

RÄMEMÄNNIKÖN JUURISTON RAKENNE  
JA KUIVATUKSEN VAIKUTUS SIIHEN

LEO HEIKURAINEN

*REFERAT:*

*DER WURZELAUFBAU DER KIEFERNBESTÄNDE AUF  
REISERMOORBÖDEN UND SEINE BEEINFLUSSUNG DURCH DIE  
ENTWÄSSERUNG*

HELSINKI 1955

## Alkusanat

Käsillä oleva julkaisu on toinen osa rämemännikön juuristoja käsittelevästä tutkimuksestani, jonka ensimmäinen jo julkaistu osa selvittelee juuriston vuodenajoittaisia muutoksia. Molemmat tutkimukset perustuvat osaksi samaan aineistoon. Koska kuitenkin tarkasteltavat asiat ovat luonteeltaan selvästi toisistaan poikkeavia, on erikseen julkaisemista pidetty aiheellisena. Jo julkaistun osan aihepiiri liikkuu keskitetysti juuriston fenologian parissa. Samalla kuin nämä tutkimukset ovat välttämättömän perusta esitettäessä rämemännikön juuriston rakennetta ja siihen liittyviä kysymyksiä, jotka sisältyvät käsillä olevaan julkaisuun, ne myöskin koskettelevat aihepiiriä, jolla on yleisempikin metsäbiologinen mielenkiintonsa, ja siten ansaitsivat tulla julkaistuksi jollakin laajemmin tunnetulla kielellä. Nyt julkaistava osa puolestaan on enemmän oman maamme metsätaloutta kiinnostava, vaikka tuloksilla voi olla tietty mielenkiintonsa laajalti harrastetun juuristotutkimuksen piirissä yleensäkin.

Tutkimuksiin olen ryhtynyt tohtori ERKKI K. KALELAN kehoituksesta, ja työni eri vaiheissa olen saanut häneltä jatkuvaa tukea ja ohjausta. Hänen monet tähänastiset juuristotutkimuksensa ovat olleet minulle pohjana, jolle on ollut helppo rakentaa, ja osin tutkimukseni ovat saaneet tavallaan jatkotutkimusten luonteen, koska monien tulosten pääsuunta on ollut samantapainen sekä KALELAN jo julkaistuissa kivennäismaiden puustoja koskevissa että allekirjoittaneen turvealustalla liikkuvissa tutkimuksissa. Haluan tässä lausua parhaat kiitokseni kaikesta tästä tohtori KALELALLE.

Edelleen mieluinen velvollisuuteni on kiittää kunnioitettuja opettajiani, professori ERKKI LAITAKARIA ja professori S. E. MULTAMÄKEÄ, jotka molemmat jo vuosikymmenien takaa kokeneina juuristotutkijoina ovat antaneet tukea ja ohjausta työni eri vaiheissa. Erikoisesti olen kiitoksen velkaa viimeisimmälle, entiselle esimiehelleni, jonka myötämielisellä luvalla on valtaosa työstä suoritettu Suometsätieteellisen laitoksen suojissa ja välinein sekä osalta sen henkilökunnan työnäkin. Tohtori PEITSA MIKOLALLE, joka on monin tavoin auttanut allekirjoittanutta

perehtymään mykoritsakysymyksiin, lausun myöskin parhaat kiitokseni, samoin tohtori PAAVO YLI-VAKKURILLE, joka on lukenut käsikirjoitukseni.

Kenttätyöapulaiseni, silloiset ylioppilaat ILMARI VALLO, SVEN SUNDQVIST ja RISTO LUIKKO ansaitsevat samaten kiitokset hyvin suoritetusta työstä. Paljon kärsivällisyyttä ja huolellisuutta vaatineissa laboratorio-työissä olen saanut apua useilta henkilöiltä, joista ennen kaikkea haluan kiittää rouva TYVNE RUOTTISTA, rouva INKERI ROSSIA ja ylioppilas MAUNO PUNKKAA sekä vaimoani ARMI HEIKURAISTA.

Taloudellisesti on työni ollut mahdollista nauttimani nuorten tieteenharjoittajien apurahan sekä valtion luonnontieteellisen toimikunnan ja Suomen Metsätieteellisen Seuran myöntämien tutkimusapurahojen turvin.

Helsingissä, 15. 5. 1955.

LEO HEIKURAINEN

## Sisällysluettelo

|                                                                                          | Sivu  |
|------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| 1. Johdanto .....                                                                        | 7     |
| 11. Suopuustojen juuristotutkimuksista .....                                             | 7     |
| 12. Tutkimuksen tarkoitus ja tavoitteet .....                                            | 10    |
| 2. Käytetyt menetelmät ja aineisto .....                                                 | 12    |
| 21. Kirjallisuuskatsaus juuristotutkimusten metodiikkaan .....                           | 12    |
| 22. Aineiston kerääminen ja siinä käytetyt menetelmät .....                              | 14    |
| 221. Kenttätyöt ja näytteiden säilytys .....                                             | 14    |
| 222. Juurten irrottaminen ja mittaus sekä lyhytjuurten laskenta .....                    | 16    |
| 23. Aineisto .....                                                                       | 20    |
| 231. Näytealat .....                                                                     | 20    |
| 232. Näytteiden ottoaika .....                                                           | 23    |
| 233. Aineiston määrä .....                                                               | 25    |
| 234. Aineiston luotettavuus .....                                                        | 26    |
| 3. Tulokset .....                                                                        | 29    |
| 31. Pitkäjuuret .....                                                                    | 29    |
| 311. Juurten määrä .....                                                                 | 29    |
| 312. Syvyysjakaantuminen .....                                                           | 32    |
| 313. Juuriston syvyys ja pohjavesi .....                                                 | 38    |
| 314. Paksuusjakaantuminen .....                                                          | 41    |
| 315. Erivahvuisten juurten syvyys .....                                                  | 46    |
| 316. Kuivatuksen vaikutus pitkäjuuriin .....                                             | 50    |
| 32. Lyhytjuuret .....                                                                    | 51    |
| 321. Lyhytjuurten määrä .....                                                            | 51    |
| 322. Lyhytjuurten määrä syvyyskerroksittain .....                                        | 54    |
| 323. Mykoritsatyyppeiden suhteet .....                                                   | 59    |
| 324. Mykoritsatyyppeiden suhteet syvyyskerroksittain .....                               | 64    |
| 325. Kuivatuksen vaikutus lyhytjuuriin .....                                             | 66    |
| 33. Tulosten tarkastelua rämeiden metsätaloudellista hyväksikäyttöä silmälläpitäen ..... | 67    |
| 331. Kuivatusteknillisiä näkökohtia .....                                                | 67    |
| 332. Metsänhoidollisia näkökohtia .....                                                  | 69    |
| 4. Yhdistelmä .....                                                                      | 72    |
| Kirjallisuusluettelo .....                                                               | 75    |
| <i>Deutsches Referat</i> .....                                                           | 78    |
| Liitteet I—III. — <i>Beilagen I—III</i> .....                                            | 83—85 |

## 1. Johdanto

### 11. Suopuustojen juuristotutkimuksista

Soilla kasvavien puiden juuristotutkimuksia tehtäessä on kuljettu kivennäismaiden juuristotutkimusten vanavedessä. Jo se, että soilla kasvavat puustot ovat taloudellisesti vähempiarvoisia, ja toisaalta se, että turvealustalla kasvavan puun juuristojen tutkiminen kohtaa suurempia vaikeuksia kuin kivennäismaalla, on ollut syynä siihen, että suopuiden juuristoja on tutkittu suhteellisen vähän. Toisaalta turve erikoislaatuisena kasvualustana tarjoaa tutkijalle monessa tapauksessa kiitollisen kohteen juuristojen morfologian ja ekologian työsaralla. Tämä seikka lie neekin ollut useiden soilla suoritetujen juuristotutkimusten lähtökohtana varsinkin maissa, joissa soiden käyttö metsän kasvatukseen ei ole samassa määrin taloudellinen tosiasia kuin meillä.

Omassa maassamme ja osaksi myöskin Ruotsissa on suopuiden juuristotutkimuksilla morfologisten ja ekologisten tavoitteiden ohella ollut myöskin käytännöllisluontoinen tausta. Soiden käyttö metsän kasvatukseen vaatii tietoja soilla kasvavien puiden juuristoista. Niiden kehityksen, rakenteen, vuodenajoittaisten muutosten ja ekologian tuntemista voidaan pitää suometsien kasvatuksessa ja yleensä soiden metsätaloudellisessa hyväksikäytössä yhtä tärkeänä kuin puuston maanpäällisen osan vastaavien seikkojen tuntemista. Lisäksi voidaan juuristotutkimusten avulla selvittää useita suometsien kasvatuksen kannalta tärkeitä perusteita ehkä välittömämmin kuin puuston maanpäällisten osien tutkimisella. Tämän seikan ovat meikäläiset juuristotutkijat käsittäneet, ja tältä pohjalta on syntynyt joukko tutkimuksia, joihin tutustuminen on sekä mielenkiintoista että käsillä olevan työn ymmärtämisen kannalta välttämätöntäkin.

KOKKONEN (1923) selvittelee rämemäntyjen erilaisia juuristotyyppejä. Hän erottaa kaikkiaan viisi tällaista tyyppiä, jotka muotonsa puolesta eroavat toisistaan. Yhteistä kaikille näille tyypeille on, että ne selvästi poikkeavat kivennäismaalla kasvavan männyn juuristosta, mm. pääjuurta ei yleensä ole ollenkaan tai se on surkastunut hyvin pieneksi. Kuivatetul-

lakin suolla hän toteaa männyn juuret varsin pinnallisiksi ja väittää, että juuriston alaraja on tarkoin seurannut pohjavesipinnan tasoa. Lisäksi hän saattoi tehdä sen johtopäätöksen, että kuivatulla suolla juuret ovat lyhyempiä kuin ojittamattomalla.

MULTAMÄKI (1923) on ojitettujen turvemaiden metsänkasvua tutkissaan ulottanut mittauksensa juuristojakin koskeviksi. Hän toteaa myöskin, että mitä niukkaravinteisempi kasvualusta on, sen pitempiä ja haaramattomampia ovat yksityiset juuret. Juuristojen pinnallisuus on sekin käynyt vakuuttavasti ilmi hänen tutkimuksissaan. Ojitus näyttää kuitenkin hänen käsityksensä mukaan syventävän niitä tuntuvasti. Lisäksi on hän tutkinut juurien pituuskasvua ja tullut siihen merkittävään tulokseen, että se vähenee ojituksen vaikutuksesta. Sen sijaan ojitus vaikuttaa elvyttävästi vanhojen juurihaarojen kasvuun ja uusien juurihaarojen muodostumiseen. Yleensä hän toteaa, että juuristot ojituksen vaikutuksesta kehittyvät sellaisien juuristojen kaltaisiksi, joita tavataan kivennäismailla.

LAITAKARI (1927) on laajassa ja perusteellisessa männyn juuriston morfologiaa käsittelevässä tutkimuksessaan tutkinut myöskin suolla kasvaneiden mäntyjen juuristoja. Samaan tapaan kuin edellä selostetut tutkimukset, ovat hänenkin mittauksensa osoittaneet, että ojittamattomalla suolla juuret ovat pitempiä ja siten juuristot laajempia kuin ojitetulla suolla, jolla ne puolestaan ovat tiheämpiä kuin ojittamattomalla. Tutkimuksessa esitetään edelleen juuriston keskisyvyyttä koskevia mitaustuloksia ja todetaan suolla kasvavien mäntyjen juuriston pinnallisuus. Rämemännnyiltä puuttuu LAITAKARINKIN mukaan varsinainen pääjuuri, mutta ns. syväjuuria, siis alaspäin suuntautuvia suhteellisen ohuita juuria, hän sen sijaan on tehokkaasti kuivatulla suolla tavannut.

METSÄVAINION (1931) laajassa suokasvien juuristoja käsittelevässä julkaisussa ei tosin ole tutkittu puiden juuristoja, mutta eräitä tuloksia voidaan soveltaa koskemaan myöskin näitä. Pohjaveden korkeus on hänenkin mukaansa ratkaisevimmin vaikuttanut juuristojen syvyyteen. Hän on tavannut 91 % kaikista elävistä juurista pohjavesipinnan yläpuolella ja vain 9 % alapuolella.

KALELA (1946) on rämemänniköiden uudistamista koskevassa kirjoituksessaan kosketellut myöskin näiden metsiköiden juuristoja. Hän vie tutkimukset sikäli uusille urille, että siirtyy yksityisten puiden juurien kuvaamisesta koko metsiköiden juuristojen selvittelyyn, jonka hän myöhemmin (1949) toteuttaa perusteellisessa ja metsiköiden juuristoja kokonaisuudessaan hyvin valaisevassa julkaisussa kivennäismaiden kohdalta.

