The age of the tree affects the tree's water content to the extent that a tree grown on a good site will have more moisture at an earlier age than a tree grown in the shade and on poor ground.

Drying and Waterlogging of Wood

(p. 13)

The following factors hasten the drying of the tree:

1. Removal of the bark, either in whole or in part.
2. The knottiness.
3. A low quantity of summer wood, small diameter, the annual rings, and low dry substans weight, all together or each one separately.
4. Correct storing method.
5. Splits.
6. That the wood be free of rot and blue stain.
7. Favorable climatic conditions.

The absorption of water into wood is slower than the evaporation therefrom. The same circumstances which hasten drying also promote waterlogging, with the

exception of the diseases, rot and bluestain, which hasten the absorption of water and retard drying.

Wood's ability to absorb water depends upon its dry density.

Even when completely waterlogged the density of the tree does not rise above 1.56.

The Quantity of Heartwood, Sapwood and Summerwood
(p. 19)

The significance of the heartwood as a contributing factor in floating properties appears only in conifers and in aspen.

The weight and floating ability of logs depend considerably upon the amount of summerwood in the heartwood and sapwood.

The heartwood is relatively most abundant in the central portion of the trunk, whereas there is less in the base and top. For this reason a butt log sinks with the butt forward and a top log with the top forward.

The quantity of heartwood and the quality of the site are directly proportional.

The quantity of heartwood and the age of the tree are directly proportional, likewise the diameter of the tree and the relative quantity of heartwood.

The heartwood and the summerwood component of the sapwood are of greater significance in floating than the width of the annual rings.

The smallest quantity of heartwood in wood to be driven is probably 16 % of the cross-section area.

The moisture content of the heartwood in a growing or newly felled pine is 25—30 % of the wood's weight when dry.

In a completely dried wood the significance of the heartwood diminishes in one summer's floating.

As the percentage of summer wood increases the log ability to absorb water decreases.

The floating ability of deadheads depends surprisingly little upon the quantity of heartwood.

Knottiness
(p. 24)

It is certain that the cross-sectional size of branch stubs influences considerably the log's drying and waterlogging.

Especially in such logs as have not had time to dry completely before being rolled into the water, as may often be the case, the knottiness influences the floating ability decisively. It is also certain that a knotty tree has, to a certain extent, a heavier density.

Age and Size of the Tree
(p. 26)

The negative floating properties of timber increase with the increase in size, length and diameter of the tree, especially in inferior floatways. As the diameter increases the absorption of water into the tree lessens. However, no exact figures can be produced.

Also, as the log increases in length the absorption of water diminishes. This phenomenon is possibly more marked in birch than in aspen and conifers.

There is probably some sort of maximum to the influence of length, thus, that when the length increases to some determined figure — possibly 3—4 m. — the log's absorption of water decreases abruptly, but at this limit in the longer length classes the fluctuations in water absorption are insignificant.

Other Factors Influencing Floating Loss

Site of the Tree

(p. 34)

The influence of the growth site appears thus, that the moisture content of fast growing trees, grown on good site and in otherwise favorable conditions, is larger than that of other trees and they require special measures in order to remain on the surface for a long period of time.

The only noticeable difference in the properties of dominant and dominated trees is in the moisture content.

The moisture content of trees grown in low and generally damp places is higher than of those grown in dry places.

Time and Method of Felling

(p. 36)

With regard to the floating ability of the tree, felling should be carried out mostly in the summer or, better still, in the autumn. Such cutting presupposes, however, the barking of all, or at least of the fast growing timber.

Partly conflicting results have been produced in regard to the benefits of allowing the trees to lie for seasoning with tops intact, as far as concerns the drying of conifers. The most general tendency may be that conifers felled in such a manner do not dry sufficiently, but this method of felling hastens the drying of fast growing trees.

Felling the trees and allowing them to season with tops intact may be considered the only cutting method for deciduous trees, especially birch, which are intended for transportation by driving. Especially during long drives, trees dried by other methods sink, because their bark has been removed, at least to a certain extent, and this, especially in regard to the birch, hastens waterlogging very effectively.

