

DIE
WURZELFORSCHUNG IN
IHRER BEZIEHUNG ZUR PRAKTISCHEN
FORSTWIRTSCHAFT

VON
ERKKI LAITAKARI

JUURITUTKIMUKSEN
SUHTEESTA KÄYTÄNNÖLLISEEN
METSÄTALOUTEEN

HELSINKI 1929

Vorwort.

Diese Studie gibt in der Hauptsache einen Vortrag wieder, den ich am 30. Mai 1927 gelegentlich der öffentlichen Verteidigung meiner Doktordissertation »Männyn juristo» («Das Wurzelsystem der Kiefer») gehalten habe.

Ich beabsichtigte ursprünglich diesen Aufsatz noch im gleichen Jahre zu veröffentlichen, aber wegen anderer dringender Arbeiten musste die Veröffentlichung unterbleiben. Ich lege ihn jetzt in etwas erweiterter Form vor.

Helsinki, im Sommer 1929.

Der Verfasser.

Alkusanat.

Pääasiat tästä tutkielmasta sisältyvät esitelmään, jonka pidin toukok. 30 p:nä 1927 samassa tilaisuudessa, jolloin tutkimukseni »Männyn juristo» tarkastettiin akateemisena väitöskirjana Helsingin yliopistossa.

Tarkoitukseni oli julkaista kirjoitelmani vielä samana vuonna, mutta monien tehtävien takia on se yhä lykkääntynyt. Esitän sen nyt jonkin verran laajennetussa muodossa.

Helsingissä, kesällä 1929.

Tekijä.

HELSINKI 1929,

DRUCKEREI DER FINNISCHEN LITERATUR-GESELLSCHAFT

Einleitung.

Es ist ganz natürlich, dass bei der Erforschung der Pflanzen und des Pflanzenlebens in erster Linie die oberirdischen Teile Beachtung finden. Sie sind ja ohne weiteres der Beobachtung zugänglich, sie bilden meist den wichtigsten Teil der Pflanzen und bieten dem Forscher reichhaltiges Studienmaterial. In der letzten Zeit ist man jedoch zu der Erkenntnis gekommen, dass unser Wissen von den Pflanzen und ihren wechselseitigen Beziehungen nur sehr lückenhaft ist, wenn man nicht auch die unterirdischen Teile kennt. Diese Kenntnis erscheint auch vom praktischen Standpunkt aus unumgänglich, wenn es sich um die Anpflanzung, den Anbau oder die Vernichtung einer Pflanze handelt.

Die Wurzelsysteme der Bäume sind bis jetzt noch weniger untersucht als die entsprechenden Teile der übrigen Pflanzen, und die Forstwissenschaft hat sich kaum noch mit der Klärung dieser Frage beschäftigt. Und doch kann man die Wachstumsvorgänge bei einem einzelnen Baum und bei einem ganzen Bestande nur dann richtig verstehen, wenn man auch das Wurzelsystem, seine Formen, seine Ausdehnung und seine Entwicklung unter verschiedenen Verhältnissen kennt. — Jede Bereicherung unseres Wissens über das Wurzelsystem der Bäume ist also geeignet auch unsere Kenntnisse über die Lebensbedingungen des Waldes zu vermehren und dadurch mittelbar auch die Erziehung eines Bestandes zu erleichtern.

Die Wurzelforschung hat bisher in bezug auf Bäume schon Ergebnisse erzielt, welche von direkt praktischer Bedeutung sind, und sie wird auch in Zukunft auf diesem Gebiete erfolgreich arbeiten. Zweck der folgenden Studie ist es einige wesentliche Momente dieser praktischen Ergebnisse vorzuführen.

Tiefe des Wurzelsystems.

Wir wollen hier zunächst die Tiefe der Wurzeln behandeln. Beachtenswert ist dabei vor allem die grosse Bedeutung, welche das Tiefenniveau der Wurzeln für die gegenseitige Konkurrenz der Wurzelsysteme hat. Das ist u. a. von WOODHEAD (1906), CANNON (1911), MARKLE (1917) und WEAVER (1919), allerdings hauptsächlich auf Grund von Beobachtungen an Kräutern nachgewiesen worden. Diese Forscher haben gezeigt, dass sich in manchen Pflanzenvereinen eine Schichtung der Wurzeln feststellen lässt, welche die Konkurrenz mildert und das Fortkommen mehrerer Arten auf dem gleichen Standort ermöglicht. — Verf. konnte nachweisen (1927), dass die mittlere Tiefe der horizontalen Wurzeln bei der Kiefer mit dem Alter grösser wird (vorausgesetzt, dass der Baum in ziemlich normalen Verhältnissen gewachsen ist), wenn auch die Unterschiede nicht sehr gross sind. Das hängt teilweise von dem zunehmenden Gewicht des Baumes und des Wurzelsystems, vorzugsweise aber doch von dem Umstande ab, dass die vertikalen Zentralwurzeln horizontale Wurzeln entsenden, und zwar um so tiefer, je tiefer das vertikale Wurzelsystem gedrungen ist. Wenn das vertikale Wurzelsystem bei älteren Bäumen seine endgültige Ausdehnung erreicht hat, finden keine grossen Veränderungen in der mittleren Tiefe der horizontalen Wurzeln mehr statt. Das scheint auch für die Fichte zuzutreffen, wenn auch das untersuchte Material verhältnismässig klein ist. Jedenfalls ist diese Erscheinung geeignet zu zeigen, dass die Konkurrenz zwischen den Wurzelsystemen bei verschieden alten (oder besser gesagt verschieden grossen) Bäumen weniger stark ist als bei gleich grossen. Deshalb leidet z.B. der junge Pflanzenbestand in den ersten Lebensjahren nicht besonders unter der Konkurrenz der Wurzeln der Mutterbäume.

Von grösserer Bedeutung als die eben erwähnte Erscheinung ist jedoch der Umstand, dass auch die Wurzelsysteme der verschiedenen Holzarten im Mittel verschieden tief zu gehen scheinen. Dafür liegen allerdings nur wenig exakte Untersuchungen vor, was ja auch ganz natürlich ist, denn bevor sich aus den Messungen einwandfreie Folgerungen ziehen lassen, muss das ganze Wurzelsystem oder wenigstens ein grosser Teil desselben ausgegraben und die Messungen dann in regelmässigen Abständen vor-

genommen werden. Dabei kann es vorkommen, dass man z.B. bei einer Kiefer im Stangenholzalder ungf. 200 Tiefenmessungen vornehmen muss, selbst wenn diese in einem Abstand von 2 m ausgeführt werden. — In Russland hat TOLSKIJ (1905, 1907) eine Reihe von Tiefenbestimmungen für das Wurzelsystem der Kiefer vorgenommen und in Suomi hat Verf. (1927) bei seinen Untersuchungen über das Wurzelsystem der Kiefer auch das Tiefenniveau der horizontalen Wurzeln dieses Baumes auf verschiedenen Standorten untersucht. Für das Wurzelsystem der Fichte liegen bisher kaum gründliche Messungen vor. Allgemein verbreitet ist die Ansicht, dass die horizontalen Wurzeln der Fichte sehr oberflächlich seien, eine Ansicht, welche durch meine Messungen (1927) bestätigt wird. Die mittlere Tiefe der Oberflächenwurzeln von neun ziemlich kleinen Fichten (in der Hauptsache Unterwuchs) wurde numerisch bestimmt, wobei noch eine Reihe von Beobachtungen nach dem Augenmass gemacht wurde. Bei der Bestimmung der entsprechenden mittleren Tiefe des Wurzelsystems der Kiefer auf den gleichen Probestellen konnte ausnahmslos festgestellt werden, dass die Horizontalwurzeln bei der Fichte bedeutend näher an der Oberfläche verlaufen als bei der Kiefer. Für erwachsene Fichten liegen keine Messungen vor, bei kleinen Fichten wenigstens war das Wurzelsystem bedeutend flacher als bei erwachsenen Kiefern und flacher als bei gleich grossen Kiefern. Fichten auf trockenen Sandheiden sind noch nicht untersucht und wir wissen deshalb nicht, ob auch hier das Wurzelsystem näher an der Oberfläche verläuft als bei der Kiefer. — Das Wurzelwerk der Birke ist noch weniger untersucht als das der Fichte. Messungen, welche Verf. an einigen Bäumen vornahm (1927), scheinen darauf zu deuten, dass die horizontalen Wurzeln bei der Birke wenigstens ebenso tief verlaufen wie bei der Kiefer, wahrscheinlich aber noch tiefer. — Im allgemeinen werden die Laubbäume in der Fachliteratur als tiefwurzeln bezeichnet (vgl. z.B. ALBERT 1913 und BURGER 1927), und die Holzarten, welche gewöhnlich an Strassen angepflanzt werden, wie Linde und Ahorn, müssen ja auch sehr tiefe Wurzeln entwickeln um gedeihen zu können. Ein recht tiefes Wurzelwerk hatte jedenfalls eine stattliche Linde, die an einer Strasse gefällt war und die Verf. in Augenschein nehmen konnte.