Tosin jo huomattavasti aikaisemmin on yritetty selvittää metsiköiden juuristoja (esim. AALTONEN 1920). Rämemänniköiden juuristoista KALELA toteaa pinnallisuuden ja että elävien juurien keskisyvyys on huomattavasti pienempi kuin kuolleiden. Edelleen hän toteaa, että varsin harvapuustoisellakin rämeellä juuristo on jakautunut hämmästyttävän tasaisesti puiden välikköihin sekä että tällaisillakin rämeillä on puustoa pidettävä sulkeutuneena lähinnä vallitsevan ankan juuristokilpailun vuoksi. Hän esittää myöskin lukuja juuriston kokonaisuudesta.

Helsingin Yliopiston suomensäätieteelliselle laitokselle tekemässään progradu työssä on VALLO (1951) selvitelty pohjoissuomalaisen koivuruskokorven (koivulettokorven) koivikon juuristoja. Vaikka aineisto on suppea, siitä on voitu todeta niiden pinnallisuus ja että niiden alaraja näyttää seuraavan melko kiinteästi pohjaveden pintaa. Samaten voitiin todeta, että eräät puuston tunnuksot, etenkin kuutiomäärä ja juuriston kokonaispituus ovat verrattain kiinteässä vuorosuhteessa.

Ruotsalaisista tutkijoista mainittakoon tässä yhteydessä ennen kaikkea MELIN. Jo v. 1917 hän julkaisi soiden juuristotutkimusten kannalta urauurtavia tuloksia, joissa todetaan suopuustojen juuristojen pinnallisuus, edelleen että ojittamattomalla suolla juuret kasvavat pitkiksi ja vähähaaraisiksi, kun ne puolestaan ojitetulla ovat lyhyemmät, mutta juurihaaroja on runsaasti. Samassa julkaisussaan hän aloittaa myöskin mykoritsatutkimuksiansa sarjan, jota hän on myöhemmin jatkanut lukuisilla julkaisuillaan. Näissä julkaisuissa kosketellaan myöskin soilla tavattavia mykoritsoja.

Ruotsalaisista tutkijoista, jotka ovat käsitelleet suopuustojen juuristoja on MELININ lisäksi mainittava vielä MALMSTRÖM (1935) ja BJÖRKMAN (1941). Molemmat ovat selvittelleet lannoituksen (lähinnä tuhkalannoituksen) vaikutusta turvealustalla kasvaneiden mäntyjen ja kuusien juuristoihin. Molempien tutkimuksissa on mykoritsoilla ollut pääpaino, mutta varsinkin ensiksi mainittu on lisäksi muutenkin kosketellut juuristoa.

MELIN totesi ojitetulla suolla, että mykoritsojen esiintymisen ja puiden viihtymisen välillä oli selvä korrelaatio (1917). Myöhemmin on useissa tutkimuksissa osoitettu, että tietyissä olosuhteissa puun taimet eivät yleensä säily hengissäkään, ellei kasvualustassa ole mykoritsoja muodostavia sieniä (esim. KESSEL 1927, OLIVEROS 1932 ja YOUNG 1936).

Mitä tulee erikoisesti soiden mykoritsatutkimuksiin, ovat varsinkin ruotsalaiset MELIN, MALMSTRÖM ja BJÖRKMAN tehneet perustavaa laatua olevaa työtä tällä alalla. Puuttumatta yksityiskohtaisemmin näihin tutkimuksiin todettakoon vain eräitä päätuloksia. Ojittamattomalla suolla on

mykoritsojen määrä todettu pienemmäksi kuin ojitetulla, samoin on lannoitetulla suolla mykoritsoja suhteellisesti enemmän kuin lannoittamattomalla suolla. Ojittamattomien soiden vähäisen mykoritsamäärän katsotaan johtuvan lähinnä liiallisesta kosteudesta. Myöskin mykoritsatyyppejen esiintymisessä on todettu olevan eroja ojittamattoman ja ojitetun sekä lannoittamattoman ja lannoitetun suon välillä. Edellisillä ovat pseudo-mykoritsat vallitsevia, jälkimmäisillä puolestaan varsinaiset mykoritsat. Myöskin on todettu, että nuorilla puilla on suhteellisesti enemmän mykoritsoja kuin vanhoilla.

## 12. Tutkimuksen tarkoitus ja tavoitteet

Niin kuin kirjallisuuskatsauksesta ilmenee, ovat suopuiden juuristoja koskeneet tutkimukset tähän asti panneet pääpainon juuristojen morfologisiin seikkoihin sekä yksityisten puiden juurien pituusmittauksiin, syvyyteen jne. Metsikkö kokonaisuudessaan on jäänyt tässä mielessä vähäisemmälle huomiolle. Nekin tutkimukset, joita on tehty koko metsikön juuristosta, perustuvat vielä varsin pieniin aineistoihin, eikä niiden perusteella voida vielä luoda kokonaiskuvaa. Niinpä esim. suopuiden lyhytjuuria käsitteleviä tutkimuksia ei maassamme ole tehty lainkaan.

Suometsien uudistamiskysymys ja niiden oikea käsittely ylipäänsä kaipaava perusteikseen juuriston tuntemista. Samoin on ojitusteknillisiä kysymyksiä kuten esim. kuivatussyvyyttä, salaojien rakennetta jne. ratkaistaessa usein ensiarvoisen tärkeää juuristojen mahdollisimman perinpohjainen tunteminen.

Käsillä olevan tutkimuksen tarkoitus on näiden erikoisesti suometsätieteelle tärkeiden seikkojen valaiseminen. Kysymysryhmä on kuitenkin niin laaja ja monitahoinen, että siitä voidaan kerrallaan tutkia vain rajoitettua osaa. Tässä tutkimuksessa rajoitutaan käsittelemään yksinomaan rämemänniköitä ja siinäkin pääasiassa vain isovarpuisia rämeitä. Näin on mm. siitä syystä, että männyn juuristot ovat ennestään ehkä parhaiten tunnetut, ja nämä tutkimukset ovat hyvä perusta jatkotutkimuksille. Tutkimuksen rajoittamiseen on osaltaan vaikuttanut sekin, että kirjoittajalla on ollut parhaat mahdollisuudet juuri rämänäytealojen hankkimiseen.

Tutkimuksessa selvitetään rämemänniköiden juuristojen kokonaispituutta, paksuussuhteita, syvyysjakaantumista sekä lyhytjuurien lukumäärää ja syvyysjakaantumista. Myöskin mykoritsatyyppejen suhteet on otettu tutkimuksen kohteiksi. Tutkimuksessa on pyritty vertailemaan kuivatusteholtaan erilaisia kohteita, luonnontilaisista alkaen aina hyvin

tehokkaasti kuivatettuihin rämeisiin asti. Edelleen on näytealat valittu siten, että puuston eri kehitysvaiheet olisivat aineistossa mahdollisuuksien mukaan edustettuna. Rämemännikön fenologian tunteminen (vrt. HEIKURAINEN 1955) on tehnyt mahdolliseksi näytteiden ottamisen siten, että eri näytealojen tulokset voidaan keskenään rinnastaa. Näin toivotaan saatavan kyseisten suopuustojen juuristoista ja niiden kehityksestä puuston eri kehitysvaiheissa sekä erilaisissa kuivatusolosuhteissa keskimääräinen kuva, jonka yksityiskohdat jäävät vielä selvittämättä, mutta joka osoittaisi asioiden oikean suunnan ja siten olisi jatkotutkimuksien sopivana lähtökohtana.

Kaikki nämä tutkimukset koskevat juuriston sitä osaa, joka levittäytyy puiden väleihin. Puun tyven läheinen juuristo on jätetty kokonaan tutkimuksen ulkopuolelle.

## 2. Käytetyt menetelmät ja aineisto

### 21. Kirjallisuuskatsaus juuristotutkimusten metodiikkaan

#### Juuristoja koskevat

Koska kirjallisuudessa esiintyy perusteellisia katsauksia metsäpuiden juuristotutkimuksissa käytetyistä menetelmistä (esim. LAITAKARI 1927, KALELA 1949), ei tässä ole aihetta niiden kertaamiseen kokonaisuudessaan. Rajoitumme vain niihin menetelmiin, jotka liittyvät tavalla tai toisella nyt käytettyyn. Niin kuin KALELA (op. c. s. 9—15) on esittänyt, on aikaisemmin yleisesti käytetyissä menetelmissä se yhteinen epäkohta, ettei niiden avulla ole voitu tarpeellisen luotettavasti selvittää juuriston hennoimpia osia, suoritettiinpa työ kuinka huolellisesti tahansa. Tämä koskee yhtä hyvin juuriston esiin kaivamista, kartoitusta ja valokuvaamista kuin tapaa, jolla maahan kaivetuista pystysuorista kuopista yrittään lukea katkaistujen juurien päät. Kaikille tämän tapaisille menetelmille on yhteistä, että juurien mittaukset suoritetaan suoraan kentällä. Nuoriin puun taimiin kohdistetut tutkimukset ovat eri asia. Taimethan on voitu kasvattaa laboratorioissa ja tietysti siellä myös tutkia.

Toisena ryhmänä ovat ne tutkimukset, joissa tietyn suuruisesta määmästä tavalla taikka toisella erotetaan juuret, ja nämä tutkitaan irrallaan alkuperäisestä kasvupaikasta, usein laboratorioissa mahdollisimman hyvin välinein. Tämän periaatteen mukaisia menetelmiä soveltaen on jo suuremmat mahdollisuudet kaikkien juurien, niiden hennoimpienkin osien vieläpä lyhytjuurienkin mittaamiseen ja tutkimiseen. Tämänkin tapaisia tutkimuksia on suoritettu melko varhain. Niinpä HELLRIEGEL jo v. 1883 esitti käyttämänsä menetelmän, jolloin maahan lyödyllä tai painetulla rautasyylinterillä nostettiin sylinterin sisään jäävä maa ja siinä olevat juuret ylös. Kun juuret oli vedellä huuhtelemalla tai muuten irroitettu tuosta tunnetun suuruisesta maasyylinteristä, voitiin maassa oleva juurimäärä laskea. Ja kun selvittely suoritettiin maakerroksittain, päästiin selvyteen myöskin juuriston syvyysjakaantumisesta. Tätä samaa mene-

telmää ja sen erilaisia muunnelmia ovat useat muutkin tutkijat käyttäneet (KING 1893, SEELHORST 1902, OPITZ 1904, OSVALD 1918 ja METSÄVAINIO 1931). Edellä mainitut tutkijat ovat olleet maatalous- tai kasvitieteilijöitä, eivätkä he ole käyttäneet menetelmiään metsäpuiden juuristojen tutkimiseen.

KALELA (1949) käytti männiköiden ja kuusikoiden juuristoja tutkiesaan menetelmää, joka eräissä suhteissa muistuttaa edellä esitettyä. Hän irroitti maasta  $\frac{1}{4}$  m<sup>2</sup>:n kerroksia, joista hän erotti juuret joko seulomalla tai käsin. Samaa menetelmää käytti myöskin VALLO (1951) tutkiessaan suolla kasvavien koivujen juuristoja. Molemmissa tapauksissa juuret tai koko maanäyte tuotiin kuivuneena laboratorioon, jossa lähempi selvittely tapahtui. Jatkotutkimuksissaan KALELA (1954, 1955) on käyttänyt rautasyylinteriä, jonka poikkileikkauspinta-ala on ollut 1 dm<sup>2</sup>. Tällaisella sylinterillä nostettu maaprofiili on tutkittu kerroksittain ja mahdollisimman pian maasta nostamisen jälkeen, niin että juuristo on säilynyt tuoreena.

#### Lyhytjuuria koskevat

Lyhytjuurien lukumäärän selvittäminen vaatii tietysti, että laskenta suoritetaan mahdollisimman pian maasta oton jälkeen, tai sitten juuret ja niiden kärjet on säilytettävä mahdollisimman muuttumattomina tutkimiseen asti. Yleinen tapa näyttääkin olevan, että juuret joko tutkitaan heti maasta nostamisen jälkeen tai fikseerataan erilaisilla kemikaaleilla.

Seuraavassa nimitetään varsinaisia juuria — erotukseksi lyhytjuurista — pitkäjuuriksi. Esim. BJÖRKMAN (1940 s. 30) laskee 0.5—5 mm pituiset juurihaarat lyhytjuuriksi ja sitä pitemmät ovat pitkäjuuria. Lyhyempiä kuin 0.5 mm haaroja ei edellä mainittu tutkija ole laskenut. Häntä ennen on HATCH (1937) käyttänyt samaa tapaa ns. »mycorrhizal points» -menetelmää. Hän on laskenut myöskin haarautuneiden lyhytjuurien kärjet. Eräissä tutkimuksissa (mm. BJÖRKMAN op. c.) on haarautuneet lyhytjuuret laskettu yhdeksi lyhytjuureksi.

Lyhytjuurten laskennassa on useimmiten otettu huomioon myöskin erilaisten mykoriesatyypien esiintyminen. Mykoriesojen tyypittely suoritetaan jo yleisesti hyväksytyyn ja käytetyn kaavan mukaisesti (vrt. esim. MELIN 1917, BJÖRKMAN 1941). A- ja B-tyyppiset mykoriesat luetaan kuitenkin usein samaan ryhmään (vrt. BJÖRKMAN 1942). Mykoriesatyypien erottaminen tapahtuu niiden anatomisen rakenteen ja ulkoasun perusteella.

