

MÄNNIKÖIDEN JA KUUSIKOIDEN  
JUURISUHTEISTA

I.

ERKKI K. KALELA

ON THE HORIZONTAL ROOTS IN PINE AND  
SPRUCE STAND I

HELSINKI 1949

HELSINKI 1949  
SUOMALAISEN KIRJALLISUUDEN SEURAN KIRJAPAINON OY.

## Alkulause

Käsillä oleva tutkimus on syntynyt aikaisempien juuristotutkimusteni luonnollisena seurauksena, tarpeesta luoda taustaa vastaisille juuristotutkimuksille ja pyrkimyksestä selvittää juuristojen osuutta ja merkitystä metsien kehityksessä ja erityisesti niiden uudistumisessa, päämääränä tarkoituksenmukaisimpiin metsikön käsittelytapoihin pääsemisen edistäminen.

Tutkimuksen tämän osan suorittamista varten olen saanut Suomalaiselta Tiedekatemialta vuosina 1946 ja 1947 apurahan, josta lausun kunnioittavat kiitokseni. Erityisesti työn suunnitteluvaiheessa minulla on ollut tilaisuus neuvotella prof. Erkki Laitakarin ja prof. V. T. Aaltosen kanssa. Tohtori P. J. Viro on taas antanut apuaan maalajien määrityksessä ja maan kuvausten teossa. Rouva Raija Kaattu (o.s. Leuku) on suorittanut pääosan huolellisuutta ja tarkkuutta vaativasta juuristojen seulomistyöstä sekä laboratoriokäsittelystä ja siten ratkaisevalla tavalla jouduttanut ja helpottanut tutkimuksen valmistumista. Kaikille heille lausun parhaat kiitokseni.

Lopuksi kiitän vielä niitä Hyytiälässä kesinä 1946—48 harjoitustöissä olleita oppilaitani, jotka ovat tarjonneet apuaan erityisesti apukuoppien kaivamisessa ja metsiköiden mittauksessa.

Helsingissä 1. 2. 1949.

*Erkki K. Kalela.*

## Sisällysluettelo.

	Sivu
Johdanto .....	7
Metsäpuiden juuristojen tutkimisen menetelmistä .....	9
Tutkimusmenetelmä, tutkimusaineiston keruu ja käsittely .....	16
Ulkotyöt .....	16
Sisätyöt .....	20
Aineisto .....	22
Tutkimuksen tulokset .....	25
Säännöllisen luonnonnormaalin metsikön vaakasuora juuristo .....	25
Kokonaisjuurimäärä .....	25
Juurien jakaantuminen eri maakerroksiin .....	27
Juurien jakaantuminen eri paksuusluokkiin .....	33
Alle 1 mm:n paksuisten juurien esiintyminen .....	35
Yli 5 mm:n paksuisten juurien esiintyminen .....	37
Juurimäärä puuston m <sup>3</sup> :ä kohden .....	38
Juurimäärä maa-dm <sup>3</sup> :ä kohden .....	40
Vaakasuoran juuriston tilavuus .....	40
Puuston ja pintakasvillisuuden juurisuhteista .....	43
Puiden vaakasuora juuristo .....	46
Kokonaisjuurimäärä ja sen jakaantuminen eri paksuusluokkiin ja maakerroksiin .....	46
Yhdistelmä .....	54
Kirjallisuusluettelo .....	57
Summary .....	62
Taulukot .....	69

## Johdanto

Käsillä olevan tutkimuksen tarkoituksena on selvittää t a s a i k ä i s t e n, luonnonnormaalien puolukkatyyppin männiköiden ja mustikkatyyppin kuusikoiden vaakasuoran juuriston määrää, laatua ja syvyysjakaantumista. Se on siis rajoitettu käsittämään vain sen juuriston osan, joka leviää puiden välikohdissa etupäässä maan pinnan suuntaisesti ja yleensä lähellä maan pintaosia. Siihen kuuluvat siten myös ne vaakasuoran juuriston juurten haarat, jotka etäämpänä puun tyvestä painuvat jyrkästi maan sisään ja jotka L a i t a k a r i (1927) lukee vertikaalisiksi juuriksi. Käsittelyn ulkopuolelle jää taas käytännöllisesti katsoen kokonaan se juuriston osa, josta L a i t a k a r i käyttää nimitystä keskusjuuristo, ja jolla hänen mukaansa tarkoitetaan »lähellä puun tyveä olevaa juuriston osaa, joka siis käsittää koko keskussyväjuuriston ja tämän lisäksi osan pinta-juuria, nim. 1—1.5 m:n etäisyydelle puun tyvestä.» Viimeksi mainittu etäisyys tarkoittaa luonnollisesti suurenpuoleisia puita; taimien keskusjuuristot eivät ulottune näin pitkälle.

Tutkimuksen rajoittaminen täten on johtunut siitä, että pääpyrkimyksenä on ollut selvittää juuristoja juuristokilpailun kannalta. Kuta enemmän näet juuristokilpailua ja siihen liittyviä kysymyksiä selvittelään, sitä useammin joudutaan toteamaan, miten vähäiset tietomme ovat, kun ovat kysymyksessä m e t s i k ö i d e n juuristot ja niiden levinneisyys metsämaassa. Miten paljon vaakasuoria juuria on säännöllisesti kehittyneissä, täysitiheissä metsiköissä, miten ne jakaantuvat eri paksuusluokkiin ja maan eri syvyyskerroksiin, minkälainen on metsätyyppin ja maalajin vaikutus tässä suhteessa, mikä on metsikön tiheyden vaikutus juuristosuhteisiin ym. ovat kaikki kysymyksiä, jotka kaipaavat selvitystä, jotta juuristokilpailun merkitystä ja tehoa voitaisiin arvioida. Meillä täytyy toisin sanoen olla käsitys ainakin normaalitapauksina pidettävien metsiköiden juurisuhteista ennen kuin voimme saada juuristotutkimuksille sellaisen taustan ja pohjan, jota vasten yksittäisiä metsikkötapauksia voi-

daan arvostella, samoin kuin kasvu- ja tuottotaulukot vasta ovat antaneet meille selvän käsityksen metsiköiden maanpäällisistä osista.

Juuristokilpailun vaikutus tuntuu kautta koko metsikön elämän, mutta metsänhoidollisena tekijänä sillä on merkitystä erityisesti metsiköitä uudistettaessa. Kun metsikön kaikkina muina kehityskausina valon ja juuristokilpailun vaikutus metsien kehitykseen tuntuu niin saman suuntaisena, että yleensä on tarpeetonta ruveta erittelemään, kumman merkitys mahdollisesti on suurempi, niiden vaikutukset metsien uudistumisvaiheessa sen sijaan näyttävät enemmän loittonevan toisistaan. Tässä vaiheessa taimiston syntyminen ja sen kehitysmahdollisuudet ovat hyvin vaikuttavalta osalta riippuvaisia emämetsän puiden juuristojen elintoiminnasta, tiheydestä ja syvyydestä, ja kun taimien juuret ensi aikoinaan jokseenkin yksinomaisesti leviävät aivan maan pintaosiin ja joutuvat kosketukseen emäpuun juuriston sen osan kanssa, joka on levinnyt näihin maakerroksiin, on luonnollista, että juuristokilpailun kannalta näiden maakerrosten juurisuhteet lähinnä kaipaavat selvitystä. Keskusjuuriston selvittely ei tässä mielessä ole läheskään niin tärkeä ja sen vuoksi se myöskin käsillä olevassa tutkimuksessa on jäänyt syrjään. Tämä on voinut tapahtua hyvällä syyllä myös sen vuoksi, että jokseenkin kaikissa juuristoja käsittelevissä tutkimuksissa tämä juuriston osa on joutunut selvittelyn alaiseksi, joten ainakin tavallisimpien metsäpuiden keskusjuuristosta meillä alkaa olla osittain jo hyväkin käsitys, mitä sen sijaan suinkaan ei voida väittää ainakaan metsiköiden maan pinnan suuntaisesti leviävistä juuriston osista.

Tältä pohjalta käsillä oleva tutkimus on lähtenyt, siinä mainittuja kysymyksiä selvittelemään se on tarkoitettu ja tätä tarkoitusta silmällä pitäen sen tutkimusmenetelmät on kehitetty.

## Metsäpuiden juuristojen tutkimisen menetelmistä

Metsäpuiden juuristojen järjestelmällistä tutkimista on tosin suoritettu jo noin sadan vuoden ajan, mutta siitä huolimatta ne ymmärrettävästi sittenkin ovat saaneet paljon vähemmän huomiota osakseen kuin puiden maanpäälliset osat, epäilemättä suureksi vahingoksi metsätieteelle ja metsien hoidolle. Paljon ovat tähänastiset tutkimukset jo juuristoja selvittelleet, mutta paljon myös vielä kaivataan tietoja ja jokainen uusi juuristotutkimus tuo aina ennen tuntemattomia ja tärkeitä seikkoja päivänvaloon, seikkoja, jotka vaikuttavat metsien käsittelytapoihin ja käsityksiimme metsien elämästä. Tähänastisten juuristotutkimusten tärkeimmät tulokset on esitelty monissa julkaisuissa (mainittakoon niistä vain *Freidenfelt* 1902, *Laitakari* 1927, *Stevens* 1931, *Lutz*, *Ely* ja *Little* 1937 ja *Aaltonen* 1940), joten niiden kertaaminen tässä yhteydessä on turhaa. Sen sijaan juuristotutkimuksen metodiikan tarkastelulla on tietty mielenkiintonsa, joten lienee paikallaan esittää siitä eräitä tärkeimpiä piirteitä.

Ensimmäiset metsäpuiden juuristojen kuvaukset lienevät etupäässä perustuneet vain havaintoihin, joita tehtiin tuulen kaatamista puista, pellon raivausten, tervaskantojen noston ja muun sellaisen työn yhteydessä. Ne jäivät siten puutteellisiksi, monesti yksipuolisiksi ja kohdistuivat etupäässä vain keskusjuuristoon, kannon alla ja sen lähiympäristössä olevaan vahvoja juuria käsittävään juuriston osaan. Ne tosin saattoivat antaa kokolailla oikean käsityksen esim. puiden myrskynkestävyyteen vaikuttavista syistä, mutta juuristojen hennompien osien rakenne jäi vielä kokonaan selvittämättä.

Kun juuristoja järjestelmällisesti alettiin tutkia, kohdistuivat tutkimukset alkuaikoina jokseenkin yksinomaisesti pikkutaimien ja nuorien puiden juuristojen selvittelyyn. Tällöin käytettiin sekä astiakokeita, koeviljelyksiä että luonnontaimien juurien esille kaivamista. Tyypillisiä tämän ajan tutkimuksia ovat mm. *Nobben* (1875), *Ter-Sarkisovin* (1882), *Savitsin* (1882) ja *Schwartzin* (1892) tutkimukset, joissa etupäässä astiakokeilla on

tutkittu eri puulajien pikkutaimien juuristojen ensi kehitystä erilaisissa olosuhteissa ja siten saatu esille eräitä juuristoille luonteenomaisia piirteitä.

Vaikka juuristotutkimuksen menetelmät myöhemmin ovatkin kehittyneet ja monipuolistuneet, ovat nuorilla taimilla suoritettut astiakokeet samoin kuin taimitarhoissa suoritettut koeviljelykset ja nuorien luonnon-taimien juuristojen tutkimukset jatkuvasti saaneet huomiota osakseen. Etupäässä niillä on tahdottu selvittää, miten eri puulajien juuristot suhtautuvat ympäristöönsä, erilaisiin maalajeihin, maan vaihtelevaan ravintorunsauteen, tielle tuleviin esteisiin jne., samoin kuin juurien kasvua ja sen periodisuutta ym. Tällaisten kokeiden ja tutkimusten suurena etuna muihin juuristojen tutkimusmenetelmiin verrattuina on se, että ne ovat suhteellisen vähätöisiä, johtavat tuloksiin jo melko lyhyessä ajassa ja että niissä tulosityhdistelmiä varten voidaan saada koko juuristo hienoimpia juuren haaroja myöten talletetuksi ja tutkituksi. Varjopuolena näillä menetelmillä on taas se, että niillä voidaan selvittää ainoastaan taimien juuristoja, eikä suinkaan ole sanottu, että kaikki taimien juuristoille ominaiset piirteet olisivat luonteenomaisia myös vanhoille puille. — Erittäin lukuisista tähän luokkaan kuuluvista niin vanhemmista kuin uudemmista tutkimuksista nimettäköön edellä mainittujen lisäksi vielä seuraavat: *W i e l e r* (1894), *B ü s g e n* (1901), *M o r o s o w* (1900, 1902), *M ö l l e r* (1902, 1903), *E n g l e r* (1903), *S c h o t t* (1904), *H i t r o v o* (1908), *G o l o v j a n k o* (1909), *M a t t h e s* (1911), *A a l t o n e n* (1920), *H a a s i s* (1921), *M o o r e* (1922), *W i b e c k* (1923), *S c h r e i b e r* (1926), *H e s s e l n i k* (1926, 1930), *S t e v e n s* (1931), *P o s k i n* (1934), *H e r t z* (1935), *G a i l* ja *L o n g* (1936), *R o z e* (1938), *P e s s i n* (1939) *R e e d* (1939), *H e i k i n h e i m o* (1940, 1941), *T o z o y e* (1940), *K a l e l a* (1942) ja *A a l t o n e n* (1942).

Pääosa juuristotutkimuksista onkin kohdistunut näiden pienien taimien juuristojen selvittelyyn. Niitä on tietenkin tarvittu taimitarhoja, metsänviljelyksiä, metsän uudistamista ym. koskevien seikkojen selvittelyyn, mutta verrattuina niihin suhteellisen harvoin täydellisiin tutkimuksiin, joita isojen puiden juuristoista on suoritettu, tuntuu helposti siltä kuin isojen puiden juuristojen tutkimisen aiheuttama suuri työmäärä, työn vaivalloisuus ja juuristojen kuvaamiseen liittyvät vaikeudet olisivat peloitaneet tutkijoita.

Vähitellen kuitenkin alkuaikojen kokolailla yksinomaisesta taimien tutkimisesta siirryttiin selvittämään yhä suurempien puiden juuristoja ja tällöin on erityisesti venäläisillä tutkijoilla ansiot tutkimusmenetelmien

kehittämisessä. *V y i s o t z k i* (1906) ja *S a v i t s* (1906) selvittelivät jo mittauksilla tammen ja männyn juuriston syvyysulottuvuuksia ja leviämistä vaakasuoraan suuntaan. Varsinaisia juuristojen kartoituksia he eivät vielä suorittaneet, mutta etenkin keskusjuuristoa esittäviä sivulta tehtyjä piirroksia liittyy tekstiin lukuisasti. Vaakasuoran juuriston kartoittamisen otti vasta *T o l s k i* käytäntöön v. 1911 ilmestyneessä tutkimuksessaan. Hänen lukuisat juuristotutkimuksensa koskivat sekä nuoria että vanhoja ja suuria puita. Käsitäten sen vaikeuden, joka sisältyi siihen, että vaakasuoran juuriston eri syvyyskerroksiin levinneet osat kartoitettaessa on projisoitava yhteen tasoon, jolloin kuva varsin paljon menettää havainnollisuudestaan ja monesti vain vaillinaisesti pystyy tuomaan olennaisimmat piirteet esille, *T o l s k i* laati kartan jokaiselle 5 cm:n syvyyskerrokselle erikseen. Tälläkin menetelmällä on kuitenkin varjopuolensa. Paitsi sitä, että se on varsin suuritöinen, ja vaikea luonnossa suorittaa, siinä yleiskatsauksellisuus menettää paljon, puhumattakaan siitä, mitä se painatuskustannuksissa merkitsee, etenkin jos on kuvattava monien puiden juuristoja. Menetelmä ei tietävästi olekaan saanut seuraajia. Sen sijaan *T o l s k i* n esittämät tavalliset, yhteen tasoon projisoidut juuristokartat ovat puutteistaan huolimatta ehkä tärkeimpiä juuristotutkimusten kuvaustapoja.

Juuristojen kartoittamista tässä mainitulla tavalla käytetään jatkuvasti yksittäisten puiden juuristojen kuvaamiseen, joskin menetelmää on myöhemmin täydennetty. Täydennyksenä on tällöin ennen kaikkea käytetty yhä perusteellisempia mittauksia, joilla kartoituksen ohella on pyritty selvittämään monia juuristoille tyypillisiä piirteitä, mm. juuristojen kokonaispituutta, tiheyttä, syvyysjakaantumista jne. Täydellisimmät näistä tällä tavoin suoritetuista tutkimuksista ovat *L a i t a k a r i n* (1927, 1934) männyn ja koivun juuristojen selvittelyt, joissa sitä paitsi on lisäksi käytetty valokuvausta ja juuristojen profiilipiirroksia. Täten onkin saatu Suomen oloissa kasvavan männyn ja koivun juuristoista varsin perusteellinen käsitys.

Joskaan niin perusteellisia ja täydellisiä tutkimuksia kuin *L a i t a k a r i n* ei liene myöhemminkään ilmestynyt, on kuitenkin nuorten ja keski-ikäisten puiden juuristoista olemassa joukko tutkimuksia, joissa esitetään sekä valokuvien, profiilipiirroksien, kartoin että mittauksin juuristojen tai niiden osien rakennetta. Tällaisista tutkimuksista mainittakoon erityisesti seuraavat: *Z i m m e r m a n n* (1908), *A l b e r t* (1907, 1913), *M e l i n* (1917), *W e a w e r* (1919), *W a t e r m a n* (1919), *A a l t o n e n* (1920), *G e i s t* (1921), *M u l t a m ä k i* (1923), *K o k k o n e n*

(1923), Wiedemann (1926), Hilf (1927), Vater (1927), Stevens (1931), Brückner ja Jahn (1932), Cheyney (1932) sekä Krauss, Wobst ja Gärtner (1934). — Yleensä tämän-  
tapaisille tutkimuksille on ominaista se, että ne pakostakin rajoittuvat etupäässä paksuimpien juurien huomioimiseen ja kuvaamiseen. Kannon lähimmän ympäristön juuret ovatkin näissä tutkimuksissa melkein poikkeuksetta keskeisenä tutkimuskohteena, kun sen sijaan vaakasuoran juuriston hennommat osat ovat jääneet joko kokonaan huomiotta tai saavat vain riittämättömästi huomiota osakseen. Tämä on luonnollinen seuraus siitä, että kaivutyötä on jokseenkin mahdotonta suorittaa niin varovaisesti, että juuret kärkeään kohti ohetessaan eivät työn kuluessa katkeilisi, ja ohuiden juurien päiden uudelleen löytäminen on useimmiten ylivoimainen tehtävä. Hankaluutta tuottaa myös se, että esiin kaivettujen juurien luonnollisen syvyytystason säilyttäminen on vaikeata, osittain mahdotontakin. Tämän vuoksi etenkin juuristojen kokonaispituutta, syvyyttä ja tiheyttä koskevat luvut voivat tulla puutteellisiksi ja juuristojen ekologisen merkityksen arvioiminen jäädä helposti epätäydelliseksi, ellei työtä suoriteta aivan erityisen huolellisesti. Tämäntapaiset juuristojen tutkimusmenetelmät soveltuvat parhaiten myös vain yksittäisten puiden juuristojen tutkimiseen. Sen sijaan puuryhmien ja metsiköiden juuristoja selviteltäessä ne eivät enää sinänsä ole käyttökelpoisia.

Näistä varjopuolistaan huolimatta tämäntapaiset ja niistä etenkin perusteellisesti ja huolellisesti suoritettut tutkimukset antavat kuitenkin jo runsaasti herätteitä juuristojen ekologisen merkityksen selvittämiseksi. Laitakari esim. saattoi tutkimustensa perusteella jo tehdä varsin laajakantoisia ja pitkälle meneviä päätelmiä juuristojen toiminnan merkityksestä metsien elämälle ja antaa käytännöllisiä ja selventäviä ohjeita metsien käsittelylle, vaikka hänen tutkimuksissaan pääpaino olikin pantu juuristojen morfologialle. — Kuitenkin tarve siirtyä yksittäisten puiden juuristojen tutkimisesta kokonaisten metsiköiden juurisuhteitten selvittelyyn vähitellen tuli yhä suuremmaksi. Etenkin sitä mukaa kuin luonnossa vallitseva kasvien välinen taistelu ja etenkin sen eräs ilmenemismuoto, ns. juuristokilpailu, jonka merkityksen jo mm. Cotta (1828), Borggreve (1885) ja Fricke (1904) olivat tuoneet esille, uudelleen erityisesti Altosen (1919, 1920, 1923), Hesselmanin (Romell ja Malmström 1945), Fabriciuksen (1927, 1929), Toyneyn ja Kienholzin (1931) ym. tutkimusten perusteella alkoi saada kasvavaa huomiota osakseen ja alettiin yhä vakavammin ottaa huomioon, juuristotutkimuskin sai uusia piirteitä. Joskin aikaisempia, jok-

seenkin yksinomaisesti juuristojen morfologiaa selvitteleviä tutkimuksia jatkuvasti tehtiin ja tehdään — sehän on välttämätöntä, koska juuristot yleensä vielä ovat vaillinaisesti tunnettuja — ilmestyi niiden rinnalle myös juuristojen ekologiaa selvitteleviä tutkimuksia. Jotta näet edes jossakin määrin voitaisiin valaista tutkimuksilla juuristokilpailua, oli ryhdyttävä selvittämään samanaikaisesti kahden tai useamman puun, jopa kokonaisten metsiköiden juurisuhteita ja silloin eivät siihen saakka käytetyt, yksittäisten puiden juuristojen selvittämiseksi kehitetyt menetelmät enää joka suhteessa soveltuneet käytettäviksi.

Etenkin juuristojen kartoittaminen kohtasi tällöin monia vaikeuksia. Jos yksittäisten puiden juuristojen kartoittaminen yhteen tasoon jo monesti on vaikeata juurten suuren lukumäärän vuoksi, on tällainen työ metsiköissä, joissa eri puiden juuristot risteilevät kaikkialla maassa tiheänä verkkona, useimmissa tapauksissa tarkoitustaan vastaamatonta, erittäin hidasta ja suuritöistä, jopa varsin monesti mahdotontakin, sillä kartoituspaperille ei yksinkertaisesti saada mahtumaan sitä tavatonta juurimäärää, joka metsämaassa risteilee, ja sitä paitsi se vaatii työn suorittajalta hyviä hermoja ja kärsivällisyyttä. Parhaiten se voi onnistua puhtaissa metsiköissä, joissa ei ole tarpeellista pitää eri puuyksilöiden juuristoja toisistaan erillään sekä helposti kaivettavilla, niukkaravintoisilla kasvupaikoilla, esim. tasarakeisilla hiekkamailla. Sitä vastoin erityisesti runsasaravintoisissa ja kivisissä maissa, joissa juurten tiheys on suuri ja joissa juuret tiheinä kimppuina risteilevät kivien välissä, kartoituksesta ei enää ole mainittavaa hyötyä. Valokuva voi tällaisissa tapauksissa antaa juurten tiheydestä paremman kuvan, mutta siinä olennaisimmat seikat eivät useinkaan tule niinkään korostetuiksi kuin piirretyissä kartoissa ja sen vaikutus siten helposti jää laimeahkaksi. Sen sijaan tyyppillisten yksityiskohtien, erikoistapauksien ym. osapiirroksien, joissa kuvattava juuriston osa esitetään erillään muusta juuristosta, voivat kartoitusten ohella tai ilmankin niitä antaa tutkijalle selvinneistä ilmiöistä lukijalle parhaan käsityksen. Esimerkkeinä tällaisista, toistaiseksi vielä harvalukuisista yrityksistä kuvata metsiköiden juuristoja mainittakoon Altosen (1920) Lapin kuivien kankaiden männiköiden, Pöntysen (1929) rikeikkökuusiköiden ja Kalelan sekä kuusi-harmaaleppäsekametsiköiden (1936) että rämemänniköiden (1946) juuristojen selvittelyt.