Aus dem Vorhergehenden lassen sich einige interessante Schlüsse ziehen. Zunächst können wir feststellen, dass die Kiefer und Fichte einerseits und die Fichte und Birke andererseits untereinander keine so grosse Wurzelkonkurrenz aufweisen wie Bäume der gleichen Holzart. Wahrscheinlich ist auch die Wurzelkonkurrenz zwischen Kiefer und Birke schwächer als diejenige in reinem Kiefernbestand. Wenn das wirklich der Fall ist, können wir weiter folgern, dass die Wachstumsfähigkeit des Bodens am besten ausgenutzt wird, wenn alle drei Holzarten oder wenigstens zwei nebeneinander angebaut werden. Voraussetzung ist allerdings, dass der betr. Standort wirklich für die in Frage kommenden Holzarten geeignet ist. Aber selbst wenn man nicht soweit folgern will, muss man doch zugeben, dass die mittlere Tiefe der horizontalen Wurzelsysteme bei Fichtenunterwuchs und herrschendem Kiefernbestand soweit voneinander abliegt, dass die gegenseitige Konkurrenz als gering anzusehen ist. Dasselbe trifft auch für die Wurzelkonkurrenz bei Fichtenunterwuchs und herrschendem Birkenbestande zu. Unterwuchs unter dem Hauptbestand darf also nicht als schädlich angesehen werden in dem Sinne, als ob derselbe den Hauptbestand in seinem Wachstum beeinträchtigte. Es ist ja allgemein bekannt, dass in Suomi Fichtenunterwuchs unter Kiefern- und Birkenbestand ausgezeichnet gedeiht. Eine genauere Erforschung der Wurzelsysteme der einzelnen Holzarten und gründlichere Kenntnis des Tiefenniveaus dieser Wurzelsysteme muss natürlich von grossem Nutzen sein bei der Auswahl der Holzarten in neu zu begründenden Beständen. Da heute das Interesse für die Begründung von Mischbeständen wieder grösser ist, wäre es sehr angebracht die Holzarten so auszuwählen, dass die Wurzelkonkurrenz zwischen ihnen möglichst verringert würde. — Die Konkurrenz zwischen den Wurzelsystemen hängt natürlich zum Teil auch von den vertikalen Wurzeln ab. Diese bilden jedoch sowohl bei der Kiefer wie auch besonders bei der Fichte gewöhnlich nur einen geringen Teil des ganzen Wurzelsystems. Allerdings ist ihre Bedeutung darum doch natürlich nicht gering, aber die Wurzelkonkurrenz zwischen den vertikalen Wurzeln ist verhältnismässig unbedeutend. In gewissen Fällen wachsen zwar die vertikalen Wurzeln verschiedener Baumindividuen, ja sogar verschiedener Holzarten in dem gleichen Bett (z.B. in dem Hohlraum, den eine vermorschte Wur-

zel hinterlässt) nach unten. Aber auch dann haben alle genügend Raum. Die Wurzelkonkurrenz zwischen Kiefer und Fichte wird aber vor allem dadurch verringert, dass die Kiefer oft ein sehr kräftiges und verhältnismässig tief dringendes vertikales Wurzelsystem entwickelt, während das entsprechende Wurzelsystem der Fichte im allgemeinen viel schwächer ist oder ganz fehlt.

Ausser der gegenseitigen Konkurrenz können wir bei den Bäumen auch einen Kampf mit den Bodenflanzen — hauptsächlich mit den Reisern, aber auch Kräuter und Gräser kommen in Frage — feststellen. Besonders für den Pflanzenbestand kann dieser Kampf so heftig werden, dass er mit der Vernichtung desselben endet. Die Konkurrenz zwischen diesen Pflanzen und den Keimlingen bzw. dem jungen Pflanzenbestand geht natürlich hauptsächlich in den Oberflächenschichten vor sich. Doch haben einige Beobachtungen, die Verf. machen konnte, gezeigt, dass die Wurzeln der Reiser, ja sogar einiger Gräser bis in ziemliche Tiefe dringen. Um ihre Bedeutung für die Wurzelkonkurrenz nachweisen zu können, müsste jedoch die Ausdehnung ihres Wurzelsystems genauer untersucht werden. Dann würde sich zeigen, welche Bodenpflanzen im Walde vor allem als Unkraut zu bezeichnen und zu vernichten oder wenigstens zurückzudrängen wären. Bei der Bestandesverjüngung käme dabei Abbrennen, nötigenfalls mit nachfolgendem Eggen in Frage. Bei langsam wachsenden Pflanzen kann schon Abschneiden den gewünschten Erfolg haben. Während der Lebenszeit des Bestandes wäre Beschattung das hauptsächlichste Schutzmittel gegen Verunkrautung und dabei könnte besonders Unterbau von Nutzen sein. In den intensivsten Betrieben käme vielleicht auch noch das Eggen unter dem Bestande in Frage, wodurch gegebenenfalls auch die physikalischen Eigenschaften des Bodens verbessert würden. — Durch die Vernichtung der Unkräuter würde im Pflanzenbestand natürlich ausser der Wurzelkonkurrenz auch der Kampf um das Licht erleichtert werden.

Auch aus einem anderen Grunde sind die oben angeführten Massnahmen wie Abbrennen und Umbrechen des Bodens hier zu erwähnen. Um nämlich ihren Einfluss auf die Samenbäume richtig beurteilen zu können muss man wissen, wie tief die Wurzeln der Bäume gehen. So kann z.B. das Wurzelsystem der Samenbäume leicht durch Feuer beschädigt werden,

wenn beim Brennen nicht auf die Wurzeln der einzelnen Holzarten Rücksicht genommen wird. Das gilt auch für die verschiedenen Bodenbearbeitungswerkzeuge, durch deren Schneiden und Spitzen die Wurzeln so stark beschädigt werden können, dass sich das Wachstum des Baumes und damit auch die Produktionsfähigkeit von Samen vermindert. Andererseits kann es auch von Vorteil sein, wenn die Wurzeln der Samenbäume teilweise verbrannt oder abgeschnitten werden, denn so wird die Wurzelkonkurrenz zum Vorteil der Verjüngung vermindert. Bei Schirmstellung kann demnach das Abbrennen oder die verhältnismässig tief gehende Bearbeitung des Bodens von Nutzen sein, bei lichter Stellung jedoch muss man bestrebt sein die Bäume möglichst lebenskräftig zu erhalten. Um aber die oben erwähnten Schäden vermeiden oder aus den angeführten Massnahmen Nutzen ziehen zu können muss man natürlich das Tiefenniveau der Wurzelsysteme der einzelnen Holzarten unter den verschiedenen Verhältnissen kennen.

Bekanntlich ist die Ansicht weit verbreitet, dass das tief dringende Wurzelsystem der Kiefer kaum durch schwaches Brennen leide. Es ist allerdings richtig, dass ein Teil des Wurzelsystems der Kiefer ziemlich tief wachsen kann und dieser bleibt natürlich unbeschädigt, aber der grösste Teil der Wurzeln verläuft doch horizontal und unter Umständen sehr nahe — bisweilen nur 2—3 cm — unter der Oberfläche (vgl. LAITAKARI 1927). Da wäre es doch geradezu merkwürdig, wenn ein so flaches Wurzelsystem nicht durch Feuer oder Bodenbearbeitungswerkzeuge beschädigt würde. Verf. hat dementsprechend auch bei seinen Untersuchungen des Wurzelsystems der Kiefer auf Standorten, die früher von Waldbränden betroffen waren, zahlreiche Wurzeln angetroffen, die durch Feuer beschädigt oder unter der Einwirkung des Feuers abgestorben und vermorscht waren. Man darf deshalb nicht glauben, dass ein Kiefernbestand, der einen Waldbrand scheinbar gut überstanden hat, keine Beschädigungen erlitten hätte. Sein Wurzelsystem kann recht stark gelitten haben, und da die Kiefer verhältnismässig nur schwach neue Wurzeln an Stelle der verlorenen entwickelt, kann eine empfindliche Schwächung des Wachstums die Folge sein, so dass das Stehenlassen des Bestandes wirtschaftlich vielleicht nicht mehr lohnt, besonders wenn es sich um ziemlich alte, hiebs-

reife Bestände handelt. Ihre Verjüngung kann dagegen eine sehr lohnende Massnahme sein, besonders da die Naturverjüngung gerade nach schwachen Waldbränden manchmal sehr gut gelingt.

Dass ein Waldbrand günstig auf die Verjüngung einwirken kann, vor allem indem er die Wurzelkonkurrenz seitens der Mutterbäume vermindert, bestätigt ein Fall aus Lettland, der von MELDER (1911) mitgeteilt wird. Unter einem alten Kiefernbestand fanden sich gar keine jungen Pflanzen, obwohl der Bestand teilweise licht und zerrissen war. In einem Teile des gleichen Bestandes, wo ein Waldbrand stattgefunden hatte, war die Verjüngung dagegen reichlich. Teilweise trugen dazu die günstigen Veränderungen in der Humusschicht infolge des Waldbrandes bei, als den wichtigsten Faktor sieht MELDER jedoch die Verminderung der Wurzelkonkurrenz an.

Bisweilen verbrennt man das Reisig aus Durchforstungen in Haufen im Walde. Selten liegen dann wohl die Wurzeln in solcher Tiefe, dass sie hierbei nicht beschädigt würden.

Wichtig ist die Kenntnis der Tiefe der Wurzelsysteme weiter, wenn es sich darum handelt, ob in einem Bestände Moos oder Flechten gesammelt werden dürfen. Es soll hier nicht über die Einwirkung auf die Humusbildung gesprochen werden. Aber in bezug auf die Wurzeln ist zu beachten, dass diese besonders bei der Fichte, in gewissen Fällen auch bei der Kiefer so nahe unter der Oberfläche verlaufen, dass die Entfernung der Moosdecke die Gefahr des Vertrocknens mit sich bringt. Bei ganz jungen Fichten können die Wurzeln direkt blossgelegt werden, wenn die Moosdecke entfernt wird. Die Flechtendecke dürfte dagegen von geringerer Bedeutung sein, da sie nicht so zusammenhängend und dicht ist wie die Moosdecke.

Die Verwendung von Bäumen als Alleebäume innerhalb von Anbauflächen oder in Städten an Strassen setzt ebenfalls die Kenntnis des Tiefenniveaus der Wurzelsysteme voraus. Die Fichte und Kiefer eignen sich für diesen Zweck nicht, die Birke schon besser, ausgezeichnet dagegen die meisten tiefwurzelnden edlen Holzarten, wie Linde und Ahorn; auch kommen einige Weidenarten hierfür in Frage.

Umfang des Wurzelsystems.

Die Kenntnis des Umfangs der verschiedenen Wurzelsysteme kann auch vom praktischen Standpunkt aus von Wichtigkeit sein. Wenn es sich z.B. um die Bodenbearbeitung auf der Hiebsfläche handelt, muss man wissen, wie weit man an den Randwald und an die Samenbäume herangehen kann ohne ihre Wurzeln zu beschädigen. Besonders gegen Brand sind die Samenbäume und der Randwald zu schützen und zwar um so mehr, je empfindlicher die betreffende Holzart ist.

Wenn Wald und Anbauflächen aneinander grenzen, ist es natürlich von Wichtigkeit zu wissen, wie weit die Bäume ihre Wurzeln erstrecken und so Nahrung aus einem Felde saugen können. Wenn eine Allee durch Anbauflächen angelegt werden soll, ist es bei der Auswahl von Alleebäumen natürlich ebenfalls vorteilhaft Bäume mit weit sich ausdehnenden Wurzeln zu vermeiden und statt dessen solche mit kleinem Wurzelareal, aber tiefem Wurzelsystem zu wählen.