Viimemainitut tutkijat ovat yleensä tutkineet nuorien puiden tai aivan nuorien taimien mykörtösoja usein vielä astiakokeissa. Ja lisäksi tutkimukset ovat kohdistuneet yksityisiin puihin, joskin niiden tuloksista on yritetty tehdä koko metsikköäkin koskevia johtopäätöksiä.

## 22. Aineiston kerääminen ja siinä käytetyt menetelmät

### 221. Kenttätyöt ja näytteiden säilytys

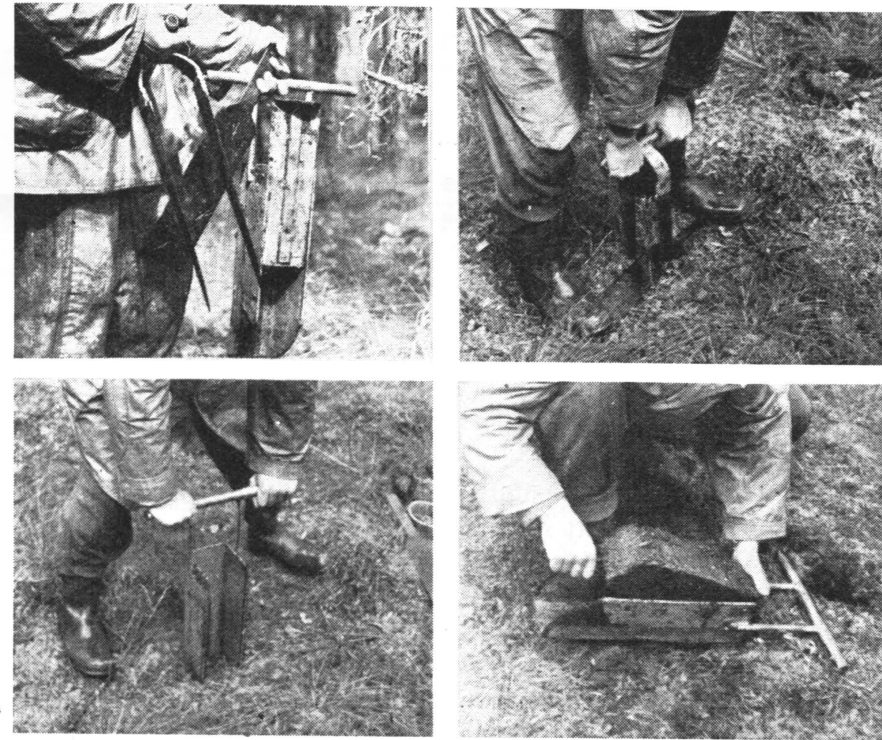
Näytealat valittiin puustokoealojen otossa yleisesti noudatettuja periaatteita silmällä pitäen. Tutkittavien rämemänniköiden epätasaisuuden vuoksi jäivät näytealat kuitenkin yleensä pienemmiksi kuin puuston luotettava tutkiminen olisi edellyttänyt. Tutkimusaiheen rajoittamisen mukaisesti valittiin näytealat isovarpuisilta rämeiltä tai isovarpuisilta niittyvillarämeiltä. Aineiston yhtenäisyyden vuoksi pidettiin lisäksi silmällä, että näytealalla oli turvetta vähintään 1 metri.

Puustosta tehtiin kaikki tarpeelliset mittaukset kuutiointia ja kasvun laskentaa varten. Kasvu laskettiin kairausten perusteella. Sekä kuutiointi että kasvun laskenta suoritettiin ILVESSALON (1948) pystypuiden kuutiointi- ja kasvunlaskentataulukoiden mukaan.

Koska katsottiin, että turpeen laatu ja maatuneisuus ehkä vaikuttavat tuloksiin, tutkittiin nämä seikat turveprofiilista mahdollisimman tarkkaan aina kolmenkymmenen cm:n syvyyteen.

Lisäksi tehtiin kasvukauden aikana säännöllisesti mittauksia pohjavesipinnan tasosta yhteensä seitsemällä näytealalla.

Juuristonäytteiden ottoa suunniteltaessa lähdettiin siitä, että juuret on irroitettava maasta tietynsuuruisen turvepalan mukana. Kokeiltaessa useita tapoja päädyttiin lopulta seuraavaan menetelmään. Turpeesta sahattiin kaksoisveitsellä ristiin tarkalleen  $10 \times 10$  cm:n turveprofiili n. 40 cm:n syvyyteen asti. Kaksoisveitsen terät, jotka oli teroitettu mahdollisimman teräviksi, oli kiinnitetty kädensijaan tarkasti 10 cm:n etäisyydelle toisistaan. Sen jälkeen asetettiin mahdollisimman tarkoin sahausjälkiin nelikulmainen rautasärmiö, joka työnnettiin turpeeseen varovasti siten, että sivut menivät pitkin sahausjälkiä. Rautasärmiön yksi sivu oli irrallinen ja se työnnettiin paikalleen vasta viimeiseksi. Rautasärmiötä nostettaessa nousi sen sisään jäänyt turvepylväs mukana, ja kun näytteenottolaite oli saatu nostetuksi, vedettiin liikkuva sivu pois ja ohuella levyllä nostettiin turvepylväs ehyenä rautasärmiöstä (vrt. kuva 1). Tämän jälkeen leikattiin turve pinnasta lukien 5 cm:n kerroksiin ja varustettiin



K u v a 1. Näytteen irrottamisessa käytetyt laitteet ja näytteen oton eri vaiheet.  
A b b. 1. Die beim Herausheben der Probe benutzten Geräte und die verschiedenen Phasen der Probenentnahme.

asiaan kuuluvilla merkinnöillä sekä pakattiin parafinoituihin pahvikoteihin laboratorioon kuljetettavaksi.

Näytteenottopaikka valittiin siten, että se vastasi mahdollisimman hyvin sekä aluskasvillisuutensa, pinnanmuodostuksensa että puustonsa puolesta koko näytealaa. Mätäspaikkoja samoin kuin syvempiä painanteitakin kartettiin, ja puuston puolesta yritettiin löytää kohtia, jotka eivät olleet liian tiheitä eivätkä aukkopaikkojakaan.

Kokemukset ovat osoittaneet, että näitä näytteenottolaitteita on pidettävä tarkoitustaan vastaavina. Huolellisesti niitä käyttäen saatiin tarkoin mittojen mukainen, ehyt ja säännöllinen turveprofiili, jossa juuret olivat säilyneet alkuperäisissä paikoissaan täysin koskemattomina. Turpeen kokoonpuristuminen, jota muuten helposti saattaa tapahtua,



ei ollut ainakaan pahasti haittaava tekijä, varsinkin kun turvepylvään annettiin ennen mittaamista ja paloittelua joustaa takaisin entisiin mittoihinsa.

Juurien irroittaminen turpeesta on hidasta, ja jotta saataisiin luotettavia tuloksia, on näytteitä otettava runsaasti. Näinollen ei juurien näytteistä irroittaminen heti näytteiden ottamisen jälkeen ole ollut mahdollista ja näytteiden säilytys on ollut pakko ratkaista parhaalla käytettävissä olevalla tavalla. Kuivattaminen ei käy päinsä, sillä kuivasta turpeesta on melkein mahdotonta saada kaikki hienoimmatkin juurihaarat talteen. Lisäksi lyhytjuurien tutkiminen ehdottomasti edellyttää näytteiden tuoreena säilyttämistä. Näytteiden suhteellisen suuri koko vaatii kuitenkin paljon tilaa ja niinmuodoin myös runsaasti säilytysnestettä. Esim. 100 näytteen erä vaatii teoreettisestikin laskien tilaa n.  $0.25 \text{ m}^3$ . Säilytysnesteen on siis oltava halpaa ja kuitenkin tarpeeksi tehokasta estämään mikrobiologinen toiminta, lisäksi ei juurten värikään saisi sanottavasti muuttua jos tutkimus halutaan ulottaa lyhytjuuriin ja mykositsoihin asti.

Useiden kokeilujen tuloksena todettiin n. 5 % formaliiniliuos sopivaksi säilytysnesteeksi. Turvenäytteet säilyvät siinä melkeinpä tuoreen veroisina, ja juuret säilyttävät jopa värinsäkin suurin piirtein muuttumattomina aina kärkiä myöten. Lisäksi tällä säilytysnesteellä on se etu, etteivät juuret kovetu ja hapraannu, kuten on laita esim. alkoholia säilytysnesteinä käytettäessä. Eduksi on katsottava myöskin formaliiin suhteellinen halpuus.

Kun näytteet tuotiin parafinoiduissa pahvikoteloissa laboratorioon, ne heti käärittiin pergamiinipaperiin, sidottiin kestäviksi paketeiksi ja varustettiin tarpeellisilla merkinnöillä sekä säilöttiin tätä tarkoitusta varten tehtyyn sammioon formaliiniliuokseen, josta ne olivat valmiit selvitettäväksi sitä mukaa kuin aika salli.

## 222. Juurten irroittaminen ja mittaus sekä lyhytjuurten laskenta

Tavallisin kirjallisuudessa esitetty tapa juurten irroittamiseksi näytteeksi otetusta turvelohkareesta on vedellä huuhtominen (METSÄVAINIO 1931). Myöskin juurien nypmistä pinseteillä tai sormin turpeesta ilman vedellä huuhtomista on käytetty varsinkin silloin, kun näytteet ovat olleet kuivuneita (VALLO 1951). Selvää on ettei kuivuneesta turpeesta huolellisimmallakaan työllä voida saada kaikkia juuria talteen. Mutta juurien irroittaminen vesihuuhtelulla antaa jo paljon paremman tuloksen.



Kuva 2. Näytteen mekaanisessa huuhtelussa käytetty menetelmä.  
Abb. 2. Das bei der mechanischen Spülung der Proben benutzte Verfahren.

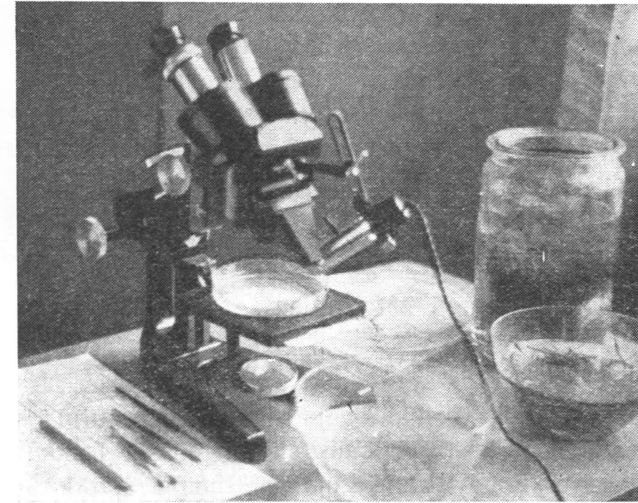
Juurten erottelu pyrittiin kehittämään mahdollisimman vähän ihmis-työvoimaa vaativaksi, sillä työ osoittautui alussa erittäin aikaa ja kärsivällisyyttä vaativaksi. Useiden kokeilujen jälkeen päädyttiin seuraavaan työtapaan (vrt. kuva 2). Formaliinissa säilötty näyte tai näytesarja (esim. samalta näytealalta otettujen turveprofiilien samat kerrokset) irroitettiin käärepaperista ja pantiin kuparilankaverkosta tehtyyn pyöreään häkkiin. Turvelohkareita oli syytä varovasti murentaa ja möyhentää ennen häkkiin panoa, jotta vesivirta pääsisi vaikuttamaan niihin paremmin ja tasapuolisemmin. Tämän jälkeen häkki pantiin galvanoidusta pellistä valmistettuun n. 50 cm:n läpimittaiseen sammioon, jossa se pohjaan koskettamatta riippui telineestä. Häkki oli kytketty telineeseen herkästi pyörivän laakerin välityksellä. Kun sammioon johdettiin sen keskiosassa olevan reiän kautta voimakas vesisuihku, se täyttyi pian yläosassa olevaan aukkoon asti, ja samalla häkki alkoi pyöriä, joten vesisuihku huuhteli jatkuvasti häkin eri osia ja aiheutti näytteen tasapuolisen ja nopean puhdistumisen. Kun sammion alaosassa oli vielä toinen, pienempi aukko, jota tietä raskaampi turpeesta irronnut aines poistui, pysyi vesi sammiossa puhtaana ja vesihuuhtelu tapahtui näin ollen täysin automaattisesti. Turpeen laadusta ja maatumisasteesta riippuen huuhtelu kesti 0.5—1.5 tuntia.