Niiden heikkouksien ja etenkin teknillisten vaikeuksien vuoksi, joita edellä esitetyillä menetelmillä on ollut, on metsiköiden juuristoja ja niiden ekologista puolta yritetty myös muilla tavoilla selvittää. Niinpä metsiköiden juurimäärien ja niiden syvyysjakaantumisen selvittämiseksi on

menetely esim. niin, että metsikköön on kaivettu pystysuoraseinäisiä ojia (kuoppia), joiden reunoista on luettu juurten päiden lukumäärä, usein paksuusluokittain eri syvyyksillä. Tätä tapaa ovat mm. Aaltonen (1920), Cheyney (1929), Turner (1936), Coile (1937, 1940), Lutz, Ely ja Little (1937) sekä Korstian ja Coile (1938) käyttäneet, useat lisäksi vielä jossakin määrin kaavioituja maaleikkausten profiilipiirroksia, joihin juurten päiden paikat on merkitty. Tällä tavoin onkin etenkin juurten syvyysjakaantumisesta suhteellisen vähällä vaivalla saatu valaisevia lukuja ja arvokkaita tietoja, mutta suurena varjopuolena tällä menetelmällä on se, että siten ei saada kaikkein hienoimpia juurten haaroja laskelmiin mukaan — enempää kuin muillakaan edellä esitetyillä menetelmillä, astiakokeita lukuun ottamatta. Niinpä Aaltonen rajoitti tutkimuksensa käsittämään vain 2 mm:ä paksimmat juuret. Hienoimpien juurien pois jääminen jättää tietenkin myös tutkimuksiin aukon, koska nämä juuret muodostavat juuriston kokonaispituudesta suurimman osan ja koska ne puiden ravinnon oton kannalta ovat mitä tärkeimpiä.

Juuristokilpailun valaisemiseksi on taas mm. järjestetty astiakokeita (Aaltonen 1942), jotka taimille hyvin soveltuvat ja antavat niiden suhteen monia valaisevia tuloksia, mutta jollaisia isoilla puilla lienee melkein mahdotonta suorittaa. Mainittakoon samalla, että juuristokilpailun merkityksen selvittämiseksi on järjestetty kokeita myös siten, että taimet on ojilla eristetty emäpuiden juuristojen vaikutuksesta (Fricke 1904, Fabritius 1927, 1929, Hesselman (Romellin ja Malmströmin 1945 mukaan), Pearson 1930, Toymey ja Kienholz 1931, Lutz 1945, Björkman 1945, Kalela 1948, Sirén 1948). Varsinaisia juuristotutkimuksia ei niiden yhteydessä kuitenkaan ole suoritettu.

\* \* \*

Kuten edellä esitetystä katsauksesta lienee selvinnyt, on juuristojen tutkiminen kehittynyt alkuperäisestä keskusjuuristojen havainnoimisesta varsin monipuoliseksi ja perusteelliseksi juuristojen ja niiden toiminnan mahdollisimman täydelliseksi selvittelyksi. Rinnan tämän kehityksen kanssa ovat myös tutkimusmenetelmät kehittyneet ja moninaistuneet, mutta eräs piirre on kuitenkin kaikille luonnossa suoritetuille tutkimuksille yhteinen, nimittäin se, että juuristojen hienoimpia osia on näillä menetelmillä, tutkijasta riippumatta melkein mahdotonta saada läheskään täydellisesti selvitettyiksi ja että tämä heikkous tulee erityisen selvästi esille

haluttaessa selvittää kokonaisten metsiköiden juuristoja. Kun metsiköiden juuristojen selvittely kuitenkin on käynyt välttämättömäksi, on tutkimusmenetelmiä siis tähän suuntaan edelleen kehitettävä. Kokeiltuani vuosien mittaan jokseenkin kaikkia edellä esitettyjä tutkimusmenetelmiä, astia- ja taimitarhakokeita, taimien, nuorien ja vanhojen puiden juuristojen kaivamista ja kartoittamista sekä piirroksilla kuvaamista, juurien päiden lukemista kuoppien reunoista ja lopuksi puuryhmien ja metsiköidenkin juuristojen paljastamista ja kartoittamista, ja todettuani, että näillä menetelmillä ei päästä riittävään selvyyteen erityisesti metsiköiden vaakasuoran juuriston osan leviämisestä, juurten määrästä, laadusta ja syvyysjakaantumisesta, päädyin lopuksi tässä tutkimuksessa käytettyyn, aikaisemmista menetelmistä jossakin määrin poikkeavaan menetelmään, nimittäin juuristojen seulomiseen ja kokoamiseen pienistä, tarkoin rajoitetuista ruuduista, olettaen siis, että tällä tavoin on ainakin teoreettinen mahdollisuus saada kaikki juuret talletetuiksi ja tutkituiksi. Kuitenkin on selvää, että tämä menetelmä ei suinkaan voi kokonaan korvata edellisiä. Se vain täydentää niitä ja on kehitetty nimenomaan metsiköiden vaakasuoran juuriston selvittelyä varten.



## Tutkimusmenetelmä, tutkimusaineiston keruu ja käsittely

### Ulkotyöt

Tutkimuksen tarkoitus, selvittää puhtaiden, täysitiheiden tai lähes täysitiheiden ja säännöllisesti kehittyneiden männiköiden ja kuusikoiden vaakasuoran juuriston juurten määrää, laatua ja normaalia syvyysjakaantumista, asetti tutkimusmetsiköiden valinnalle tietyt vaatimukset. Tutkimusmetsiköiksi valittiin siis etupäässä metsiköitä, jotka puustonsa puolesta vastasivat edellä mainittuja vaatimuksia, joskaan tällaisten metsiköiden tapaaminen ei aina ollut helppoa. Lisäksi oli pyrkimyksenä saada tutkittavaksi kuta kuinkin täydellinen sarja metsiköitä taimistoista aina vanhoihin metsiin saakka. Tämän, tutkimuksen rungon muodostavan sarjan lisäksi otettiin tutkittaviksi jo jokin määrä harvempiakin, joskin säännöllisesti kehittyneitä ja tasatiheitä metsiköitä, jotta etenkin puuston tiheyden vaikutusta juuristosuhteisiin voitaisiin selvittää.

Myös maan laatu rajoitti osaltaan tutkimuskohteiden valintaa. Jotta juuristojen säännöllinen kehitys ja leviäminen maassa voitaisiin selvittää, pyrittiin koemetsiköt valitsemaan mahdollisimman vähäkivisiltä mailta ja yleensä välttämään sellaisia kasvupaikkoja, joissa juuristot syystä tai toisesta eivät pääse läheskään säännöllisesti kehittymään.

Edellä mainituilla perusteilla valituissa metsiköissä tutkimustyöt jakaantuivat kolmeen osaan: puuston selvittelyyn, juurien seulomiseen sekä maan kuvaukseen. Näistä juurien seulominen oli ehdottomasti tärkein ja eniten aikaa vaativa työ.

**Puuston selvittely.** Puuston laadun selvittämiseksi sijoitettiin tutkittavaan metsikköön koeala, joka yleensä pyrittiin saamaan  $\frac{1}{10}$  ha:n suuruiseksi. Vanhemmissa metsiköissä otettiin kuitenkin suurempi,  $\frac{1}{4}$  ha:n koeala, nuorissa metsiköissä ja taimistoissa taas tyydyttiin pienempään. Koealalta luettiin kaikki puut ja mitattiin niiden paksuus rinnankorkeudella (kuoren päältä), määrättiin kairauksilla metsikön ikä, lukuisilla pituusmittauksilla eri paksuusluokkien puiden pituus sekä lisäksi

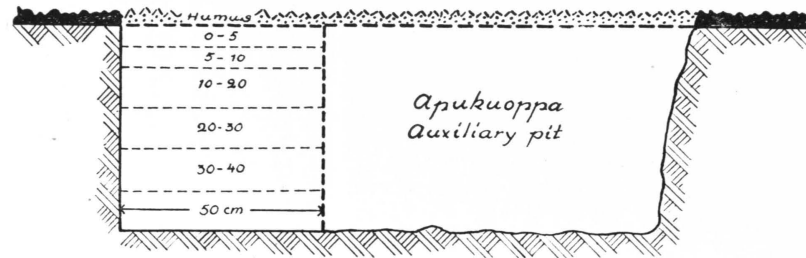
erityisellä latvakaulaimella riittävän monen, eri kehitysasteella olevan puun paksuus 6 m:n (pienimmistä puista  $3\frac{1}{2}$  m:n) korkeudella. Viimeksi mainittu mittausta suoritettiin sen vuoksi, että metsiköiden kuutioiminen voitaisiin suorittaa Ilvessaalon (1948) kuutioimistaulukoiden perusteella. Näiden mittausten lisäksi mitattiin vielä juuristojen kunkin kaivukohtaan (koekohtaan) ympäriltä kahdeksan lähimmän puun paksuus rinnankorkeudella sekä niiden etäisyys koekohtaan keskipisteestä. Tarkoituksena oli täten saada selvyyttä siitä, miten hyvin koekohtaan lähin puusto vastasi laatunsa ja tiheydensä puolesta tutkimusmetsikön puustoa yleensä.

**Juurien seulominen ja tallettaminen.** Vaakasuoran juuriston juurien määrä, laatu ja syvyysjakaantuminen selvitettiin siten, että tarkoin  $\frac{1}{4}$  m<sup>2</sup>:n suuruisilta koekohdilta talletettiin kaikki siinä olevat tutkittavan puulajin juuret paksuimmista hienoimpiin juurenharoihin saakka. Kun tarkoituksena oli juuri puiden välipaikkoihin levinneen vaakasuoran juuriston selvittäminen, koekohtia ei sijoitettu metsikköön mieltävaltaisesti eikä sattumanvaraisesti, vaan siten, että ne tulivat puiden välipaikkoihin sellaisiin kohtiin, joissa ympäröivä puusto niin laadultaan kuin tiheydeltäänkin mahdollisimman tarkoin vastasi tutkittavan metsikön keskimäärää. Kun koekohtien sijoittaminen siten ymmärrettävästi varsin ratkaisevalla tavalla vaikutti tutkimuksen onnistumiseen, kiinnitettiin niiden paikan valitsemiseen mahdollisimman suurta huomiota etenkin siinä suhteessa, että valinta olisi yhdenmukainen kaikissa metsiköissä.

Mainittakoon, että Polansky'n (1936) Tšekkoslovakiassa suorittamat tutkimukset osoittavat, että juurimäärä puun tyvellä ei sanottavasti eroa puiden välikohtien juurimäärästä. Niinpä hänen mukaansa juurimäärä oli eri etäisyyksillä puusta seuraava:

	Etäisyys valtapuusta, m						Yht.
	1	2	3	4	5	6	
	Juurien lukumäärä % koko juurimäärästä						
Kuusikko ....	17	16	20	18	14	15	100
Männikkö ....	17	18	18	14	16	17	100

Sarjoissa havaittavat epätasaisuudet johtuvat Polansky'n mukaan etupäässä maan vaihteluista. Kuitenkin on myös huomattava, että nämä sadannesluvut koskevat juurien lukumäärää (jonka laskemistapa ei tutkimuksesta selviä); juurien laatu on sen sijaan lähellä puuta kokolailla toisenlainen kuin etäämpänä puusta.



Kuva 1. Kaivumenetelmää selvittävä piirros.

Fig. 1. Sketch illustrating the method of digging.

Koekohtia pyrittiin yleensä valitsemaan neljä jokaisesta tutkittavasta metsiköstä. Kun niiden paikat oli määrätty, rajoitettiin ne tarkoin  $50 \times 50$  cm:n suuruisiksi ja aloitettiin kaivutyö. Ensimmäisenä työvaiheena kaivettiin ns. apukuoppa koekohtaan viereen ja sen yhteen sivuun kiinni. Apukuoppa oli yleensä n.  $60 \times 80$  cm:n laajuinen ja 60—70 cm:n syvyinen ja ainakin koekohtaan liittyvältä sivultaan pystysuoraseinäinen. Apukuopasta käsin suoritettiin sen jälkeen varsinaiset koekohtaan työt.

Toisena työvaiheena suoralapaisella, teräväksi hiotulla lapiolla maahan pistelemällä koekohta irroitettiin lapion lavan syvyydeltä ympäröivästä maasta ja poistettiin elävä pintakasvillisuus karike- ja kangashumus-(mullas-)kerrosta myöten. Erityisesti varvut koetettiin tällöin mahdollisimman tarkoin poistaa, jotta niiden juuret jo tässä työvaiheessa saataisiin vähenemään, ellei niitä ollut tarkoitus tallettaa.

Vasta tämän jälkeen alkoi varsinainen lapiotyö. Apukuopasta käsin työnnettiin vähitellen ja varovaisesti mainittua suoralapaista lapiota maan pinnan myötäisesti pitkin kivennäismaan ja kangashumuksen rajaa ja irroitettiin siten humus ja siinä olevat juuret, juurien haarat ja pätvät kivennäismaassa olevista juurista. Irroitettu humus talletettiin paperipussiin laboratorioselvittelyä varten, koska humuksen seulonta metsässä oli vaikeata. Tämän jälkeen irroitettiin ylin 5 cm:n paksuinen kivennäismaakerros, siirrettiin se karkeareikäiseen (silmät  $1-1\frac{1}{2}$  cm) seulaan ja siinä käsin auttaen, maata pienentäen ja juuria nyppiä erotettiin puiden juuret **kaikista** maa-aineksista sekä selvästi vieraista juurista ja kerättiin paperipussiin, samoin kuin se maa-aines, jota ei metsässä katsottu voitavan riittävän suurella tarkkuudella seuloa. Kaikki se maa-aines, joka oli mennyt seulan läpi, tarkastettiin vähintään vielä kerran erityisen yksityiskohtaisesti ja huolellisesti ja noukittiin kaikki pienimmät ja hienoimmat-

kin juurenh haarat ja -pätvät talteen. Pussin päälle merkittiin koekalan ja koekohtaan numerot sekä syvyys, josta näyte oli otettu.

Tämän jälkeen suoritettiin samanlainen juurien yksityiskohtainen seulonta 5—10 cm:iin ulottuvassa maakerroksessa ja sen tultua seulotuksi seuraavissa yhä syvemmässä kerroksissa: 10—20, 20—30, 30—40, 40—50, 50—60 cm:n jne. syvyisissä maakerroksissa aina niin syväälle kuin juuria näytti riittävän. Kuten huomataan, seulottiin juuret siis lähempänä maan pintaa ohuemmista, vain 5 cm:n paksuisista maakerroksista. Tämä tapahtui sen vuoksi, että juuria on, kuten tunnettua, maan pintaosissa eniten ja siten tuli niiden väheneminen syvemmälle päin paremmin selvitettyksi. Samalla kivennäismaan ylin, 5 cm:n maakerros yleensä kokolailla tarkoin vastasi huuhtoutuneen A-horisontin paksuutta ja antaa siten käsityksen A-horisontin juurisuhteista. — Jokaisen syvyyskerroksen juuret koottiin omaan paperipussiinsa, joka sai asianmukaiset merkintänsä, ja samalla vieraita, etenkin varpujen juuria mahdollisimman paljon poistettiin. Yleensä ei kaivutyötä tarvinnut jatkaa 50 cm:ä syvemmälle, ainoastaan poikkeustapauksissa joskus 60—70 cm:iin saakka, joten yleisimmin jouduttiin jokaisessa koekohtassa suorittamaan 7 seulontaa eli 28 seulontaa koealaa kohden.

Juurien seulomisen helppous oli osittain maalajista riippuvainen. Soramaat olivat yleensä kokolailla helpot, joskin kivisyys saattoi monesti kaivutyötä vaikeuttaa samoin kuin moreenimailla. Helpoimmin tutkittavia olivat keskikarkeat ja hienot hiekkamaat; niitä hienommissa maissa pienten maahiukkasten erottaminen hennoimmista juurista tuotti monesti vaikeuksia ja hidasti työn suorittamista huomattavasti.

Myös sääsuhteet vaikuttivat seulomistyöhön. Parhaiten seulominen onnistui pitkähkönä poutakausina, jolloin maa oli melko syväälle tavallista kuivempaa ja irtaantui juurten ympäriltä suhteellisen helposti. Sateilla työn suoritus oli melkein mahdotonta ja suurien sateitten jälkeen voitiin työt aloittaa vasta 2—3 päivän kuluttua maan hiukan kuivahdettua.

Normaaleina työpäivinä ennätettiin selvittää keskimäärin 2—3 koekohtaa eli siis suorittaa 15—20 seulontaa. Tähän päivätulokseen päästiin kuitenkin vasta sitten kun työmenetelmät oli kehitetty, sopiva työvälineistö hankittu ja työhön muutoinkin perehdytty.

Teoreettisesti on tällä menetelmällä tietenkin mahdollisuus saada talletetuiksi kaikki juuret aina hienoimpia juurien päitä ja haaroja myöten. On kuitenkin oletettava, että mitä huolellisimmasta työstä huolimatta aivan hentoja ja mitättömän pieniä juuren pätkiä on jäänyt tallettamatta. Niiden määrä ei kuitenkaan voine olla kovin suuri, ainakin eräät uusinta-

tarkastukset osoittivat, että virhe voi jäädä melko pieneksi, jos työ todella huolella suoritetaan.

**Maan kuvaus.** Jokaisesta koekohdasta merkittiin muistiin kangashumus-(mullas-)kerroksen ja A-horisontin keskimääräinen paksuus sekä niiden paksuuden vaihtelun rajat, samoin B-horisontin paksuus, jos sen alaraja oli riittävän selvästi havaittavissa. Näiden lisäksi tehtiin muistiinpanot maalajista ja sen mahdollisista vaihteluista eri syvyyksissä. Merkinnoissa erotettiin tarvittaessa seuraavat maalajit (Aaltonen 1940): kivikkomaa, sormaa, karkea, keskikarkea ja hieno hiekkamaa, karkea ja hieno hietamaa, hiesumaa, hiesusavimaa ja savimaa. Maalajin määrittämiseen käytettiin mahdollisimman paljon asiantuntija-apua.

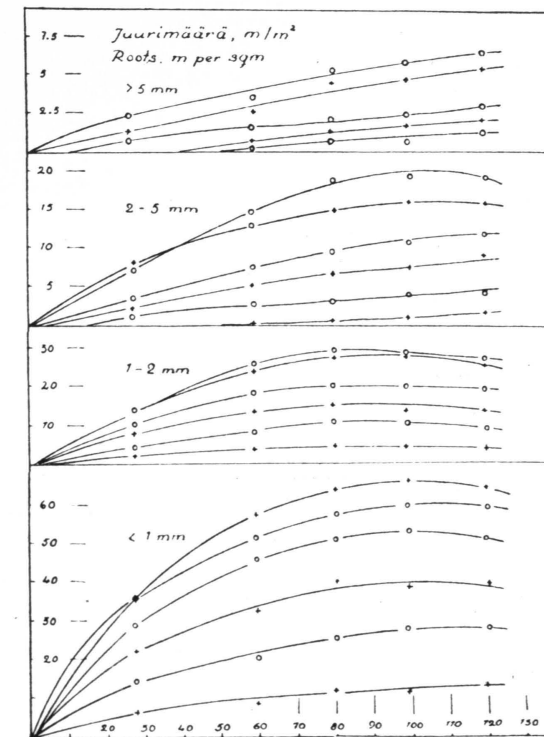
### Sisätyöt

Koko koottu juuriaineisto tuotiin Helsinkiin ja käsiteltiin Yliopiston metsänhoitotieteellisen laitoksen laboratoriossa.

Ensimmäisenä työnä oli suorittaa uusi seulonta, joka etupäässä tapahtui käsin ja hienosilmäistä (2 mm:n) seula käyttämällä ja jossa kaikki juurten mukana seurannut maa tarkoin poistettiin. Samalla erotettiin aineistosta lopullisesti kaikki vieraat juuret, jotka pääasiallisesti olivat mustikan, puolukan ja kanervan juuria. Vieraitten juurien erottaminen männyn ja kuusen juurista ei tuottanut sanottavia vaikeuksia, mutta lisäsi työtä tietenkin varsin huomattavasti. Rinnan tämän aineiston lopullisen seulonnan kanssa suoritettiin myös tutkittavien juurien lajittelu niiden paksuuden mukaan. Tässä lajittelussa erotettiin toisistaan seuraaviin paksuusluokkiin kuuluvat juuret: alle 1 mm, 1—2 mm, 2—5 mm ja yli 5 mm. Koko koottu juuriaineisto tuli siis täten lopullisesti jaetuksi koelaitteiksi, koekohdittain, maakerroksittain ja paksuusluokittain.

Lajittelun jälkeen suoritettiin juurten pituusmittaukset ja punnitsemiset paksuusluokittain. Pituusmittaukset suoritettiin 5 mm:n ja punnitsemiset 0.1 mg:n tarkkuudella. Yleensä kaikkien yli 1 mm:n paksuisten juurten pituus mitattiin, kun taas alle 1 mm:n paksuisista juurista, joita yleensä oli erittäin paljon, mitattiin monesti vain edustava aineisto, joka käsitti  $\frac{1}{2}$ — $\frac{1}{5}$  ko. näytteen juurimäärästä. Edustava aineisto otettiin jakamalla ko. juurimäärä osiin siten, että jokainen osa mahdollisimman hyvin edusti koko tätä juurimäärää. Yhden osan juurten pituus ja paino mitattiin ja koko juurinäytteen pituus laskettiin painojen suhteena.

Kaikki edellä esitetyt työt oli jokaisessa vaiheessaan suoritettava mah-



Kuva 2. Primääriaineiston tasoitus. Kuusikot.

Fig. 2. Smoothing of curves showing primary material. Spruce stands.

dollisimman huolellisesti ja varovaisesti, jotteivät kuivuneet ja hauraksi käyneet juuret liiaksi katkeilisi, pääsisi häviämään ja siten aiheuttamaan virheellisiä tuloksia. Etenkin pienimpien juurten ja hienojen juurenharojen seulominen samoin kuin irtaantuneiden kuorenkappaleiden noukkiminen ja lajitteleminen oli erityisen vaivalloista ja aikaa vievää. Otaksuttavaa on, että tässäkin aineiston käsittelyn vaiheessa kuitenkin kaikesta varovaisuudesta huolimatta osa juurista hukkaantui. Kaiken työssä saadun kokemuksen ja eräiden varta vasten suoritettujen tarkistusten perusteella näyttää todennäköiseltä, että enintään 5—10 prosenttia juurista kaikissa käsittelyvaiheissa joutui hukkaan. Toiselta puolen on huomattava, että erityisesti hennoimmista juurista oli useimmiten melkein mahdotonta erottaa kuolleita ja varsinkaan äsken kuolleita juuria, jotka siis lisäävät juurimäärää. Kun eri työvaiheissa hukkaantuneista ja huomiotta jääneistä

juurista myös pääosa tietenkin on ollut näitä hennoimpia juuria, tasoittavat nämä virheet toisiaan todennäköisesti hyvinkin paljon.

Täten saatiin lasketuksi kunkin koekohtan juurimäärä maakerroksittain; näiden perusteella voitiin edelleen laskea kunkin koemetsikön juurimäärät ha:a, pinta-alan m<sup>2</sup>:ä, maa-dm<sup>3</sup>:ä, keskimäärin puuta ja puuston m<sup>3</sup>:ä kohden maakerroksittain ja juurten paksuusluokittain sekä eräitä muita juurisuhteita kuvaavia piirteitä, joihin myöhemmin palataan.

Iän vaikutuksen selvittämiseksi juurisuhteisiin meneteltiin siten, että ikänsä puolesta läheiset koemetsiköt yhdistettiin ryhmiä, kuusikot viideksi ja männiköt neljäksi ryhmäksi, ja kussakin ryhmässä laskettiin juurimäärien keskiarvot maakerroksittain ja paksuusluokittain. Tasoittamalla nämä keskimääräiset luvut akselistossa, jossa ikä on vaakasuoralla ja juurimäärä pystysuoralla akselilla, saatiin vastaavat juurisuhteet eri ikäkausille. Tällainen kuusikon juurimäärien tasoitus esitetään kuvassa 2. Kuten huomataan, on tasoituksen suorittaminen ollut kokolailla helppo tehtävä, sillä keskiarvoja edustavien pisteiden osoittama suunta on ollut varsin selvä. Pientä epätasaisuutta käyrien keskinäisessä asemassa saatetaan havaita, mutta ylimalkaan näyttää täten saatu perusta seuraaville laskelmille ja tasoituksille kokolailla varmalta. Samanlainen tasoitus on suoritettu myös männikön tuloksista.

### Aineisto

Aineisto tutkimusta varten koottiin Pohjois-Hämeestä Juupajoen, Kuoreveden, Oriveden ja Ruoveden pitäjissä olevilta yksityisten ja valtion mailta sekä Metsätieteellisen tutkimuslaitoksen Vilppulan kokeilualueesta. Tutkimuksen tämän osan aineisto käsitti 35 kohdemetsikköä, joista 16 männikköä ja 19 kuusikkoa. Metsiköiden ikäsuhteet ja koekohtien jakaantuminen selviävät seuraavasta asetelmasta:

Metsikön ikä, v.	Koealojen lukumäärä		Koekohtien lukumäärä	
	Kuusikot	Männiköt	Kuusikot	Männiköt
alle 30	2	4	7	16
30—60	2	5	4	18
60—90	5	5	20	18
90—120	8	2	29	8
yli 120	2	—	8	—
<b>Yhteensä</b>	<b>19</b>	<b>16</b>	<b>68</b>	<b>60</b>

Näissä 128 koekohtassa erotettiin yhteensä 732 maakerrosta ja niistä koottu juuraineisto jaettiin juurien paksuuden mukaan 2 782 osaan, jotka muodostivat käsittelyn perusyksiköt.