Ob der Schlussgrad des natürlichen Bestandes direkt von der Ausdehnung der Wurzelsysteme abhängt und ob deshalb bei der Bestimmung des Grades der Durchforstung auch diese zu beachten ist, bedarf noch der Klärung. Gewisse Tatsachen sprechen für eine solche Abhängigkeit. So wächst die Anzahl der Bäume bei der gleichen Holzart in gleich starken (Mitteldurchmesser gleich gross) im Naturzustand befindlichen Beständen pro ha umso mehr, je besser der Waldtyp ist (Y. ILVESSALO 1920). Ebenso verringert sich der Umfang der Wurzelsysteme mit zunehmender Bonität des Waldbodens (LAITAKARI 1927), soweit es sich um die gleiche Bodenart handelt. Zwischen dem Umfang des Wurzelsystems und der Bodenart besteht also eine Abhängigkeit, die sich dagegen nicht zwischen der Bodenart und dem Schlussgrad des natürlichen Bestandes feststellen lässt. Auch ist die Anzahl der Bäume im Fichtenbestand pro ha viel grösser als in einem Kiefernbestand mit gleichem Mitteldurchmesser, obwohl das Wurzelsystem der Fichte allem Anscheine nach ausgedehnter ist als das der Kiefer. Hier handelt es sich vielleicht um eine Erscheinungsform der grösseren Schattenertragnis bei der Fichte. Beachtung verdient in diesem Zusammenhange auch die Beobachtung von HILF (1927), wonach der sich verzwei-

gende Teil des horizontalen Wurzelsystems der Fichte ausserhalb des Kronenbereiches liegt, sodass also der eigentlich wirksame Teil der Wurzeln bedeutend kleiner wäre als die Gesamtfläche des Wurzelsystems.

Bei Durchforstungen ist es überaus wichtig zu wissen, wie weit die Wurzeln eines zu beseitigenden Baumes reichen. Erst nachdem der Wirkungskreis eines Baumes ungef. bekannt ist, kann man beurteilen welche Wirkungen seine Beseitigung haben wird.

Wurzelsystem der Bäume und Struktur des Waldbodens.

Ein für die Praxis wichtiger Umstand ist die Bedeutung der früheren Baumgenerationen für den lebenden Bestand. Wie nämlich u.a. von WYSSOTZKY (1899), SAWITSCH (1906) und TOLSKIJ (1911) in Russland, von ALBERT (1913), LIESE (1926) und HILF (1927) in Deutschland sowie vom Verf. (1927) in Suomi festgestellt wurde, benutzen die Wurzeln zum Eindringen in den Boden gern vermorschte Wurzeln von früheren Bäumen oder die Hohlräume, welche diese hinterlassen haben. Besonders für die vertikalen Wurzeln scheinen diese Kanäle eine grosse Bedeutung zu haben, aber auch horizontale Wurzeln sind darin angetroffen worden. Nach ALBERT (1913) sind in der Lüneburger Heide besonders die Laubbäume deswegen sehr wichtig, weil sie den Boden für die übrigen Holzarten vorbereiten. Auch sonst gestalten die unzähligen sich kreuzenden Wurzeln die Struktur des Bodens günstig für das Waldwachstum. Auf die grosse Bedeutung der Wurzeln der Bäume für die Struktur des Waldbodens hat vor allem BURGER (1922, 1929) hingewiesen. Wenn nun diese auf irgend eine Weise verändert wird, sei es dass der Boden eine Zeitlang landwirtschaftlich genutzt wird, als Acker Wiese oder Weide, oder dass er längere Zeit als Ödland liegen bleibt, so hat die neue Baumgeneration grosse Schwierigkeiten zu überwinden.

Es ist allgemein bekannt, wie schwer es ist Böden, die lange als Ödland brach gelegen haben, wieder aufzuforsten und die Aufforstung ehemaliger Äcker ist sehr beschwerlich. Das wird natürlich auch durch die Bodengeschaffenheit bedingt. Schwer sind vor allem die festen und zur Versumpfung neigenden Böden aufzuforsten, aber auch die Sandböden kön-

nen viel Arbeit verursachen. Auf ihnen werden am schnellsten durch Vermorschen die ehemaligen Wurzeln vernichtet und ihre Hohlräume verstopft. Auch die grosse Magerkeit solcher Böden hindert oft ein Gedeihen der jungen Pflanzen. Allerdings kann auch das lange Brachliegen andere ungünstige Veränderungen des Bodens, welche die Aufforstung verhindern, verursachen, ein wichtiger Grund besteht aber ohne Zweifel in der Verstopfung der Wurzelkanäle. Davon wird man bei der Untersuchung der Wurzelsysteme der Bäume durchaus überzeugt. Denn schon die Wurzeln eines einzigen Baumes können ein unglaublich dichtes Netz bilden, in einem dichten Bestande dagegen ist dieses Netzwerk noch viel enger und verwickelter.

Wenn man also Schwierigkeiten bei der Aufforstung entgehen will, müssen zuerst die kahlen Flächen, z.B. durch Feuer vernichtete Gebiete, aufgeforstet werden, ehe die Wurzeln vermorschen und die Wurzelkanäle sich verstopfen. Wenn ehemalige Äcker aufgeforstet werden, ist die Kultur möglichst sorgfältig vorzunehmen und die passendste Holzart auszuwählen. Auch muss die Kultur im Anfang besonders gepflegt werden, denn die Möglichkeiten des Misslingens sind gross. — In diesem Zusammenhange mag erwähnt werden, dass das Schwenden, wie es in unserem Lande früher sehr gewöhnlich war, die in Frage stehende Struktur des Bodens nicht wesentlich vernichtet, da die Bearbeitung des Bodens nur sehr oberflächlich ist und die landwirtschaftliche Nutzung hintereinander nur einige Jahre dauert. Die früheren Schwendböden (Brandäcker) haben sich bekanntlich im allgemeinen auch sehr gut durch Naturbesamung und durch Kultur verjüngt. Dagegen werden brach liegende Äcker durch Naturverjüngung nur sehr langsam bestockt.

Die natürliche Struktur des Waldbodens wird natürlich auch durch Ausrodung der Baumstümpfe vernichtet. Bei uns hat man nur Kiefernstümpfe auf Waldböden für die Teerindustrie in gewissem Umfange gerodet, in Mitteleuropa dagegen, wo die Holzpreise hoch sind, findet stellenweise ganz allgemein Roden der Stubben statt, eine Massregel, die für waldbaulich sehr empfehlenswert gehalten wurde, da so die Niststellen der schädlichen Insekten beseitigt und gleichzeitig die Flächen für die Naturbesamung vorbereitet werden.

ALBERT (1923 a), der in früheren Untersuchungen hatte feststellen können, wie wichtig die vermorschenden Wurzeln für das Wurzelsystem der neuen Baumgeneration sind, bekämpfte das Roden der Stubben, da er es als eine für den Wald schädliche Massnahme ansah. HILF und LIESE (1923) äusserten dagegen die Ansicht, dass es sorgfältig ausgeführt (die Grube an der Stelle des Baumstumpfes wird ausgefüllt) wenigstens auf Sandböden nicht schädlich ist. Auch ALBERT (1923 b) gibt zu, dass auf Sandböden der Schaden nicht so gross ist, wie auf festen tonigen Böden, wo die Stelle des ehemaligen Baumstumpfes unter der Einwirkung des Regens so verdichtet wird, dass die jungen Pflanzen nicht fortkommen. — Ohne Zweifel ist jedoch das Roden der Stubben auch auf Sandböden schädlich, auch wenn die Gruben sorgfältig ausgefüllt werden. Zwar werden nicht einmal alle kräftigen Teile der Wurzeln mit den Stubben ausgerissen, aber gerade an der Stelle der ehemaligen Stubben entwickeln sich oft z.B. bei der Kiefer die vertikalen Wurzeln, wie Verf. nachgewiesen hat (1927). Da die Aufgabe der vertikalen Wurzeln häufig darin besteht die Wasserzufuhr aus dem Grundwasser zu vermitteln, haben sie gerade für trockene Sandböden eine grosse Bedeutung, ein Umstand, dessen Wichtigkeit ALBERT (1913) für die Lüneburger Heide gezeigt hat. Die Entfernung der Baumstümpfe lässt sich demnach auch für Sandböden, soweit wenigstens das Gedeihen der jungen Generation in Frage kommt, nicht empfehlen. Wenn man die Niststellen, welche die Baumstümpfe den Insekten bieten können, vernichten will, kann man die Stümpfe abrinden, wie es z.B. heute in Lettland üblich ist. Eine grosse Fläche bietet übrigens der Stumpf eines sachgemäss gefällten Baumes den Insekten zum Nisten nicht.

Wenn jedoch der Preis für Stubben in einer Gegend besonders hoch ist, liesse sich das Ausrodern verteidigen. Aber auch in diesem Falle ist sorgfältig darauf zu achten, dass nur der grösste Teil der Stubben beseitigt und ausserdem die Grube im Boden sorgfältig ausgefüllt wird, so dass, wenn der Boden sich gesetzt hat, keine Vertiefung entsteht.