Tietysti on mahdollista, että tässä hellävaraisessakin erottelussa häkistä poistuu myöskin juuria ja lyhytjuuria. Tätä tarkoitusta varten johdettiin alareistä tuleva samea vesi 0.5 mm:n seulan läpi, ja seulaan jäänyt muta tutkittiin. Varsinaisten juurien huuhtoutuminen todettiin niin vähäiseksi, ettei sitä tarvinnut ottaa huomioon, mutta lyhytjuurien huuhtoutumisen tutkiminen paljasti jo toisessa yhteydessä (vrt. HEIKURAINEN 1955) esitetyn mielenkiintoisen seikan, joka kuitenkin teki lyhytjuurien varsinaisen huuhtoutumisen selvittämisen erittäin työlääksi ja epävarmaksi. Lopullisissa tuloksissa ei lyhytjuurien mahdollista huuhtoutumista olekaan tästä syystä voitu ottaa huomioon. Se näytti joka tapauksessa varsin vähäiseltä, joten tulokset ovat ainakin keskenään vertailukelpoisia, eivätkä kovin paljon poikenne absoluuttisista arvoista.

Tässä mekaanisessa huuhtelussa jäi häkkiin kuitenkin aina, jopa erittäin maatuneistakin turpeista, muutakin kuin männyn juuria. Muiden kasvien, kuten varpujen ja sarojen juuria esiintyi aina männyn juurien ohella. Varsinkin vähän maatuneista turpeista jäi loppujen lopuksi suurin osa häkkiin, ja loppuselvittely oli suoritettava käsin pinsettejä apuna käyttäen. Tämä kärsivällisyyttä ja aikaa vaativa työ suoritettiin valkeissa pesuvadeissa ja pienin erin. Valkoista taustaa vasten männyn juurten punertavan ruskea väri erottui selvästi. Koska tutkittavat metsiköt olivat kaikki käytännöllisesti katsoen puhtaita männiköitä, ei männyn juurten tunteminen tuottanut vaikeuksia.

Kaikki juuret mitattiin ja luokiteltiin paksuuden mukaan seuraavasti: alle 1 mm, 1—2 mm, 2—5 mm ja yli 5 mm paksuiset juuret. Samaa luokitusta on käyttänyt mm. KALELA (1949). Juurista mitattiin niiden yhteinen pituus, kaikki haarat mukaan luettuna. Lyhytjuuria ei kuitenkaan laskettu pituusmittauksessa mukaan. Pituuden mittaus tapahtui pienin erin laakeassa lasimaljassa, jossa oli vettä n. 3 mm:n vahvuudelta ja jonka pohjan alle oli asetettu senttimetriuudutuksella varustettu paperi. Mittaus suoritettiin kustakin kappaleesta senttimetrin tarkkuudella. Mittausmaljassa oleva vesi auttoi juurien oikenemisessä. Ohuimmatkin juurihaarat oikenivat usein mittauskelpoisiksi ohuessa vesikerroksessa, kun ne sen sijaan kuivalle alustalle levitettäessä sotkeutuivat itsestään toisiinsa ja olivat erittäin työläästi mitattavissa.

Lyhytjuurien laskemista varten otettiin sattuman varaisesti pieniä n. 100 cm:n juurieriä, joista mitattiin tietysti pituus samaan tapaan kuin edellä on kuvattu, ja tämän jälkeen laskettiin stereomikroskoopilla kaikki elävät lyhytjuuret mykoritsatyypeittäin.



K u v a 3. Juurten pituusmittauksessa ja lyhytjuurien laskennassa käytetyt välineet.  
A b b. 3. Die bei der Längenmessung der Wurzeln und der Zählung der Kurzurzeln benutzte Gerätschaft.

Kuten lyhytjuurien tutkimusmenetelmiä esiteltäessä jo mainittiin, ei esim. BJÖRKMAN (1940) ole laskenut 0.5 mm lyhyempiä lyhytjuuria mukaan. Tämä seikka on käsittääkseni johtunut lähinnä siitä, että näin lyhyestä juuren kärjestä ei vielä voi varmuudella päätellä, mikä mykoritsatyyppi on kysymyksessä. Nyt esillä olevassa työssä on kuitenkin laskettu kaikki lyhytjuuret, vasta kasvunsa aloittaneetkin mukaan jo siitäkin syystä, ettei runsaasti laskentatyötä aiheuttavassa tutkimuksessa ole mahdollisuuksia jatkuvasti toistuviin lyhytjuurien pituusmittauksiin.

Toinen jossain määrin erimielisyyksiä aiheuttanut kysymys lyhytjuurten laskennassa on haarautuneiden lyhytjuurten laskeminen. Varsinkin C-tyyppin mykoritsa tuottaa tässä suhteessa hankaluutta, sehän on usein erittäin runsaasti haarautunut ja vielä paksun yhteisen hyyferroksen ympäröimä (MELIN 1923, s. 103). Myöskin A-tyyppin ja toisinaan myös D-tyyppin mykoritsat ovat haarautuneita. Kuten useat tutkijat jo aikaisemmin ovat tehneet (HATCH 1937, BJÖRKMAN 1941), on tässäkin työssä jokainen haarautunutkin lyhytjuuri laskettu erikseen. D-tyyppin mykoritsan kyseessä ollen on lyhytjuurten sikermää preparoitu ja siten yritetty saada lukumäärä selväksi. Vaikeuksia tässä tosin on, mutta kun ottaa

huomioon, että tämältyyppisten mykoritsojen lukumäärä on yleensä soilla sangen pieni, ei mahdollinen virhe vaikuta lopputuloksiin suuriakaan.

Koska lyhytjuurten laskeminen mikroskoopin avulla on erittäin hidasta työtä, ei kaikkien näytteiden jokaista juurta ole tutkittu. Runsasjuuristen näytteiden tutkimisessa on lyhytjuurten määrä selvitetty, kuten edellä jo mainittiin, edustavan näytteen avulla. Näytteen suuruus on yleensä ollut suurempi kuin 10 prosenttia, ja pienimmät näytteet on tutkittu kokonaan.

## 23. Aineisto

### 231. Näytealat

Näytealat sijaitsevat kaikki pohjois-Hämeessä, suurin osa Korkeakosken hoitoalueen piirissä, vain kaksi on Vilppulasta Jaakkoin suon koe-ojitusalueelta. Koska näytealojen mahdollisimman tarkka tunteminen usein on tulosten arvostelemisen kannalta välttämätöntä, esitetään seuraavassa näytealojen kuvaus suhteellisen yksityiskohtaisesti. Liitetaulukkoon I on vielä kerätty taulukon muotoon näytealojen tärkeimmät piirteet.

Näyteala 1 on Korkeakosken hoitoalueessa, Pohjan valtionpuistossa, Viheriäisenneva-nimisellä rämeellä. Suo on ojitettu n. v. 1913 ja näyteala sijaitsee n. 1.5 m syvän ja hyvässä kunnossa olevan ojan reunalla siten, että toinen sivu on 5 m ojasta ja toinen 25 m. Tyyppi lienee alunperin ollut isovarpuinen niittyvillaräme. Nykyisin se on tehokkaasti kuivunut, ja sitä voidaan pitää melko pitkälle kehittyneenä muuttamana. Mm. puolukan ja seinäsammalien osuus on jo suhteellisen runsas. Vaikka puusto on eri-ikäistä, on siinä kuitenkin havaittavissa ikäryhmitystä sikäli, että n. 60-vuotiset männyt ovat valtapuustona. Sitä vanhemmat ovat selviä ylispuita, joita on suhteellisen vähän. Nuorta alikasvosta on runsaasti. Näytealan koko on 20 × 60 m. Turpeen syvyys 1.0–1.5 m ja keskimääräinen turveprofiili: 0–5 cm MS-t, H<sub>4</sub>, 5–10 cm ErS-t, H<sub>5</sub>, 10–20 cm ErS-t, H<sub>7</sub>, 20– cm ErS-t, H<sub>8</sub>.

Näyteala 2 on samalla suolla kuin edellinenkin, 100 m leveän saran keskustassa, samalla saralla ja rinnakkain edellisen kanssa. Tyyppi on alunperin ollut saran keskelläkin isovarpuinen niittyvillaräme, mutta kuivatus on vaikuttanut vain heikosti, ja nykyisellään sitä on pidettävä ojikkona, joka lisäksi on osin rahkoittunutkin. Puusto lienee ollut alunperin samanlaista koko saralla, mutta nykyisin ovat edellisen näytealan ylispuut vallitseva puusukupolvi, joskin ojitus on nostanut suhteellisen runsaasti nuorempaakin puusukupolvea. Näytealan koko on 20 × 60 m. Turpeen syvyys 1.5 m ja keskimääräinen turveprofiili: 0–5 cm ErS-t, H<sub>3</sub>, 5–10 cm ErS-t, H<sub>4</sub>, 10–20 cm ErS-t, H<sub>6</sub>, 20– cm ErS-t, H<sub>8</sub>.

Näyteala 3 on Korkeakosken hoitoalueessa Hyytiälänmaan valtionpuistossa, Joenvarsisu-nimisellä rämeellä. Suo on ojitettu n. v. 1913, ja näyteala sijaitsee kohtalaisen tehokkaasti kuivuneella paikalla kahden ojan kulmauksessa. Tyyppi lienee alunperin ollut isovarpuista rämettä, nykyisin sitä voidaan pitää muuttamana. Esim. puolukan ja seinäsammalien osuus aluskasvillisuudessa on suhteellisen runsas. Puusto

on ojituksen jälkeen hakattu siten, että vain alikasvos on jäänyt jäljelle, joten se on nykyisin suhteellisen tasaikäistä. Näytealan koko on 30 × 30 m. Turpeen syvyys 1.3 m ja keskimääräinen turveprofiili: 0–5 cm MS-t, H<sub>4</sub>, 5–10 cm ErS-t, H<sub>5</sub>, 10–20 cm ErS-t, H<sub>7</sub>, 20– cm ErS-t, H<sub>8</sub>. Lisäksi on huomattava, että kerroksessa 10–15 cm on selvä ja runsas hiiliesiintymä.

Näyteala 4 on samalla suolla kuin edellinenkin, mutta vielä tehokkaammin kuivuneessa kohdassa, kahden n. 1.5 m:n syvyisen ja hyvässä kunnossa olevan ojan kulmauksessa siten, että näyteala on suorakulmainen kolmio, jonka hypotenuusa on 70 m ja toinen kateetti 40 m. Tyyppi on kuten edelliselläkin näytealalla ollut isovarpuinen räme, mutta kuivatuksen aiheuttama muuttuminen on edistynyt vielä pitemmälle, ja tulosta voidaan jo pitää puolukkatyyppin turvekankaana. Puustossa on ojituksen jälkeen suoritettu vain lievä puhdistushakkaus, joten puusto on nykyään huomattavasti järeämpää ja iäkkäämpää kuin edellisellä näytealalla. Turpeen paksuus on yli kaksi metriä ja keskimääräinen turveprofiili: 0–5 cm MS-t, H<sub>5</sub>, 5–10 cm ErS-t, H<sub>6</sub>, 10–15 cm ErS-t, H<sub>7</sub>, 15–20 cm ErS-t, H<sub>8</sub>, 20– cm ErS-t, H<sub>8</sub>.

Näyteala 5 on samalla suolla kuin edellisekin, mutta n. 200 m niistä länteen. Tyyppi lienee ennen ojitusta ollut melko puhdas isovarpuinen räme, jossa vaivaiskoivu ja suopursu ovat olleet vallitsevina varpuina. Suo on ojitettu vaillinaisesti n. v. 1933 ja muuttuminen on ojan reunoilla edistynyt muuttuma-asteelle. Näyteala 5 onkin tällaisen ojan reunalla siten, että toinen pitkä sivu kulkee 5 m:n päässä ojasta. Ojituksen yhteydessä on suoritettu voimakas hakkaus, jossa vain alikasvosasemassa olleet männyt ovat jääneet. Nämä ovatkin nyt valtapuustona. Näytealan koko on 20 × 60 m. Turvekerroksen syvyys on yli kaksi metriä ja keskimääräinen turveprofiili: 0–5 cm S-t, H<sub>3</sub>, 5–10 S-t, H<sub>4</sub>, 10–20 cm S-t, H<sub>6</sub>, 20– cm S-t, H<sub>7</sub>. Lisäksi on 10–15 cm kerroksessa selvä hiilikerrös.

Näyteala 6 on samalla saralla kuin edellinenkin, mutta 100 m leveän saran keskellä, eikä kuivatus ole siihen kovinkaan paljon vaikuttanut. Ennen ojitusta tyyppi on ollut sama kuin edellä, ja nykyisin sitä on pidettävä ojikkona. Ojituksen yhteydessä on puusto hakattu samoin kuin edellä, ja se on nykyisinkin samantapaista kuin näytealalla 5. Kuivatuksen heikkomuudesta johtuen on se kuitenkin pienempää. Näytealan koko on kuten edellisessäkin 20 × 60 m. Turpeen syvyys ja turveprofiili ovat samanlaiset edellisen kanssa.