Tässä yhteydessä on syytä myös tarkastella, missä määrin koekohtien lähin puusto edusti koealan muuta puustoa. Kuten edellä mainittiin, mitattiin jokaisen koekohtan ympäriltä kahdeksan lähimmän puun läpimitta ja niiden keskiläpimittaa voidaan siis verrata metsikön keskiläpimittaan. Vertailu osoittaa, että kuusikoissa reunapuiden keskiläpimitta on metsikön keskiläpimitasta keskimäärin 103.3 %, männiköissä taas 101.8 %. Äärimmäisissäkin tapauksissa vaihtelu on suhteellisen pieni, kuusikoissa enintään 17 %, männiköissä 11 %. Koko aineistoa silmällä pitäen voitaneen siis koekohtien lähipuustoa pitää metsiköitä riittävän hyvin edustavina, etenkin kun otetaan huomioon, että tähän puoleen kiinnitettiin kaiken aikaa runsaasti huomiota.

Edellä mainittiin myös, että koekohtat pyrittiin m a a n s a puolesta valitsemaan niin, että puiden juuristojen esiintyminen metsämaassa edustaisi mahdollisimman säännöllistä ja luonnollista juuristojen esiintymistapaa tyypillisillä kuusen ja männyn kasvupaikoilla. Maalajinsa puolesta kummankin sarjan metsiköt ovat siten keskenään kokolailla samanlaisia, männiköt yleensä maalajinsa karkeuden puolesta erilaisia vähäkivisiä tai kivettömiä hiekkamaita, kuusikot taas vähä- tai normaalikivisiä moreeni-maita, joissa päälajitteena hieno hiekka tai hieta vaihtelevat.

Seuraavassa esitetään lyhyt maalajikuvaus eri koemetsiköistä. Metsiköt luetellaan ikäjärjestyksessä.

Metsikön ikä, v.	Maalajikuvaus Männiköt:
10	Karkeata hiekkaa, jossa runsaanlaisesti pieniä kiviä.
15	Keskikark. hiekkaa, jossa muutamia kapeita sorajuotteja.
20	Kivetöntä, tasarakeista hienoa ja keskikark. hiekkaa.
20	Karkeanlaista hiekkaa, jossa melkoisesti pieniä kiviä.
40	Kivetöntä keskikark. ja hienoa hiekkaa, n. 50 cm:n syvyydestä karkeata hiekkaa.
45	Aivan tasarakeista, keskikark. kivetöntä hiekkaa.
50	Keskikark. ja kark. kivetöntä hiekkaa.
50	Samoin.
50	Samoin.
60	Hienoa ja keskikark. hiekkaa, jossa jonkin verran pieniä kiviä.
70	Keskikark. ja kark. hiekkaa, jossa vähänlaisesti pieniä kiviä.
70	Hienoa, joks. kivetöntä hiekkaa, syvemmillä hietaa.
80	Kark. tiivistä hiekkaa, jossa pieniä kiviä jonkin verran.

- 80 Pinnassa hienonlaista hiekkaa, syvemmällä yhä karkeampaa ja n. 40 cm:n syvyydestä soraa.  
 90 Keskikark. hiekkaa, jonka karkeusaste suurenee syvemmälle päin, n. 50—60 cm:n syvyydestä soraa.  
 100 Samoin.

## Kuusikot:

- 25 Joks. kivetöntä moreenia, päälajitt. hieno hiekka ja hieta.  
 27 Norm. kivistä, hietaista moreenia.  
 55 Joks. kivetöntä moreenia, päälajitt. hieno hiekka ja hieta.  
 55 Joks. kivetöntä moreenia, jossa päälajitt. pinnassa hieno hiekka, n. 40 cm:n syvyydestä hieta.  
 60 Joks. kivetöntä moreenia, päälajitt. hieno hiekka ja hieta.  
 65 Samoin.  
 75 Norm. kivistä moreenia, päälajitt. hieno hiekka ja hieta.  
 80 Joks. kivetöntä moreenia, päälajitt. pinnassa hieno hiekka ja hieta, n. 30 cm:n syvyydestä keskikark. hiekka.  
 85 Samoin.  
 90 Hietaista, vähäkivistä moreenia.  
 90 Norm. kivistä moreenia n. 30 cm:n syvyyteen, sitten vähäkivistä.  
 95 Norm. kivistä, hietaista moreenia.  
 100 Samoin.  
 105 Norm. kivistä moreenia, päälajitt. hieno hiekka ja hieta.  
 105 Norm. kivistä hietaista moreenia.  
 110 Melko kivistä moreenia, päälajitt. pinnassa hieno hiekka ja hieta, n. 30 cm:n syvyydestä hieta ja hiesu.  
 115 Vähäkivinen moreeni, päälajitt. pinnassa hieno hiekka ja hieta, n. 40 cm:n syvyydestä hieta ja hiesu.  
 120 Norm. kivistä moreenia, päälajitt. pinnassa tiivis hieta, syvemmällä hiesu, jossa kapeita hiekkajuotteja.  
 135 Joks. kivetöntä moreenia, päälajitt. hieno hiekka ja hieta.

Humuskerroksen paksuus vaihteli puolukkatyyppin männiköissä 1—6 cm:iin (keskiarvo 2.7 cm), mustikkatyyppin kuusikoissa taas 2—8 cm:iin (keskiarvo 4.1 cm). A-horisontin paksuus vaihteli samankin kuopan eri reunoilla varsin paljon. Lukuisista mittauksista saadaan keskiarvoksi puolukkatyyppin männiköille 3.7 cm ja mustikkatyyppin kuusikoille 7.6 cm. Keskimäärin on siis kumpikin luku melko lähellä tutkimuksessa erotettua ylintä, 5 cm:n paksuista maakerrosta, joten tämän maakerroksen voidaan siten kokolailla hyvin katsoa kuvaavan A-horisontin juurisuhhteita.

## Tutkimuksen tulokset

## Säännöllisen luonnonnormaalin metsikön vaakasuora juuristo

## Kokonaisjuurimäärä

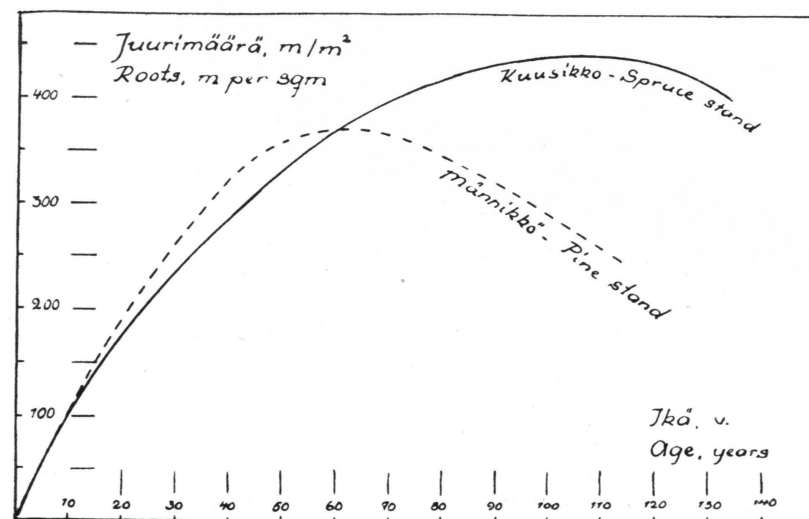
(Taulukot 10 ja 11, kuva 3)

Kuusikoiden ja männiköiden juurimäärien kehityksen olennaisimmat piirteet selviävät seuraavista luvuista:

	Ikä, v. — Age, years						
	10	30	50	70	90	110	130
	Juurimäärä, m/m <sup>2</sup> — Roots, m/sqm						
Kuusikko, MT	99	238	333	401	436	443	421
<i>Spruce stand, MT</i>							
Männikkö, VT	104	262	356	367	320	266	—
<i>Pine stand, VT</i>							

Niin kuusikoissa kuin männiköissäkin on juurten yhteispituus tavattoman suuri. Jo kymmenvuotisessa kuusen taimistossa on juuria n.100 m/m<sup>2</sup>. Metsikön vanhetessa tämä juurimäärä aluksi hyvin nopeasti suurenee, saavuttaa enimmäismääränsä, lähes 450 m/m<sup>2</sup> 100—110 vuoden iällä ja alkaa sen jälkeen pienentyä, joskin ainakin aluksi melko hitaasti.

Verrattaessa männikön juurimäärän kehitystä tähän havaitaan monia piirteitä, jotka ovat samansuuntaisia kuin vastaavien maanpäällisten osien kehityksen luonteenomaiset piirteet. Niinpä männikön juurimäärä suurenee aluksi nopeammin kuin kuusikon, mutta sen suureneminen hidastuu sittemmin enemmän, taitekohta sattuu aikaisemmin, jo 60—70 vuoden iälle ja enimmäisjuurimäärä jää kuusikon enimmäisjuurimäärää selvästi pienemmäksi, joskin silti varsin korkeaksi käsittäen n. 370 m/m<sup>2</sup>. Enimmäiskohtansa jälkeen männikön juurimäärä näyttää vähenevän paljon nopeammin kuin kuusikon juurimäärä. Tietenkin on kuitenkin otet-



Kuva 3. Kokonaisjuurimäärä (m/m<sup>2</sup>).

Fig. 3. Total amount of roots (m/sq.m.)

tava huomioon, että kysymyksessä ovat puolukkatyyppin männiköt ja mustikkatyyppin kuusikot.

Metsikön juurimäärän vuotuisesta suurenemisesta mainittakoon vielä esimerkkeinä seuraavat luvut:

	Ikä, v. — Age, years					
	10	30	50	70	90	110
Juurimäärän kasvu (+) tai pieneneminen (—), m/v/m <sup>2</sup> Increases (+) or decreases (—) of roots, m/sqm per year						
Kuusikko, MT Spruce stand, MT	+ 9.9	+ 6.3	+ 4.6	+ 3.0	+ 1.4	+ 0.1
Männikkö, VT Pine stand, VT	+ 10.4	+ 7.0	+ 3.3	— 0.3	— 2.7	— 2.7

Juurimäärän suureneminen on siis voimakkainta aivan nuorissa metsiköissä, heikentyen iän kasvaessa yhä enemmän, kunnes juurimäärä alkaa suorastaan vähentyä. Männiköissä vähentyminen alkaa jo 70 vuoden iällä, kuusikoissa vasta 40—50 vuotta myöhemmin.

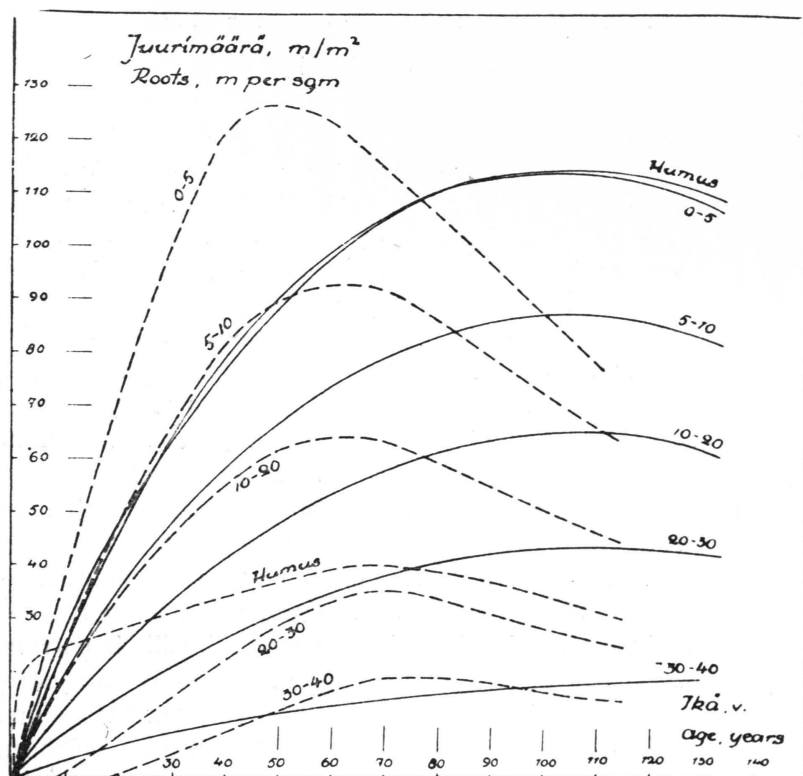
### Juurien jakaantuminen eri maakerroksiin

(Taulukot 10 ja 11)

Vaakasوران juuriston syvyysjakaantumiseen on juuristotutkimuksissa kiinnitetty varsin paljon huomiota ennen kaikkea sen vuoksi, että siten voitaisiin valaista puuyksilöiden ja puulajien keskeistä juuristokilpailua. Meikäläisistä tutkijoista Aalto (1920) saattoi todeta, että Lapin kuivilla kangasmailla männyn juuristojen juurista oli eri koealoilla 0—10 cm:n syvyydessä 40—84 %, 10—20 cm:n syvyydessä 13—40 % ja 20—30 cm:n syvyydessä 3—25 %. Vaikka kaivauksia ei syvemmälle jatkettukaan, osoittavat luvut, että varsin iso osa männyn juurista ainakin Lapin oloissa on aivan lähellä maan pintaa. Laitakari (1927) saamat tulokset eteläsuomalaisen mäntyjen juuristoista käyvät samaan suuntaan. Hän mittasi tiettyjen välimatkojen päästä kunkin juuren syvyyden ja näiden mittausten perusteella saattoi laskea yksittäisten mäntyjen vaakasوران juuriston keskisyvyyden. Näin saadut luvut osoittavat, että juuristojen keskisyvyys on melko pieni, vaihdellen puun koosta riippuen 7.7—12.5 cm:iin. Edelleen osoittautui, että hiekkamaalla ja huonommilla metsätyypeillä puut olivat matalajuurisempia kuin moreenimailla ja paremmilla metsätyypeillä. Tulokset viittasivat myös siihen, että koivun juuriston keskisyvyys olisi suurempi kuin männyn ja männyn puolestaan suurempi kuin kuusen. Nämä tulokset Laitakari (1934) saattoi myöhemmin vahvistaa oikeiksi.

Ulkomaisista tutkimuksista mainittakoon erityisesti Polansky (1936) esittämät tulokset, koska hänen tutkimusmenetelmänsä lähinnä muistuttaa tässä tutkimuksessa käytettyä. Polansky mukaan Tšekkoslovakiassa lähellä Brünin kaupunkia n. 80-vuotisen männikön vaakasوران juurista on 61 % 0—20 cm:n, 16 % 20—40 cm:n ja 8.6 % 40—60 cm:n syvyydessä ja loput 14.4 % syvemmällä aina 140 cm:n syvyyteen saakka. Pääosa männikön juurista on siis Keski-Euroopassa aivan maan pintaosissa, joskin luvut viittaavat myös siihen, että niissä olosuhteissa juuristo voi levitä jonkin verran syvemmälle kuin meikäläisissä olosuhteissa. Kuusikoissa tulos oli hyvin samantapainen. Yli 60 % kuusikon vaakasوران juurista oli alle 20 cm:n syvyydessä ja 10—15 % yli 60 cm:n syvyydessä.

Nyt suoritettujen tutkimusten mukaan on männiköissä juuria eniten ylimmässä kivennäismaakerroksessa, joka suunnilleen vastaa A-horisonttia. Lähes yhtä paljon juuria on myös seuraavassa 5—10 cm:iin ulottuvassa maakerroksessa, joten humuksen huomioon ottaen männikön



Kuva 4. Kuusikon (—) ja männikön (-----) juurimäärän jakaantuminen eri maakerroksiin.

Fig. 4. Division of roots in spruce stand (—) and pine stand (-----) in the different soil layers.

vaakasuurista juurista iästä riippuen 67—82 % leviää enintään 10 cm:n syvyyteen. Syvemmälle mentäessä juurimäärä nopeasti vähenee siinä määrin, että yli 40 cm:n syvyydessä on enää vain jokunen yksittäinen juuri. Tulokset siis osoittavat, että männikön vaakasuurista juuristo leviää etupäässä aivan ohueen maan pintakerrokseen.

Kuusikon juurten syvyysjakaantuminen eroaa jonkin verran edellä kuvatusta. Huomattavin ero on siinä, että ainakin mustikkatyyppin kuusikon juurista hyvin huomattava osa, yleensä vähän yli 25 %, on humuksessa ja suunnilleen saman verran juuria on A-horisonttia vastaavassa

ylimmässä kivennäismaakerroksessa. Yli puolet kaikista kuusikon vaakasuurista juurista on siis aivan maan pintaosissa, enintään 5 cm:n syvyydessä ja lähes kolmeneljäsosa enintään 10 cm:n syvyydessä. Syvemmälle päin kuusikonkin juuret nopeasti vähenevät ja yli 40 cm:n syvyydessä niitä on enää vain häviävän vähän. Kuusikon vaakasuurista juuristo on siis vielä pintaa läheisempi kuin männikön.

Juurten leviämisestä eri syvyyksille voidaan todeta, että sekä männiköissä että kuusikoissa vaakasuurista juuristo melkein hämmästyttävän nopeasti, jo 10—20 vuodessa leviää kaikkiin niihin maakerroksiin, joissa sitä vanhoissa metsiköissäkin tavataan. Aluksi juurimäärä kussakin maakerroksessa nopeasti suurenee, saavuttaa vähitellen enimmäismääränsä ja, kuten luonnollista on, yleensä sitä myöhemmin, kuin syvemmästä maakerroksesta on kysymys. Männiköissä voidaan todeta viimeistään 80 vuoden iällä vähenemisen alkavan kaikissa syvyyksissä, kuusikoissa taas joitakin vuosikymmeniä myöhemmin.

Humuksessa oleviin juurimääriin kannattaa erityisesti vielä kiinnittää huomiota. Kuvaavaa näet on, että humuskerros varsin nopeasti, jo muutamissa vuosikymmenissä, «täyttyy» juurilla eikä siinä oleva juurimäärä enää männiköissä 40:n ja kuusikoissa 60 vuoden iältä alkaen näytä lisääntyvän.

Kun lasketaan vaakasuurista juuriston prosenttinen jakaantuminen eri syvyyskerroksiin, voidaan todeta, että aivan nuoria metsiköitä lukuun ottamatta eivät juuriosuudet eri maakerroksissa sanottavastikaan muutu metsikön vanhetessa, vaan pysyvät aina suunnilleen samoissa suhteissa toisiinsa. Tosin aivan lievänä piirteenä voidaan havaita, että alle 10 cm:n syvyisessä, kivennäismaan aivan pintaosissa olevan juurimäärän osuus männiköissä hiukan pienenee, 10—20 cm:iin ulottuvassa keski-kerroksessa pysyy kuta kuinkin muuttumattomana ja syvemmissä, yli 20 cm:n syvyyteen ulottuvissa kerroksissa lievästi suurenee. Kuusikoissa nämä iän mukana tapahtuvat muutokset ovat vieläkin vähäisempiä tai jokseenkin olemattomia. Vaakasuurista juuriston jakaantuminen eri maakerroksiin näyttää siis olevan varsin pysyväistä ja muutokset kaikissa maakerroksissa hyvin samansuuntaisia ja suhteessa toisiinsa.

Eri syvyyskerroksien enimmäisjuurimäärien vertailu osoittaa seuraavaa:

	Maakerros, cm					
	Humus	0—5	5—10	10—20	20—30	30—40
	Enimmäisjuurimäärä, m/m <sup>2</sup>					
Kuusikko, MT . . . .	115	114	87	65	43	19
Männikkö, VT . . . .	40	126	93	64	36	19

Lukuun ottamatta siis humuskerrosta, jossa ero on hyvin suuri, männikön ja kuusikon enimmäisjuurimäärät ovat vastaavissa maakerroksissa hyvin samaa suuruusluokkaa, vaikka siis kysymyksessä ovat eri puulajit, metsätyypit ja maalajit. Humuskerroksessa havaittava suuri ero johtuu tietenkin, paitsi puulajien erilaisesta luonteesta, siitä, että humus on mustikkatyyppin kankailla sekä ravintorikkaampi että tuorempi kuin jo huomattavasti kuivempien kankaiden melko epäedullinen kangashumus. Tämän lisäksi luonnollisesti humuskerroksen paksuus vaikuttaa samaan suuntaan. Niinpä tämän tutkimuksen männikön koekohdissa humuskerroksen paksuus oli keskimäärin 2.7 cm, kuusikon koekohdissa taas, kuten yleensäkin, melkoista paksumpi, 4.1 cm.

Jos yleiskatsauksellisuuden vuoksi lasketaan, miten varttuneiden, 30—110-vuotisten männiköiden ja kuusikoiden vaakasuora juuristo keskimäärin jakaantuu eri maakerroksiin, saadaan taulukon 1 osoittamat luvut.

Taulukko 1. Männikön ja kuusikon juuriston keskimääräinen syvyysjakaantuminen.

Tab. 1. Average vertical distribution of the root systems of pine and spruce stand.

Maakerros, cm Depth layer, cm	Juurimäärä, m/m <sup>2</sup> Roots, m/sqm		Juurimäärä, % Roots, per cent	
	Kuusikko Spruce stand	Männikkö Pine stand	Kuusikko Spruce stand	Männikkö Pine stand
Humus	98	36	26.1	11.1
0—5	99	107	26.4	33.0
5—10	73	81	19.5	25.0
10—20	55	56	14.7	17.3
20—30	35	29	9.3	9.0
30—40	15	15	4.0	4.6
Yhteensä — Total	375	324	100.0	100.0

Luvut osoittavat saman, joka edellä todettiin. Yli puolet kuusikon vaakasuorista juurista on enintään 5 cm:n syvyydessä, männikön juurista taas pääosa (58 %) on maan pintaa lähinnä olevassa, 10 cm:n paksuisessa kivennäismaakerroksessa. Jos sen sijaan lasketaan, kuinka suuri osuus kuusikon ja männikön vaakasuorista juurista on enintään 20 cm:n syvyydessä, huomataan, että kummankin metsikkölajin juurista on tässä maan pintaosassa jokseenkin yhtä suuri osuus, 86.7 ja 86.4 %. Näyttää siis siltä, että näillä metsikkölajeilla tässä suhteessa ja ko. metsätyypeillä ei ole eroja, vaan kummankin vaakasuorasta juuristosta yhtä suuri osa leviää tähän ylimpään maakerrokseen. Samalla tuo mainittu sadannesluku osoittaa, miten tavattoman pinnallinen itse asiassa vaakasuora juuristo on. Vain n. 13 %, siis varsin vähäinen osa näiden metsiköiden juurista, on yli 20 cm:n syvyydessä.

Vielä voidaan edellä esitettyjen lukujen perusteella laskea kummankin metsikkölajin vaakasuoran juuriston keskisyvyyttä osoittavat luvut (taulukko 2).

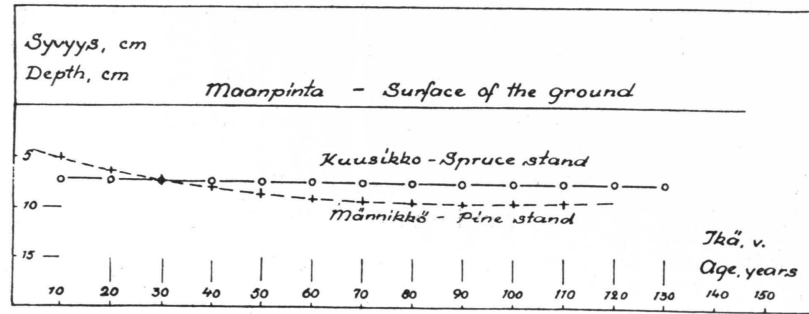
Taulukko 2. Vaakasuoran juuriston keskisyvyys.

Tab. 2. Average depth of the horizontal root system.

Metsikkölaji Kind of stand	Metsikön ikä, v. — Age, years						
	10	30	50	70	90	110	130
	Vaakasuoran juuriston keskisyvyys, cm Average depth of horizontal root system, cm						
Kuusikko, MT — Spruce stand, MT . . . . .	(7.1)	7.2	7.3	7.4	7.5	7.7	7.9
Männikkö, VT — Pine stand, VT . . . . .	(5.4)	7.3	8.5	9.3	9.4	9.5	.