Da wir gesehen haben, wie grosse Bedeutung die Wurzeln der Bäume für die Struktur des Waldbodens haben, ist es ohne weiteres verständlich, dass bei der Aufforstung von Kahlfächen sich die Holzarten am besten eignen, deren Wurzelsystem reichlich und tiefgehend ist. Die Kiefer, deren

Wurzelsystem besonders auf Sandböden meist sehr oberflächlich ist, kommt also deswegen kaum in Frage. ALBERT (1907) und ZIMMERMANN (1908) empfehlen für diesen Fall Laubbäume und die Douglasfichte, dagegen nicht die Birke. Für unsere Verhältnisse ist die Birke, z.B. auf ehemaligen Äckern, besser geeignet als Nadelbäume. Auf trockenen Callunaheiden dagegen wächst die Birke sehr langsam, aber auch der Wuchs der Kiefer kann sehr kümmerlich sein, wie z.B. die Kulturen auf Siikakangas (eine Calluna-Heide in der Übungforstei des forstlichen Unterrichts der Universität Helsinki) zeigen. Es wäre zu untersuchen, ob die Birke, was Bodenlockerung betrifft, solchen Böden Vorteile neben der Kiefer bietet. Verf. hat einen Fall auf Boden vom Calluna-Typ untersucht (1927), wo die Wurzelsysteme einer Kiefer und Birke, die in Brusthöhe 15.5 cm bzw. 10.5 cm Durchmesser hatten, ungefähr gleich umfangreich waren und auch in bezug auf ihre Gesamtwurzellänge nicht weit voneinander entfernt waren. Die mittlere Tiefe der horizontalen Wurzeln bei der Birke war jedoch viel grösser, nämlich 17.9, während diese bei der Kiefer nur 8.8 cm betrug. Allerdings war der Standort für Calluna-Typ ziemlich gut und der Boden bestand aus Moräne. Ob der Calluna-Typ auf Sandboden einen ebenso grossen Unterschied in der Tiefe der Wurzelsysteme aufweist, ist noch nicht festgestellt. — Die Wurzelsysteme unserer übrigen Holzarten sind noch wenig untersucht. Doch scheint es, als ob z.B. die Lärche (vgl. HEIKINHEIMO 1926) und die Schwarzerle (vgl. KUJALA 1924 und HILDÉN 1929) auf Standorten, die ihnen zusagen, den Boden vorzüglich lockern.

In diesem Zusammenhange sei erwähnt, dass die Wurzeln von Bäumen gern dort wachsen, wo grosse, am Boden liegende Stämme vermorscht sind (vgl. LAITAKARI 1927). Wenn auch im geordneten Waldbau das Vermorschenlassen ganzer Stämme nicht in Frage kommen kann, so müssen doch im extensiven Betriebe ziemlich kräftige Kronen im Walde liegen lassen.

Verwachsungen.

Wenn man die Wurzelsysteme der Bäume untersucht, bemerkt man, wie allgemein die Wurzeln der verschiedenen Baumindividuen miteinander verwachsen sind. GÖPPERT (1842, 1846) wies schon seinerzeit darauf hin,

dass in Fichten- und Tannenbeständen solche Verwachsungen sehr gewöhnlich sind. Die gleiche Erscheinung erwähnt auch PFEIL (1860). Verf. konnte feststellen, dass auch im Kiefernbestande organische Verwachsungen zwischen den einzelnen Baumindividuen häufig vorkommen, wenn vielleicht auch nicht in dem Masse wie in Fichtenbeständen. Wenn die Verwachsungen in der Nähe des Wurzelhalses stattfinden, wenn es sich also um gröbere Wurzeln handelt, trägt diese Erscheinung zweifellos zur Erhöhung der Windfestigkeit bei jedem Individuum bei. Die Verbindung braucht dabei nicht einmal organisch zu sein und auch benachbarte Bäume verschiedener Holzarten vermögen auf diese Weise sich wirksam zu stützen (vgl. LAITAKARI 1929). Bei der Durchforstung des Bestandes verlieren viele Bäume deshalb ausser der Stütze, den ihnen ein geschlossenes Kronendach bietet, auch den Vorteil, dass Verwachsung oder Verknäuelung der Wurzeln zur Verankerung der Bäume beitragen. Diese Stütze wird schon dadurch wesentlich vermindert, dass die ausgehauenen Bäume mit ihrem Gewichte nicht den gemeinsamen Wurzelbau stützen, und wenn dann später die Stubben der ausgehauenen Bäume zu vermorschen beginnen, wird die Stütze noch geringer. Andererseits haben sich die Bäume dann allerdings schon daran gewöhnt mit eigener Kraft dem Winde Widerstand zu leisten.

Die Verwachsungen zwischen den Wurzelsystemen der Bäume wirken auch auf andere Weise noch auf die gegenseitigen Beziehungen derselben ein. Es ist nämlich nachgewiesen worden (LAITAKARI 1927), dass ein Teil des Wurzelsystems bei einem ausgehauenen Baume in den Dienst eines zurückgebliebenen Baumes treten kann. Besonders in dichten Beständen muss dieser Vorgang ziemlich häufig sein. Obgleich diese Erscheinung keinen direkten Einfluss auf waldbauliche Massnahmen hat, darf in diesem Zusammenhange doch darauf hingewiesen werden, dass die günstige Einwirkung der Durchforstung auf den zurückbleibenden Bestand teilweise dieser Erscheinung zuzuschreiben ist und zwar in um so höherem Masse, je dichter der in Frage stehende Bestand ist. Auch von diesem Standpunkt aus ist also die Beseitigung der Baumstümpfe und Wurzeln auf Durchforstungsflächen nicht rätlich. Wo diese in Frage kommt, entsteht natürlich leicht, die Gefahr dass gleichzeitig die Wurzeln der leben-

den Bäume beschädigt werden. — Bisweilen kann man eine Erscheinung beobachten, welche der eben erwähnten entgegengesetzt ist, dass nämlich die Wurzeln eines noch wachsenden Baumes zum Besten eines ausgehauenen arbeiten. Die Folge davon kann Überwallung an der Schnittfläche des Baumstumpfes sein, eine Erscheinung, welche bei der Fichte und Tanne verhältnismässig gewöhnlich ist. Praktische Bedeutung hat dieser Vorgang allerdings nicht, doch zeigt er, wie die Tätigkeit der Wurzeln infolge des Zusammenwachsens der Wurzelsysteme recht eigentümlich Formen annehmen kann.

Form des Wurzelsystems.

Auch die Kenntnis der Form des Wurzelsystems der Bäume als Ganzes ist vom Standpunkt des praktischen Waldbaus aus von grosser Wichtigkeit. Wenn man z.B. die Struktur des Wurzelsystems der gewöhnlichsten Waldbäume besser kannte, würden nicht solche Missgriffe vorkommen, wie seinerzeit die Verwendung von Klemmpflanzung oder dass man die Wurzeln der Keimlinge mit einem Tonbrei begoss, damit sie besser in der Grube Platz fänden. Aber der Forstwirt muss auch die Struktur des Wurzelsystems der grösseren, erwachsenen Bäume in ihrer Abhängigkeit vom Standort kennen. Wo die Wurzeln sich nicht fest im Boden verankern, ist es angebracht vorsichtiger zu durchforsten und auch die übrigen Hiebe vorsichtiger vorzunehmen. Auch die Struktur des Wurzelsystems der verschiedenen Holzarten ist natürlich zu berücksichtigen. Besonders für Länder, wo viele verschiedene Holzarten angebaut werden, ist das von Wichtigkeit.

Der Forstwirt versucht die Windfestigkeit der Bäume und Bestände u.a. dadurch zu erhöhen, dass er die Hiebe gegen die herrschende Windrichtung führt. In diesem Zusammenhang sei darauf hingewiesen, dass die Bäume schon von Natur aus ihr Wurzelsystem so entwickelt haben, dass es die beste Stütze gerade gegen die herrschenden Winde bildet, und dass sie, wenn ein starkes vertikales Wurzelsystem fehlt, mit anderen Mitteln ihre Wurzeln zu befestigen suchen (vgl. LAITAKARI 1927, 1929).

Auch bei Rodungsarbeiten ist es von Nutzen im Voraus die Formen

des Wurzelsystems unter verschiedenen Verhältnissen zu kennen, um danach die Kosten berechnen zu können.

Ferner ist in Fällen, wo eine Holzart zu verdrängen ist um einer anderen Platz zu machen, die Kenntnis des Wurzelsystems von Wichtigkeit. Da man z.B. weiss, dass die Espe aus ihren Wurzeln zahllose Ausschlüge entwickelt, hat man als Mittel um die Espe zu beseitigen die Tötung der Wurzeln durch Abrinden der wachsenden Bäume verwandt. Wenn man das Wurzelsystem der Weisserle genau kannte, könnte man wohl ein praktisches Verfahren finden um diese meistens recht lästige Holzart zu vernichten.

Kubikinhalt des Wurzelholzes.

Schliesslich sei noch ein Ergebnis der Wurzelforschung angeführt, das in technischer Beziehung von Wichtigkeit ist, nämlich das prozentuelle Verhältnis des Kubikinhaltes des Wurzelholzes zum Stammvolumen. Ogleich oben die Verwendung des Wurzelholzes nicht empfohlen wurde, kann diese in gewissen Fällen doch in Frage kommen, und dann ist es von Wichtigkeit dieses Verhältnis zu kennen. Weiter ist es wichtig zu wissen, wie weit vom Wurzelhals der hauptsächlichste Teil des Kubikinhaltes liegt, wie gross der Teil ist, welcher auf die eigentliche Stubbe fällt und wie gross der Anteil der vertikalen und der horizontalen Wurzeln ist (vgl. LAITAKARI 1927).

Die obigen Darlegungen dürften genügen um zu zeigen, dass die Erforschung des Wurzelsystems der verschiedenen Holzarten, teilweise auch der Bodenvegetation nicht nur theoretisches Interesse beanspruchen kann, sondern von grosser praktischer Bedeutung ist. Gerade in unserem Lande hat die Forstwissenschaft aller Grund diese Untersuchungen fortzusetzen.

Literaturverzeichnis.