Näyteala 7 on Korkeakosken hoitoalueessa Heinälammienmaan valtionpuistossa Musturin nevaksi nimitetyllä rämeellä. Suo on ojitettu n. v. 1918 ja ollut silloin todennäköisesti huonohko sararäme. Nykyisin suo on hyvin kuivuneissa kohdissa muuttunut täydellisesti ja vastaa mustikkatyyppin turvekangasta. Näyteala sijaitsee n. 40 m leveällä saralla, jossa kuivatus on ollut erittäin tehokas. Puusto on alunperin ollut hyvin harvaa ja kituvaa, ja ojituksen jälkeen se on hakattu tyystin pois. Suolle on todennäköisesti heti ojituksen jälkeen kylvetty mäntyä hajakylvönä, ja tuloksena on nyt ylitieheä, tasaikäinen nuori männikkö, jonka kuutiomäärä on harvinaisen suuri, kokonaista 94 m<sup>3</sup>/ha ja kasvu ylitieheydestä huolimatta suhteellisen hyvä: juokseva vuotuinen kuutiokasvu oli mittaushetkellä 4.5 m<sup>3</sup>/ha ja kasvuprosentti 6.4. Metsikön ikä on 35 v. Mainittakoon, että puiden välinen kilpailu on nykyisin kiristynyt äärimilleen, kuivuneita runkoja on jo suhteellisen runsaasti ja latvukset ovat kehittymässä lyhyiksi ja harvoiksi. Hoitamattoman metsän kuvaa korostavat vielä valtavasti rehoittavat susipuut. Näytealan koko on 30 × 40 m. Turpeen syvyys on yli kaksi metriä

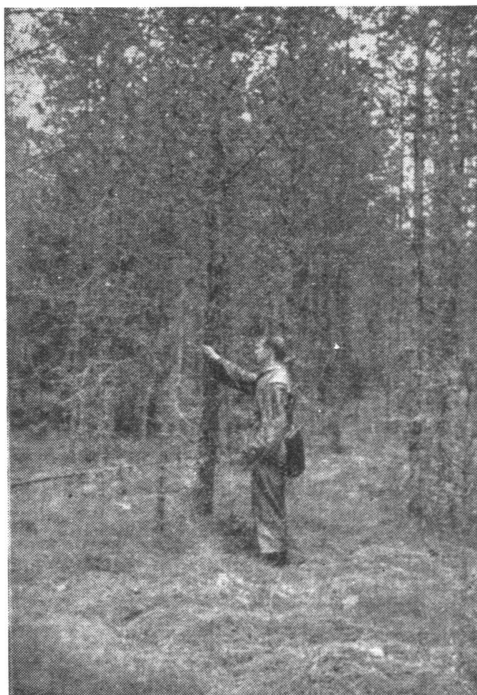
ja keskimääräinen turveprofiili: 0—5 cm SM-t, H<sub>5</sub>, 5—10 cm ErS-t, H<sub>7</sub>, 10—20 cm ErS-t, H<sub>8</sub>, 20— cm ErS-t, H<sub>8</sub>.

Näyteala 8 on Korkeakosken hoitoalueessa, Pohjan valtiopuistossa, Susimäen säästömetsän rämeellä. Tyyppi on isovarpuinen räme, jossa juolukka on valtavarpuna. Suo on luonnontilainen. Puusto yksinomaan mäntyä, eri-ikäistä, suhteellisen kookasta, ja alikasvoksena esiintyvää taimistoa on niukasti. Näytealan koko 50 × 50 m. Turpeen syvyys yli 2 m ja keskimääräinen turveprofiili: 0—10 cm S-t, H<sub>3</sub>, 10—15 cm S-t, H<sub>4</sub>, 15—20 cm ErS-t, H<sub>5</sub>, 20— cm ErS-t, H<sub>6</sub>.

Näyteala 9 on Korkeakosken hoitoalueessa, Hyytiälänmaan valtionpuistossa, Vuorijärven suolla. Suo on ojitettu n. 30 vuotta sitten, mutta ojituksen teho on ollut heikko. Tyyppi on ollut ennen ojitusta isovarpuinen niittyvillaräme, ja nykyistä tyyppiä on pidettävä lähinnä ojikkona, joka on lisäksi vähin rahkoittunut. Näyteala sijaitsee v. 1946 paljaaksihakatulla kaistaleella (vrt. KALELA 1946). Hakkuun jälkeen on kaistaleihin syntynyt nuorta elinvoimaista taimistoa, jonka ikä on 10 v. Kaistaleesta ei ole erotettu näytealaa, mutta suoritettujen tutkimusten mukaan taimia on 5—12 kpl neliometrillä. Turpeen syvyys on yli kaksi metriä ja keskimääräinen turveprofiili: 0—5 cm ErS-t, H<sub>3</sub>, 5—10 cm ErS-t, H<sub>4</sub>, 10—20 cm ErS-t, H<sub>5</sub>, 20— cm ErS-t, H<sub>6</sub>.

Näyteala 10 on Vilppulan kokeilualueessa Jaakkoin suon koeojitusalueella (Metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosaston kestokoeala 4). Suo on ojitettu v. 1908 ja näyteala on tehokkaasti kuivuneella kohdalla. Tyyppi on ennen ojitusta ollut isovarpuinen räme, nykyisin se on puolukkatyyppin turvekangas. Ojituksen jälkeen on näytealalla suoritettu vain lieviä puhdistushakkauksia, ja puusto onkin nykyisin järeää, harvanlaista ja iäkästä männikköä. Turvekerros on yli kaksi metriä ja keskimääräinen turveprofiili: 0—5 cm MS-t, H<sub>5</sub>, 5—10 cm MS-t, H<sub>6</sub>, 10—20 cm ErS-t, H<sub>7</sub>, 20— cm ErS-t, H<sub>8</sub>. Näytealan koko on 50 × 50 m.

Näyteala 11 on samalla suolla kuin edellinenkin, aivan sen välittömässä läheisyydessä. Näytealan puusto on v. 1935 hakattu siemenpuuasentoon ja siemenpuut on vähitellen poistettu vv. 1949—1954. Alalle on syntynyt tasainen ja elinvoimainen männyn taimisto. Suon kuivuminen on edistynyt pitkälle ja sekä tyyppi että turvekerros ovat samantapaiset kuin edellisellä näytealallakin.



Kuva 4. Näytealan 7 puustoa.

Abb. 4. Blick auf den Baumbestand der Probenfläche 7.

Näyteala 12 on samalla Musturinneva-nimisellä suolla kuin näyteala 7, mutta suhteellisen heikosti kuivuneella kohdalla. Tyyppi on ennen 35 vuotta sitten suoritettua ojitusta ollut isovarpuinen niittyvillaräme, ja nykyisinkin sitä on pidettävä vain ojikkona, joka lisäksi on rahkoittunut. Puusto on ennen ojitusta ollut harvaa ja kituvaa ja hakattu ojituksen yhteydessä tyystin pois. Alueelle on nykyisin reunametsän siemennyksestä luontaisesti noussut suhteellisen elinvoimainen ja tasainen männyn taimisto. Näytealan koko on 20 × 20. Turvekerros on yli 2 m ja keskimääräinen turveprofiili: 0—5 cm ErS-t, H<sub>3</sub>, 5—10 cm ErS-t, H<sub>4</sub>, 10—20 cm ErS-t, H<sub>5</sub>, 20— cm ErS-t, H<sub>6</sub>.

Näyteala 13 on samalla suolla kuin näyteala 9. Näytealan puusto on rämeen luonnontilaista puustoa, iäkästä, lyhytrunkoista ja harvaa männikköä, johon on ojituksen vaikutuksesta syntynyt vähin alikasvosta. Näytealan koko on 30 × 40 m. Turvekerroksen syvyys ja keskimääräinen turveprofiili on näytealan 9 kanssa yhtäpitävä.

### 232. Näytteiden ottoaika

Kuten KALELA (1955) ja tekijä (HEIKURAINEN 1955) ovat osoittaneet, ei männikön juuriston enempää kuin lyhytjuurtenkaan määrä ole kasvukauden aikana vakio, vaan juuristossa tapahtuu erittäin suuria periodisia muutoksia. Juuriston fenologiset muutokset pitkäjuurien osalta olivat pääpiirteissään seuraavat. Keväällä juurien pituus lisääntyy nopeasti, ja kevät- tai keskikesällä pituus on suurimmillaan. Syyskesästä juurimäärä vähenee, aluksi nopeasti, myöhemmin hitaasti, ja talvella juurimäärä on pienimmillään. Tekijän tutkimissa tapauksissa sattui juurimäärän jyrkkä väheneminen heinäkuun aikana, eräillä näytealoilla heinäkuun alussa, eräillä heinäkuun lopussa. Yhteinen piirre kaikilla näytealoilla oli, että elokuun aikana juurimäärä vain hitaasti väheni, eräillä näytealoilla ei elokuun aikana havaittu vähenemistä lainkaan.

Jos halutaan verrata eri näytealojen juurimääriä toisiinsa, tarjoaisivat edellä sanotun perusteella elokuun aikana otetut näytteet suhteellisen hyvän lähtökohdan. Käsillä olevassa työssä näytteet on otettu pääosiltaan elokuun aikana (vrt. liite II), joten kasvukautisen vaihtelun häiritsevää vaikutus on eliminoitu mahdollisuuksien mukaan.

Edellä sanottu koski lähinnä juuriston määrää, sen pituussummaa. Koska muutokset kohdistuivat pääasiassa sen ohuimpiin juuriin, muuttuu tietysti paksuusluokkajakaantuminenkin kasvukauden aikana. Elokuun aikana tapahtuvat suhteellisen vähäiset juurimäärän muutokset merkitsevät kuitenkin sitä, että muutokset paksuusjakaantumisessakin ovat vähäisiä, joten elokuun aikana otetut näytteet tuntuisivat tässäkin suhteessa antavan parhaat mahdollisuudet vertailukelpoisten tulosten saamiseen.

Juuriston syvyysjakaantumisessa todettiin kesän aikana tapahtuvan muutoksia siten, että syvemmissä kerroksissa muutokset ovat suhteelli-

sesti voimakkaampia kuin pintakerroksissa (HEIKURAINEN 1955, s. 28). Juuriston syvyysjakaantumisenkin suhteen on siis aiheellista suorittaa tutkimus aineistolla, joka on kerätty suurin piirtein samana ajankohtana kasvukautta, esim. elokuun aikana.

Myöskin lyhytjuurien määrässä todettiin kasvukauden aikana suuria muutoksia. Lisäksi muutokset poikkesivat olennaisesti pitkäjuurien muutoksista (op.c. s. 35). Pääpiirteissään lyhytjuurten tiheyden eli juurten pituusyksikköä kohden laskettujen lyhytjuurten lukumäärän muutokset olivat seuraavat: Alkukevällä tiheys todennäköisesti hieman suureni, mutta kevään mittaan se hitaasti laski ja oli keskikesällä minimissään. Syyskesällä tiheys jyrkästi nousi ja oli elokuun lopulla todennäköisesti maksimissaan laskeakseen jälleen talven tultua.

Edellä olevasta on selvinnyt, että elokuu ei ole lyhytjuurien kohdalla samaan tapaan suhteellisen pienten muutosten aikaa kuin pitkäjuurten kohdalla oli laita. Päinvastoin, lyhytjuurten tiheydessä tapahtuu juuri elokuussa suuria muutoksia. Koska kuitenkin lyhytjuurten tutkimukset on ollut pakko suorittaa samoista näytteistä kuin pitkäjuurtenkin, on lyhytjuurten tiheyden tarkastelussa tyydyttävä tuloksiin, jotka edellä kerrotusta johtuen saattavat olla suhteellisen epävarmoja. Kevätkesä olisi tässä mielessä sopivampi näytteidenottoaika.

Koska lyhytjuurten tiheyden muutokset ilmenivät lähinnä turpeen ylimmissä kerroksissa ja olivat syvemmällä tuskin havaittavia (op. c. s. 43), muuttuu lyhytjuurten syvyysjakaantuminen myöskin kasvukauden aikana. Syvyysjakaantumisen tarkastelussa käytettävän aineiston ottoajoista pätevät siten samat perusteet kuin tiheydenkin kohdalla.

Sen sijaan on mykoritsasuhteiden tarkastelu jo varmemmalla pohjalla, koska eri mykoritsatyyppien suhteet näyttävät pysyvän kasvukauden aikana suurin piirtein vakioina (op. c. s. 41).

Edellä olevasta käy ilmi, että juuriston kasvukausittaisten muutosten häiritsevä vaikutus on käsillä olevassa aineistossa, joka on pääosiltaan otettu elokuun puolivälin paikkeilla, voitu pääkohdiltaan eliminoida. Aineistosta saatavat tulokset kuvaavat täten juuriston tilaa syyskesällä. Eräiden tunnusten kohdalla nämä tulokset voidaan yleistää koko kasvukautta koskeviksi, mutta monien tunnusten kohdalla tällaista yleistystä ei voida tehdä. Esim. kevätkesällä otetut juurinäytteet voisivat antaa tässä esitettävistä monessa suhteessa poikkeavia tuloksia. Kevätkesän aikainen juuriston olotila on kuitenkin suhteellisen lyhytaikainen verrattuna koko muuhun olotilaan, jota syyskesän näytesarjat näyttävät hyvin — tosin lyhytjuurten tiheyttä lukuunottamatta — voivan luonnehtia.