Nuorimpien metsiköiden keskisyvyyttä osoittavat luvut ovat jossakin määrin epävarmoja, kuten muissakin taulukoissa. N. 30 vuoden iältä alkaen on vaakasuoran juuriston keskisyvyys männikössä suurempi kuin kuusikossa. Erotus suurenee metsiköiden vanhetessa, mutta on vanhoissakin metsiköissä enintään vain pari senttimetriä, eikä siis ole kaiken kaikkiaan kovin suuri verrattaessa toisiinsa näinkin erilaisia metsiköitä. Laikarin (1927) tutkimusten perusteella voidaan kuitenkin olettaa, että erotus olisi jonkin verran suurempi, jos verrattaisiin keskenään esim. moreenimaan mustikkatyyppin kuusikoita ja männiköitä, koska männikön juuriston keskisyvyys yleensä suurenee kasvupaikan parantuessa. Laikarin





Kuva 5. Kuusikon ja männikön vaakasuoran juuriston keskisyvyys.

Fig. 5. Average depth of the horizontal root system in spruce and pine stands.

karin esittämistä yksittäisen männyn ja kuusen vaakasuorien juurten keskisyvyyttä osoittavista luvuista edellä olevan taulukon luvut poikkeavat siten, että Laitakarin mukaan männyn juuristo on keskimäärin syvämpi, kuusen taas matalampi. Ero johtunee siitä, että metsikön juuristojen keskisyvyyksissä ovat mukana myös metsikön lukuisat pienet puuyksilöt pinnallisempine juuristoineen (Kalela 1948).

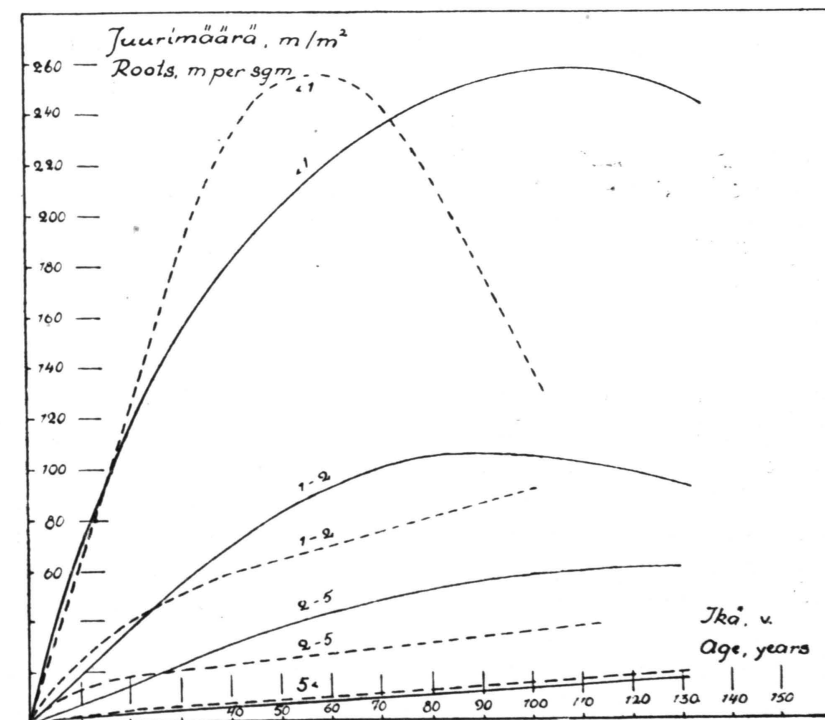
Taulukon keskisyvyyttä osoittavissa luvuissa kiinnittää ehkä eniten huomiota se, että metsiköiden juuristot saavuttavat jo varsin aikaisin niille ominaisen keskisyvyyden; kuusikon juuristot ainakin jo 30 vuoden ja männikön n. 70 vuoden iällä. Sen jälkeen ei juuriston keskisyvyys näytä enää sanottavasti muuttuvan tai suurenee vain varsin hitaasti. Tämä tulos on tietenkin aivan luonnollinen, kun otetaan huomioon, että eri syvyyskerroksiin leviävien juurten keskinäiset runsaussuhteet eivät metsikön vanhetessa sanottavasti muutu, kuten sivulla 29 esitettiin. Samanlaisen kuvan tarjoavat myös Laitakarin juuristojen keskisyvyyttä osoittavat luvut, joskaan eivät ehkä aivan yhtä selvästi.

Tyypillisellä kasvupaikallaan kasvavan kuusikon ja männikön vaakasuoran juuriston syvyysjakaantumisesta on siis todettava, että kummankin metsikkölajin vaakasuora juuristo pääosiltaan leviää aivan lähelle maan pintaa, ottaa ravintonsa etupäässä enintään 20 cm:n paksuisesta maan pintakerroksesta ja että kuusikon vaakasuoran juuriston pääosa on jonkin verran pinnallisempi kuin männikön.

### Juurien jakaantuminen eri paksuusluokkiin

(Taulukko 12)

Varsin mielenkiintoista on todeta, miten metsiköiden kokonaisjuurimäärä jakaantuu eri paksuisten juurten kesken. Kuten taulukon 12 luvuista selviää, molemmissa metsikkölajeissa on vaakasuoran juuriston juurista pääosa aivan ohuita, alle 1 mm:n paksuisia. Niiden osuus koko juurimäärästä on tietenkin aluksi hyvin suuri, puun syntymän aikoina 100 %, mutta jo ensimmäisenä kymmenvuotiskautena se juurten paksuuskasvun vuoksi nopeasti pienenee. Kuusikoissa näiden hennoimpien juurten osuus pysyy



Kuva 6. Kuusikon (—) ja männikön (-----) juurimäärän jakaantuminen eri paksuusluokkiin. —

Fig. 6. Distribution of roots of spruce (—) and pine (-----) stands into thickness classes. —

vanhemmiten melko muuttumattomana 60 % vaiheilla, mutta männiköissä näyttää niiden osuus metsikön vanhetessa jatkuvasti ja yhä kiihtyenkin vähenevän n. 40 %:iin. Alle 1 mm:n paksuisten juurten osuus on eri ikäkausina seuraava:

	Metsikön ikä, v. Age of stand, years						
	10	30	50	70	90	110	130
	Alle 1 mm:n paksuisia juuria, % Roots under 1 mm in thickness, per cent						
Kuusikko, MT Spruce stand, MT	71.4	64.0	61.3	59.3	58.8	58.9	58.3
Männikkö, VT Pine stand, VT	65.4	67.5	69.7	66.1	55.6	39.1	.

Hiukan paksumpien, läpimitaltaan 1—2 mm:sten juurten osuus suurenee kuusikoissa, kuten luonnollista on, aluksi nopeasti n. 20 %:n vaiheille, sittemmin yhä hidastuvasti 25 %:iin saakka, jonka jälkeen niiden osuus alkaa pienetä metsikön yhä enemmän vanhetessa. Männiköissä ei suunta ole aivan näin selvä, mutta voidaan todeta, että ainakin n. 50 vuoden iältä alkaen niiden osuus jatkuvasti suurenee 20 %:sta lähes 40 %:iin, siis siinä määrin, että vanhoissa männiköissä niitä on suunnilleen yhtä paljon kuin hennoimpia juuria.

Melkein yllättävää on todeta, että näiden metsikkölajien vaakasuurassa juuristossa on varsin vähän voimakkaampia, yli 2 mm:n paksuisia juuria. Näiden paksuimpien juurten osuus yleensä hitaasti suurenee metsiköiden vanhetessa, mutta enintäänkin niiden osuus nousee kuusikoissa n. 19 %:iin ja männiköissä n. 23 %:iin ja kaikkein paksuimpien, yli 5 mm:ä paksujen juurten osuus vastaavasti enintään vain 4.5 %:iin ja 7 %:iin.

Laskemalla jälleen, paljonko eri paksuusluokkiin kuuluvia juuria keskimäärin on varttuneissa, 30—110 vuoden ikäisissä metsiköissä, saadaan parempi yleiskatsaus tavallisten keski-ikäisten kuusikoiden ja männiköiden juurten laadusta. Luvut selviävät taulukosta 3.

Näin laskien on siis varttuneissa kuusikoissa ja männiköissä juurimäärän jakaantuminen eri paksuusluokkien kesken hyvin samantapainen. Voidaan sanoa, että juurista 60 % on 1 mm:ä ohuempia, 1—2 mm:n paksuisia on 25 % ja 2 mm:ä paksumpia on 15 %. Näitä lukuja voitaneen pitää jonkinlaisina kuusikon ja männikön vaakasuuron juuriston laatua kuvaavina yleislukuina.

Taulukko 3. Juurien keskimääräinen jakaantuminen eri paksuusluokkiin.  
Tab. 3. Average distribution of roots into thickness classes.

Paksuusluokka, mm Thickness class, mm	Juurimäärä, m/m <sup>2</sup> Roots, m/sqm		Juurimäärä, % Roots, per cent	
	Kuusikko Spruce stand	Männikkö Pine stand	Kuusikko Spruce stand	Männikkö Pine stand
—1	225	200	60.0	61.7
1—2	92	80	24.6	24.7
2—5	47	31	12.5	9.6
5—	11	13	2.9	4.0
Yht.—Total	375	324	100.0	100.0

#### Alle 1 mm:n paksuisten juurien esiintyminen

(Taulukko 13)

Puiden ravinnon oton kannalta on epäilemättä hennoimmilla, alle 1 mm:n paksuisilla juurilla tärkein merkitys. Näihin juuriinhan sisältyvät kaikki vettä suoranaisesti imevät juurten osat, joskin tähänkin ryhmään kuuluu myös pääosaltaan ravintoa edelleen kuljettavia juurten osia. Tästä syystä lienee paikallaan vielä lyhyesti tarkastella näiden juurien määrää eri maakerroksissa.

Ensiksikin voidaan todeta, että näiden hennoimpien juurien esiintyminen maassa on hyvin samantapaista kuin kokonaisjuurimäärän. Niiden määrä nousee aluksi verraten nopeasti kaikissa maakerroksissa, lisääntyminen hidastuu sittemmin vähitellen ja saavuttaa enimmäismääränsä kuusikoissa 100—120 vuoden, männiköissä paljon aikaisemmin, jo 50—70 vuoden iällä. Tämän jälkeen niiden määrä kaikissa maakerroksissa alkaa vähentyä. Tämä väheneminen ei tietenkään merkitse sitä, että uusia juuria ei enää syntyisi, vaan ainakin alkuaikoina maksimi-ikäkohdan jälkeen vain sitä, että uusien juurien muodostuminen ei enää jaksaa korvata paksuus-kasvun aiheuttamaa, alle 1 mm:n paksuisten juurien siirtymistä toisiin paksuusluokkiin sekä metsikön luontaisesta harvenemisestä johtuvaa juurien vähenemistä. Myöhemmiten, puiden kasvun ja elinvoiman yhä enemmän tyrehtyessä, uusien juurien muodostuminen jatkuvasti heikentyy. Edellä mainitut ikäkohdat merkitsevät siten ajankohtaa, josta lähtien maan koko pintaosan täyttävään juuriverkkoon alkaa ilmestyä jatkuvasti yhä laajenevia aukkoja, joissa niiden edelleen laajentuessa uudet tai

Taulukko 4. Alle 1 mm:n paksuisten juurten keskimääräinen syvyysjakaantuminen.

Tab. 4. Average vertical distribution of roots under 1 mm in thickness.

Maakerros, cm Depth layer, cm	Juurimäärä, m/m <sup>2</sup> Roots, m/sqm		Juurimäärä, % kokonaisjuurimäärästä Per cent of total amount of roots	
	Kuusikko Spruce stand	Männikkö Pine stand	Kuusikko Spruce stand	Männikkö Pine stand
Humus	52	17	53.1	47.2
0—5	58	58	58.6	54.2
5—10	46	52	63.0	64.2
10—20	34	40	61.8	71.4
20—30	23	20	65.7	69.0
30—40	11	10	73.3	66.7
Yht. ja keskim. Total and on average	224	197	60.0	61.5

met alkavat vähitellen saada jalansijaa. Mainituista ikäkohdista lähtien tai oikeastaan hiukan myöhemmin voidaan siis uudistumisen luonnon-tilaisissa metsiköissä katsoa pääsevän alkamaan, ensi vuosikymmeninä tosin hyvin vaatimattomasti, mutta myöhemmin yhä voimistuvana juuriverkon yhä enemmän repeillessä. Tämä ajankohta näyttää puolukkatyyppin männiköissä siis sattuvan pari-kolmekymmentä vuotta aikaisemmin kuin mustikkatyyppin kuusikoissa ja todennäköisesti männiköissä juuriverkon »repeileminen» tapahtuu huomattavasti nopeammin kuin kuusikoissa.

Eri maakerroksissa hennoimpien juurien määrä jakaantuu suurin piirtein saman suuntaisesti kuin kokonaisjuurimäärä ja enimmäismääränsä ne näyttävät saavuttavan sitä myöhemmin, kuta syvempi maakerros on kysymyksessä, kuten luonnollista on, joskaan suunta ei aina ole aivan selvä.

Tarkasteltaessa näiden hennoimpien juurien osuutta vastaavan maakerroksen koko juurimäärästä, havaitaan melko selvät piirteet. Aluksi, juurien tunkeutuessa kuhunkin maakerrokseen, hennoimpia juuria on sataprosenttisesti, mutta paksuuskasvun vuoksi alle 1 mm:n paksuisten juurten osuus vähenee metsikön vanhetessa, aluksi nopeasti, mutta myöhemmin yhä hidastuvasti. Hennoimpien juurten osuudet siis ilmeisesti metsikön vanhetessa pienenevät.

Kun metsikön iän lisääntyessä juuristo vähitellen täydellistyy yhä syvempiä maakerroksia kohti, juuriston kehitys on syvemmissä maaker-

roksissa jäljessä maan pinnan läheisissä maakerroksissa tapahtuvasta kehityksestä. Tästä syystä näissä maakerroksissa hennoimpien juurten osuus ilmeisesti on suurempi kuin vastaavissa ylemmissä maakerroksissa. — Kuusikoissa lukusarjojen osoittama suunta on hyvin selvä, männiköissä sen sijaan epäselvempi, mutta kuitenkin havaittava.

Varttuneissa, 30—110-vuotisissa metsiköissä saadaan hennoimpien juurten määräksi ja osuuksiksi keskimäärin taulukon 4 osoittamat arvot.

Kuusikon ja männikön hennoimpien juurien kokonaismäärät ovat siis vastaavissa maakerroksissa hyvin samaa suuruusluokkaa. Pääasiallinen ero on tässäkin tapauksessa humuskerroksessa: kuusikon humuskerroksessa hennoimpien juurten määrä on n. kolme kertaa suurempi kuin männikön humuskerroksessa. Kokonaisjuurimäärästä hennoimpien juurten osuudet yleensä vaihtelevat 50 % ja 70 % välillä ja keskimäärin ovat kummassakin metsikkölajissa käytännöllisesti katsoen yhtä suuret. Edelleen huomataan, että ainakin kuusikoissa hennoimpien juurien osuus yleensä suurenee syvempiin maakerroksiin päin.

#### Yli 5 mm:n paksuisten juurien esiintyminen

(Taulukko 14)

Yli 5 mm:n paksujen juurten määrä on männiköissä ja kuusikoissa varsin vähäinen, kuten edellä on osoitettu. Kun niiden esiintymisessä männikön ja kuusikon juuristossa on kuitenkin pieniä eroja, esitetään niistä muutamia kuvaavia piirteitä.

Taulukosta 14 voidaan havaita, että k u u s i k o n vaakasuorassa juuristossa näitä paksuimpia juuria on eniten humuskerroksessa, mikä tosin saattaa tuntua oudolta, mutta mikä jo seulomistyön yhteydessä selvästi voitiin todeta. Syvemmälle mentäessä paksuimpien juurten määrä jatkuvasti ja kaiken ikäisissä metsiköissä pienenee. 20—30 cm:n syvyydessä niitä alkaa esiintyä vasta 70 vuoden iältä alkaen ja 30—40 cm:n syvyydessä niitä tavataan vain aivan poikkeustapauksissa.

M ä n n i k ö n vaakasuorassa juuristossa niiden esiintyminen on siinä suhteessa erilaista, että niitä on eniten ylimmissä kivennäismaakerroksissa, mutta sen sijaan humuskerroksessa ja syvemmissä kivennäismaakerroksissa paljon vähemmän. Kaiken kaikkiaan näyttää niitä olevan puolukkatyyppin männiköissä hiukan enemmän kuin mustikkatyyppin kuusikoissa ja ne näyttävät esiintyvän syvemmillä, vielä 30—40 cm:n syvyydessä, joskin vasta 70 vuoden iältä alkaen.

Taulukko 5. Yli 5 mm:n paksuisten juurien keskimääräinen syvyysjakaantuminen.

Tab. 5. Average vertical distribution of roots over 5 mm in thickness.

Maakerros, cm Depth layer, cm	Juurimäärä, m/m <sup>2</sup> Roots, m/sqm		Juurimäärä, % kokonaisjuurimäärästä Per cent of total amount of roots	
	Kuusikko Spruce stand	Männikkö Pine stand	Kuusikko Spruce stand	Männikkö Pine stand
Humus	4.5	1.3	4.6	3.6
0—5	3.4	5.8	3.4	5.4
5—10	1.8	3.4	2.5	4.2
10—20	0.8	1.4	1.5	2.5
20—30	0.6	0.9	1.1	3.1
30—40	—	0.2	—	1.3
Yht. ja keskim. Total and on average	11.1	13.0	2.9	4.0

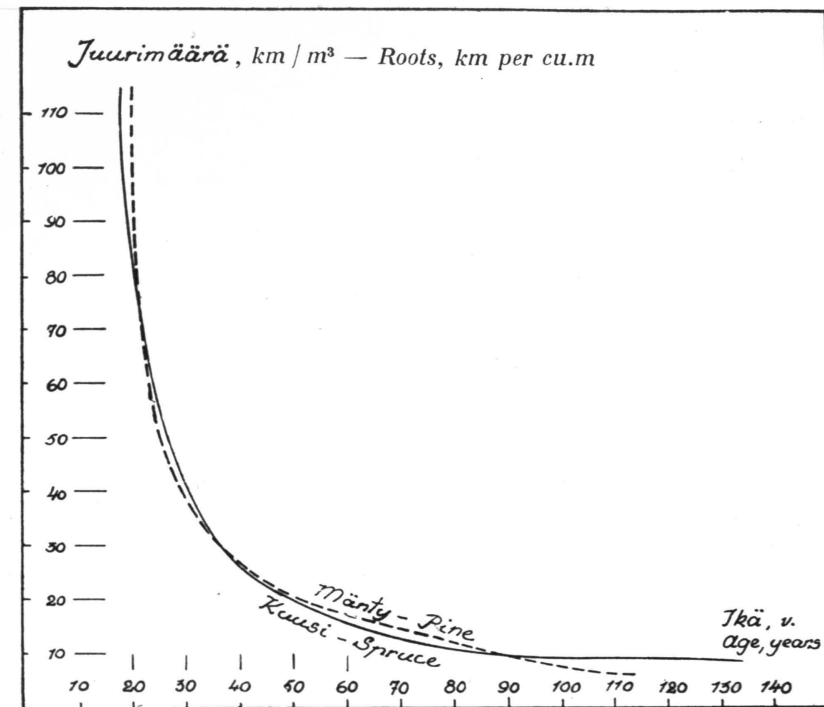
Yleiskatsauksellisuuden vuoksi esitetään vielä taulukossa 5 keskimääräislukuina yli 5 mm:ä paksujen juurien määrä ja osuus kaikista juurista varttuneissa 30—110 vuoden ikäisissä metsiköissä.

Näiden keskimääräisten lukujen perusteella näkyvät paksuimpien juurien esiintymisen erot kuusikossa ja männikössä melko selvinä. Voidaan myös todeta, että niissä maakerroksissa, joissa näitä paksuimpia juuria on eniten, niiden osuus kokonaisjuurimäärästä on myös suurin.

#### Juurimäärä puuston m<sup>3</sup>:ä kohden

Laitakari on männyn juuristoja selvitellessään todennut, että runko-m<sup>3</sup>:ä kohden laskettu juurimäärä on pienillä puilla hyvinkin korkea, kun se taas suurilla puilla on paljon pienempi. Samaa osoittavat tämän tutkimuksen tulokset, kuten seuraavasta asetelmasta selviää:

		Metsikön ikä, v. — Age, years												
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
		Juurimäärä km/puuston m <sup>3</sup> — Roots, km per cubic meter												
Kuusikko, MT	.... (197)	87	43	27	20	16	13	11	10	10	10	9	9	
Spruce stand, MT														
Männikkö, VT	.... (520)	96	40	26	20	17	14	12	10	8	7			
Pine stand, VT														



Kuva 7. Kuusikon ja männikön juurimäärä kilometreinä keskimäärin puuston m<sup>3</sup>:ä kohden.

Fig. 7. Roots of spruce and pine stands in kilometres, average per cu.m. of growing stock.

Puuston kuutiometriä kohden laskettu juurimäärä vähenee siis metsikön vanhetessa ja puiden kasvaessa, aluksi hyvin nopeasti, mutta sittemmin yhä hidastuen. Yllä olevissa luvuissa kiinnittää kuitenkin ehkä eniten huomiota se, että kuutiometriä kohden laskettu juurimäärä näyttää olevan MT:n kuusikoissa ja VT:n männiköissä kutakuinkin samaa suuruusluokkaa. Nuorella iällä männikön luvut ovat vähän suuremmat, mutta erot ovat ylipäänsä varsin pienet, ajoittain olemattomatkin. — Keskimäärin on varttuneissa, 30—110-vuotuisissa kuusikoissa 17.8 km, männiköissä 17.1 km juuria puuston kuutiometriä kohden.

### Juurimäärä maa-dm<sup>3</sup>:ä kohden

(Taulukko 15)

Taulukosta 15 selviää kuusikon ja männikön juurimäärä eri maakerroksissa laskettuna yhtä maa-dm<sup>3</sup>:ä kohden. Lukusarjojen pääsuunta on tietenkin hyvin samanlainen kuin aikaisemmin esitetyissä, juuristojen syvyysjakaantumista osoittavissa taulukoissa. Tässä taulukossa on kuitenkin aikaisempaa korostetummin näkyvissä juurten suuri tiheys aivan lähellä maan pintaa ja sen nopea pieneneminen syvempiin maakerroksiin päin. Tämä suunta käy selvästi ilmi myös seuraavista luvuista, joissa on laskettu keskimääräinen juuritiheys 30—110-vuotuisissa metsiköissä:

	Syvyyskerros, cm — Depth layer, cm					
	Humus	0—5	5—10	10—20	20—30	30—40
	Juurimäärä, cm/maa-dm <sup>3</sup> — Roots, cm in cbdm of soil					
Kuusikko, MT	249	196	148	55	36	15
<i>Spruce stand, MT</i>						
Männikkö, VT	133	213	162	56	29	15
<i>Pine stand, VT</i>						

Kuten luvuista selviää, on juurten tiheys esim. enintään 10 cm:n syvyydessä keskimäärin 5—6 kertaa suurempi kuin yli 10 cm:n syvyydessä.

Kuusikon ja männikön juurten tiheys näyttää edellä esitettyjen lukusarjojen mukaan olevan kivennäismaassa hyvin samaa suuruusluokkaa, vaikka kysymyksessä ovat eri puulajit, metsätyypit ja maalajit. Humuskerroksessa ero sen sijaan on suuri: mustikkatyypin kuusikossa humuskerroksen juurimäärä on toisen verran suurempi kuin puolukkatyypin männikössä.

Suurimmillaan juurien tiheys on 100—110-vuotisten kuusikoiden humuskerroksessa, n. 280 cm/dm<sup>3</sup>, ja n. 50-vuotisten männiköiden ylimässä (0—5 cm) kivennäismaakerroksessa, n. 250 cm/dm<sup>3</sup>. Näissäkin luvuissa kuvastuu siis kuusikon hidas ja männikön nopea alkuaikojen kehitys.

### Vaakasuoran juuriston tilavuus

(Taulukko 16)

Kun kunkin maakerroksen ja paksuusluokan juurinäyte mitattiin ja punnittiin, voitiin laskea kunkin juurinäytteen keskimääräinen paino (mg/10 juuri-cm). Kun myös eri paksuisten, läpimitaltaan tarkkuusmitta-

rilla mitattujen juurien vastaava paino määrättiin ja näin saadut useat kymmenet punnitukset tasoitettiin, voitiin laskea kunkin juurinäytteen keskimääräinen läpimitta ja sen avulla näytteen juurien tilavuus.

Edellä esitettyjen suurien juurimäärien perusteella saattaisi odottaa, että juurien tilavuuskin olisi kokolailla suuri. On kuitenkin muistettava, että yksistään alle 1 mm:n paksuisten juurien, joiden kuutiomäärä on aivan mitätön, osuus on 50—70 % koko juurimäärästä. Kun paksumpia juuria, joiden kuutiomäärä on suhteellisen suuri, taas on varsin vähän, on luonnollista, että vaakasuoran juuriston kokonaistilavuus on hyvinkin pieni.