- ALBERT, R. 1913. Bodenuntersuchungen im Gebiete der Lüneberger Heide. V. (Zeitschr. f. Forst- u. Jagdw.) Berlin.
- »— 1923 a. Ist die Rodung der Wurzelstöcke dem Waldboden von Nutzen oder von Schaden? (Ibid.) Berlin.
- »— 1923 b. Bemerkungen zu vorstehender Abhandlung. (Die fragliche Abhandlung ist: HILF und LIESE, Zur Frage der Stubbenrodung.) (Ibid.) Berlin.
- BURGER, HANS. 1922. Physikalische Eigenschaften der Wald- und Freilandböden. (Mitt. d. Schw. Centralanst. f. d. forstl. Versuchsw., Bd. XIII. Zürich.
- »— 1927. Physikalische Eigenschaften von Wald- und Freilandböden. II Mitteilung. (Ibid., Bd. XIV.)
- CANNON, W. A. 1911. The root habits of the deserts plants. (Carnegie Inst. of Wash., Publ. No. 131.) Washington.
- GÖPPERT. 1842. Ueber das sogenannte Ueberwallen von Tannenstöcken. (Nach GÖPPERT 1846.)
- »— 1846. Ueber die Ueberwallung der Tannenstöcke. (Bot. Ztg.) Berlin.
- MARKLE, M. S. 1917. Root systems of certain desert plants. (The Bot. Gaz.) Chicago.
- МЕЛЬДЕРЪ, ХР. 1911. Вліяніе корневої системи на розподіленіе подраста околo сосновихъ сѣмєнниковъ въ сухомъ борy. (Résumé: Einfluss des Wurzelsystems auf die Gruppierung der Kulturen um die Samenbäume auf trockenem Sandboden. (Изв. Лѣсн. Инст.) С.-Петербургъ.
- HEIKINHEIMO, OLLI. 1926. Myrskytuhoista Raivolan lehtikuusimetsässä syyskuun 23 päivänä 1924. (Referat: Über die Sturmschäden in dem Lärchenwalde bei Raivola am 23. September 1924. (Comm. ex Inst. quaest. forest. Finl. ed., 12.) Helsinki.
- HILDÉN, N. A. 1929. Kontusaaren tervalepikkö. (Referat: Der Schwarzerlenbestand von Kontusaari) (Acta forest. fenn., 34.) Helsinki.
- HILF, H. H. 1927. Wurzelstudien an Waldbäumen. Hannover.
- »— und LIESE, J. 1923. Zur Frage der Stubbenrodung auf Talsandböden. (Zeitschr. f. Forst- u. Jagdw.) Berlin.
- ILVESSALO, YRJÖ. 1920. Kasvu- ja tuottotaulut Suomen eteläpuoliskon mänty-, kuusi- ja koivumetsille. (Referat: Ertragstabellen für Kiefern-, Fichten- und Birkenbestände in der Südhälfte Finnlands.) (Acta forest. fenn., 15.) Helsinki.
- KUJALA, VIILJO. 1924. Tervaleppä Suomessa. (Referat: Die Schwarzerle in Finnland.) (Comm. ex Inst. quaest. forest. Finl. ed., 7.) Helsinki.
- LAITAKARI, ERKKI. 1927. Männyn juuristo. Morfologinen tutkimus. (Summary: The root system of Pine [*Pinus silvestris*]. A morphological investigation.) (Acta forest. fenn., 33.) Helsinki.
- »— 1929. Über die Fähigkeit der Bäume sich gegen Sturmgefahr zu schützen. (Acta forest. fenn., 34.) Helsinki.
- LIESE, J. 1923. Siehe HILF und LIESE.
- »— 1926. Beiträge zur Kenntnis des Wurzelsystems der Kiefer (*Pinus silvestris*) nebst Beobachtungen an anderen Baumwurzeln. (Habilitationsschrift zur Erlangung der venia legendi der Forstlichen Hochschule Eberswalde.) Berlin.
- PFEIL, W. 1860. Die deutsche Holzzucht. Leipzig.
- САВИЧЪ, В. 1906. Флористическія и экологическія изслѣдованія въ Бузулукскомъ борy Самарской губерніи. (Тр. Оп. Лѣсн., Вып. IV.) С.-Петербургъ.
- ТОЛЬСКІЙ, А. П. 1905. Матеріалы по изученію Формы и развитія корней сосны и другихъ древесныхъ породъ (Тр. Оп. Лѣсн., Вып. II.) С.-Петербургъ.
- »— 1907. Матеріалы по изученію строенія и жизнедѣятельности корней сосны. (Referat: Beiträge zur Kenntnis des Wurzelsystems von *Pinus silvestris*.) (Тр. по Лѣсн. Оп. дѣлу въ Россіи., Вып. XXXII.) С.-Петербургъ.
- »— 1911. Матеріалы по изученію состоянія и развитія корней у отдѣльныхъ сосенъ и въ насажденіяхъ Бузулукскаго бора. (Ibid., Вып. XXXII.) С.-Петербургъ.
- WEAVER, J. E. 1919. The ecological relations of roots. (Carnegie Inst. of Wash., Publ. No. 286.) Washington.
- WOODHEAD, THOMAS WILLIAM. 1906. Ecology of woodland plants in the neighbourhood of Huddersfield. (Inaugural-Dissertation.) Zürich.
- ВЫСОЦКІЙ, Г. Н. 1899. Гидрологическія и гео-біологическія наблюденія въ Велико-Анадолѣ. (Почвовѣдѣніе.) С.-Петербургъ.
- ZIMMERMANN, A. 1908. Untersuchungen über das Absterben des Nadelholzes in der Lüneburger Heide. (Zeitschr. f. Forst- u. Jagdw.) Berlin.

Juuritutkimuksen suhteesta käytännölliseen metsätalouteen.

On varsin luonnollista, että kasveja ja niiden elämää tutkittaessa on päähuomio kiinnitetty niiden maanpäällisiin osiin. Nehän ovat ilman muuta alttiina havainnon- teolle, ne muodostavat useimmiten kasvin tärkeimmän osan ja tarjoavat tutkijalle varsin monipuolista havaintoaineistoa. Viime aikoina on kuitenkin tultu siihen tulokseen, että kasvien ja niiden välisten suhteiden tuntemus on sangen vaillinaista, ellei myös olla selvillä kasvien maanalaisista osista. Tämä tuntemus on jo käytännön kannaltakin huomattu välttämättömäksi sikäli kuin on kyseessä jonkin kasvin viljeleminen, kasvattaminen tai hävittäminen.

Puiden juuristoja on toistaiseksi tutkittu vielä vähemmän kuin muiden kasvien vastaavia osia. Metsätiede ei ole vielä ehtinyt näitä kysymyksiä paljoakaan selvittää. Kuitenkin on osoittautunut, ettei yksityisen puun ja metsikön kasvusuhteita ja kehitystä voida täysin ymmärtää, ellei olla selvillä myös juuristosta, sen muodoista, ulottuvaisuuksia ja kehityksestä eri olosuhteissa. — Jokainen puiden juuristoon kohdistuva tiedon lisä on näin ollen omiaan täydentämään metsän elinehtojen tuntemista ja siten välillisesti helpottamaan metsän kasvatusta.

Puiden juuriin kohdistuva tutkimus on kuitenkin saavuttanut ja saavuttaa varmaan vielä tuloksia, joilla on suoraan käytäntöön johtava merkityksensä. Näistä juuri on tässä tarkoitus esittää muutamia piirteitä.

Juuriston syvyys.

Otettakoon ensinnä tarkastettavaksi juurten syvyys. Tällöin kiintyy ennen muuta huomio siihen suureen merkitykseen, joka juurten syvyydellä on juuristojen keskinäisen kilpailun kannalta. Tämän ovat m. m. osoittaneet WOODHEAD (1906), CANNON (1911), MARKLE (1917) ja WEAVER (1919) tosin nojautuen pääasiallisesti ruohokasvien suhteen tehtyihin tutkimuksiin. Mainitut tiedemiehet ovat todenneet, että useissa kasvivyhdyskunnissa on havaittavissa juurten kerroksellisuutta, joka vaimentaa kilpailua ja tekee mahdolliseksi useampien lajien menestymisen samalla kasvupaikalla. — Allekirjoittanut on osoittanut (1927), että männyn horisontaalisen juuriston keskisyvyys

suurenee iän mukana (edellytettynä, että puu on saanut kasvaa suunnilleen normaalisissa oloissa), joskaan erot eivät ole vallon suuria. Tähän vaikuttaa jossain määrin puun ja juuriston lisääntyvä paino, mutta etupäässä se seikka, että vertikaalisista keskusjuurista lähtee horisontaalisia juuria sitä syvemmältä, mitä syvempään vertikaalinen juuristo on ennättänyt tunkeutua. Kun puun vertikaalinen juuristo kypsyyneellä iällä on saavuttanut lopullisen ulottuvaisuutensa, ei suuria muutoksia horisontaalisten juurten keskisyvyudessa enää tapahdu. Myöskin kuusen suhteen näyttää asia olevan samoin, vaikkakin tutkittu aineisto on verraten pieni. Joka tapauksessa on puheena oleva ilmiö omiaan osoittamaan, että eri ikäisten (tai paremmin eri kokoisten) puiden juuristojen välinen kilpailu on vähemmän ankaraa kuin saman kokoisten. Siten esim. taimisto ei ensimmäisinä ikävuosinaan kärsi kovinkaan paljon emäpuiden juuristojen kilpailusta.

Mutta suurempi käytännöllinen merkitys kuin äsken mainitulla ilmiöllä, on sillä seikkalla, että eri puulajien juuristot näyttävät myös keskimäärin kulkevan eri syvyyksillä. Tässä suhteessa on verraten niukasti suoritettu eksaktisia tutkimuksia, mikä onkin luonnollista, sillä ennen kuin mittauksilla on jotakin merkitystä, täytyy koko juuriston tai ainakin melkoisen osan siitä olla esiin kaivettuna ja mittauksia on suoritettava säännöllisin välein. Täten joudutaan keskikokoisen männyn juuristosta esim. suorittamaan n. 200 syvyysmittausta, vaikka mittaukset suoritetaankin vain 2 m:n välimatkoin. — Venäjällä on TOLSKI (1905, 1907) suorittanut männyn juuriston suhteen joukon syvyysmääräyksiä ja Suomessa on allekirjoittanut (1927) tutkiessaan männyn juuristoa myös selvittänyt sen horisontaalisen juuriston syvyydellä erilaisilla kasvupaikoilla. Kuusen juuristosta ei perusteellisia mittauksia liene tehty. Mutta sangen yleinen käsitys on, että kuusen horisontaalinen juuristo on varsin pinnallinen. Tätä käsitystä tukevat allekirjoittaneen (1927) mittaukset. Yhdeksän pienenlaisen kuusen (etupäässä alikasvopuita) pintajuuriston keskisyvyys tuli numeerisesti määrättyksi jonka ohessa tehtiin joukko silmämääräisiä havaintoja. Kun samoilta koealoilta määrättiin myös männyn vastaava keskisyvyys, voitiin poikkeuksetta todeta, että kuusen horisontaalinen juuristo kulki melkoista lähempänä pintaa kuin männyn. Varttuneiden kuusien suhteen ei mitauksia tehty, mutta ainakin pienikokoisten kuusten juuristo oli melkoista matalammassa kuin varttuneiden mäntyjen ja myöskin matalammassa kuin saman kokoisten mäntyjen. Kuivilla hiekkakankailla ei kuusia tutkittu. Olisiko niiden juuristo sielläkin ollut lähempänä pintaa kuin männyn, on epätietoista. — Koivun juuristoa on tutkittu vielä vähemmän kuin kuusen. Allekirjoittaneen (1927) suorittamat muutaman puun suhteen tehdyt mittaukset näyttävät viittaavan siihen suuntaan, että koivun vaakasuora juuristo kulkee ainakin yhtä syvässä kuin männyn, mutta sangen todennäköisesti vielä syvemmässä.