### 233. Aineiston määrä

Tutkimuksen aineisto käsittää tavallaan kaksi osaa, joista toiseen kuuluvat näytealojen kuvaukset ja toiseen varsinaiset juuristoja koskevat lukusarjat. Edelliseen kuuluvat mm. näytealojen puustotiedot, tiedot ojituksesta, suotyypistä, sijainnista ja turvetutkimusten tulokset. Tämä osa aineistoa on jo esitelty näytealakuvausten yhteydessä. Osa näistä tiedoista on esitetty liitteessä I.

Pohjaveden korkeutta koskevia mittauksia tehtiin yhteensä seitsemällä näytealalla, nimittäin näytealoilla 1, 2, 3, 4, 5, 6 ja 7. Näytealojen 1 ja 2 mittaukset tehtiin kesällä 1952 ja muut kesällä 1953 paitsi näytealan 7 kesällä 1954. Kaikki mittaukset suoritettiin turvekaivoista, joita kullakin näytealalla oli 2—4 kappaletta. Yhteensä suoritettiin pohjavesimittauksia n. 300 kpl.

Toiseen osaan kuuluvat varsinaiset tutkimustulokset, juuristojen pituutta, niiden syvyysjakaantumista, juurien paksuutta ja lyhytjuurten tiheyttä ja mykoritsasuhteita esittävät tiedot, jotka on esitetty liitetaulukoissa II ja III. Tämä aineisto on kerätty kolmena kesänä. Näytealojen 1, 2 ja 8 juuristot on selvitetty kesällä 1952 ja näytealojen 3, 4, 5, 6, 9, 10, 12 ja 13 kesällä 1953 ja näytealojen 7 ja 11 kesällä 1954.

Kaiken kaikkiaan on selvitelty tätä tutkimusta varten 187 juurinäytettä, jolla ymmärrämme suon pinnasta juuriston alarajaan asti ulottuvaa läpileikkauspinta-alaltaan  $10 \times 10$  cm:n kokoista turvepilaria. Jos lasemme kuinka monta tällaisen turvepylvään 5 cm:n paksuista kerrosta, jotka itse asiassa ovat näytekappaleita, on jouduttu selvittämään, nousee luku n. kahdeksaansataan. Kokonaisuudessaan se turvemäärä, joka on nostettu maasta, lähetetty Helsinkiin laboratorioissa huuhdeltavaksi ja josta jokainen juurenpätkä on erotettu ja mitattu, on n.  $0.5 \text{ m}^3$ . Aineiston suuruudesta antavat vielä seuraavat luvut havainnollisen kuvan: mitattujen juurten yhteinen pituus nousee n. 1 500 metriin ja lyhytjuurten laskentaa varten mikroskopoitujen juurten pituus n. 300 metriin, yksin kappalein laskettujen lyhytjuurten määrä on yhteensä n. 110 000.

Mainittakoon vielä lopuksi, että nyt käsillä oleva julkaisu ja jo julkaistu rämemännikön juuriston fenologiaa käsittelevä tutkimus (HEIKURAINEN 1955) perustuvat osin samaan aineistoon. Näiden tutkimusten yhteisen aineiston laajuudesta mainittakoon seuraavia lukuja: juurinäytteitä n. 380 kpl., koko analysoitu turvemäärä n.  $0.8 \text{ m}^3$ , mitattujen juurten yhteinen pituus n. 4 000 m ja lyhytjuurten laskentaa varten mikroskopoitujen juurten pituus 560 m.

### 234. Aineiston luotettavuus

Tulosten luotettavuutta arvosteltaessa on tietysti ensin arvosteltava niitä näytealojen tunnuksia, joiden pohjalla juuriston eri piirteitä on tarkasteltu. Näistä tunnuksista on puuston ikä tärkein. Suopuustojen iän määrittäminen on monella tavalla epävarmaa. Tästä johtuen onkin niitä juuriston kehityksen piirteitä, joita tarkastellaan puuston iän funktiona, pidettävä lähinnä kehityksen suuntaa osoittavina, eikä missään tapauksessa lukuarvoiltaan tarkoin paikkansa pitävinä. Yleensä tulosten esittelyssä pyritäänkin käyttämään sanontoja taimisto, nuori metsä, keskiikäinen metsä ja vanha metsä. Varmuudella voidaan sanoa, että ikämääritykset antavat tällaiseen suuripiirteiseen luokitteluun pätevät perusteet.

Yksi ikämääritysten haitallisista epävarmuustekijöistä on suopuustoissa usein runsaan esiintyvän alikasvos, joka usein on vielä sitä yleisempää mitä vanhempaa varsinkin puusto on. Täten puustossa on tavallaan yhdessä sekä vanha puusto että taimisto. On selvää, että tulokset eivät anna oikeaa kuvaa tällaisissa tapauksissa. Niinpä k.o. aineiston epätasaisuus aiheutuukin osaksi tästä seikasta. Toisaalta on kuitenkin korostettava, että näytealoja valittaessa on kartettu runsasta alikasvosta.

Muita käytettyjä puuston tunnuksia voidaan pitää luotettavina siitä huolimatta, että näytealojen koko ei aina ole ollut puustokoealoille asetettävien vaatimusten mukainen.

Mitä taas tulee toiseen pääluokitusperusteeseen, kuivatustehoon, on tämäkin piirre vaikeasti määritettävissä, varsinkin jos sitä käsiteltäisiin jotenkin mitattavana ja lukuarvoilla esitettävänä. Tietysti se voidaan tehdä, esim. pitkäaikaisilla pohjaveden korkeuden mittauksilla. Niin kuin edellä on mainittu, on näytealoilla tosin suoritettu pohjaveden mittauksia, mutta koska kaikilta ei niitä ole tehty yhtäaikaisina pitkinä sarjoina, ei näitä tuloksia sellaisenaan voida käyttää kuivatustehon mittana, vaan näytealat on tässä mielessä järjestettävä ojien sijainnin, syvyyden ja kunnan sekä aluskasvillisuudessa näkyvän kuivatuksen vaikutuksen mukaan. Tälle monessa suhteessa harkintaan perustuvalla luokituksella on annettu asteikko 1—10, ja annettuja arvoja nimitetään kuivatusasteiksi. Kuivatusasteen 1 on saanut ojittamaton ja kuivatusasteen 10 täysin kuivunut ja aluskasvillisuudeltaankin lähelle kangasmaan kasvillisuutta muuttunut näyteala.

Kuten näytealojen esittelystä on selvinnyt, ovat näytealat kasvualustansa puolesta melko tavalla yhtenäisiä, tyyppi on alunperin ollut suurin

piirtein sama ja ne erot, joita nykyisessä tyyppissä on, ovat erilaisen kuivatustehon aiheuttamia. Aineistoa voidaan siis tältä kohtaa pitää tyydyttävän yhtenäisenä.

Toisena puolena tulosten luotettavuutta arvosteltaessa on itse näytteiden luotettavuus. Näyteerien pitäisi tietysti edustaa koko näytealan juuristoa. Tähän seikkaan onkin metsiköiden juuristoselvittelyissä kiinnitetty asiaan kuuluvaa huomiota (vrt. esim. AALTONEN 1920, s. 31). Yleensä on sulkeutuneen metsikön juuristo todettu hämmästyttävän tasaiseksi (AALTONEN 1923, POLANSKY 1936, KALELA 1946). Toisin sanoen juuristo on samankaltaista metsikön eri osissa, jopa varsin pienilläkin aloilla. Myöskin tämän työn yhteydessä tehdyt tutkimukset osoittivat, että rämemännikönkin juuristo on levittäytynyt verrattain tasaisesti. Koska suoritettut tutkimukset on esitetty toisessa yhteydessä (HEIKURAINEN 1955, s. 13—16) ei niitä ole enää tässä syytä toistaa. Todettakoon vain, että mainitussa juuriston fenologiaa käsittelevässä julkaisussa oli tutkimusyksikönä, jonka luotettavuutta tarkasteltiin, tavallisesti 6 näytteen erä, kun taas käsillä olevassa työssä on valtaosa tutkimusyksiköstä koostunut huomattavasti lukuisammista näytteistä. Näin ollen voidaan pitää ilmeisenä, että tässä työssä käytettyjen juuriston keskiarvolukujen (vrt. liitteet II ja III) keskivirheet ovat vastaavasti pienempiä, ja saatuja tuloksiaakin voidaan pitää luotettavampina. Tosin näytealojen 11, 12 ja 13 aineistot ovat liian pieniä, eikä näiden näytealojen luvuille ole käsitellyssä annettava samaa arvoa kuin muiden näytealojen, joiden aineisto on varsin vakuuttava.

Mitä tulee itse juurien irroittamiseen ja mittaamiseen, on pyrkimyksenä ollut todellisten lukujen selvittäminen. Näytteiden mekaanisessa huuhtelussa tosin voi aivan vähäinen määrä juurista joutua hukkaan, niin kuin edellä jo on esitetty.

Lyhytjuurten laskemisessa lienee tulosten luotettavuuteen eniten vaikuttava tekijä elävien ja kuolleiden lyhytjuurten toisistaan erottaminen. Täysin pätevää menetelmää ei tässä suhteessa voitu noudattaa. Elävien lyhytjuurten erottaminen kuolleista tapahtui lyhytjuuren värin, eheyden ja kiinnittymisen lujouden perusteella. Kuolleet lyhytjuuret olivat yleensä väriltään tummempia (D-mykoritsa on tietysti elävänäkin pikimusta), tavalla tai toisella rikkoutuneita tai rypistyneitä ja irtosivat käsitellyssä helpommin kuin elävät lyhytjuuret. Tietysti juurissa esiintyi kuolleitakin lyhytjuuria, jotka mikroskoopilla tarkasteltaessa olivat vioittuneita ja kuivuneen näköisiä, mutta niiden määrä oli kuitenkin suhteellisen pieni. Ottaen huomioon, että kaikki lyhytjuuret mikroskopoitin, voitaneen pitää

todennäköisenä, että elävien ja kuolleiden lyhytjuurien erottaminen on tapahtunut melkoisen luotettavasti.

Koska lyhytjuurien tulokset tulevat käsitellyksi myöskin mykoritsatyypeittäin, lienee syytä tarkastella miten eri mykoritsatyypit on voitu tuntea ja toisistaan erottaa. Kun kirjallisuudessa esiintyy runsaasti yksityiskohtaisia kuvauksia eri mykoritsatyypien anatomiasta ja ulkoasusta (vrt. esim. MELIN 1917, BJÖRKMAN 1941), ei tässä ole aihetta näiden kuvauksien kertaamiseen. Mainittakoon kuitenkin eräistä esille tulleista seikoista. Eniten vaikeutta tuotti pseudomykoritsojen erottaminen A + B -tyyppisistä mykoritsoista. Jos jälkimmäisen ryhmän mykoritsa oli haaroittumaton ja muutenkin heikosti kehittynyt sekä väriltään tummahko, saattoi sen erottaminen pseudomykoritsasta olla vaikeaa. Koska jokaisen epävarman tapauksen tutkiminen mikroskooppisten leikkausten avulla olisi ollut ylivoimainen tehtävä, merkittiin ne omaksi ryhmäkseen ja jaettiin lopullisissa laskuissa A + B -tyyppisten ja pseudomykoritsojen kesken mainittujen ryhmien varmojen tapausten lukumäärän suhteessa. Näin toivottiin päästävän ainakin lähelle todellisia suhteita. Epävarmojen tapausten lukumäärä ei kuitenkaan koskaan noussut kovin suureksi, pahim. massakin tapauksessa se oli alle 10 % lyhytjuurten kokonaisuudesta. joten näistä mahdollisesti aiheutuneen virheen täytyy olla varsin pieni.

Työn kestäessä jouduttiin usein toteamaan, että lyhytjuureissa oli tavallaan yhtä aikaa kaksi mykoritsatyyppiä (vrt. myös MIKOLA 1948, s. 75). Lyhytjuuri oli kehityksensä aikaisemmassa vaiheessa ollut esim. A-mykoritsa, mutta sen myöhemmin kasvanut osa olikin D-mykoritsaa. Tällaisissa tapauksissa, jotka eivät kyllä olleet mitenkään yleisiä, mykoritsatyyppi määräytyi nuoremman mykoritsamuodostuman perusteella.

Lyhytjuurten laskennassa pyrittiin myöskin absoluuttisiin lukuihin, mutta kuten jo aikaisemmin on mainittu, ovat tulokset todennäköisesti hieman pienempiä johtuen lyhytjuurten huuhtoutumisesta, jonka määrää ei voitu tarkoin selvittää.

Kuten edellä jo on esitetty, on aineisto kerätty kolmena kasvukautena, joten kesien mahdollinen erilaisuus saattaa myöskin osaltaan vaikuttaa tuloksiin (HEIKURAINEN 1955, s. 22). Lähinnä kai tässä suhteessa tulee kysymykseen sademäärien erilaisuus. Hydrografisen toimiston antamien tietojen mukaan satoi tutkimusalueella (Yliopiston metsäharjoitteluasemalla Korkeakoskella) eri vuosina kasvukauden aikana (1. V—30. VIII) seuraavasti: v. 1952 344.9 mm, v. 1953 364.1 mm ja v. 1954 250.2 mm. Kaikki tutkimuskesät ovat siis olleet huomattavan sateisia, esim. kesinä 1947—1951 on sadetta ollut keskimäärin vain 180.8 mm. Voimme siis todeta, että aineisto on kerätty poikkeuksellisen sateisina kesinä.