Yleiskäsityksen vaakasuoran juuriston tilavuudesta antavat seuraavat luvut:

	Metsikön ikä, v. — Age, years						
	10	30	50	70	90	110	130
	Juurimäärän tilavuus, cm/m <sup>2</sup> — Volume of roots, cm/sqm						
Kuusikko, MT	170	530	890	1240	1600	1945	2315
<i>Spruce stand, MT</i>							
Männikkö, VT	195	595	925	1265	1600	1930	.
<i>Pine stand, VT</i>							

Sekä kuusikoissa että männiköissä juuriston tilavuus siis ilmeisesti varsin suoraviivaisesti metsikön vanhetessa suurenee. Molemmissa metsikkölajeissa näyttää vaakasuoran juuriston tilavuuskin olevan vastaavina ikäkausina hyvin samansuuruinen. — Vanhoissa männiköissä ja kuusikoissa vaakasuoran juuriston tilavuus on enintään vain n. 2000—2500 cm<sup>3</sup>:ä maapinta-alan m<sup>2</sup>:ä kohden, eli vain n. 1/2 % vastaavasta maan kuutiomäärästä. Eri ikäkausina juurten tilavuus on vastaavasta maan tilavuudesta seuraava:

	Metsikön ikä, v. — Age, years					
	10	30	50	70	90	110
	Juurimäärän tilavuus % maan tilavuudesta Volume of roots, per cent of soil volume					
Kuusikko, MT	0.12	0.20	0.28	0.36	0.44	0.53
<i>Spruce stand, MT</i>						
Männikkö, VT	0.14	0.22	0.29	0.37	0.45	.
<i>Pine stand, VT</i>						

Vastaavan maamäärän tilavuuteen verrattuna on siis juurimäärän tilavuus kaikki syvyyskerrokset huomioon ottaen varsin mitätön, parhaasakin tapauksessa, kuten mainittiin, vain n. 1/2 %. Eri maakerroksissa

tämä suhde on sen sijaan hyvinkin erilainen, kuten seuraavat luvut osoittavat:

	Humus	Maakerros, cm — Depth layer, cm				
		0—5	5—10	10—20	20—30	30—40
		Juurimäärän tilavuus % maan tilavuudesta Volume of roots, per cent of soil volume				
Kuusikko, MT . . . . .	1.14	0.76	0.37	0.12	0.07	0.02
<i>Spruce stand, MT</i>						
Männikkö, VT . . . . .	0.48	1.07	0.71	0.17	0.07	0.03
<i>Pine stand, VT</i>						

Kuusikon vaakasuoran juuriston tilavuus on siis humuksessa suurin ja siinä varsin paljon suurempi kuin männikön, mutta pienenee syvemmälle päin nopeasti. Männikön vaakasuoran juuriston tilavuus on taas suurin kivennäismaan ylimmissä kerroksissa ja niissä selvästi suurempi kuin kuusikon. — Tiheimmilläänkin ollessaan juuriston tilavuus on siis vastaavan maamäärän tilavuuteen verrattuna varsin vaatimaton, kuusikoissa todennäköisesti enintään 1.5 %, männiköissä tuskin sitäkään.

Vaakasuoran juuriston tilavuuden perusteella laskien on kuusikon ja männikön juuriston syvyysjakaantuminen keskimäärin seuraava:

	Humus	Maakerros, cm — Depth layer, cm					Yht.
		0—5	5—10	10—20	20—30	30—40	
		% kokonaistilavuudesta — Per cent of total volume					
Kuusikko, MT . . . . .	37.8	30.5	14.9	9.9	5.2	1.7	100.0
<i>Spruce stand, MT</i>							
Männikkö, VT . . . . .	8.0	42.6	28.3	13.5	5.2	2.4	100.0
<i>Pine stand, VT</i>							

Verrattaessa näitä lukuja vastaaviin, juurten pituuden perusteella laskettuihin lukuihin, huomataan, että tilavuuden perusteella laskien juurten osuus maan pintaosissa on vieläkin suurempi. Niinpä näin laskien kuusikon juurista 93.1 % ja männikön juurista 92.4 % on enintään 20 cm:n syvydessä, kun vastaavat luvut pituuden perusteella laskien kummassakin tapauksessa ovat 86—87 %.

P o l a n s k y (1936) esittää myös tuloksia metsikön vaakasuoran juuriston juurien tilavuudesta. Niinpä hänen mukaansa lehtipuuvaltaisessa sekametsikössä (tammi, pyökki, valkopyökki, mänty, kuusi) juuriston tilavuus oli alle 20 cm:n syvydessä 3 074 cm<sup>3</sup> eli 1.54 % vastaavasta maan tilavuudesta ja syvemmissä kerroksissa seuraava: 20—40 cm: 709 cm<sup>3</sup> eli

0.35 %; 40—60 cm: 297 cm<sup>3</sup> eli 0.15 % ja syvemmällä yleensä vain 0.03 %. Sadannesluvut ovat siis hyvin samaa suuruusluokkaa kuin tässä tutkimuksessa saadut.

#### Puuston ja pintakasvillisuuden juurisuhteista

Kun sekä männikön että kuusikon juuristo vähitellen täydellistyy, säävuttaa tiettyä ikäkautena suurimman tiheydensä ja alkaa sen jälkeen jälleen harventua, on mielenkiintoista selvittää, missä määrin pintakasvillisuus pystyy käyttämään hyväkseen sen epäilemättä vajavaisen kasvutilan, joka maassa vallitsee silloin kun puuston juuristo ei ole tiheimmillään.

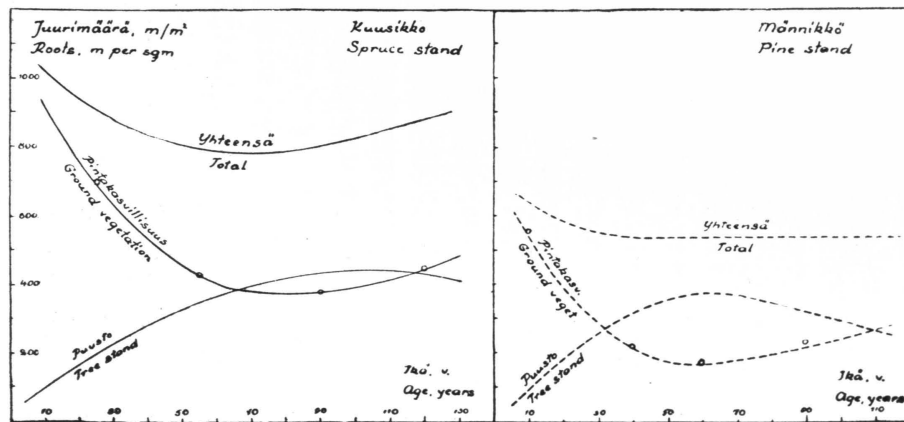
Asian valaisemiseksi selviteltiin neljässä aiemmin tutkitussa kuusikossa ja männikössä, jotka edustavat metsikön eri ikävaiheita, myös pintakasvillisuuden juurimäärät samalla tavoin kuin puuston juuristokin. Tulokseksi saatiin seuraavat taulukon 6 osoittamat juurimäärät.

Taulukko 6. Pintakasvillisuuden juurimäärä eräillä koealoilla.

Tab. 6. Amount of roots of ground vegetation.

Metsikön ikä, v. Age, years	Maakerros, cm — Depth layer, cm			
	Humus	0—5	5—10	Yht. — Total
	Juurimäärä, m/m <sup>2</sup> — Roots, m/sqm			
	Kuusikko — Spruce stand			
25	605	85	10	700
55	320	80	30	430
90	255	85	40	380
120	290	110	50	450
	Männikkö — Pine stand			
10	360	130	600	550
40	180	40	—	220
60	130	40	—	170
90	120	80	300	230

Tulokset ovat tietenkin toistaiseksi vain suuntaa näyttäviä ja kaipaavat vielä tarkistamista ja täydentämistä, mutta näinkin ne ilmeisen selvästi näyttävät viittaavan siihen, että pintakasvillisuuden juurimäärä varsin selvästi ja kiinteästi seuraa puuston juurimäärän vaihteluita. Taimisto-



Kuva 8. Kuusikon ja männikön puuston ja pintakasvillisuuden juurimäärien suhteita valaiseva piirros.

Fig. 8. Sketch illustrating the proportion of tree roots and ground vegetation roots in spruce and pine stands.

metsissä pintakasvillisuuden juurimäärä on suurimmillaan ja hyvin paljon suurempi kuin puuston juurimäärä koskaan, mutta puuston juurimäärän kasvaessa se nopeasti vähenee, on pienimmillään silloin kun puuston juurimäärä on suurimmillaan ja sen jälkeen jälleen hiljalleen alkaa lisääntyä.

Jos kuvassa 8 esitetyistä tasoituskäyristä otetaan pintakasvillisuuden juurimäärät erälle ikäkausille ja niihin lisätään puuston juurimäärät vastaavina ikäkausina saadaan taulukon 7 esittämät lukusarjat.

Näyttää siis siltä, että kokonaisjuurimäärän vaihtelut ovat taimistoikää lukuun ottamatta varsin vähäiset. Männikössä juurimäärä näyttää pysyvän ainakin 110 vuoden iälle saakka melko muuttumattomana, kuusikossa sen sijaan vanhemmiten lievästi suurenevan.

Pintakasvillisuuden, taimiston ja vanhemman metsikön keskinäisten juuristosuhteitten selvittely vaatii luonnollisesti paljon lisäselvittelyjä, jotka jo ovat työn alla, mutta edellä esitetyt orientoivat tulokset näyttävät oikeuttavan ainakin seuraavien johtopäätösten tekoon:

Pintakasvillisuuden juuristo leviää jokseenkin yksinomaisesti humuskerrokseen ja n. 10 cm:n paksuiseen ylimpään kivennäismaakerrokseen, ja humuskerroksessa on vähintään 50 % kaikista juurista.

Pintakasvillisuuden juurimäärä on mustikkatyypissä hyvin paljon suurempi kuin puolukkatyypissä, erotuksen ollessa lähes 100 %.

Taulukko 7. Pintakasvillisuuden ja puuston yhteinen juurimäärä.

Tab. 7. Amount of roots of ground vegetation and of tree stand.

	Ikä, v. — Age, years						
	10	30	50	70	90	110	130
	Juurimäärä, m/m <sup>2</sup> — Roots, m/sqm						
	Kuusikko, MT — Spruce stand, MT						
Pintakasvillisuus — Ground vegetation .....	920	640	470	380	380	420	480
Puusto (pyör.) — Tree stand (round.) .....	100	240	330	400	430	440	420
Yhteensä — Total	1 020	880	800	780	810	860	900
	Männikkö, VT — Pine stand, VT						
Pintakasvillisuus — Ground vegetation .....	540	290	180	180	220	270	.
Puusto (pyör.) — Tree stand (round.) .....	100	260	360	370	320	270	.
Yhteensä — Total	640	550	540	550	540	540	.

Kun puuston vaakasuorasta juuristosta myös pääosa leviää aivan maan pintaosiin, on ilmeistä, että puusto ja pintakasvillisuus joutuvat varsin kiinteästi kilpailemaan maan ravintolähteistä. Tämän kilpailun vaikutus voidaan todeta jo juurimäärien vaihtelussa eri ikäkausina ja erityisesti siinä, että puuston juurien lisääntyessä pintakasvillisuuden juurimäärä vähenee ja päinvastoin.

Kun pintakasvillisuuden ja puuston juurimäärien välinen keskinäinen riippuvaisuus näyttää olevan ilmeisen selvä, merkitsee se luonnollisesti myös sitä, että pintakasvillisuus pystyy kuvastamaan puuston kehityksen edellytyksiä, mikä metsätyyppien merkityksen kannalta on varsin tärkeä toteamus. Sama kiinteä suhde on käynyt ilmi myös eräissä kokeissa (Kalela 1948), joissa puuston vedenotto on juuria katkomalla estetty.

On hyvin todennäköistä, että edellä kuvatusta pintakasvillisuuden ja puuston juurimäärien kiinteästä ja herkästä suhteesta johtuu mm. se, että aina kilpailukykyinen pintakasvillisuus uudistamisvaiheessa helposti saa yliotteen syntyvästä pienestä taimiaineksesta ja voi siten hidastaa ja vaikeuttaa uudistumistapahtumaa. Se viittaa siten siihen, että taimiaines todennäköisesti yleisesti pitäisi saada syntymään männiköissäkin jo emäpuuston alle, kuten se luonnonmetsissäkin syntyy (Kalela 1948).

Tässä yhteydessä on syytä mainita myös siitä, että männikön juuriston ollessa tiheimmillään kuusi ei todennäköisesti pääse tunkeutumaan alikasvokseksi näihin metsikköihin, se ei yksinkertaisesti saa elämisen mahdollisuuksia männikön alla (vrt. Sirén 1948). Onkin hyvin luultavaa, että pääosa meikäläisten puolukkatyyppin männiköiden kuusialikasvoksista on syntynyt joko suunnilleen samanaikaisesti männyn kanssa tai sitten vasta vanhoihin männikköihin, yleensä siis siinä männikön kehitysvaiheessa, jolloin sen juuristo ei ole läheskään tiheimmillään. Tämä koskee kuitenkin vain kokolailla täysitiheinä syntyneitä ja kehittyneitä männiköitä. Harvoina kehittyneissä tai voimakkaasti hakatuissa männiköissä juurimäärä tähänastisten tutkimusten mukaan todennäköisesti jää niin paljon pienemmäksi, että kuusi voi tunkeutua missä männikön kehitysvaiheessa tahansa alikasvokseksi. Tämä lienee eräs lisäselitys kuusen nykyisin aivan yleisesti havaittavaan tunkeutumiseen puolukkatyyppin männikköihin (vrt. Kalela 1945).

### Puiden vaakasuora juuristo

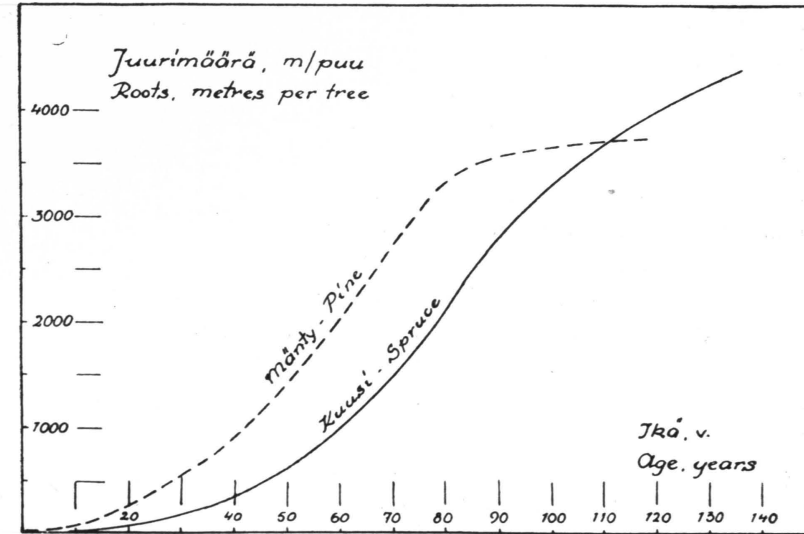
Kun jokaisen tutkitun metsikön runkoluku oli määrätty, voitiin edellä esitettyjen lukusarjojen perusteella laskea juurimäärä keskimäärin puuta kohden eri ikäkohtina sekä sen jakaantuminen eri paksuusluokkiin ja maakerrokseen.

#### Kokonaisjuurimäärä ja sen jakaantuminen eri paksuusluokkiin ja maakerrokseen

(Taulukot 17 ja 18)

Kuusen ja männyn keskimääräisistä kokonaisjuurimäärästä eri ikäkohtina antavat seuraavat luvut yleiskäsityksen:

	Puun ikä, v. — Age of tree, years						
	10	30	50	70	90	110	130
	Juurimäärä, m/puu — Roots, metres per tree						
Kuusi, MT Spruce, MT	10	175	651	1455	2716	3684	4255
Mänty, VT Pine, VT	85	524	1392	2707	3539	3694	.



Kuva 9. Kuusikon ja männikön juurimäärä keskimäärin puuta kohden eri ikäkausina.  
Fig. 9. Average root amount per tree of spruce and pine stands at different periods of age.

Näin laskien näyttää siis siltä, että kuusen ja männyn juuristot laajenevat jatkuvasti ainakin toiselle sadalle ikävuodelle saakka. Aluksi juuriston laajeneminen on hitaampaa, kiihtyy keski-ikäällä varsin tuntuvasti ja alkaa vanhemmiten jälleen hidastua. Tämä hidastuminen on männyllä erityisesti 80 vuotta vanhemmissa metsiköissä huomattavan paljon äkkinäisempää ja voimakkaampaa kuin kuusella, jonka juuristo kokolailla voimakkaasti laajenee vielä 130 vuodenkin iällä.

Kuusen ja männyn vaakasuoran juuriston kehityksessä huomataan samoja piirteitä, jotka ovat tunnetut niiden maanpäällisten osien kehityksestä. Aluksi männyn juuristo laajenee ja kehittyy paljon voimakkaammin kuin kuusen. Niinpä näin laskien männyn vaakasuoran juuriston kokonaispituus nousee 1 000 m:iin jo hiukan yli 40 vuoden iällä, kun taas kuusen vasta 60 vuoden iällä. 2 000 m:n juuristopituuden mänty saavuttaa 60:n, kuusi 80 vuoden iällä ja 3 000 m:n juuristopituus saavutetaan vastaavasti 75:n ja 95 vuoden iällä. Sittemmin suhteet muuttuvat. Kuusen juuristo laajenee jatkuvasti ripeästi, kun taas männyn juuriston laajeneminen alkaa hidastua. 110 vuoden iällä näiden puulajien juuristot ovat suunnilleen yhtä laajat, mutta tätä vanhemmista puista kuusen juuristo on jopa huomattavan paljon laajempi. Kuuselle ominainen hitaanlainen alkukehitys, ripeä



kasvun paraneminen ja kauan kestävä hyvä kasvu kuvastuvat siis varsin hyvin myös vaakasuoran juuriston kehityksessä samaten kuin männyn kokolailla toisenlainen kasvutapa.

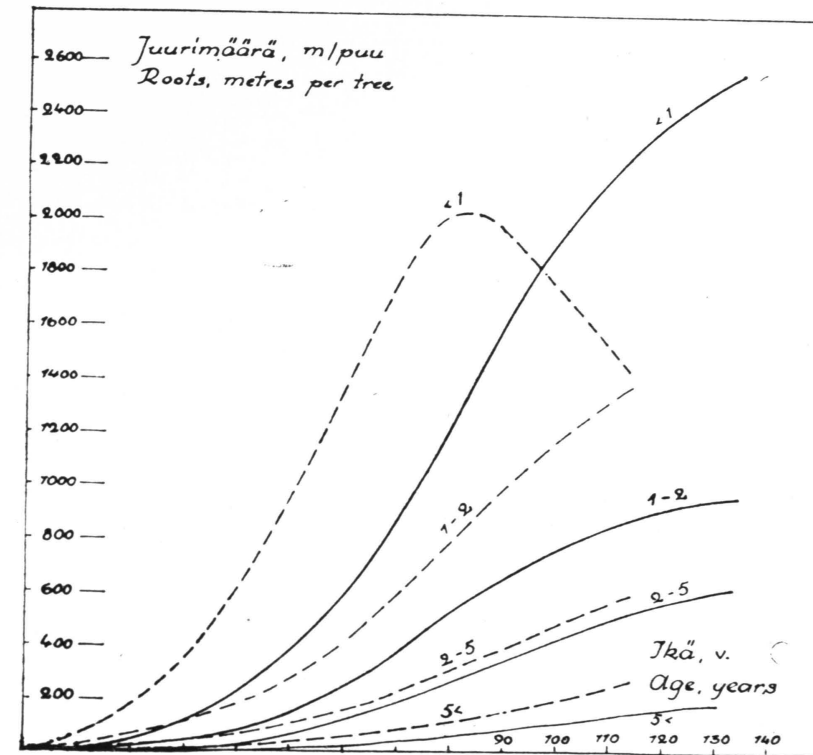
Näinkin laskien yksittäisen puun vaakasuoran juuriston juurten kokonaisuutta osoittavat luvut ovat kaiken kaikkiaan varsin korkeat ja juurimäärä puuta kohden siis varsin suuri. Mustikkatyypin vanhan kuusen kokonaisjuurimäärä nousee yli 4 000 m:n ja puolukkatyypin vanhan männyn yli 3 500 m:n, yksityistapauksissa vieläkin suuremmaksi. Laitakarin (1927) puolukkatyypin männylle saamat vaakasuoran juuriston yhteispituutta osoittavat luvut ovat kokolailla paljon pienemmät, vaihdellen yleensä 50—250 m. Ero johtuu etupäässä erilaisesta tutkimusmenetelmästä. Kuten aiemmin mainittiin, ei tavallisella kaivumenetelmällä ole mahdollista saada kaikkia juuria esille ja erityisesti tämä koskee hennoimpia juuria, joita juuristossa eniten on. Sitä paitsi Laitakarin tutkimuksen päätarkoitus kohdistui enemmän juuristojen morfologian ja suhteiden selvittelyyn eri olosuhteissa kuin absoluuttisiin juurimääriin.

Mielenkiintoista on edelleen tarkastella, miten paljon kuusen ja männyn juuristo näiden lukujen perusteella keskimäärin vuosittain laajenee. Taulukosta 17 selviää, että metsikössä kuusen juuristo laajenee keskimäärin yli 40 m vuosittain 60:n ja 110 ikävuosien välillä ja eniten, 65 m vuodessa, 70—80 vuoden iällä. Yli 40 m vuodessa laajenee männyn juuristo 40:stä 90 ikävuoteen ja eniten, yli 70 m vuodessa, 60—70 vuoden iällä. Puun vaakasuoran juuriston vuotuinen laajeneminen on siis erityisesti alle 100 vuoden iällä varsin huomattava ja vaatii, huomioon ottaen sen vastuksen, mikä juurten on kasvaessaan voitettava, varsin suuret energia- ja rakennusainemäärät.

Taulukko 8. Kuusen ja männyn juurien keskimääräinen jakaantuminen eri paksuusluokkiin.

Tab. 8. Average distribution of the roots of spruce and pine into thickness classes.

Paksuusluokka, mm Thickness class, mm	Juurimäärä, m/puu Roots, metres per tree		Juurimäärä, % Roots, per cent	
	Kuusi Spruce	Mänty Pine	Kuusi Spruce	Mänty Pine
—1	1 011	1 368	56.8	59.2
1—2	419	665	27.6	24.6
2—5	223	264	10.9	13.1
5—	55	113	4.7	3.2
Yht. — Total	1 708	2 410	100.0	100.0



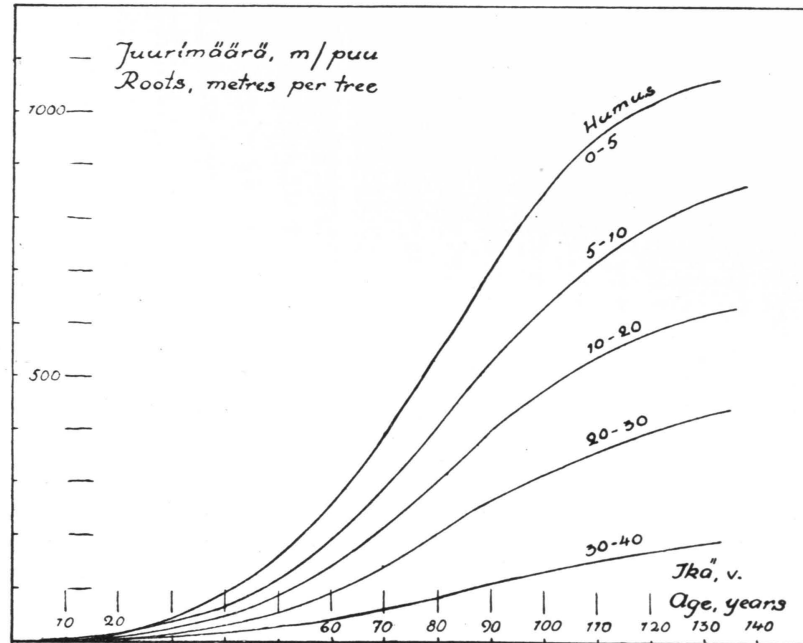
Kuva 10. Kuusen (—) ja männyn (-----) juurimäärän jakaantuminen eri paksuusluokkiin.

Fig. 10. Average distribution of spruce (—) and pine (-----) roots into thickness classes.

Paksuusluokkiin puiden juuret keskimäärin jakaantuvat tietenkin suunnilleen samoissa suhteissa kuin kokonaisen metsikön juuret. Yleiskäsityksen siitä antaa taulukko 8, josta selviää 30—110-vuotisten puiden juurten keskimääräinen jakaantuminen eri paksuusluokkiin.