Under favorable conditions birch dries satisfactorily in two weeks, when allowed to season with tops intact. Generally, however, a safety margin of two weeks more is taken, or in all four weeks. A tree lying this way for a longer time, for example eight weeks probably begins to absorb moisture again.

The final moisture content of birch cut and allowed to season with tops intact is about 40—50 %, assuming that the trees are healthy. In employing this method of felling special care must be taken that the tree nowhere receives new moisture through its base.

Healthy birch, carefully cut and allowed to season with tops intact will float at least more than a month without losses, and probably much longer.

Barking and Storing

(p. 44)

The old idea, that the bark holds the wood on the surface, is not true.

It is probable that to a certain extent the bark impedes, even in conifers, the penetration of water into the tree.

Slow growing trees cut thinning and top wood, which are rich in summer wood, should positively be barked before being rolled into the water.

The barking of knotty trees is not particularly necessary.

The barking of conifers achieves, besides better floating ability, the following benefits as well:

1. Barked timber is easier to skid up because it is branched better and is more slippery.
2. Jams do not form as easily during driving.

3. Sand in the bark does not dull the saw blades.

4. Better drying due to barking hinders the assaults of injurious fungi. Neither are there places for the development of harmful insects when the bark is removed.

Timber completely barked dries best, and next best is partly barked and worse that which is barked in strips. However, during a summer, both completely barked and partly barked timber will dry equally.

Unbarked timber must dry for a whole summer before it may be driven, provided that a log, due to the smallness of its heartwood, the width of its annual rings, etc., will not float at all when green.

Birch dries more slowly than conifers, and unbarked birch, felled by the usual method, never becomes fit for driving.

Unbarked birch seasoned with tops intact floats better than when barked or stripped.

Aspen has excellent floating properties when barked.

Careful storage work is of first-degree importance. All investigators emphasize especially the necessity of foundation timbers.

Piles of logs should never sink into the ice.

Water and Air Temperature

(p. 54)

In the light of present investigation nothing certain may be said about the influence of water temperature in the development of sinkers. It is probable that during the warmer summer weather, when the water is a bit warmer, the weight of floating timber diminishes somewhat. The idea that trees float better in cold than in warm water is thus, perhaps, only partly true.

Wood placed in frozen water absorbs water very quickly as it thaws. For this reason the leaving of wood in the ice for the winter should be avoided.

The part of the log above the water's surface loses weight during the warmer summer weather. The influence of the bark in this phenomenom is not clear from investigations.

Length of Floating Time and Season

(p. 57)

Assortments of timber which float poorly should be started on the drive early in the spring, with the object of an early completion of the drive.

Wood which has been carefully handled and has achieved moderate floating properties can stand one summer's floating with quite small losses.

Winter is the most dangerous time in drives of two or more years. When trees which have wintered in the ice are freed from it they sink rapidly.

Quality of Waterway and Strength of Current

(p. 58)

In broaks and floatways of small size and poor condition effort should be made to take advantage of the spring floods to the greatest extent possible, because then the height of the water and strength of the current are greatest.

It seems that the danger of sinking is smaller in fast than in quiet water. In fast water there is also the advantage that sinkers collect at definite places.

In order to lessen floating loss small floatways in bad condition should be improved, and in temporary floatway structures the perforation and splintering of trees should be avoided. In addition, temporary floatway structures should be made as effective and suitable to the purpose as possible.

Qualitative Floating Loss
Faults in Quality Appearing During Floating
(p. 60)

The formation of drying splits may be checked by avoiding all removal of bark and the partial or total drying of the timber during floating. By taking into consideration the floating ability of the wood also, spot barking is in this respect the best barking method.

In order to avoid log blue and storage rot felling should take place in the end of summer, after August.

For the same reason, birch especially should be started on the drive early in the spring and drying of the wood on land during the drive should be avoided.

Spot barking has proved to be the most favorable barking method for conifers, taking into consideration floating ability of the wood and quality loss. If the matter is considered only from the point of view of quality, unbarked driving timber is best.