### 3. Tulokset

#### 31. Pitkäjuuret

##### 311. Juurten määrä

Taulukossa 1 on esitetty näytealojen kokonaisjuurimäärä metreinä neliometriä kohden. Lisäksi on taulukkoon otettu mukaan näytealojen puuston kuutiomäärä, ikä sekä kuivatusaste. Näytealat on järjestetty taulukkoon juuriston kokonaispituuden mukaan.

Taulukko 1. Näytealojen kokonaisjuurimäärä.

Tabelle 1. Gesamtwurzelmenge (m/m<sup>2</sup>) der untersuchten Probeflächen.

| Näytealan N:o<br>Prfl. Nr. | Juuria<br>yhteensä<br>m/m <sup>2</sup><br>Wurzeln, m/m <sup>2</sup> | Puusto<br>Baumbestand |                      | Kuiv. aste<br>Entwässerungs-<br>grad<br>1—10 |
|----------------------------|---------------------------------------------------------------------|-----------------------|----------------------|----------------------------------------------|
|                            |                                                                     | m <sup>3</sup> /ha    | ikä, v.<br>Alter, J. |                                              |
| 9                          | 267                                                                 | —                     | 10                   | 5                                            |
| 2                          | 510                                                                 | 32                    | 70                   | 4                                            |
| 11                         | 557                                                                 | 5                     | 20                   | 9                                            |
| 13                         | 577                                                                 | 22                    | 110                  | 4                                            |
| 12                         | 616                                                                 | 15                    | 20                   | 3                                            |
| 8                          | 659                                                                 | 68                    | 150                  | 1                                            |
| 6                          | 691                                                                 | 37                    | 45                   | 5                                            |
| 3                          | 759                                                                 | 43                    | 60                   | 6                                            |
| 1                          | 770                                                                 | 65                    | 60                   | 8                                            |
| 4                          | 780                                                                 | 73                    | 80                   | 9                                            |
| 5                          | 974                                                                 | 42                    | 45                   | 7                                            |
| 7                          | 1 357                                                               | 94                    | 35                   | 9                                            |
| 10                         | 1 385                                                               | 124                   | 160                  | 10                                           |

Taulukosta havaitaan, että pienin juurimäärä, 267 m/m<sup>2</sup> on tavattu taimistossa ja suurin 1 385 m/m<sup>2</sup> iäkkäässä järeässä männikössä. Puuston kuutiomäärän ja juurimäärän kehityksen välillä ei kuitenkaan ole läheskään selvää vuorosuhdetta, kuten yleensä kangasmailla on todettu olevan (KALELA 1949, BERGMAN 1954). Pikemminkin näyttäisi siltä, että juurimäärä saavuttaa jo puuston nuorella iällä kokonaispituuden, josta

se puuston suurentuessa ei sanottavasti enää nouse. Oheinen asetelma, johon on poimittu kuivatusasteensa puolesta samaa luokkaa olevia näytealoja, näyttää hyvin tukevan edellä esitettyä.

| Näyteala | Puuston m <sup>3</sup> /ha | Puuston ikä | Juuria m/m <sup>2</sup> |
|----------|----------------------------|-------------|-------------------------|
| 8        | 68                         | 150         | 659                     |
| 6        | 37                         | 45          | 691                     |
| 2        | 32                         | 70          | 510                     |
| 13       | 22                         | 110         | 577                     |
| 12       | 15                         | 20          | 616                     |

Yllä oleva merkitsee sitä, että nuoressa rämemännikössä kuutiomäärää kohden laskettu juurimäärä on varsin suuri ja että puuston suuretessa kuutiomäärää kohden laskettu juurimäärä jyrkästi vähenee, kuten seuraavat luvut osoittavat (vrt. myös KALELA 1949, s. 38).

| Näyteala | Puuston m <sup>3</sup> /ha | Juuria km/puuston m <sup>3</sup> |
|----------|----------------------------|----------------------------------|
| 12       | 15                         | 411                              |
| 13       | 22                         | 262                              |
| 2        | 32                         | 159                              |
| 6        | 37                         | 187                              |
| 8        | 68                         | 97                               |

Edellä saadut tulokset koskevat suhteellisen heikosti kuivuneita tai aivan luonnontilaisia näytealoja ja tulokset on tulkittava siten, että luonnontilaisen tai sitä lähellä olevan rämemännikön juuristo kykenee jo puuston ollessa aivan nuorta käyttämään kaiken sille käyttökelpoisen elintilan, mutta se ei voi elintilaansa laajentaa myöhemminkään puuston suuretessa.

Edellä olevaan päätelmään saadaan tukea siitä jo aikaisemmin kirjallisuudessa esitetystä havainnosta, että turve on yleensä erinomainen puiden taimien juuriston kasvualusta (HERTZ 1935). Toisin sanoen nuorten taimien juuret pystyvät turvealustalla kasvamaan hyvin ja valtaamaan nopeasti juuristolle yleensä tarjona olevan elintilan.

Kun ojituksella lasketaan pohjavettä, juuriston elintila suurenee ja juuriston määräkin voi kasvaa. Jo pintapuolinen taulukon 1 lukusarjojen tarkastelu osoittaa näin tosiaan olevan. Tarkastelkaamme vain näytealoja 11, 3, 1, 4, 5, 7 ja 10, joissa kaikissa kuivatusaste on 6 tai sen yli. Näiden näytealojen juurimäärät ovat huomattavasti suurempia kuin edellä tarkasteltujen heikosti kuivuneiden. Erikoisen selvästi näkyy ero, kun vertaamme kuutiomäärältään samaa luokkaa olevia mutta kuivatusasteensa puolesta toisistaan selvästi poikkeavia näytealoja. Seuraavassa asetelmassa tarkastellut näytealat ovat sopiva tällainen näytealasarja:

| Näyteala | Puuston m <sup>3</sup> /ha | Kuivatusaste | Juuria m/m <sup>2</sup> |
|----------|----------------------------|--------------|-------------------------|
| 2        | 32                         | 4            | 510                     |
| 6        | 37                         | 5            | 691                     |
| 3        | 43                         | 6            | 759                     |
| 5        | 42                         | 7            | 974                     |

Erittäin selvänä asia näkyy seuraavasta näytealaparista.

| Näyteala | Puuston m <sup>3</sup> /ha | Kuivatusaste | Juuria m/m <sup>2</sup> |
|----------|----------------------------|--------------|-------------------------|
| 8        | 68                         | 1            | 659                     |
| 7        | 94                         | 9            | 1 357                   |

Tosin puuston kuutiomäärissäkin on olennainen ero, mutta se ei yksin selitä juurimäärien valtavia eroja.

Edellä esitetty asia näkyy myöskin puuston kuutiometriä kohden lasketuissa juurimäärissä, kuten seuraava asetelma osoittaa:

| Näyteala | Kuivatusaste | Juuria km/puuston m <sup>3</sup> |
|----------|--------------|----------------------------------|
| 2        | 4            | 159                              |
| 6        | 5            | 187                              |
| 3        | 6            | 177                              |
| 5        | 7            | 232                              |
| 8        | 1            | 97                               |
| 7        | 9            | 144                              |

Voimme siis todeta, että kuivatus on mahdollistanut juurimäärän kasvamisen huomattavasti suuremmaksi kuin mihin juurimäärä luonnontilaisella rämeellä on enintään voinut kohota. Kun juuriston pituussumma heikosti kuivuneella tai aivan luonnontilaisella rämeellä näyttää aina jäävän alle 700 m/m<sup>2</sup>, niin tehokkaasti kuivatetulla rämeellä se nousee lähes kaksinkertaiseksi eli yli 1 300 m/m<sup>2</sup>.

Edellä esitetty tarkastelu osoitti, että rämemännikön kokonaisjuurimäärä on varsin suuri. Ojituksen vaikutus näkyy juuriston kokonaismäärän selvänä lisääntymisenä. Yli tuhannen metrin juuripaljous neliometriä kohden näyttää olevan tehokkaasti kuivuneella ja elinvoimaista mäntyä kasvavalla rämeellä aivan tavallinen. Kokonaismäärän muutokset puuston suuretessa eivät tämän aineiston valossa tulleet mitenkään selvinä esille, mutta tulokset viittasivat siihen, että rämemännikön juuristo saavuttaa jo suhteellisen nuorella iällä juurimäärän, joka ei enää huomattavammin suurene puuston myöhemmällä ikällä.



Viimeksi mainitussa suhteessa näyttää rämemännikön juuristo poikkeavan selvästi kivennäismailla kasvavien puustojen juuristoista, joissa yleensä on todettu juuriston kokonaismäärän kehityksen kaunis riippuvuus lähinnä puuston iästä ja kuutomäärästä (vrt. KALELA 1949 ja BERGMAN 1954). Tämä seikka merkinnee, että rämemännikön juuristo on täysitiheä jo puuston varhaisella kehitysasteella, ja että juuristokilpailu on erittäin voimakasta ja kiristyy äärimmilleen huomattavasti aikaisemmin kuin kivennäismaiden männiköissä. Juuristokilpailun merkitys näyttäisi siis rämemänniköissä korostuvan aivan erikoisesti ja saavan vielä merkisyksellisemmän aseman rämemänniköiden biologiassa kuin sillä on todettu kivennäismaiden puustoissa olevan (vrt. esim. AALTONEN 1923, KALELA 1945 ja ACHROMEJKO 1949).

Huomautettakoon lopuksi, että kevätkesän juurimäärät ovat vielä paljon suurempia kuin nyt esitetyt syyskesän kokonaisjuurimäärät (vrt. HEIKURAINEN 1955, s. 21).

Kirjallisuudessa ei ole juuri lainkaan esitetty rämemännikön kokonaisjuurimääriä, mutta ojittamattoman ja ojitettujen vertailuja, jotka valaisevat kysymystä on kyllä useampiakin. Yleisesti selitetään, että juuret ovat ojittamattomalla suolla erittäin pitkiä mutta haarattomia. Ojitettulla suolla juuret ovat lyhempiä, mutta sen sijaan runsaasti haaravia ja juuristoverkko on tiheä (MELIN 1917, MULTAMÄKI 1923, LAITAKARI 1927 ja MALMSTRÖM 1935). Tutkittuaan ojituksen vaikutusta juuristoihin MULTAMÄKI (op. c. s. 104) toteaa, että juurien pituuskasvu pienenee, mutta uusien juurihaarojen muodostuminen vilkastuu. Juuriston tihentyminen uusien juurihaarojen kehittyessä ylittää siis tämän tutkimuksen mukaan runsaasti sen juuriston kokonaismäärän pienenemisen, jonka ojitus aiheuttaa pienentämällä yksityisten juurien pituuskasvua. Sama seikka ilmenee LAITAKARIN (op. c. s. 258) esittämistä rämemänniköiden tiheysluvuista. Hyvällä, miltei kuivuneella rämeellä kasvavan männyn juuriston tiheysluvuksi saatiin  $5.1 \text{ m/m}^2$  ja kuivumattomalla rämeellä vastaavasti  $1.8 \text{ m/m}^2$ .

### 312. Syvyysjakaantuminen

Seuraavista luvuista selviää juuriston syvyysjakaantuminen koko aineistossa.

| Syvyyskerros                  | 0—5 cm | 5—10 cm | 10—15 cm | 15—20 cm |
|-------------------------------|--------|---------|----------|----------|
| Juuria, % kokonaismäärästä .. | 71.1   | 21.5    | 6.2      | 1.2      |

Luvut osoittavat, että rämemännikön juuristo on erittäin pinnallinen. Yli 70 % juurista on levittäytynyt suon aivan ohueen (0—5 cm) pinta-

kerrokseen, ja kymmenen sentin pintakerroksessa on jo juuriston valtaosa, kokonaista 92.6 %, viidentoista sentin pintakerros sisältää käytännöllisesti katsoen kaikki juuret ja vain häviävän pieni osa, 1.2 % ulottuu seuraavaan kerrokseen (15—20 cm). 20 cm syvemältä on männyn eläviä juuria tavattu vain yhdellä näytealalla. Juuriston keskisyvyudeksi on saatu koko aineistosta laskettuna 4.2 cm. Juuriston keskisyvyys on laskettu samoin kuin KALELA (1949), siis syvyyskerrosten keskilukujen (esim. 0—5 cm:n kerroksessa 2.5 cm) keskiarvona, punnittuna kerroksessa tavattujen juurien pituudella.