Hennoimpia juuria on kummallakin puulajilla eniten, lähes 60 % kaikista juurista, ja paksuimpia, yli 5 mm:n juuria hyvin vähän, keskimäärin vain 3—5 %. Alle 1 mm:n paksuisten juurten määrä nousee vanhalla kuusella keskimäärin n. 2 500 m:iin ja vanhalla männyllä n. 2 000 m:iin.

Tarkasteltaessa lukuja, jotka osoittavat juurimääriä eri paksuusluokissa puiden vanhetessa, havaitaan, että männyn hennoimpien juurten määrä alkaa n. 80 vuoden iältä pienentyä, ts. siitä lähtien uusien juurien muodostuminen ei enää jaksaa korvata hennoimpien juurten kuolemista ja



Kuva 11. Kuusen juurimäärän jakaantuminen eri maakerroksiin.

Fig. 11. Average distribution of spruce roots in the different soil layers.

siirtymistä seuraaviin paksuusluokkiin. Tämä epäilemättä merkitsee sitä, että tällöin männyn juurien elinvoimainen kehityskausi on nopeasti päätymässä ja juuriston tihentyminen ja laajentuminen tyrehtymässä. Kuusella ei tätä piirrettä ole havaittavissa ainakaan vielä 130-vuotisissa puissa.

Tätä taustaa vastaan on myös ymmärrettävissä se, että sekä männikön että yksittäisten mäntyjen juuristossa hennoimpien juurien vähentyminen on voimakkainta ja että etupäässä ne aiheuttavat kokonaisjuurimäärän voimakkaan vähenemisen. Niitä ei mainitun ikäkohdan jälkeen enää sanottavasti muodostu, vaan ne joko siirtyvät seuraaviin paksuusluokkiin tai häviävät poistuvien, kituneiden puuyksilöiden mukana, yksilöiden, joiden juuristoissa niiden osuus on suurin, koska tällaisten huonokuntoisten puiden juurien paksuuskasvu on heikkoa. Kuusikossa, jossa kituvia, alle jääneitä puuyksilöitä aina on enemmän jäljellä, vastaava ajankohta sattuu paljon myöhemmin, mikä ehkä samalla osittain selittää kuusen voimakkuuden ja epäsuopeuden muita puulajeja samoin kuin omia taimiaan kohtaan.

Laskemistavasta jo johtuu, että myös yksittäisten puiden vaakasuoran juuriston keskimääräinen syvyysjakaantuminen on tietenkin kokoluulla samanlainen kuin metsikön juuriston syvyysjakaantuminen. Yleiskäsityksen siitä antavat seuraavat luvut, jotka esittävät 30—110-vuotisten puiden vaakasuoran juuriston keskimääräistä syvyysjakaantumista.

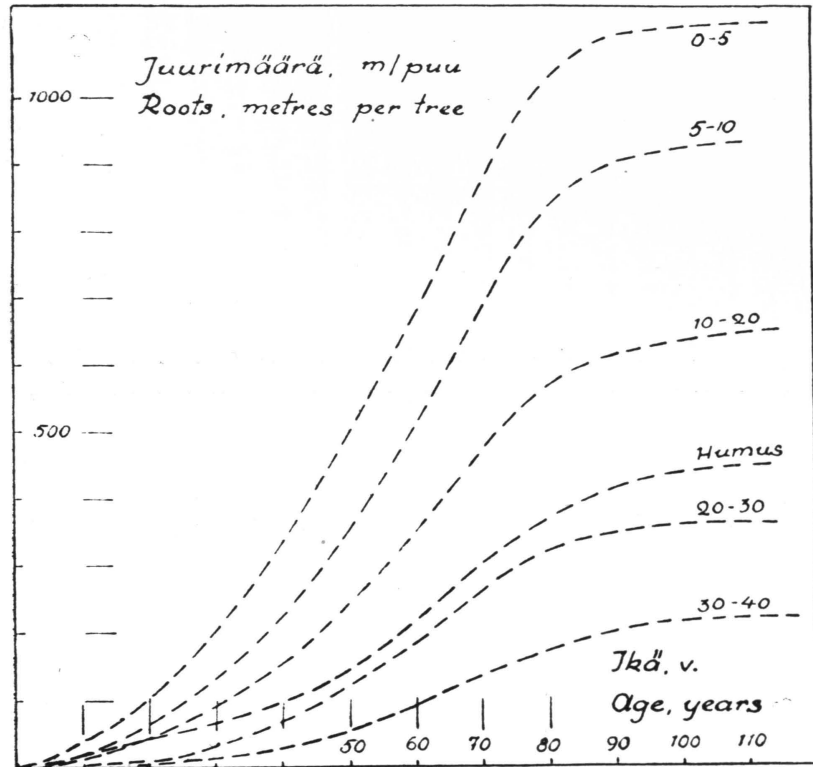
Taulukko 9. Kuusen ja männyn juuriston keskimääräinen syvyysjakaantuminen.

Tab. 9. Average vertical distribution of the roots of spruce and pine.

Maakerros, cm Depth layer, cm	Juurimäärä, m/puu Roots, metres per tree		Juurimäärä, % kokonaisjuurimäärästä Roots, per cent of total amount of roots	
	Kuusi Spruce	Mänty Pine	Kuusi Spruce	Mänty Pine
Humus	444	274	26.0	11.4
0—5	445	764	26.0	31.7
5—10	336	605	19.7	25.1
10—20	250	418	14.6	17.4
20—30	164	225	9.7	9.3
30—40	69	124	4.0	5.1
Yht. — Total	1 708	2 410	100.0	100.0

Kummankin puulajin vaakasuoran juuriston pinnallisuus käy selvästi ilmi taulukon luvuista samaten kuin männyn juuriston hiukan suurempi syvyysulottuvaisuus. Kuusen juurimäärä vähenee nopeasti ja melko suoraviivaisesti maan pinnasta syvemmälle päin, männyn juurimäärä taas ylimmästä kivennäismaakerroksesta. Kuusen vaakasuoran juuriston keski-syvyudeksi saadaan yllä olevista luvuista 7.6 cm ja männyn 9.4 cm. Vaikka nämä keskiarvoluvut eivät paljon merkitsekään, osoittavat ne kuitenkin, että männyn juuriston syvyysjakaantumisen painopiste on hiukan syvemmällä kuin kuusen, kuten *Laitakarikin* on todennut.

Edellä on vertailtu keskenään toiselta puolen eri-ikäisten, toiselta puolen samanikäisten mäntyjen ja kuusien keskimääräisiä juurisuhteita. Kun kuusen kehitys on nuorena mustikkatyypilläkin hitaampaa kuin männyn puolukkatyypillä, on syytä verrata myös kehitysasteeltaan, lähinnä rungon keskikuution puolesta samanlaisissa metsiköissä kasvavien puiden juuristoja toisiinsa. Tällöin saadaan seuraavat lukusarjat:

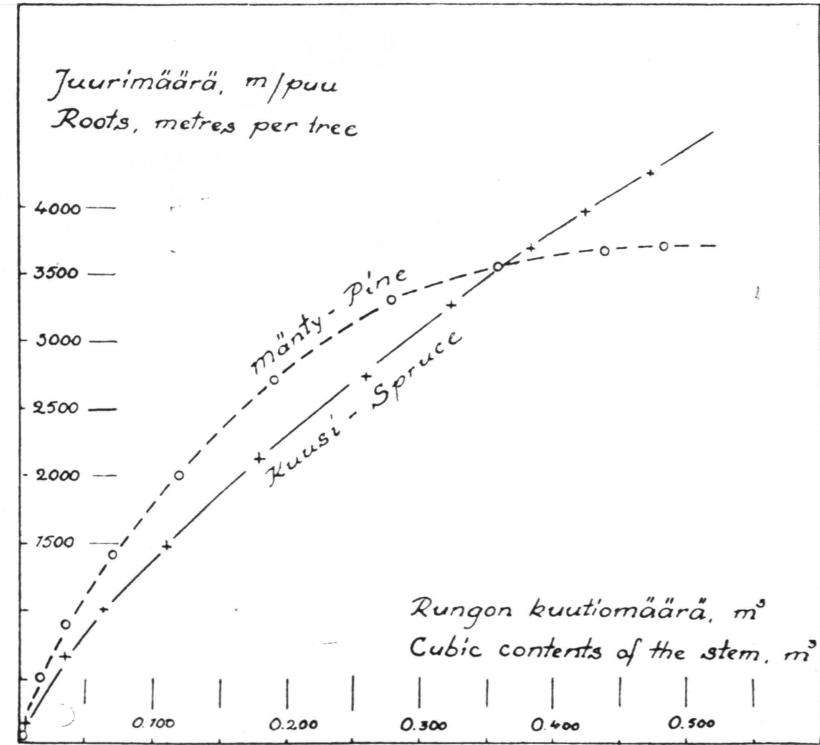


Kuva 12. Männyn juurimäärän jakaantuminen eri maakerroksiin.

Fig. 12. Average distribution of pine roots in the different soil layers.

	Rungon keskikuutiomäärä, m <sup>3</sup> Cubic contents of the stem, cbm				
	0.050	0.150	0.250	0.350	0.450
	Juurimäärä, m/puu — Roots, metres per tree				
Kuusi, MT Spruce, MT	850	1850	2700	3450	4100
Mänty, VT Pine, VT	1000	2300	3100	3500	3650

Samankokoisiakin puita verrattaessa on siis männyn juurimäärä suurempi puiden koko nuoruusvaiheen. Vasta vanhemmiten kuusen juuristo kehittyy suuremmaksi. Lisäksi on otettava huomioon, että vertailu koskee mustikkatyyppin kuusta ja puolukkatyyppin mäntyä. Saman metsätyyppin



Kuva 13. Kuutiosällöiltään yhtä suurten kuusten ja mäntyjen juurimäärät.

Fig. 13. Root amounts of spruce and pine trees of equal cubic contents.

puita toisiinsa verrattaessa erotus etenkin nuoruusvaiheessa olisi huomattavasti suurempi.

Lopuksi on seuraavaan asetelmaan vielä vastaavalla tavalla laskettavat, jotka osoittavat, miten paljon juuria on rinnankorkeuden läpimitänsä puolesta erilaisilla puilla. Se ehkä antaa helpommin tajuttavan vertausperusteen kuin ikä ja kuutiomäärä.

	Rinnankorkeuden läpimitta, cm — Diameter at breast height, cm										
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22
	Juurimäärä, m/puu — Roots, metres per tree										
Kuusi, MT Spruce, MT	100	200	400	650	1000	1450	2100	2800	3350	3800	4100
Mänty, VT Pine, VT	150	300	500	800	1150	1600	2150	2800	3300	3550	3650

Näiden kasvupaikkojen kuusilla ja männyillä on siis suunnilleen yhtä laajat juuristot puiden ollessa rinnankorkeudelta 16 cm. Sitä pienemmistä puista on männyllä ja sitä suuremmista kuusella laajempi juuristo.

### Yhdistelmä

Tämän tutkimuksen aineistoa koottaessa käytetty menetelmä poikkeaa varsin paljon aikaisemmin käytetyistä juuristojen tutkimusmenetelmistä. Menetelmää on työn kestäessä jatkuvasti kehitetty ja joskin sitä edelleen voidaan kehittää, erityisesti hennoimpien juurien määrän ja esiintymisen selvittämiseksi, se on jo tässä muodossaan osoittautunut varsin käyttökelpoiseksi, ainakin metsiköiden juuristosuhteiden tutkimiseen. Sitä käyttäen pystytään todennäköisesti paremmin kuin aikaisemmin saamaan riittävän selvä kuva muutoin varsin vaikeasti selvitettävistä metsiköiden juurisuhteista.

Tutkimus kohdistui pääpuulajiemme kuusen ja männyn muodostamien täysitiheiden ja säännöllisesti kehittyneiden metsiköiden juuristosuhteiden selvittelyyn näiden puulajien tyypillisillä kasvupaikoilla, mustikka- ja puolukkatyypeillä. Tulokset osoittavat, että sekä kuusikon että männikön juurimäärä suurenee aluksi varsin ripeästi ja samalla kehittyy juuristo tiheäksi, käsittäen suurimmillaan ollessaan 400—450 m/m<sup>2</sup>. Sittemmin metsikön edelleen vanhentuessa, ja puolukkatyyppin männikössä 30—40 vuotta aikaisemmin kuin mustikkatyyppin kuusikossa, metsikön juurimäärä alkaa pienentyä, aluksi tosin hitaasti, mutta myöhemmin yhä nopeammin. Kun samalla myös voidaan todeta, että metsikköön jäljelle jääneen elinvoimaisimman puuston osan juurimäärä (keskimäärin puuta kohden laskettuna) ei tällöin vielä pienene, merkitsee siis metsikön juurimäärän väheneminen sitä, että vanhoissa metsiköissä jäljelle jääneet puut eivät enää jaksaa korvata kuolevien ja poistuvien puiden aiheuttamaa kokonaisjuurimäärän vähentymistä. Metsikköön alkaa tällöin siis ilmestyä vapaata kasvutilaa, jossa uudistuminen voi päästä vähitellen yhä pysyväisemmin alulle. Tämä ajankohta sattuu ilmeisesti männikössä jo n. 70—80 vuoden vaiheilla, kuusikossa sen sijaan 40—50 vuotta myöhemmin.

Edelleen osoittavat tulokset, että molempien metsikkölajien vaakasuorat juuristot leviävät hyvin lähelle maan pintaa. Kuusikon vaakasuorasta juuristosta n. puolet on enintään 5 cm:n syvyydessä ja männikön vaakasuorasta juuristosta suurin osa on enintään 10 cm:n syvyydessä. Enintään 20 cm:n syvyydessä on kummankin metsikkölajin juuristosta

n. 85 % juurten pituuden perusteella laskien ja yli 90 % juurten tilavuuden perusteella laskien. Metsiköiden vaakasuora juuristo on siis hyvin pinnallinen, mistä mm. johtuu, että puusto ja pintakasvillisuus joutuvat kilpailemaan varsin voimakkaasti samoissa maakerroksissa. Tämä näkyy selvästi esim. siinä, että pintakasvillisuuden juurimäärä näyttää varsin herkästi seuraavan puuston juurimäärän vaihteluita.

Pääosa näiden metsikkölajien juuristoista käsittää aivan ohuita, alle 1 mm:n paksuisia juuria. Niiden osuus on varttuneissa metsiköissä n. 60 %, 1—2 mm:n paksuisten juurien osuus on vastaavasti n. 25 % ja loput, n. 15 % on 2 mm:ä paksampia. Kun lisäksi on täysi syy olettaa, että tutkimustyön aikana hukkaantuneista ja huomiotta jääneistä juurista suurin osa on ollut aivan ohuita juuria, on todennäköistä, että alle 1 mm:n paksuisten juurien osuus todellisuudessa on vieläkin jonkin verran korkeampi. Kun metsiköiden vanhentuessa varsinkin männiköissä erityisesti ohuimpien juurien määrä alkaa vähentyä, merkitsee sekin osaltaan vanhan metsän puolelta tulevan kilpailun heikkenemistä ja joko uudistumisen vähittäistä alulle pääsemistä tai pintakasvillisuuden voimistumista.

Vaikka metsiköiden juurimäärä onkin varsin suuri, on sen tilavuus kuitenkin hyvin pieni, kaikki syvyyskerrokset huomioon ottaen enintään vain n. 1/2 % vastaavasta maan tilavuudesta. Yksistään humuskerroksessa %-luku saattaa kuitenkin kuusikoissa nousta yli 1 %:n ja samoin männiköissä ylimmässä kivennäismaakerroksessa.

Metsikön puuston yhtä m<sup>3</sup>:ä kohden laskettu juurimäärä on taimistossa hyvinkin korkea, mutta pienenee nopeasti ja on vanhoissa metsiköissä n. 10 km/m<sup>3</sup> tai hiukan vähemmän.

Kuten edellä mainittiin, ei ainakaan 110—130 vuoden ikään saakka yksittäisten puiden juurimäärä ala pienentyä, vaikka sen lisääntyminen männiköissä lopuksi melkein lakkaa ja kuusikoissa alkaa hidastua. Yhtä puuta kohden laskettu keskimääräinen juurimäärä nousee vanhoissa kuusikoissa n. 4 000:een ja männiköissä n. 3 500 m:iin. Suurimmillaan ollessaan yhden puun juurimäärän vuotuinen lisääntyminen on kuusikoissa keskimäärin 65 m ja männiköissä 75 m.

Puun vanhetessa voidaan mustikkatyyppin kuusen ja puolukkatyyppin männyn vaakasuoran juuriston kehityksessä huomata samanlaisia piirteitä kuin niiden maanpäällisten osien kehityksessä. Verrattiinpa keskenään yhtä vanhoja, kuutiosisällöltään yhtä suuria tai läpimittansa puolesta yhtä paksuja puita, voidaan todeta, että kuusen juuristo on aluksi aina pienempi kuin männyn, mutta sen juuriston laajeneminen jatkuu kauemmin ja lopuksi, kypsissä metsissä kuusen juuristo on männyn juuristoa laajempi.

Mustikkatyypin kuusen ja puolukkatyypin männyn vaakasuorat juuristot ovat yhä laajat puiden ollessa n. 110 vuoden ikäisiä, kuutiosisällön ollessa n. 0.350 m<sup>3</sup> ja rinnankorkeuden läpimitan 16 cm.

\* \*  
\*

Edellä esitetyt päätulokset antaisivat aihetta monienkin biologisesti mielenkiintoisten ja lähinnä metsien uudistamista koskevien päätelmien tekoon. Kun tutkimukset on kuitenkin tarkoitus laajentaa vähitellen käsittämään muitakin puulajeja ja metsätyyppejä sekä eräitä mielenkiintoisia ja käytännön metsänhoidon kannalta **tärkeitäkin** erikoiskysymyksiä, kuten aukkojen ja metsänreunojen, tiheydeltään erilaisten metsiköiden sekä emämetsikön, taimiston ja pintakasvillisuuden keskinäisiä juurisuhteita, joitten ulkotyöt jo osittain on suoritettu, lienee syytä vasta näiden osatutkimusten lopullisesti valmistuttua perusteellisemmin ottaa käsiteltäviksi tutkimusten metsäbiologisesti mielenkiintoisimmat ja käytännön kannalta tärkeimmät tulokset.

## Kirjallisuusluettelo

- Aaltonen, V. T. 1919. Kangasmetsien luonnollisesta uudistumisesta Suomen Lapissa. Referat: Über die natürliche Verjüngung der Heidewälder im Finnischen Lappland I. Comm. ex Inst. Quaest. Forest. Finl. ed. 1.  
1920. Über die Ausbreitung und den Reichtum der Baumwurzel in den Heidewäldern Lapplands. Acta Forest. Fenn. 14.  
1923. Über die räumliche Ordnung der Pflanzen auf dem Felde und im Wald. Acta Forest. Fenn. 25.  
1926. On the space arrangement of trees and root competition. Journ. of For.  
1940. Metsämaa. Metsämaatieteen oppi- ja käsikirja. Porvoo—Helsinki.  
1942. Muutamia kasvukokeita puuntaimilla. Referat: Einige Vegetationsversuche mit Baumpflanzen. Acta Forest. Fenn. 50.
- Albert, R. 1907. Besteht ein Zusammenhang zwischen Bodenbeschaffenheit und Wurzelerkrankung der Kiefer auf aufgeforsteten Ackerland? Zeitschr. f. Forst- u. Jagdw.  
1913. Bodenuntersuchungen im Gebiete der Lüneburger Heide. Zeitschr. f. Forst- u. Jagdw.
- Alten, Hermann von. 1909. Wurzelstudien. Bot. Zeitschr.
- Bannan, M. W. 1940. The root systems of southern Ontario conifers growing in sand. Amer. Journ. of Bot.
- Björkman, Erik. 1945. Studier över ljusets betydelse för förnyringens höjdtillväxt på norrländska tallhedar. Medd. fr. Stat. Skogsförsöksanst. 34.
- Borggreve, B. 1885. Die Holzzucht. Berlin.
- Brückner, E. und Jahn, R. 1932. Über Wurzelbildung verschiedener Holzarten in Böden des ostthüringischen Buntsandsteingebiet. Thar. Forstl. Jahrb.
- Büsgen, M. 1901. Einiges über Gestalt und Wachstumsweise der Baumwurzeln. Allg. Forst- u. Jagdz.  
1905. Studien über die Wurzelsysteme einiger dikotyle Holzpflanzen. Flora oder Allg. Bot. Zeitschr.
- Cheyney, E. G. 1929. A study of the roots in a square yard of Jack pine forest. Journ. of For.  
1932. The roots of a Jack pine. Journ. of For.
- Coile, T. S. 1937. Distribution of forest tree roots in North Carolina Piedmont soils. Journ. of For.  
1940. Soil changes associated with Loblolly pine succession on abandoned agricultural land of Piedmont Plateau. Duke Univ. School of Bull. 5.
- Cotta, H. 1828. Anweisung zum Waldbau. 4. Aufl. Leipzig.

- Engler, Arnold. 1903. Untersuchungen über das Wurzelwachstum der Holzarten. Mitt. d. Schweiz. Centralanst. f. d. Forstl. Versuchswes.
- Fabricius, L. 1927. Der Einfluss des Wurzelwettbewerbs des Schirmstandes auf die Entwicklung des Jungwuchses. Forstwiss. Centralbl.
1929. Neue Versuche zur Feststellung des Einflusses von Wurzelwettbewerb und Lichtentzug des Schirmstandes auf den Jungwuchs. Forstwiss. Centralbl.
- Freidenfelt, T. 1902. Studien über die Wurzeln krautiger Pflanzen. Flora.
- Fricke, 1904. »Licht- und Schattholzarten«, ein wissenschaftlich nicht begründetes Dogma. Centralbl. f. d. ges. Forstw.
- Gail, Floyd W. and Long, E. M. 1935. A study of site, root development and transpiration in relation to the distribution of *Pinus contorta*. Ecology 16.
- Geist, 1921. Welchen Einfluss hat ein zu tiefer Stand der Kiefer auf deren Lebensdauer. Zeitschr. f. Forst- u. Jagdw.
- Haasis, F. W. 1921. Relations between soil type and root form of Western Yellow pine seedlings. Ecology.
- Havis, Leon. 1938. Peach tree root distribution. Ecology 19.
- Heikinheimo, Olli. 1940. Metsänistutusmenetelmistä. Referat: Versuche mit waldbaulichen Pflanzmethoden. Comm. Inst. Forest. Fenn. 29.
1941. Metsäpuiden taimien kasvatus taimitarhassa. Referat: Versuche in Baumschulen. Comm. Inst. Forest. Fenn. 29.
- Hertz, Martti. 1935. Kuusen juuriston ensi kehityksestä. Referat: Die erste Entwicklung des Wurzelwerks der Fichte. Acta Forest. Fenn. 41.
- Hesselnik, E. 1926. Een en ander over de Wortelontwikkeling van der grove den (*Pinus silvestris*) en den oostenrijksche den (*Pinus laricio austriaca*). Medd. v. h. Rijksboschbouwproefst.
1930. Planttijdproeven met grove den (*Pinus silvestris*) en oostenrijksche den (*Pinus nigra austriaca*) in de jaren 1924 t/m 1927. Medd. v. h. Rijksboschbouwproefst.
- Hilf, Hubert Hugo. 1927. Wurzelstudien an Waldbäumen. Hannover.
- Hill, W. W., Arnot, Albert and Bond, R. M. 1948. Method of correlating soils with Douglas-Fir site quality. Journ. of For.
- Iivessalo, Yrjö. 1948. Pystypuiden kuutioimis- ja kasvunlaskentaulukot.
- Kalela, Erkki K. 1936. Tutkimuksia Itä-Suomen kuusi-harmaaleppä-sekametsiköiden kehityksestä. Referat: Untersuchungen über die Entwicklung der Fichten-Weisserlen-Mischbestände in Ost-Finnland. Acta Forest. Fenn. 44.
1942. Männyn taimien juurien suhtautumisesta emäpuun juuriin. Referat: Das Verhalten der Wurzeln von Kiefernpflanzen zu den Wurzeln des Mutterbaumes. Acta Forest. Fenn. 50.
1946. Rämemänniköiden uudistamisen perusteista. Metsätal. Aikak.
1948. Juuristikilpailun merkityksestä kuusikon uudistamisessa. Metsätal. Aikak.
- Kokkonen, P. 1923. Beobachtungen über das Wurzelsystem der Kiefer in Moorböden. Acta Forest. Fenn. 25.
- Korstian, C. F. and Coile, T. S. 1938. Plant competition in forest stands. Duke Univ. School of For. Bull. 3.
- Krauss, G., Wobst, W. und Gärtner, G. 1934. Humusaufgabe und Bodendurchwurzelung im Eibenstocker Granitgebiet. Thar. Forstl. Jahrb.