Yleensä mainitaan lehtipuita ammattikirjallisuudessa syväjuurisiksi (vrt. esim. ALBERT 1913 ja BURGER 1927) ja esim. bulevardipuina yleisesti käytettyjen lehmuksen ja vaahteran täytyy ollakin syväjuurisilla tullakseen toimeen mainituissa olosuhteissa.

Varsin syvälle ulottuva oli ainakin erään kookkaan, kadun varrelta poistetun lehmuksen juuristo, jonka sattumoisin tulin näkemään.

Edellä esitetystä johtuu eräitä kiintoisia päätelmiä. Ensimmäkin voidaan panna merkille, että mänty ja kuusi toisaalta ja kuusi ja koivu toisaalta eivät juuristoillaan kilpaile yhtä ankarasti kuin saman puulajin puut keskenään. Todennäköisesti on myös männyn ja koivun välinen juuristokilpailu lievempää kuin puhtaassa männikössä esiintyvä. Jos näin on laita, niin voidaan edelleen päätellä, että maan kasvovoima tulee parhaiten hyväksi käytetyksi, jos kaikkia kolmea puulajia tai ainakin kahta kasvatetaan yhdessä. Edellytyksenä tietenkin on, että kasvupaikka tosiaan on sellainen, jossa puheena olevat puulajit voivat menestyä. Ellei näinkään pitkälle tahdota päätelmässä mennä, on joka tapauksessa myönnettävä, että kuusialikasvoksen ja valtamännikön horisontaalisten juuristojen keskisyvytydet poikkeavat toisistaan siksi paljon, että niiden välistä kilpailua on pidettävä vähäisenä. Samaa voidaan sanoa kuusialikasvoksen ja valtakoivikon välisestä juurikilpailusta. Alikasvoksen ilmestymistä päämetsän alle ei siis ole katsottava karsain silmin siinä mielessä, että alikasvos haittaisi päämetsän kasvua. Onkin yleisesti tunnettua, että ainakin Suomen oloissa kuusialikasvos mainiosti viihtyy männikön ja koivikon alla.

Mikäli eri puulajien juuristot tulevat tarkoin tutkituiksi ja tietoja saadaan niiden syvyytasoista, on tämä suurena apuna kasvatettavien metsikköjen puulajikokoomusta suunniteltaessa. Kun nykyään harrastus sekametsien kasvattamiseen on lisääntymässä, olisi täysi syy valita puulajit siten, että juuristokilpailu niiden välillä olisi mahdollisimman vähäinen.

Juuristojen väliseen kilpailuun vaikuttavat luonnollisesti osaltaan myöskin vertikaaliset juuristot. Nämä muodostavat kuitenkin tavallisesti sekä männyllä että varsinkin kuusella koko juuristoon nähden jotensakin vähäisen osuuden. Niiden merkitys ei silti tietenkään ole vähäinen, mutta keskinäinen kilpailu vertikaalisten juurten välillä on kuitenkin suhteellisesti pientä. Erinäisissä tapauksissa tosin eri puuyksilöiden, jopa puulajienkin vertikaaliset juuret ohjautuvat samaa uomaan (esim. lahonneen juuren jättämää) alaspäin. Tällöinkin on kuitenkin kaikille riittävästi tilaa. Männyn ja kuusen välistä juuristokilpailua on yhtä kaikki omiaan vähentämään se seikka, että männyllä usein on voimakas ja verraten syvälle ulottuva vertikaalinen juuristo, kun taas kuusen vastaava juuristo yleensä on paljon heikompi tai puuttuu kokonaan.

Paitsi keskenään, kilpailevat puut vedestä ja avintoaineista myös muiden metsäkasvien kanssa. Varsinkin taimiasteella saattaa tämä kilpailu olla niin ankara, että se johtaa taimien tuhoon. Kysymykseen tulevat tällöin etupäässä varpukasvit, mutta myöskin ruohot ja heinät. On selvää, että nämä kasvit maan pintakerroksissa kilpailevat ankarasti puiden, varsinkin taimien ja nuorten puiden juuristojen kanssa. Mutta eräät tekemäni havainnot osoittavat, että varpujen, jopa eräiden heinienkin juuret saattavat ulottua melkoihin syvyyksiin. Jotta niiden merkitys juurikilpailussa tulisi selvitettyksi, olisi kuitenkin niiden juuristojen ulottuvaisuuksia tutkittava. Tällöin sel-

viäisi, mitkä metsämaan pintakasveista erikoisesti ansaitsevat rikkaruohon nimen ja mitä siis kannattaisi ryhtyä hävittämään tai ainakin vähentämään. Metsää uudistettaessa voisi tällöin tulla kysymykseen kulottaminen, johon tarpeen vaatiessa voisi liittää äestämisen. Joidenkin hidaskasvuisten kasvien suhteen voisi jo niittäminenkin tuottaa toivotun tuloksen. Metsän kasvuaikana olisi varjostaminen pääasiallinen keino rikkaruohoja vastaan ja tällöin voisi nimenomaan alikasvoksesta olla hyötyä puheena olevaan tarkoitukseen. Mahdollisesti voisi intensiivisimmässä oloissa tulla kysymykseen myös äestäminen metsän kasvuaikana, jolla toimenpiteellä samalla eräissä tapauksissa parannettaisiin maan fysikaalisia ominaisuuksia. — Rikkaruohojen poistaminen helpottaisi luonnollisesti paitsi juuristokilpailua myös kilpailua valosta.

Edellä mainitut toimenpiteet, kulottaminen ja maanpinnan rikkominen on tässä yhteydessä toisestakin syystä otettava käsiteltäviksi. Jotta nimittäin niiden vaikutusta elossa oleviin puuyksilöihin voitaisiin oikein arvostella, on tunnettava, millä syvyydellä puiden juuristo kulkee. Niinpä voi siemenpuiden juuristo helposti turmeltua tulen vaikutuksesta, ellei polttamista osata järjestää sen mukaan kuin minkin puulajin juuristo ja muut asiaan vaikuttavat olosuhteet vaativat. Aivan samoin on laita erilaisten muokausaseiden. Niiden terät tai piikit saattavat katkoa juuria siinä määrin, että puiden kasvu ja siis myös siemenen tuotantokyky vähenee. Toisaalta saattaa juurten osittainen kärventyminen tai katkeileminen olla hyödyksikin, nim. siten, että juuristokilpailu siemenpuiden taholta vähenee nuorennoksen hyödyksi. Tiheässä siemenpuuasennossa voi siis kulottaminen tai verraten syvällekin ulottuva maan muokkaus olla hyväksi, mutta harvassa asennossa on puiden kuntoisuus tietenkin pyrittävä säilyttämään aivan vähentymättömänä. Mutta jotta edellä mainittua haittaa voitaisiin välttää tai hyötyä käyttää hyväksi, on tietenkin tunnettava eri puulajien juuriston syvyytaso eri olosuhteissa.

Miltei sananparreksi on muuttunut väittämä, ettei männyn syvälle tunkeutuva juuristo sanottavasti vahingoitu ainakaan lievistä kuloista. Onhan kyllä totta, että osa männyn juuristoa voi tunkeutua hyvinkin syvälle ja tämä tietenkin jää vahingoittumatta, mutta suurin osa kulkee vaakasuorasti ja eräissä olosuhteissa varsin lähelläkin maanpintaa, jopa vain 2—3 cm:n syvyydellä (vrt. LAITAKARI 1927). Olisihan suorastaan ihme, ellei näin matalassa kulkeva juuristo vahingoittuisi kulossa tai erinäisiä muokkausvälineitä käytettäessä. Allekirjoittanut onkin tutkiessaan männyn juuristoa kulon aikanaan kohtaamalla kasvupaikoilla tavannut runsaasti tulen vioittamia tai tulen vaikutuksesta kuolleita ja lahonneita juuria. Ei siis ole syytä luulla, että jokin kulon kohtaama, eloon jäänyt männikkö silti olisi säilynyt vaurioilta. Sen juuristo on saattanut pahastikin vioittua, ja kun mänty verraten heikosti saattaa kehittää uusia juuria menetettyjen tilalle, on vahinko sitäkin tuntuvampi. Seurauksena saattaa olla niin huomattava kasvun väheneminen, ettei metsikön enempi kasvattaminen ehkä ole taloudellisesti edullista, varsinkin, jos on kyseessä vanhahko, jo hakkuukelpoinen met-

sikkö. Sen uudistaminen voi olla hyvin kannattava toimenpide, etenkin koska luontainen nuorentuminen juuri kulon jälkeen onnistuu hyvin.

Että kulon vaikutus saattaa olla nuorentumiselle eduksi nimenomaan emäpuiden juuristokilpailua vähentämällä, siitä mainittakoon esimerkkinä MELDERIN kertoma tapaus (MELDER 1911) Latviasta. Erään vanhan männikön alla ei tavattu lainkaan taimistoa, vaikka metsä osittain olikin harvaa ja repaleista. Sen sijaan eräässä saman metsikön osassa, jossa kulo oli käynyt, oli hyvä nuorennos. Osittain olivat tähän syynä palon aiheuttamat edulliset muutokset humuskerroksessa, mutta pääasiallisimpana syynä pitää MELDER juurikilpailun vähenemistä.

Väliin poltetaan harvennushakkauksen jättämät oksat ja risut metsässä kasoihin kerättyinä. Harvoin ovat kuitenkaan ympärillä olevien puiden juuristot niin syvässä, etteivät ne tästä toimenpiteestä pahoin kärsisi.