From the point of view of quality loss, felling the timber and allowing it to season with tops intact is the best felling method.

Measures for Diminishing Floating Loss
Raising of Sinkers
(p. 65)

Accurate knowledge of the waterway and floating conditions may aid considerably in the finding of sinkers.

The most effective of the tools used so far in raising sinkers are log grappler, lifting tongs and pikes, each in the proper circumstances. However, none of these tools are so effective that raising sinkers actually pays.

Research carried out on sinkers shows that birch floats badly. Pine is the worst of the conifers and unbarked wood floats worst of all. In addition, the studies show how dangerous wintering is for driving timber.

Floating Properties of Sinkers
(p. 68)

The floating ability of wood raised from the bottom of the waterway is in any case very bad, in spite of drying. It seems, however that they will remain on the surface for some definite time, but after that time they begin to sink again in great numbers.

The floating properties of unbarked sinkers may be considerably improved by barking.

The diameter and quantity of heartwood in sinkers probably influences their floating ability.

Sinkers may be handily transported in bundles which include some »cork logs» in addition.

Use of Protective Material
(p. 71)

The protection of driving timber, which in this connection means coating the wood with some waterproof material, would have a very favorable effect on the floating ability of all tree species, but especially on that of birch.

Usually it is sufficient for protection just to place a waterproof layer on the log ends, but protection of the branch stubs is also of great significance.

Of present-day protection and impregnation materials the best are a manufactured product named P i n q u i n o l and birch tar mixed with a solvent.

Legal Measures

(p. 75)

The present-day law on water rights requires more changes protecting the rights of floaters, especially on points concerning the finding and ownership of sinkers.

However, floaters have not even made use of all the possibilities in the present law for the protection of their rights. The most important such possibility is that of expropriating storage areas on the banks of the waterways, or on the waterways themselves.

Unsolved Problems of Floating Loss

(p. 78)

More explanation is needed of the influence of weather, tree's age, site and tree's position in the forest on the floating ability of the logs. Likewise it may not be possible to consider the following factors completely explained:

1. The relation of weight of dry material and absorption of water.
2. The necessity of barking a knotty log from the point of view of floating.
3. The influence of diameter and length in the log's ability to absorb water.
4. Influence of the bark as a factor hindering waterlogging.
5. Influence of bark in the observed drying of the part of the log remaining above water.
6. The floating ability of unbarked and barked birch.
7. Drying speed of birch felled and allowed to season with top intact, or the minimum time in which such a birch can be considered to have dried sufficiently.
8. Fluctuations of water content in birch felled and dried with top intact.
9. Influence of time and method of felling in the causing of damage, blueing, storage rot, etc.
10. Ultimate effectiveness of spot barking.
11. Drying of conifers with tops intact.

The following points are doubtful or are matters which have been investigated, but which, due to the conflicting results produced by various investigators, may not be considered in the least explained:

1. Influence of heartwood in different forms. In particular should be mentioned the smallest percentage of heartwood necessary in floating, change in the influence of heartwood when the log is completely dried, the relationship of heartwood percentage and the age of tree, wolume-weight, quantity of summer wood, density of wood fibres, etc., the influence of the percentage of heartwood on the floating ability of sinkers and the relationship of the tree's size, diameter, length and heartwood.
2. Influence of felling time on floating ability, taking completely into consideration the aspect of quality and cutting and haulage costs. None of the earlier mentioned investigators has paid attention to, for example, the question that if the logs are felled in late summer when the ground is unfrozen and are collected in relatively low places it is very difficult for the haulers, when there is much snow, to find them and dig them out of the snow.
3. The ultimate influence of the tree's knottiness.
4. Influence of the log's diameter and length on its drying and waterlogging.
5. Influence of fast and still water on floating ability of timber.
6. Floating ability of logs which have sunk.
7. Use of protective material. Especially the best materials and the smallest surface of the tree to be treated with protective material.
8. Influence of water temperature on floating ability of logs.
9. Yearly amount of floating loss.