- Laing, Ernest V. 1923. Tree roots: their action and development. Transact. of the Royal Scott. Arboricult. Soc.
- Laitakari, Erkki. 1927. Männyn juuristo, morfologinen tutkimus. Summary: The root system of pine (*Pinus silvestris*), a morphological investigation. Acta Forest. Fenn. 33.
1934. Koivun juuristo. Summary: The root system of birch (*Betula verrucosa* and *odorata*). Acta Forest. Fenn. 41.
- Lutz, Harold J., Ely jr., Joseph B. and Little jr., Silas. 1937. The influence of soil profile horizons on root distribution of White pine (*Pinus Strobus* L.). Yale Univ. School of For. Bull. 44.
- Lutz, H. J. 1945. Vegetation on a trenched plot twenty-one years after establishment. Ecology 26.
- Liese, J. 1923. Beiträge zur Kenntnis des Wurzelsystems der Kiefer (*Pinus silvestris*) nebst Beobachtungen an anderen Baumwurzeln. Berlin.
- Matties. 1911. Mitteilungen über Bau und Leben der Fichtenwurzeln und Untersuchung über die Beeinflussung des Wurzelwachstums durch wirtschaftliche Einwirkungen. Allg. Forst- und Jagdz.
- Melin, Elias. 1917. Studier över de norrländska myrmarkernas vegetation med särskild hänsyn till deras skogsvegetation efter torrläggning. Uppsala.
- Moore, Barrington. 1922. Humus and root systems in certain northeastern forest in relation to reproduction and competition. Journ. of For.
- Multamäki, S. E. 1923. Tutkimuksia ojitettujen turvemaiden metsänkasvusta. Referat: Untersuchungen über das Waldwachstum entwässerter Torfböden. Acta Forest. Fenn. 27.
- Möllner, A. 1902. Über die Wurzelbildung der ein- und zweijährigen Kiefern in märkischen Sandböden. Zeitschr. f. Forst- u. Jagdw.
1903. Untersuchungen über ein- und zweijährige Kiefern im märkischen Sandböden. Zeitschr. f. Forst- u. Jagdw.
- Nobbe, Friedrich. 1875. Beobachtungen und Versuche über die Wurzelbildung der Nadelhölzer. Die landwirtschaftl. Vers.-Stat.
- Oosting, Henry J. and Kramer, Paul J. 1946. Water and light in relation to pine reproduction. Ecology 27.
- Pearson, G. A. 1930. Light and moisture in forestry. Ecology 11.
- Pessin, L. J. 1939. Root habits of Longleaf pine and associated species. Ecology 20.
- Polansky, B. 1936. Menge und Lagerung der Baumwurzeln im Waldboden. IX. Kongress des Internationalen Verbandes Forstlichen Forschungsanstalten. Ungarn 1936.
- Poskin, A. 1934. Le chêne pédonculé et le chêne rouvre. Leur culture en Belgique. Bibliothèque agronomique Belge.
- Pöntynen, V. 1929. Tutkimuksia kuusen esiintymisestä alikasvoksina Raja-Karjalan valtionmailla. Referat: Untersuchungen über das Vorkommen der Fichte (*Picea excelsa*) als Unterwuchs in den finnischen Staatswäldern von Grenz-Karelien. Acta Forest. Fenn. 35.
- Reed, John Frederick. 1939. Root and shoot growth of shortleaf and loblolly pines in relation to certain environmental conditions. Duke Univ. School of For. Bull. 4.
- Romell, Lars-Gunnar och Malmström, Carl. 1945. Henrik Hesselmanns tallhedsförsök åren 1922—42. Medd. fr. Stat. Skogsförsöksanst. 34.

- Roze, E. 1938. Stādu saknu sakārtojuma un vasas augstuma pieauguma korrelācija. Latvijas mezu Pētīšanas stacijas raksti.
- Schott, Peter Karl. 1904. *Pinus silvestris* L., die gemeine Kiefer. Forstw. Centralbl.
- Schreiber, M. 1926. Beiträge zur Kenntnis des Wurzelsystems der Lärche und Fichte. Centralbl. f.d. ges. Forstw.
- Schwarz, F. 1892. Ueber den Einfluss des Wasser- und Nährstoffgehaltes des Sandbodens auf die Wurzelentwicklung von *Pinus silvestris* in ersten Jahre. Zeitschr. f. Forst- u. Jagdw.
- Sirén, G. 1948. Ett bidrag till frågan om tall- och granplantornas konkurrensförmåga under första vegetationsperioden. Skogsbruket.
- Stevens, Clark Leavitt. 1931. Root growth of White pine (*Pinus Strobus* L.). Yale Univ. School of For. Bull. 22.
- Tozoye, Hazine. 1940. Japaninkiel. julk. Summary: Modification and plasticity on the initial root system of some useful coniferous seedlings in Hokkaido by different soils. Bull. of Agric. and For. Taihoku Imper. Univ.
- Toumey, J. W. and Kienholz, R. 1931. Trenched plots under forest canopies. Yale Univ. School of For. Bull. 30.
- Turner, Lewis M. 1936. A comparison of roots of Southern shortleaf pine in three soils. Ecology 17.
- Vater, H. 1927. Die Bewurzelung der Kiefer, Fichte und Buche. Thar. Forstl. Jahrb.
- Waterman, W. G. 1919. Development of root systems under dune conditions. Bot. Gaz.
- Weaver, J. E. 1919. The ecological relations of roots. Carneg. Inst. Wash. Publ. 286.
- Wibeck, Edvard. 1923. Om missbildning av tallens rotsystem vid spettplantering. Medd. fr. Stat. Skogsförsöksanst. 20.
- Wiedemann, Eilhard. 1926. Die Kiefernaturverjüngung in den Umgebung von Bärenthoren. Zeitschr. f. Forst- u. Jagdw.
- Wieder, A. 1894. Ueber die Periodizität in der Wurzelbildung der Pflanzen. Forstw. Centralbl.
- Zimmermann, A. 1908. Untersuchungen über das Absterben des Nadelholzes in der Lüneburger Heide. Zeitschr. f. Forst- u. Jagdw.
- Высоцкий, Г. Н. 1906. Почвенно-ботаническія изслѣдованія въ южныхъ тульскихъ засѣнкахъ. (Труды Опытныхъ Лѣсничествъ. Вып. IV.) С.-Петербургъ.
- Головянко, З. 1909. Развитие и состояніе корневой системы, какъ условіе успѣшнаго развитія сосенъ. (Труды по Лѣсному Опытному дѣлу въ Россіи. Вып. XXI.) С.-Петербургъ.
- Морозовъ, Г. Ф. 1900. Лѣсокультурныя работы въ Каменно-степномъ опытномъ лѣсничествѣ 1896—1900 гг. (Тр. Оп. Лѣсн.)
- »— 1902. Исторія культуръ въ Хрѣновскомъ бору (1849—1899 г.). (Ibid., Вып. I.)
- Савиць, В. 1906. Флористическія и экологическія изслѣдованія въ Бузулукскомъ бору Самарской губерніи (Тр. Оп. Лѣсн., Вып. IV).
- Савиць, М. 1882. Вліяніе почвы на развитіе корней сосны, ели и сибирской пихты. (Извѣстія Петровской Земледѣльской и Лѣсной Академіи. Неофициальный отдѣлъ. Годъ V, Вып. II) Москва.

- Теръ-Саркисовъ, С. 1882. Вліяніе почвы на развитіе корней сосны, ели и сибирской пихты. (Ibid., Годъ V, Вып. II.)
- Тольскій, А. П. 1911. Матеріалы по изученію состоянія и развитія корней у отдѣльныхъ сосенъ и въ насажденіяхъ Бузулукскаго бора. (Ibid., Вып. XXXII.)
- Хитрово, А. 1908. Вліяніе различныхъ горизонтовъ почвы на развитіе дуба въ первые годы его жизни. (Referat: Der Einfluss verschiedener Bodenhorizonte auf Entwicklung der Eiche in ihren ersten Lebensjahren.) (Ibid., Вып. VII.)

**Summary:****On the horizontal Roots in Pine and Spruce Stand I****Introduction**

The purpose of this investigation is to elucidate the amount, quality and distribution by layers of depth of horizontal roots in spruce and pine stands in Southern Finland. The investigation thus comprises only that part of the roots which spreads primarily in a horizontal direction between the trees in a stand, and which, particularly in the regeneration of a stand, is probably of much greater significance than is generally realised.

A review (see pages 9—16) of past development in the field of root research shows that root research has gradually developed from a fairly primitive observation of roots into a very comprehensive and thorough study of roots and their organic activities. At the same time methods of study have developed, and aim at ever more detailed results, but all research carried out in the forest suffers from a common disadvantage. The digging out of the finest roots or any other method of studying them, however experienced the research worker, is a very difficult task. This is particularly distinctly seen when trying to throw light on the root systems in a stand. However, as the relationship between root systems, both because of its biological interest and its silvicultural importance, must necessarily be cleared up, continuous efforts have been paid to development of the methods. The method used in the present investigation, which differs from those used previously, makes it at least theoretically possible to collect and investigate all the roots, even the finest ones.

**Method of Investigation**

The present part of the investigation applies only to the relationship between root systems of fully stocked and regularly developed spruce and pine stands on the typical habitats of these tree species, on *Myrtillus* and *Vaccinium* types. To reduce the effect of soil type still more, only pine stands on stoneless or less stony sandy soils and spruce stands on normal or less stony moraine gravel were selected as investigation stands. In addition efforts have been made to include in the investigation a series of stands from seedling stands up to an old stand, to obtain a picture of the effect of age on root systems. The material for this investigation comprises 35 stands, 16 of them pine stands (ages from 10 to 100 years), and 19 spruce stands (ages from 25 to 135 years). The field work for the investigation was carried out in the Summers of 1946 to 1948 in Northern Häme, and the indoor work in Helsinki during the Winters.

**Field work.** When a suitable stand had been found a sample plot, as a rule of  $\frac{1}{10}$  hectare, was marked off inside it. On this sample plot the following tasks were carried out:

**Measuring of tree stand.** To provide a picture of the tree stand the age of the stand, number of trees, diameter (DBH) and height, as well as the diameter at a height of 6 (in small trees 3.5) metres were determined. The cubic volume of the stand was calculated on the basis of the volume tables of ILVESALO (1947).

**Sifting of roots.** The method is based on collecting, from plots of exactly  $\frac{1}{4}$  sq.m. (50 × 50 cm), all roots from the finest to the thickest, by depth layers. The sample points were placed between trees where the stand was most typical of the whole stand. As a rule, the number of sample points per stand was four. The work was begun by digging an auxiliary pit 60 × 80 cm with vertical walls, one side of which coincided with the sample point and from which the collection of the roots in the sample point was carried out (Fig. 1). Using a spade of special shape one soil layer after another was removed, starting from the auxiliary pit, and placed into sieves; here the roots were separated with great care and packed. Sifting was done at least twice in the forest, and if the sifting proved difficult, as it usually does with humus, the entire soil sample was packed for laboratory study. The following soil layers were separated in sifting: the humus, 0—5, 5—10, 10—20, 20—30, 30—40 cm, and so on, as far as the roots went. The roots of each soil layer were collected in separate bags for laboratory research.

**Soil picture.** At every sample point the thickness of humus and of the A-horizon were ascertained, as well as that of the B-horizon, provided its lower demarcation was distinct enough. Notes were also made on the soil, which in pine stands in general was sand or fine sand of various degrees of coarseness and in spruce stands, as a rule, fine-sandy moraine gravel.

**Indoor work.** All the material was subsequently re-examined in the laboratory. By various methods, the tree roots were finally separated from roots of surface vegetation and from soil particles. At the same time the roots to be examined were sorted by thicknesses into classes of under 1 mm, 1 to 2 mm, 2 to 5 mm and over 5 mm. The length of each of the nearly 3 000 root samples thus obtained was measured, and they were weighed in room-dry condition. Length measurements were effected to an accuracy of 0.5 cm, and the weighing to an accuracy of 0.1 mg. In this way, finally, the amounts of roots in pine stands and spruce stands could be calculated per hectare, per square metre of soil, per cubic decimetre of soil, as an average per tree, and per cubic metre of tree stand at different age periods, at different depth layers and by classes of thickness.

But it is natural that however great care is exercised, a part, especially of the finest roots, always remains unobserved or gets lost. Judging by certain checks, however, this amount is fairly small, and taking into consideration on the other hand that among the finest roots there are always bound to be roots that have recently died, the error may be evened out and be very slight in degree.

**Results of the Investigation**  
**Horizontal root system of the tree stand**

**Total amount of roots.** The general features of variation in the total amount of roots are illustrated on pages 25—26. The figures show that both in spruce pine stands the total is exceedingly large. As early as in a ten-year old spruce stand and the amount of roots comes to approx. 100 metres/sq.m. With the stand growing older, the amount of roots at first increases rapidly, reaches its maximum, approx. 450



metres/sq.m., at an age of 100 to 110 years, after which a decreasing tendency sets in, although to begin with at least a very slow one. In a pine stand, the amount of roots at first increases more rapidly than in a spruce stand, but the subsequent slowing down is more rapid; the culmination comes earlier, at an age of 60 to 70 years, and the maximum amount of roots remains definitely smaller than that of a spruce stand, though still fairly high, totalling approx. 370 metres/sq.m. After this maximum point the decrease in the amount of roots in a pine stand is much more rapid than in a spruce stand.

An idea of the increase and decrease in the total amount of roots is obtainable from the figures on page 26. The increase is most intense at an early stage, and the decrease in pine stand on *Vaccinium* type starts approx. 40 years earlier than in spruce stands on *Myrtillus* type.

**Distribution of amount of roots by thickness classes.** (Table 12). In both kinds of stands the majority of roots in the horizontal root system are very thin, less than 1 mm in thickness. At the very earliest stage of a stand their proportion of the whole is naturally very great, even 100 %, but in the first ten-year period it decreases rapidly because of the thickness growth of the roots. In older spruce stands their proportion remains fairly unchanged at about 60 %, but in pine stands they seem continuously to decrease to approx. 40 %. The general development is illustrated by the figures on page 33. — The amount of roots of 1 to 2 mm in thickness in spruce stands at first increases rapidly to approx. 20 %, then less rapidly to about 25 %, upon which its proportion in old spruce stands begins to decrease. In pine stands their proportion is continuously increased, and in old pine stands they are about as frequent as roots under 1 mm in thickness. — The amount of roots over 2 mm in thickness is almost surprisingly small in these stands. Their percentage, it is true, increases slowly as the stands grow older, amounting, however, at the most to 19 % in spruce stands and 23 % in pine stands. The percentages for the thickest roots, over 5 mm in thickness, are at their highest 4.5 and 7 %, respectively. — Table 3 shows the average percentage of roots of the various thicknesses in stands of 30 to 110 years of age. The figures thus give an illustrative general picture of the quality of roots in a medium-aged stand. As will be seen, the distribution of roots by various thickness classes, taken in this way, is very similar in both spruce and pine stands.

**Distribution of the amount of roots by different layers of depth.** (Tables 10 and 11). Of the horizontal roots of spruce stands the majority, as a rule over 25 %, lie in the humus layer, and nearly the same amount in the topmost mineral soil stratum, corresponding to A-horizon. Over a half of the horizontal roots of a spruce stand thus lie at a maximum depth of 5 cm, and nearly three-quarters at the maximum depth of 10 cm. At depths over 40 cm these roots are very infrequent. — Of the horizontal roots of a pine stand the distinct majority are in the topmost mineral soil stratum. Nearly the same amount is found in the next, the 5—10 cm soil layer. Deeper down the roots rapidly decrease in amount, and at a depth of over 40 cm there are practically none of them. The horizontal system of roots of both spruce and pine stands thus spreads primarily in a very thin surface layer of soil. The figures in Table 4 give a general view of the picture, showing the average amounts of roots at different depth layers in stands of 30 to 110 years of age. Approx. 87 % of the roots of both kinds of stands lie at a maximum depth of 20 cm, and only 13 % are found deeper than that. — Further

it is interesting to note that the roots spread exceedingly rapidly, in about 10 to 20 years, to all those soil layers in which they are to be found in old stands. In all soil layers their amount increases at first but, on reaching the maximum, starts decreasing, in pine stands at the latest at an age of about 80 years, in spruce stands a few decades later. Another interesting fact is that the distribution of the horizontal root system in the different soil layers seems to be of fairly permanent character. As the stand grows older, no changes worth mentioning seem to take place in the distribution of the amount of roots at different depth layers. — The average depth of the horizontal root system at different periods of age is shown in Table 5. According to the figures, the root systems seem to attain their characteristic average depth remarkably early, the roots of spruce stands at an approximate age of only 30, and those of pine when about 70 years old. Subsequent changes are very small or almost non-existent. When studying the figures, however, it must be borne in mind that they are not fully comparable for pine and spruce stands, as the forest types and soil types are not identical. In stands growing on similar sites the differences would probably be bigger.

**The relationship between the roots of surface vegetation and of trees.** As it is of interest to find out to what extent surface vegetation is able to utilise the growing space — no doubt insufficient — available in the soil while the root system of a tree stand is not at its densest, the amount of surface vegetation roots was also measured in four sample stands. The results are given on page 00. Naturally further studies are required on this point, but as it is results seem to indicate that the amount of surface vegetation roots definitely, very closely and sensitively, follows the changes in the amount of tree roots, and the total amount of roots present in the soil seems to undergo but little variation as the stand grows older, as is shown by the figures on page 6 and by Fig. 8. As the root system of surface vegetation spreads to a depth of approx. 10 cm only, thus to the very soil layer in which the tree roots primarily lie, it is obvious that surface vegetation and tree stand enter into severe competition for soil moisture and nutrients, which is also reflected by the variations in the mutual abundance of their root systems. In this way it is also natural that the composition of species and the structure of surface vegetation are able to indicate the prerequisites for the growth and development of tree stands, as has been presumed in CAJANDER's forest type theory.

**Incidence of roots under 1 mm in thickness.** For the extraction of nutrients by trees, the finest roots, less than 1 mm in thickness, are no doubt of the greatest importance, as they include those parts of the roots which directly absorb water. It is therefore justifiable once more to examine briefly the presence of these roots at different depth layers.

According to Table 13 the absolute amount of the finest roots at first increases in all soil layers, subsequently the increase is slowed down, attains its maximum, in spruce stands at the age of 100 to 120, in pine stands 50 to 70, and then starts decreasing in all soil layers. This naturally does not mean that the formation of new, small roots ceases, but merely that at least initially after the maximum point the formation of new roots is no longer able to replace the roots which, owing to thickness growth, move into the next thickness classes, and to offset the reduction of roots due to natural death of trees. However, as the stand gets older and older, ever widening gaps make their appearance in the root network formerly filling the entire surface layer of soil, and as the gaps grow wider, reproduction gradually commences underneath the stand

— at first, it is true, of a more or less temporary nature, but later on ever more permanently, unless the surface vegetation has time to occupy the gradually widening growing space.

Table 8 shows the average amount of these finest roots in stands of 30 to 110 years of age. The amount of the finest roots is thus much the same at the different layers of depth, excluding humus, in both pine and spruce stands. Their percentage of all the roots of a stand, as a rule, varies between 50 and 70, and increases towards greater depths.

Incidence of roots exceeding 5 mm in thickness. As mentioned, the amount of these thickest roots is very small in the horizontal root system of both pine and spruce stands. In the horizontal root system of spruce stands the thickest roots are most frequent in the humus layer, and their amount decreases with increasing depth. At the depth of 30 to 40 cm their presence is quite exceptional. In pine stands, on the other hand, they are most frequent in the topmost mineral layer of soil, much less frequent in the humus, and at greater depths their amount as a rule decreases. Taken as a total, their amount in pine stands on *Vaccinium* type is obviously somewhat greater than in spruce stands on *Myrtillus* type. A general view of the frequency of the thickest roots is given by the figures in Tables 5 and 15.

Amount of roots per cu. m. of stand. The calculated amount of roots per cubic metre of the stand is given in the figures on page 38. The amount of roots per cu. m. decreases as the stand ages and the trees grow, to start with very rapidly and subsequently more and more slowly. It is of interest to see from these figures that the amount of roots per cu. m. is very similar in different age periods in pine stands on *Vaccinium* type and spruce stands on *Myrtillus* type. The average amount of roots in mature spruce stands is 17 800 metres/cu. m. and in pine stands 17 100 metres/cu. m.

Amount of roots per cubic decimetre of soil. Table 15 shows the amounts of roots in pine stands and spruce stands per soil unit. The general tendency of the series of figures is naturally very similar to that of the series indicating distribution of roots by depths, given previously. In this table, however, the rapid decrease of the amount of roots, particularly at depths exceeding 10 cm, is discernible more distinctly than in the previous tables. The series of figures for spruce and pine stands are again, except for humus, remarkably similar. (page 40) Root density is at its highest in spruce stands of 100 to 110 years of age (280 cm/cu. dm.) and in pine stands of no more than about 50 years of age (250 cm/c. udm.).

Volume of horizontal root system. Having calculated the average weight of roots of various thicknesses per 10 cm of root, the average diameter of each root sample and the volume of the roots could be calculated on the basis of weight determinations. A general idea of the volume of the horizontal root system is given by the figures on page 41. They show that the volume of the root system increases very regularly as the stand grows older, but its total always remains fairly small. In old spruce stands, for instance, the volume of the root system is only 2 000—2 500 cu. cm. per square metre of soil, i.e. only approx.  $\frac{1}{2}$  % of the corresponding quantity of soil.

The volume of the root system at the different age periods is shown in the table on page 41. The volume of the root system, as compared with the volume of the corresponding quantity of soil, is thus originally very small, but increases with the age of the stand to 4—5 times its initial amount. In this case too the differences between spruce and pine stands are very small and insignificant. In the different soil layers, on the other hand,

these stands, as is natural, show bigger differences. The table on page 42 indicates that the volume of the horizontal root system of a spruce stand is greatest in the humus, in which it is considerably bigger than that of a pine stand, but decreases towards greater depths very rapidly. The volume of the horizontal root system of a pine stand again is greatest in the topmost mineral soil layers, and in them it is definitely larger than that of a spruce stand. Even at its densest the volume of the root system is thus very small compared with the volume of the corresponding quantity of soil, in spruce stands probably a maximum of 1.5 %, in pine stands hardly even that.

The distribution by depths of roots in spruce and pine stands, obtained by calculations based on the volume of the horizontal root system, is indicated by the figures on page 42. Calculated on a volume basis the proportion of roots in the surface layers of soil is thus bigger than when calculated on the basis of the length of the roots. Calculated in this way 93.1 % of the horizontal roots of a spruce stand and 92.4 % of those of a pine stand are at a maximum depth of 20 cm, while the corresponding figures calculated on the basis of length were 86.7 % for both of the stands.

### The Horizontal Root System of Trees

Total amount of roots. A general idea of the average root quantities of spruce and pine at different age periods is given by the figures on page 46. A general feature apparent from the figures is that the root systems of each of these tree species expand at least up to the age of between 110 and 130. To start with the expansion of the root system is slow, is considerably intensified in medium-aged stands, and starts weakening again towards old age. The expansion of the pine root system comes to an end as early as at about 80 years of age, while the root system of spruce continues to expand fairly intensely till as late as about 130 years of age.

A comparison of the development of the roots of a pine on *Vaccinium* type and a spruce on *Myrtillus* type, shows that the root system of pine expands more rapidly initially. Thus the total length of the horizontal roots of pine amounts to 1 000 m soon after 40 years of growth, of spruce only at the age of 60. The total length of 2 000 m is attained by the root system of pine at 60, of spruce at 80; and 3 000 m at 75 and 95, respectively. Subsequently the relationship is changed. At the age of 110 the root systems of both of these tree species are approximately the same in size, but of trees older than this the spruce has a more extensive root system. The total amount of roots of an old spruce on *Myrtillus* type exceeds 4 000 metres, and that of an old pine on *Vaccinium* type exceeds 3 500 metres. The root amount of a single tree is thus exceedingly large.

It is also of interest to study the extent of annual expansion of the root systems of spruce and pine. The root system of spruce increases annually by over 40 metres between 60 and 110 years of age, the maximum increase (65 metres/year) taking place at the age of 70—80. The root system of pine increases by over 40 metres a year from its 40th year to its 90th, the maximum increase (over 70 metres/year) occurring between 60 and 70.

The division of tree roots into thickness classes naturally is very similar to that of the roots of a stand (Table 18). It is remarkable that also in root systems of individual pines the roots under 1 mm in thickness start decreasing from the age of 80

onwards, and that the reduction in the total amount of roots is primarily due to this decrease. This feature is not discernible in the root system of a spruce until an age of 130 years at least.