Juuristojen syvyydestä on edelleenkin oltava selvillä, kun tulee esille sellaisia kysymyksiä kuin sammalen tai jäkälän kerääminen metsästä. Tässä ei ole syytä puuttua siihen, mitä nämä toimenpiteet vaikuttavat humuksen muodostumiseen ja maanpinnan kosteussuhteisiin sinänsä. Mutta juuristojen kannalta on pantava merkille, että varsinkin kuusen juuret, mutta eräissä tapauksissa männynkin kulkevat siksi lähellä maanpintaa, että sammalen poistaminen saattaa ne kuivumiselle alttiiksi. Aivan nuorten kuusten juuret saattavat suorastaan paljastuakin, kun sammalpeite poistetaan. Jäkäläpeitteen merkitys sen sijaan lienee vähäisempi, se kun ei ole niin yhtenäinen eikä myöskään niin tiheä kuin sammalpeite.

Puiden käyttäminen kujapuina viljelysten keskellä tai kaupungeissa edellyttää myös juuristojen syvyydystason tuntemista. Kuusi ja mänty eivät tähän tarkoitukseen sovellu, koivu jo paremmin ja useat syväjuuriset jalot puulajit, kuten lehmus ja vaahtera mainiosti. Myös pajulajit ovat erikoisen sopivia.

Juuriston laajuus.

Juuriston laajuuden tunteminen voi monesti olla käytännönkin kannalta tärkeätä. Kun esim. tulevat kysymykseen hakkausalalan valmistamistoimenpiteet, on tiedettävä, kuinka lähelle reunametsää ja siemenpuita voidaan mennä, jos tahdotaan niiden juuristot säilyttää vahingoittumattomina. Varsinkin kulotuksen suhteen on tarpeellista siemenpuiden ja reunametsän suojaaminen ja sitä enemmän, mitä arempi puulaji on kyseessä.

Metsän ja viljelysmaan rajoittuessa toisiinsa on luonnollisesti tärkeätä tietää, miten pitkälle puut voivat juuristonsa ulottaa ja siten imeä ravintoa pellostä. Kujanepuita valittaessa, milloin kujanne kulkee viljelysmaan halki, on tietenkin myös edullista välttää laajajuuristoisia puita ja käyttää suppea- ja syväjuurisia.

Onko metsikön luontainen tiheys suoranaisesti riippuvainen juuristojen laajuudesta,

ja olisiko siis esim. harvennushakkauksien astetta määrättäessä otettava huomioon juuristojen laajuus, on toistaiseksi ratkaisematon kysymys. Eräät tosiasiat puhuvat mainitun riippuvaisuuden olemassaolon puolesta. Niinpä yhtä kookkaiden (puut keskimäärin yhtä suuria) luonnontilassa olevien saman puulajin metsikköjen puuluku hehtaaria kohti kasvaa sikäli kuin siirrytään huonommasta metsätypistä parempaan (Y. ILVESSALO 1920). Samalla tavoin pienenee juuristojen laajuus laihasta metsämaasta viljavampaan päin (LAITAKARI 1927), mikäli on kyseessä samantapainen maalaji. Juuriston laajuuden ja maalajin välillä on siis olemassa riippuvaisuutta, jota taas ei ole havaittavissa maalajin ja metsän luontaisen tiheyden välillä. Myöskin on kuusikon puuluku hehtaaria kohti paljon suurempi kuin yhtä kookkaan männikön, vaikka kuusen juuristo todennäköisesti on laajempi kuin männyn. Tässä on ehkä eräs kuusen suuremman varjonsietävyyden ilmenemismuoto. Huomiota ansaitsee tässä yhteydessä myös HILFIN (1927) havainto, jonka mukaan kuusen vaakasoran juuriston haarova osa lankeaa latvuksen ulkopuolelle, joten sen varsinaisesti toimiva osa siis olisi melkoista pienempi kuin juuriston kokonaisala.

Harvennushakkauksia toimitettaessa on tärkeätä tietää, miten kauas poistettavan puun juuristo ulottuu. Vasta kun puun vaikutuspiiri on suunnilleen tunnettu, voidaan arvostella, mitä puun poistaminen vaikuttaa.

Puiden juuristo ja metsämaan rakenne.

Eräs käytännön kannalta huomattava seikka on entisten puusukupolvien juurten merkitys nykyisen metsän kannalta. Kuten eräät tutkijat m.m. WYISOTSKI (1899), SAWITŠ (1906) ja TOLSKI (1911) Venäjällä sekä ALBERT (1913), LIESE (1927) ja HILF (1927) Saksassa sekä allekirjoittanut (1927) Suomessa ovat todenneet, käyttävät nimittäin juuret usein kulkuteinään entisten puiden lahoavia juuria tai niiden jättämiä uomia. Erittäinkin vertikaalisille juurille näyttää näillä kulkuteilla olevan suuri merkitys, mutta myös horisontaalisia juuria on tavattu lahoavien juurten uomissa. ALBERTIN (1913) mukaan on Lüneburgin nummella erittäinkin lehtipuilla suuri merkitys siinä suhteessa, että ne valmistavat maaperää muillekin puulajeille. Yleensäkin vaikuttavat puiden lukemattomat risteilevät juuret sen, että maan rakenne, arkkitehtuuri säilyy sopivana metsän kasvatukselle.

Siihen suureen merkitykseen, joka puiden juurilla on metsämaaperän arkkitehtuurin luomisessa, on erittäinkin BURGER (1922, 1929) kiinnittänyt huomiota. — Jos nyt maan rakenne tavalla tai toisella tulee rikotuksi, on uudella puusukupolvella tavallista suuremmat vaikeudet voitettavanaan. Tämä rikkoutuminen saattaa tapahtua esim. siten, että maa välillä joutuu maataloudelliseen käyttöön: pelloksi, niityksi tai laitumeksi tai siten, että maa pitkiksi ajoiksi jää paljaaksi.

On yleisesti tunnettua, miten vaikeaa on metsittää kauan aukeina olleita maita, ja myös entisten peltojen metsittäminen on usein sangen työlästä. Metsittämisvaikeus on

tietysti myös riippuvainen maan laadusta. Vaikeita ovat etenkin tiiviit ja soistumaan taipuvaiset maat, mutta myös hiekkamaat voivat olla hyvinkin työläitä metsitettäviä. Niiltä häviävät nopeimmin lahoamisen vaikutuksesta entiset juuret ja niiden käytävät tukkeutuvat. Tällaisten maiden suuri laihuus on myös usein esteenä taimien menestymiselle. On kyllä mahdollista, että pitkä aukeana olo on voinut aiheuttaa maaperään muitakin epäedullisia muutoksia, jotka estävät metsittymistä, mutta yhtenä syynä on epäilemättä juurikanavien tukkeutuminen. Tästä tulee elävästi vakuutetuksi tutkissaan puiden juuristoja. Sillä jo yhden ainoan puun juuristo voi muodostaa uskomattoman tiheän verkoston, ja tiheässä metsässä on tämä verkosto vielä monin verroin tiheämpi ja monisokkeloisempi.

Jos siis tahdotaan välttää metsittämisvaikeuksia, on aukeat alat, esim. kulon hävitämät alueet saatettava metsää kasvamaan ennen kuin juuret ennättävät lahota ja niiden jättämät käytävät tukkeentua. Milloin entisiä peltomaita metsitetään, on kulttuuri tehtävä mahdollisimman huolellisesti ja sopivinta puulajia käyttäen. Myös on kulttuurista aluksi pidettävä erikoista huolta, koska epäonnistumisen mahdollisuudet ovat suuret. Tässä yhteydessä mainittakoon, että maassamme ennen niin yleinen kaskeaminen ei hävitä puheena olevaa maan rakennetta ainakaan enemmälti, maan muokkaus kun on pinnallinen eikä maataloudellista käyttöä kestä yhteen jaksoon kuin enintään muutaman vuoden. Entiset kaskimaat ovatkin, kuten tunnettua, yleensä metsittyneet varsin hyvin luonnon kylvöstäkin ja niin ikään milloin kulttuuri on toimitettu. Sen sijaan metsittyvät luonnon varaan jätetyt pellot tavallisesti sängen hitaasti.

Melkoisessa määrässä hävittää metsämaan luonnollisen rakenteen tietenkin kantojen raivaaminen. Meikäläisissä oloissa on männyn kantoja jossain määrin raivattu metsämaita tervateollisuutta varten, mutta Keski-Euroopan maissa, missä puun hinnat ovat korkeat, harjoitetaan kantojen raivaamista paikoin yleisesti. Toimenpidettä on pidetty metsänhoidollisestikin sangen suotavana, koska siten hävitetään tuhohyönteisten pesimispaikkoja ja samalla valmistetaan muokattuja aloja luonnon siemennystä varten.

ALBERT (1923 a), joka aikaisemmissa tutkimuksissaan oli voinut panna merkille, miten tärkeitä kulkuteitä lahoavat juuret ovat uudelle puusukupolvelle, ryhtyi vastustamaan kantojen raivausta pitäen sitä nimenomaan metsälle vahingollisena toimenpiteenä. HILF ja LIESE (1923) esittivät silloin sen mielipiteen, ettei kantojen raivaus huolellisesti toimitettuna (kannon paikalle syntynyt kuoppa täytetään) ainakaan hiekkamailla olisi haitaksi. ALBERTkin (1923 b) myöntää, ettei vahinko hiekkamailla ole niin suuri kuin kiinteillä saviperäisillä mailla, joilla kannon paikka muuttuu sateitten vaikutuskesyksi niin tiiviiksi, etteivät taimet siinä ota kasvaakseen. — Epäilemättä on kuitenkin kantojen raivaamisesta hiekkamaillakin suurta vahinkoa, vaikkapa kuopat huolellisesti täytettäisiinkin. Tosin eivät kantojen mukana edes kaikki vahvimmatkaan juuren osat tule irti kiskotuiksi, mutta juuri entisten kantojen paikoilta saavat usein esim. männyn vertikaaliset juuret alkunsa, kuten allekirjoittanut on osoittanut (1927).

Koska vertikaalisten juurten tehtävänä usein on toimia veden ottajina pohjavedestä, on niiden merkitys juuri kuivilla hiekkamailla suuri. Tämän seikan tärkeyden on myös ALBERT (1913) pannut merkille Lünebergin nummilla. Ei siis hiekkamaillakaan voida puolustaa kantojen raivaamista, jos tahdotaan pitää silmällä uuden puusukupolven etuja. Jos halutaan hävittää kantojen tarjoamat tuhohyönteisten pesimäpaikat, voidaan kannot kuoria, kuten Latviassa nykyisin on tapana. Suurta alaa ei sitä paitsi asianmukaisesti kaadetun puun kanto tarjoakaan hyönteisten olopaikaksi. Mikäli kuitenkin kannoista saatava hinta jollakin paikkakunnalle on erikoisen korkea, voidaan raivaamista puolustaa. Mutta tällöinkin on otettava varteen, ettei poisteta muuta kuin juurakon järein osa. Lisäksi on maahan syntyvä kuoppa huolellisesti täytettävä siten, ettei maan painumisen jälkeenkään muodostu syvennyksiä.