The average distribution by depths of the roots of individual trees, illustrated by the figures in Table 17, and of which Table 11 gives a general survey, is also very similar to the depth distribution of the roots of a stand. The figures in the tables clearly indicate the location close to the surface of the horizontal roots of both tree species, as well as the slightly greater penetration in depth of the root system of pine.

Finally the root systems of trees of similar size have been compared. As pine grows more rapidly than spruce, pine is always bigger than spruce in trees of the same age, and consequently the comparison of the root systems of trees of the same cubic content of stem is of interest. The figures on page 52 indicate that when the trees are of the same size, pine, throughout its early stages, has a bigger root system. Trees of an approximate cubic volume of 0.350 have root systems of practically the same size, and with trees larger in size spruce has a bigger root system. The same result is also attained by comparing trees of the same diameter at breast height (page 53). On these habitats trees of 16 cm in diameter have root systems equal in extent. When the diameters are under 16 cm the pine has the more extensive root system; with diameters of over 16 cm the spruce has the more extensive one.

\* \*  
\*

The principal results given above would justify a number of conclusions of biological interest bearing, in particular, on the regeneration of forests. However, as the intention is gradually to extend the investigations to comprise other tree species and other forest types, as well as many special questions of silvicultural importance, for which a part of the field work already has been completed, it may be useful to await the final completion of these tasks of the investigation before going in greater detail into investigation results of the greatest forest-biological interest and of the greatest practical importance.

TAULUKOT  
TABLES

Taulukko 10. Metsiköiden juurimäärä maakerroksittain.

Tab. 10. Roots of the stands by depth classes.

Maakerros, cm Depth layer, cm	Metsikön ikä, v. — Age, years												
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
	Kuusikko — Spruce stand												
	Juurimäärä, m/m <sup>2</sup> — Roots, m/sqm												
Humus	28	48	62	75	86	97	105	110	113	115	115	113	110
0—5	24	45	64	77	88	98	106	110	113	114	114	113	108
5—10	19	35	47	58	67	74	79	83	85	87	87	86	83
10—20	15	26	34	41	49	54	58	61	64	65	65	64	61
20—30	9	15	22	25	30	33	37	41	43	43	43	43	41
30—40	4	6	9	11	13	15	16	17	18	18	19	19	18
Yht. — Tot.	99	175	238	287	333	371	401	422	436	442	443	438	421
	Juurimäärän jakaantuminen syvyyksiluokkiin, % — Roots, per cent												
Humus	29.1	27.5	26.3	26.2	25.9	26.2	26.1	26.1	26.0	26.0	25.9	25.8	26.0
0—5	24.0	25.8	26.9	26.9	26.5	26.5	26.3	26.1	26.0	25.9	25.9	25.7	25.6
5—10	19.4	20.1	19.8	20.1	20.2	20.0	19.8	19.7	19.6	19.6	19.6	19.8	19.6
10—20	14.8	14.6	14.3	14.2	14.6	14.4	14.5	14.4	14.6	14.6	14.5	14.6	14.5
20—30	9.2	8.6	9.1	8.7	9.0	9.0	9.4	9.8	9.8	9.8	9.9	10.0	10.0
30—40	3.5	3.4	3.6	3.9	3.8	3.9	3.9	3.9	4.0	4.1	4.0	4.2	4.3
	Juurimäärän vuotuinen lisääntyminen edeltävänä kymmenvuotis- kautena, m/m <sup>2</sup> — Yearly increase of the roots during previous ten- year period, m/sqm												
Humus	2.8	2.0	1.4	1.3	1.1	1.1	0.8	0.5	0.3	0.2	0.0	-0.2	-0.3
0—5	2.4	2.1	1.9	1.3	1.1	1.0	0.8	0.4	0.3	0.1	0.0	-0.1	-0.5
5—10	1.9	1.6	1.2	1.1	0.9	0.7	0.5	0.4	0.2	0.2	0.0	-0.1	-0.3
10—20	1.5	1.1	0.8	0.7	0.8	0.5	0.4	0.3	0.3	0.1	0.0	-0.1	-0.3
20—30	0.9	0.6	0.7	0.3	0.5	0.3	0.4	0.4	0.2	0.0	0.0	0.0	-0.2
30—40	0.4	0.2	0.3	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	0.0	-0.1
Yht. — Tot.	9.9	7.6	6.3	4.9	4.6	3.8	3.0	2.1	1.4	0.6	0.1	-0.5	-1.7

Taulukko 11. Metsiköiden juurimäärä maakerroksittain.

Tab. 11. Roots of the stands by depth classes.

Maakerros, cm Depth layer, cm	Metsikön ikä, v. — Age, years											
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	130
	Männikkö — Pine stand											
	Juurimäärä, m/m <sup>2</sup> — Roots, m/sqm											
Humus	22	28	32	34	37	40	40	39	37	35	32	
0—5	36	71	99	120	126	123	116	108	99	88	79	
5—10	25	49	65	82	89	93	92	87	80	73	66	
10—20	20	35	45	55	62	64	64	60	55	51	47	
20—30	1	8	16	23	29	33	36	34	31	29	26	
30—40	—	1	5	9	13	17	19	19	18	17	16	
Yht. — Tot.	104	192	262	323	356	370	367	347	320	293	266	
	Juurimäärän jakaantuminen syvyysluokkiin, % — Roots, per cent											
Humus	21.2	14.6	12.0	10.5	10.4	10.7	11.0	11.3	11.6	11.9	12.1	
0—5	36.4	37.1	38.0	37.5	35.5	33.4	31.7	31.2	30.7	30.2	29.9	
5—10	24.0	25.6	25.1	25.1	25.1	25.1	25.1	25.1	25.1	25.1	25.1	
10—20	19.2	18.0	17.3	17.3	17.3	17.3	17.3	17.3	17.3	17.3	17.3	
20—30	1.0	4.2	5.9	7.0	8.1	9.0	9.7	9.7	9.7	9.7	9.7	
30—40	—	0.5	1.7	2.7	3.6	4.5	5.2	5.4	5.6	5.8	5.9	
Yht. — Tot.	10.4	8.8	7.0	6.1	5.3	4.4	3.3	2.0	1.4	0.6	0.1	
	Juurimäärän vuotuinen lisääntyminen edeltävänä kymmenvuotiskautena, m/m <sup>2</sup> — Yearly increase of the roots during previous ten-year period, m/sqm											
Humus	2.2	0.6	0.4	0.2	0.3	0.3	0.0	-0.1	-0.2	-0.2	-0.3	
0—5	3.6	3.5	2.8	2.1	0.6	-0.3	-0.7	-0.8	-0.9	-1.1	-0.9	
5—10	2.5	2.4	1.6	1.7	0.7	0.4	-0.1	-0.5	-0.7	-0.7	-0.7	
10—20	2.0	1.5	1.0	1.0	0.7	0.2	0.0	-0.4	-0.5	-0.4	-0.4	
20—30	0.1	0.7	0.8	0.7	0.6	0.4	0.3	-0.2	-0.3	-0.2	-0.3	
30—40	—	0.1	0.4	0.4	0.4	0.4	0.2	0.0	-0.1	-0.1	-0.1	
Yht. — Tot.	10.4	8.8	7.0	6.1	5.3	4.4	3.3	2.0	1.4	0.6	0.1	

Taulukko 12. Metsiköiden juurimäärät paksuusluokittain.

Tab. 12. Roots of the stands by thickness classes.

Paksuus- luokka, mm Thickness class, mm	Metsikön ikä, v. — Age, years												
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
	Kuusikko — Spruce stand												
	Juurimäärä, m/m <sup>2</sup> — Roots, m/sqm												
—1 mm	70	117	152	179	204	223	237	248	256	260	261	258	245
1—2 »	20	38	56	70	83	95	103	107	108	106	104	100	95
2—5 »	7	16	25	32	38	44	49	54	58	60	61	62	62
5— »	2	4	5	6	8	9	12	13	14	16	17	18	19
Yht. — Tot.	99	175	238	287	333	371	401	422	436	442	443	438	421
	Juurimäärän jakaantuminen paksuusluokkiin, % — Roots, per cent												
—1 mm	71.4	67.0	64.0	62.4	61.3	60.1	59.2	58.0	58.8	58.9	59.0	58.8	58.3
1—2 »	19.9	21.8	23.6	24.4	24.9	25.6	25.6	25.3	24.8	24.1	23.5	22.9	22.6
2—5 »	7.1	9.2	10.3	11.1	11.4	11.9	12.3	12.7	13.1	13.5	13.8	14.2	14.6
5— »	1.6	2.0	2.1	2.1	2.4	2.4	2.9	3.0	3.3	3.5	3.7	4.1	4.5
	Juurimäärän vuotuinen lisääntyminen edeltävänä kymmenvuotiskautena, m/m <sup>2</sup> — Yearly increase of the roots during previous ten-year period, m/sqm												
—1 mm	7.0	4.7	3.5	2.7	2.5	1.9	1.4	1.1	0.8	0.4	0.1	-0.3	-1.3
1—2 »	2.0	1.8	1.8	1.4	1.3	1.2	0.8	0.4	0.1	-0.2	-0.2	-0.4	-0.5
2—5 »	0.7	0.9	0.9	0.7	0.6	0.6	0.5	0.5	0.4	0.2	0.1	0.1	0.0
5— »	0.2	0.2	0.1	0.1	0.2	0.1	0.3	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1
Yht. — Tot.	9.9	7.6	6.3	4.9	4.6	3.8	3.0	2.1	1.4	0.6	0.1	-0.5	-1.7
	Männikkö — Pine stand												
	Juurimäärä, m/m <sup>2</sup> — Roots, m/sqm												
—1 mm	68	123	177	244	248	254	242	213	177	141	104		
1—2 »	25	43	55	65	71	76	81	87	91	96	101		
2—5 »	10	20	22	25	27	29	31	33	36	39	42		
5— »	1	6	8	9	10	11	13	14	16	17	19		
Yht. — Tot.	104	192	262	323	356	370	367	347	320	293	266		
	Juurimäärän jakaantuminen paksuusluokkiin, % — Roots, per cent												
—1 mm	65.4	64.5	67.5	69.4	69.7	68.7	66.1	61.6	55.6	48.3	39.1		
1—2 »	24.0	22.2	21.0	20.2	19.9	20.5	22.0	24.7	28.4	32.7	38.0		
2—5 »	9.6	10.2	8.4	7.6	7.6	7.8	8.5	9.6	11.1	13.2	15.8		
5— »	1.0	3.1	3.1	2.8	2.8	3.0	3.4	4.1	4.9	5.8	7.1		
	Juurimäärän vuotuinen lisääntyminen edeltävänä kymmenvuotiskautena, m/m <sup>2</sup> — Yearly increase of the roots during previous ten-year period, m/sqm												
—1 mm	6.8	5.5	5.4	4.7	2.4	0.6	-1.2	-2.9	-3.6	-3.6	-3.7		
1—2 »	2.5	1.8	1.2	1.0	0.6	0.5	0.5	0.6	0.4	0.5	0.5		
2—5 »	1.0	1.0	0.2	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3		
5— »	0.1	0.5	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2		
Yht. — Tot.	10.4	8.8	7.0	6.1	5.3	4.4	3.3	2.0	1.4	0.6	0.1		

Taulukko 13. Alle 1 mm:n paksuisten juurien määrä.

Tab. 13. Amount of roots under 1 mm in thickness.

Maakerros, cm Depth layer, cm	Metsikön ikä, v. — Age, years												
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
	Kuusikko — Spruce stand												
	Juurimäärä, m/m <sup>2</sup> — Roots, m/sqm												
Humus	20	30	37	43	47	52	55	57	59	60	60	60	58
0—5	15	28	39	47	53	58	62	64	65	66	66	65	62
5—10	14	24	31	37	42	46	49	51	53	53	53	52	48
10—20	11	18	23	27	32	34	36	38	40	40	40	39	37
20—30	7	12	15	17	20	22	24	26	27	28	29	29	27
30—40	3	5	7	8	10	11	11	12	12	13	13	13	13
Yht. — Tot.	70	117	152	179	204	223	237	248	256	260	261	258	245
	Osuus kaikista juurista, % — Per cent of all roots												
Humus	70.2	59.2	55.2	52.6	52.2	52.8	53.0						
0—5	63.8	60.9	60.2	58.8	58.0	57.9	58.1						
5—10	73.7	66.0	62.7	62.0	61.8	60.7	58.8						
10—20	75.9	69.1	64.9	62.1	62.2	61.5	60.7						
20—30	77.8	69.8	66.7	64.0	63.5	65.5	63.1						
30—40	85.7	76.4	76.0	71.0	68.8	70.3	69.4						
Keskim. — Average	71.4	64.0	61.3	59.3	58.8	58.9	58.3						
	Männikkö — Pine stand												
	Juurimäärä, m/m <sup>2</sup> — Roots, m/sqm												
Humus	15	15	16	16	17	17	18	18	19	19	16		
0—5	20	40	64	80	81	73	63	53	43	33	28		
5—10	17	38	49	61	69	72	66	56	43	33	23		
10—20	15	24	32	41	47	51	51	47	40	32	19		
20—30	1	5	12	18	23	26	28	25	21	17	12		
30—40	—	1	4	8	11	15	16	14	11	7	6		
Yht. — Tot.	68	123	177	224	248	254	242	213	177	141	104		
	Osuus kaikista juurista, % — Per cent of all roots												
Humus	65.9	49.2	44.6	43.8	50.0	48.4							
0—5	56.9	64.8	64.3	54.3	55.4	35.2							
5—10	68.0	74.8	78.1	72.1	53.8	34.6							
10—20	75.0	71.4	75.6	81.1	72.7	40.9							
20—30	100.0	74.2	80.7	77.5	67.7	48.1							
30—40	—	88.9	84.6	84.2	61.1	38.7							
Keskim. — Average	65.4	67.5	69.7	66.1	55.6	39.1							

Taulukko 14. Yli 5 mm:n paksuisten juurien määrä.

Tab. 14. Amount of roots over 5 mm in thickness.

Maakerros, cm Depth layer, cm	Metsikön ikä, v. — Age, years												
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
	Kuusikko — Spruce stand												
	Juurimäärä, m/m <sup>2</sup> — Roots, m/sqm												
Humus	1.0	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5
0—5	1.0	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.0	5.0	5.5
5—10	—	1.0	1.0	1.0	1.5	1.5	2.0	2.0	2.0	2.5	2.5	2.5	2.5
10—20	—	—	—	Δ	0.5	0.5	1.0	1.0	1.0	1.5	2.0	2.0	2.0
20—30	—	—	—	—	—	—	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.5	1.5
30—40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Yht. — Tot.	2.0	4.0	5.0	6.0	8.0	9.0	12.0	13.0	14.0	16.0	17.0	18.0	19.0
	Männikkö — Pine stand												
	Juurimäärä, m/m <sup>2</sup> — Roots, m/sqm												
Humus	Δ	0.5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5		
0—5	0.5	3.0	4.0	4.5	5.0	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5		
5—10	0.5	1.5	2.0	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5		
10—20	—	0.5	0.5	1.0	1.0	1.0	1.5	1.5	2.0	2.0	2.0		
20—30	—	0.5	0.5	0.5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.5		
30—40	—	—	—	—	—	—	Δ	Δ	0.5	0.5	1.0		
Yht. — Tot.	1.0	6.0	8.0	9.0	10.0	11.0	13.0	14.0	16.0	17.0	19.0		

Taulukko 15. Metsiköiden juurimäärä maayksikköä kohden.

Tab. 15. Roots of the stands per unit of soil.

Maakerros, cm Depth layer, cm	Metsikön ikä, v. — Age, years												
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
Juurimäärä, cm/dm <sup>3</sup> — Roots, cm/cu.dm													
Kuusikko — Spruce stand													
Humus	71	120	156	190	215	242	261	275	283	286	286	283	276
0—5	47	90	128	154	176	196	211	220	226	228	228	225	215
5—10	38	70	94	115	134	148	158	165	170	173	173	173	165
10—20	15	26	34	41	49	54	58	61	64	65	65	64	61
20—30	9	15	22	25	30	34	38	41	43	43	44	44	42
30—40	4	6	9	11	13	15	16	17	18	18	19	19	18
Keskim. — Average	22	40	54	65	75	84	91	96	99	100	101	99	96
Männikkö — Pine stand													
Humus	81	104	117	126	137	146	148	144	137	128	119		
0—5	72	142	199	241	252	247	232	215	195	176	159		
5—10	50	98	131	164	178	185	183	174	160	147	133		
10—20	20	35	46	56	62	64	64	59	55	51	47		
20—30	1	8	16	23	29	33	36	34	31	29	26		
30—40	—	1	5	9	13	17	19	19	18	17	16		
Keskim. — Average	24	45	61	75	83	86	85	80	74	68	62		

Taulukko 16. Vaakasuoran juuriston tilavuus.

Tab. 16. Volume of horizontal root system.

Maakerros, cm Depth layer, cm	Metsikön ikä, v. — Age, years												
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
Juuriston tilavuus, cm <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> — Volume of roots, cu.cm per sqm													
Kuusikko — Spruce stand													
Humus	65	135	200	270	335	400	470	540	605	670	735	805	875
0—5	55	110	160	215	270	325	380	435	485	540	595	650	705
5—10	25	50	80	105	135	160	185	200	240	265	290	320	345
10—20	15	30	50	70	85	100	120	140	160	175	195	210	230
20—30	10	20	30	40	50	60	65	75	85	90	100	110	120
30—40	Δ	5	10	10	15	20	20	25	25	30	30	35	40
Yht.—Tot.	170	350	530	710	890	1 065	1 240	1 425	1 600	1 770	1 945	2 130	2 315
Männikkö — Pine stand													
Humus	60	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100		
0—5	60	155	230	310	385	450	540	610	690	765	840		
5—10	45	100	150	200	250	300	355	405	460	510	560		
10—20	25	50	75	100	120	145	170	195	220	245	270		
20—30	5	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110		
30—40	Δ	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50		
Yht.—Tot.	195	430	595	765	925	1 090	1 265	1 425	1 600	1 765	1 930		

Taulukko 17. Juurimäärä keskimäärin puuta kohden maakerroksittain.

Tab. 17. Average amount of roots per tree by depth layers.

Maakerros, cm	Metsikön ikä, v. — Age, years												
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
Depth layer, cm	M ä n t y — Pine												
	Juurimäärä, m/puu — Roots, m per tree												
Humus	20	39	63	96	145	214	296	371	411	431	444		
0—5	33	100	199	340	494	668	859	1 024	1 084	1 100	1 104		
5—10	22	68	131	228	349	500	678	829	889	919	924		
10—20	10	47	91	156	241	346	470	567	611	631	646		
20—30	Δ	11	31	63	112	178	263	319	344	356	361		
30—40	Δ	1	9	24	51	89	141	176	200	213	215		
Yht.—Tot.	85	266	524	907	1 392	1 995	2 707	3 286	3 539	3 650	3 694		
	Juurimäärän vuotuinen lisäntyminen edeltävänä kymmenvuotiskautena, m/puu — Yearly increase of the roots during previous ten-year period, m per tree												
Humus	2.0	1.9	2.4	3.3	4.9	6.9	8.2	7.5	4.0	2.0	1.3		
0—5	3.3	6.7	9.9	14.1	15.4	17.4	19.1	16.5	6.0	1.6	0.4		
5—10	2.2	4.6	6.3	9.7	12.1	15.1	17.8	15.1	6.0	3.0	0.5		
10—20	1.0	3.7	4.4	6.5	8.5	10.5	12.4	9.7	4.4	2.0	1.5		
20—30	Δ	1.1	2.0	3.2	4.9	6.6	8.5	5.6	2.5	1.2	0.5		
30—40	Δ	0.1	0.8	1.5	2.7	3.8	5.2	3.5	2.4	1.3	0.2		
Yht.—Tot.	8.5	18.1	25.8	38.3	48.5	60.3	71.2	57.9	25.3	11.1	4.4		
	K u u s i — Spruce												
	Juurimäärä, m/puu — Roots, m per tree												
Humus	3	21	46	85	169	262	380	550	707	848	954	1 027	1 095
0—5	2	19	47	88	172	265	384	550	707	844	950	1 023	1 090
5—10	2	15	35	65	131	200	287	412	531	641	721	777	835
10—20	2	11	25	46	95	145	211	303	397	478	542	586	625
20—30	1	6	16	28	59	90	137	205	265	319	363	396	425
30—40	Δ	3	6	13	25	39	56	83	109	133	154	168	185
Yht.—Tot.	10	75	175	325	651	1 001	1 455	2 103	2 716	3 263	3 684	3 977	4 255
	Juurimäärän vuotuinen lisäntyminen edeltävänä kymmenvuotiskautena, m/puu — Yearly increase of the roots during previous ten-year period, m per tree												
Humus	0.3	1.8	2.5	3.9	8.4	9.3	11.8	17.0	15.7	14.1	10.6	7.3	6.8
0—5	0.2	1.7	2.8	4.1	8.4	9.3	11.9	16.6	15.7	13.7	10.6	7.3	6.7
5—10	0.2	1.3	2.0	3.0	6.6	6.9	8.7	12.5	11.9	11.0	8.0	5.6	5.8
10—20	0.2	0.9	1.4	2.1	4.9	5.0	6.6	9.2	9.4	8.1	6.4	4.4	2.9
20—30	0.1	0.5	1.0	1.2	3.1	3.1	4.7	6.8	6.0	5.4	4.4	3.3	2.9
30—40	Δ	0.3	0.3	0.7	1.2	1.4	1.7	2.7	2.6	2.4	2.1	1.4	1.7
Yht.—Tot.	1.0	6.8	10.0	15.0	32.6	35.0	45.4	64.8	61.3	54.7	42.1	29.3	27.8

Taulukko 18. Juurimäärä keskimäärin puuta kohden paksuusluokittain.

Tab. 18. Average amount of roots per tree by thickness classes.

Paksuusluokka, mm	Metsikön ikä, v. — Age, years												
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
Thickness class, mm	K u u s i — Spruce												
	Juurimäärä, m/puu — Roots, m per tree												
—1 mm	7	50	112	203	399	601	862	1 230	1 597	1 922	2 171	2 340	2 490
1—2 »	2	16	41	79	162	257	373	533	672	785	867	909	950
2—5 »	1	7	18	36	75	119	178	268	359	441	508	564	615
5— »	Δ	2	4	7	15	24	42	62	88	115	138	164	190
Yht.—Tot.	10	75	175	325	651	1 001	1 455	2 103	2 716	3 263	3 684	3 977	4 255
	Juurimäärän vuotuinen lisäntyminen edeltävänä kymmenvuotiskautena, m/puu — Yearly increase of the roots during previous ten-year period, m per tree												
—1 mm	0.7	4.3	6.2	9.1	19.6	20.2	26.1	37.8	35.7	32.5	24.9	16.9	16.0
1—2 »	0.2	1.4	2.5	3.8	8.3	9.5	11.6	16.0	13.9	11.3	8.2	4.2	4.1
2—5 »	0.1	0.6	1.1	1.8	3.9	4.4	5.9	9.0	9.1	8.2	6.7	5.6	5.1
5— »	Δ	0.2	0.2	0.3	0.8	0.9	1.8	2.0	2.6	2.7	2.3	2.6	2.6
Yht.—Tot.	1.0	6.5	10.0	15.0	32.6	35.0	45.4	64.8	61.3	54.7	42.1	29.3	27.8
	M ä n t y — Pine												
	Juurimäärä, m/puu — Roots, m per tree												
—1 mm	56	172	354	630	971	1 370	1 789	2 024	1 967	1 762	1 444		
1—2 »	20	59	110	183	276	408	596	814	1 006	1 194	1 403		
2—5 »	8	27	44	69	106	157	230	314	394	481	583		
5— »	1	8	16	25	39	60	92	134	172	213	264		
Yht.—Tot.	85	266	524	907	1 392	1 995	2 707	3 286	3 539	3 650	3 694		
	Juurimäärän vuotuinen lisäntyminen edeltävänä kymmenvuotiskautena, m/puu — Yearly increase of the roots during previous ten-year period, m per tree												
—1 mm	5.6	11.6	18.2	27.6	34.1	39.9	41.9	23.5	—5.7	—20.5	—31.8		
1—2 »	2.0	3.9	5.1	7.3	9.3	13.2	18.8	21.8	19.2	18.8	20.9		
2—5 »	0.8	1.9	1.7	2.5	3.7	5.1	7.3	8.4	8.0	8.7	10.2		
5— »	0.1	0.7	0.8	0.9	1.4	2.1	3.2	4.2	3.8	4.1	5.1		
Yht.—Tot.	8.5	18.1	25.8	38.3	48.5	60.3	71.2	57.9	25.3	11.1	4.4		