Kun edellä on nähty, mikä suuri merkitys puiden juurilla on metsämaan rakenteen luomisessa, käy ilman muuta selville, että aukeita maita metsitettäessä ovat edullisimpia sellaiset puulajit, joiden juuristo on runsas ja syvällä kulkeva. Mänty, jonka juuristo varsinkin hiekkamailla enimmäkseen on hyvin pinnallinen, ei siis ole erikoisen suositeltava. ALBERT (1907) ja ZIMMERMANN (1908) esim. pitävät lehtipuita ja Douglaskuusta sopivana tällaisessa tapauksessa; koivua ei kuitenkaan suositella. Meikäläisissä oloissa on koivu esim. entisillä pelloilla epäilemättä havupuita sopivampi. Kuivilla kanervakankailla koivu kasvaa kovin hitaasti, mutta männynkin kasvu saattaa olla perin kituvaa, kuten esim. Siikakankaan kulttuurit osoittavat. Olisi tutkittava tarjoako koivu maaperän möyhentämisessä tällaisilla mailla etuja männyn rinnalla. Allekirjoittanut on tutkinut (1927) erään tapauksen kanervatyypin maalta, jolloin rinnan korkeudelta 15.5 senttisen männyn ja 10.5 senttisen koivun juuristot olivat jokseenkin yhtä laajat ja niiden kokonaispituudetkin varsin lähellä toisiaan. Koivun horisontaalisten juurten keskisyvyys oli kuitenkin paljon suurempi, nim. 17.9 cm, kun männyn oli vain 8.8 cm. Kuitenkin oli kasvupaikka kanervatyypiksi hyvänlaista ja maaperä oli moreenia. Olisiko hiekkamaan kanervatyypillä ainakaan näin suurta eroa juuristojen syvyyksissä, on epätietoista. — Muiden puulajiemme juuristoja on vain vähän tutkittu. Kuitenkin näyttää siltä, että esim. lehtikuusi (vrt. HEIKINHEIMO 1926) ja tervaleppä (vrt. KUJALA 1924 ja HILDÉN 1929) niille sopivilla kasvupaikoilla olisivat erinomaisia maan möyhentäjiä.

Tässä yhteydessä mainittakoon, että puiden juuret myös halukkaasti käyttävät kulkutienään suuria maatuneita runkoja (vrt. LAITAKARI 1927). Vaikkakaan kokonaisten runkojen jättäminen maatumään ei järjestetyssä metsätaloudessa juuri tule kysymykseen, täytyy ekstensiivisissä oloissa melko järeitä latvuksia jättää metsiin lahoamaan.

Yhteenkasvettumat.

Tutkittaessa puiden juuristoja tullaan ennen pitkää panneeksi merkille, miten yleisesti eri puuyksilöjen juuret ovat keskenään kasvettuneet yhteen. GÖPPERT (1842,

1846) jo aikoinaan mainitsee, että kuusi- ja jalokuusimetsiköissä tällaiset yhteenkasvetumat ovat sangen yleisiä. Saman ilmiön mainitsee PFEIL (1860). Allekirjoittanut on todennut (1927), että myöskin männikössä eri puuyksilöjen väliset elimelliset yhteenkasvetumat ovat varsin yleisiä, joskaan ei ehkä niin yleisiä kuin kuusikoissa. Milloin yhteenliittyminen tapahtuu lähellä tyvää ja kyseessä siis ovat järeät juuret, on tämä liittyminen epäilemättä omiaan vahvistamaan kumpaakin puuta myrskyä vastaan (vrt. LAITAKARI 1929). Liittymän ei tällöin edes tarvitse olla elimellinen ja tällä tavoin voivat siis eri puulajiakin olevat lähekkäiset puut tehokkaasti tukea toisiaan. Kun siis metsikköä harvennetaan, menettävät useat puut paitsi sitä tukea, jonka oksistojen toisiinsa nojautuminen tuottaa, myös sen tuen, jonka aiheuttaa juurten yhteenkasvetuminen tai yhteenliittyminen. Tämä tuki vähenee tuntuvasti jo sen johdosta, etteivät poistetut puut enää ole painollaan lujittamassa yhteistä juurirakennelmaa. Myöhemmin kun poistettujen puiden kannot alkavat lahota, vähenee tuki edelleen. Toisaalta ovat puut jo tällöin tottuneet omin neuvoinkin tuulta kestämään.

Mutta puiden juuristojen keskinäinen yhteenkasvetuminen vaikuttaa toisellakin tavoin puiden keskinäisiin suhteisiin. On nim. näytetty toteen (LAITAKARI 1927), että osa jonkin kaadetun puun juuristosta voi yhteenkasvettumien välityksellä siirtyä jonkin jäljelle jääneen puun »palvelukseen». Varsinkin tiheissä metsiköissä täytyy tämän tapahtuman olla melko yleinen. Vaikkakaan kyseessä oleva ilmiö ei suoranaisesti vaikuta metsänhoidollisiin toimenpiteisiin, on syytä tässä yhteydessä huomauttaa, että osa harvennushakkausten edullisesta vaikutuksesta jäljelle jäävän metsikön kasvuun on luetava juuri tämän ilmiön ansioksi ja sitä suuremmassa määrässä, mitä tiheämpi metsikkö on kyseessä. Tältäkin kannalta on siis syytä välttää kantojen ja juurien poistamista harvennusaloilta. Mikäli tällainen tulee kysymykseen, on siitä tietenkin myös se haitta, että vahingoitetaan samalla elävien puiden juuria. — Toisinaan on havaittavissa edellä kerrotulle ilmiölle vastakkainenkin, nim. kasvavan puun juurien astuminen kaadetun puun palvelukseen. Tällaisesta voi olla seurauksena kannon kyljestyminen (kallusmuodostuma kannon leikkauspinnassa), joka kuusella ja jalokuusella on verraten yleinen ilmiö. Käytännöllistä merkitystä sillä ei tietenkään ole, mutta se on omiaan osoittamaan, miten juurien toiminta juuristojen yhteenkasvettumisen vaikutuksesta voi saada varsin omituisiakin muotoja.

Juuriston muoto.

Mitä tulee puiden juuriston muotoon kokonaisuutena ottaen, on senkin tunteminen käytännöllisen metsänhoidon kannalta monesti tärkeää. Jos esim. olisi tunnettu paremmin tavallisimpien metsäpuiden juuriston rakenne, ei sellaisia erehdyksiä olisi tehty kuin aikoinaan tapahtui puristusistutusta käytettäessä tai milloin istutettavien taimien juuristo kastettiin savivelliin, jotta se helpommin saatiin kuoppaan sopimaan. Mutta metsänhoitajan on tarpeellista tuntea myös isompien, varttuneiden puiden juuriston

rakenne ja sen vaihtelut kasvupaikasta riippuen. Sellaisille paikoilla, missä juuristo ei pääse lujasti maahan kiinnittymään, on syytä harventaa varovaisemmin ja samoin on tietenkin muutkin hakkuut suoritettava varoen. On selvää, että hakkuissa on myös eri puulajien juuriston rakenne otettava huomioon. Varsinkin sellaisissa maissa, missä kasvatetaan lukuisia puulajeja, on tämä tärkeä seikka.

Puiden ja metsikköjen tuulenkestävyyttä pyrkii metsänhoitaja ottamaan huomioon m.m. siten, että hakkaus johdetaan kohtisuoraan vallitsevan tuulen suuntaa vastaan. Tässä yhteydessä voi olla hyödyksi tuntea se tosiseikka, että puut jo luonnostaan ovat varustaneet juuristonsa siten, että se on lujin juuri vastaanottamaan vallitsevia tuulia. Huomattakoon myös, että puut lujan vertikaalisen juuriston puuttuessa pyrkivät toisilla tavoin jalustaansa lujittamaan (vrt. LAITAKARI 1927 ja 1929).

Juuriston tuntemus tulee kyseeseen myös sellaisessa tapauksessa, jolloin jotakin puulajia on tarkoitus hävittää toisten tieltä. Kun esim. tiedetään, että haapa kehittää juuristaan suunnattoman määrän vesoja, on haavan poistamiskeinoksi keksitty juuriston tappaminen kaulaamalla (kuorimalla) puut pystyyn. On hyvin mahdollista, että esim. harmaanlepän juuriston tarkka selvittely voisi johtaa johonkin varsin käytännölliseen menetelmään tämän enimmäkseen kiusallisen puulajin hävittämiseksi.

Juuripuun kuution selvittely.

Lopuksi mainittakoon eräs juuritutkimuksen tulos, jolla teknillisessä suhteessa on merkityksensä. Tarkoitan juuripuun kuution prosenttista suhtautumista rungon kuution ja yleensä juuripuun kuution selvittelyä. Vaikka edellä ei suinkaan ole suoritettu juuripuun hyväksi käyttöä, voi se eräissä tapauksissa tulla kysymykseen, ja silloin ovat mainitut tiedot hyödyksi. Samaten on hyödyksi tieto siitä, kuinka kaukana tyvestä pääasiallinen osa kuutiosta sijaitsee ja kuinka suuri osa lankeaa itse kannon, kuinka suuri vertikaalisten ja suuriko horisontaalisten juurten osalle (vrt. LAITAKARI 1927). — Myös raivaustyössä on eduksi etukäteen tuntea juuriston muodostus erilaisissa olosuhteissa, jotta sen mukaan voidaan kustannuksia arvioida.

Esitetyt viittaukset riittävät osoittamaan, että eri puulajien, osittain myös pinta-kasvillisuuden juuristoihin kohdistuvilla tutkimuksilla on paitsi teoreettista, myös melkoinen käytännöllinen merkityksensä. Sellaisessa metsätalouksessa kuin Suomi, on siis täysi syy jatkaa puheena olevia tutkimuksia.