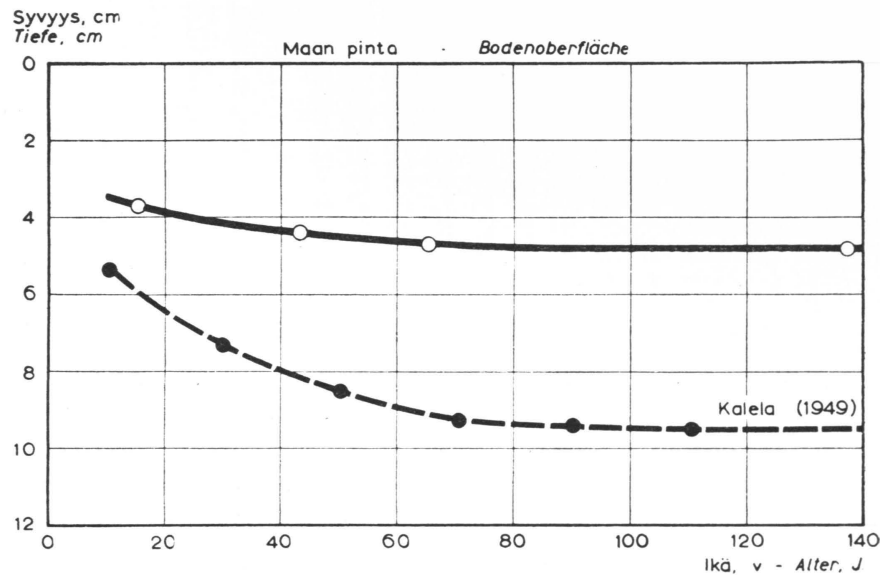
Seuraavassa tarkastellaan juuriston syvyysjakaantumista eri ikäisissä metsiköissä. Kuten taulukko 2 ja kuva 5 osoittavat, tapahtuu juuriston syvyysjakaantumisen melko selviä muutoksia puuston iän lisääntyessä. Syvyysjakaantumisen muutokset näkyvät selvimmän kahdessa ylimmässä kerroksessa. Kun taimistossa juuriston kokonaismäärästä on 81 % viiden

Taulukko 2. Juuriston syvyysjakaantuminen eri ikäisissä metsiköissä.

Tabelle 2. Tiefenverteilung der Wurzeln in verschieden alten Beständen.

| Syvyyskerros — Tiefenschicht                                               | Puuston ikä, v. — Alter des Bestandes, J.                      |       |       |         |
|----------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|-------|-------|---------|
|                                                                            | 10—20                                                          | 40—45 | 60—70 | 110—180 |
|                                                                            | Juuria, % kokonaismäärästä<br>Wurzeln, % von deren Gesamtmenge |       |       |         |
| 0—5 cm .....                                                               | 80.9                                                           | 70.9  | 69.5  | 63.5    |
| 5—10 » .....                                                               | 14.1                                                           | 23.6  | 20.0  | 29.1    |
| 10—15 » .....                                                              | 5.0                                                            | 4.7   | 8.4   | 5.9     |
| 15—20 » .....                                                              | 0.0                                                            | 0.8   | 2.1   | 1.5     |
| Juuriston keskisyvyys, cm — Durchschn.<br>Tiefenlage der Wurzeln, cm ..... | 3.71                                                           | 4.27  | 4.66  | 4.78    |
| Näytealoja — Probestflächen .....                                          | 3                                                              | 3     | 4     | 3       |

sentin pintakerroksessa, on vastaava luku vanhassa metsässä enää vain 64 %. Seuraavassa kerroksessa (5—10 cm) muutos on päinvastainen, kun taimistossa on juurien kokonaismäärästä tässä kerroksessa vain 14 %, on vanhassa metsässä vastaava luku 29. Syvemmissä turvekerroksissa muutos näkyy siten, että taimistoissa ja vielä nuorissakin metsissä juuristo tuskin ulottuu 15 senttiä syvemälle, kun taas keski-ikäisissä ja vanhoissa metsissä juuria tavataan 20 senttiin asti, tosin niukasti. Juuriston keskisyvyys siis lisääntyy iän mukana ja nopeimmin nuorella iällä, vanhemmiten muutos on vähäinen, jopa melkein olematon. Esitetty tulos on samantapainen kuin kirjallisuudessa yleensäkin on esitetty (LAITAKARI 1927, s. 259, KALELA 1949, s. 32, BERGMAN 1954).



K u v a 5. Juuriston keskisyvyys eri ikäisissä metsiköissä.

A b b. 5. Durchschn. Tiefenlage des Wurzelwerkes in verschieden alten Waldbeständen.

Edellä esitettyyn yleiskatsaukseen sisältyy sekä tehokkaasti kuivuneita että aivan luonnontilaisiakin näytealoja. Seuraavassa tarkastellaan juuriston syvyysjakaantumista kuivatukseltaan erilaisilla näytealoilla. Koska puuston ikä vaikuttaa juuriston syvyysjakaantumiseen, on syytä tarkastella erikseen nuoria ja erikseen vahoja puustoja. Taulukossa 3, jonka perusteella tarkastelu suoritetaan, on ryhmittely tehty siten, että nuorien tehokkaasti kuivuneiden ryhmänä näytealat 1, 3, 5 ja 7, nuorien heikosti kuivuneiden ryhmänä näytealat 2 ja 6, vanhojen tehokkaasti kuivuneiden ryhmänä näytealat 4 ja 10 vanhojen heikosti kuivuneiden ryhmänä näytealat 8 ja 13. Yksinkertaisuuden vuoksi tarkastellaan syvyysjakaantumista vain kahtena kerroksena, 0—10 cm ja 10—12 cm. Lisäksi on laskettu ryhmille keskimääräiset juuriston keskisyvyudet ja ohien merkitty vielä ryhmien keskimääräiset luvut kuivatusasteista.

Taulukon 3 lukusarjat osoittavat ensinnäkin jo edellä todetun juuriston syvenemisen puuston iän kasvaessa. Päätulos taulukosta kuitenkin saadaan vertailemalla kuivien ja märkien näytealojen lukuja toisiinsa. Nuorten ryhmässä on kuivien näytealojen juuriston syvyysjakaantuminen selvästi syvällisempää kuin märkien näytealojen. Kun kuivien ryhmässä

Taulukko 3. Juuriston syvyysjakaantuminen kuivatukseltaan erilaisilla näytealoilla.

Tabelle 3. Tiefenverteilung der Wurzeln auf verschieden stark entwässerten Probeflächen.

|                        | Juuria, % kokonaisjuurimäärästä kerroksessa<br>Wurzeln, % von deren Gesamtmenge in den Tiefenschichten |          | Juuriston keskisyvyys, cm<br>Durchschn. Tiefenlage der Wurzeln, cm | Kuivatusaste<br>Entwässerungsgrad |
|------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|--------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|
|                        | 0—10 cm                                                                                                | 10—20 cm |                                                                    |                                   |
| Nuoret — Junge         |                                                                                                        |          |                                                                    |                                   |
| Kuivat — Trockne ..... | 90.5                                                                                                   | 9.5      | 4.66                                                               | 7.5                               |
| Märät — Nasse .....    | 95.8                                                                                                   | 4.2      | 4.04                                                               | 4.5                               |
| Vanhat — Alte          |                                                                                                        |          |                                                                    |                                   |
| Kuivat — Trockne ..... | 86.8                                                                                                   | 13.2     | 5.03                                                               | 9.5                               |
| Märät — Nasse .....    | 96.0                                                                                                   | 4.0      | 4.49                                                               | 2.5                               |

on pintakerroksessa (0—10 cm) juuria vähän yli 90 % juuriston kokonaismäärästä, on niitä märissä vastaavassa kerroksessa lähes 96 %. Myöskin juuriston keskisyvyyydessä on selvä ero, kuivien näytealojen juuriston keskisyvyys on yli puoli senttiä suurempi kuin märkien. Lisäksi on huomattava, että niin kuin kuivatusasteluista voidaan nähdä, ryhmien erot kuivatuksen suhteen eivät ole kovin suuret.

Saman suuntainen ja vielä selvempi on kuivien ja märkien näytealojen ero vanhojen ryhmässä. Esim. pintakerroksessa olleiden juurten prosenttiosuudessa on lähes 10 %:n ero ja juuriston keskisyvyyksissäkin ero on selvästi suurempi kuin nuorten näytealojen ryhmässä. Mutta vanhojen ryhmässä onkin kuivatuksen suhteen kuivien ja märkien välillä suurempi ero, kuten kuivatusasteluista voidaan päätellä. Näyttäisi siis ilmeisesti, että kuivatus tosiaan syventää juuristoja. Aineisto antaa mahdollisuuden tarkastella kysymystä vielä yksityiskohtaisemmin. Näytealojen joukossa on eräitä tässä suhteessa hyvin rinnastettavia näytealoja, niin kuin näytealaparit 1 ja 2 sekä 5 ja 6, jotka sijaitsevat parittain samalla saralla siten, että edellinen on lähellä ojaa ja jälkimmäinen leveän saran keskellä. Lisäksi ovat tällaisena näytealaparina näytealat 10 ja 8, joiden puusto on yhtä vanhaa ja kooltaankin samaa suuruusluokkaa (kuutiomäärässä on tosin olennainen ero), mutta näytealan 10 kuivatusaste on 10 ja näytealan 8 aste 1. Taulukossa 4 on esitetty mainittujen näytealaparienta vertailussa tarpeelliset tunnuksukset sekä lisäksi ottovuosi.

Näytealaparienta lukusarjat ovat kaikki tulostensa pääsuunnan puolesta samantapaisia. Märemmällä näytealalla on juuristo pinnallisempaa kuin kuivemmalla. Ero näkyy selvimmin ylimmässä ja alimmassa kerroksessa sekä juuriston keskisyvyysluvuissa. Tulos on siis sama kuin jo edellä esitetty.

Taulukko 4. Juuriston syvyysjakaantuminen eräillä hyvin rinnastettavilla näytealoilla.

Tabelle 4. Tiefenverteilung der Wurzeln auf einigen miteinander wohlvergleichbaren Probestellen.

| Näytealat<br>Probestellen                    | Juuria, % kokonaisjuurimäärästä kerroksessa<br>Wurzeln, % von deren Gesamtmenge in den Tiefenschichten |         |          |          | Juuriston keskisyvyys, cm<br>Durchschn. Tiefenlage der Wurzeln, cm | Kuivatusaste<br>Erntewässersprund | Puuston<br>Baumbestand |                    | Tutkimusvuosi<br>Jahr der Untersuchung |
|----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|----------|----------|--------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|------------------------|--------------------|----------------------------------------|
|                                              | 0—5 cm                                                                                                 | 5—10 cm | 10—15 cm | 15—20 cm |                                                                    |                                   | Ikä, v.<br>Alter, J.   | m <sup>3</sup> /ha |                                        |
| 1, ojan reuna — am Rande eines Grabens ..... | 64.4                                                                                                   | 20.3    | 11.4     | 3.9      | 5.24                                                               | 8                                 | 65                     | 60                 | 1952                                   |
| 2, saran keskus — Mitte des Schlages .....   | 74.1                                                                                                   | 21.6    | 4.1      | 0.2      | 4.02                                                               | 4                                 | 32                     | 70                 |                                        |
| 5, ojan reuna — am Rande eines Grabens ..... | 67.8                                                                                                   | 27.6    | 4.0      | 0.6      | 4.37                                                               | 7                                 | 42                     | 45                 | 1953                                   |
| 6, saran keskus — Mitte des Schlages .....   | 73.1                                                                                                   | 22.7    | 4.1      | 0.1      | 4.06                                                               | 5                                 | 37                     | 45                 |                                        |
| 10                                           | 61.2                                                                                                   | 24.5    | 10.6     | 3.7      | 5.35                                                               | 10                                | 124                    | 160                | 1953                                   |
| 8                                            | 63.0                                                                                                   | 30.0    | 6.1      | 0.9      | 4.75                                                               | 1                                 | 68                     | 150                | 1952                                   |

Taulukon luvuista voidaan kuitenkin päätellä eräitä lisäpiirteitä. Jos kiinnitämme huomiota näytteiden ottovuosiin, niin havaitsemme, että v. 1952 näytealaparilta 1 ja 2 otetut näytteet osoittavat paljon suurempaa eroa kuivan ja märän näytealan välillä kuin v. 1953 näytealaparilta 5 ja 6 otetut. Tosin kuivatusasteiden välinen ero on näytealaparilla 5 ja 6 pienempi kuin näytealaparilla 1 ja 2, mutta juuriston syvyysjakaantumisen erot kuivan ja märän välillä ovat kuitenkin niin suuria eri vuosien näytealareissa, ettei sitä voitane selittää yksin kuivatusasteen perusteella. Kun muistamme, että kesä 1952 on ollut ensimmäinen märkä kesä suhteellisen edullisten kesien jälkeen, johtuu helposti päättelemään, että kuivana kesänä kuivatusteholtaan erilaisten näytealojen juuriston syvyysjakaantumisessa on suurempia eroja kuin märkänä kesänä (vrt. myös HEIKURAINEN 1955, s. 22). Olettamukseen saadaan vielä tukea näytealaparista 10 ja 8. Kun otetaan huomioon mainittujen näytealojen suurin ero kuivatuksen suhteen, on juuristojen syvyysjakaantumisen ero kovin pieni. Tämä saisi selityksensä siitä, että kesän 1952 aikana on näytealan

8 juuristo ollut sitä edeltävästä edullisesta kesästä johtuen tavallista syvemmällä, kun taas kesän 1953 aikana on näytealan 10 juuristo jo kaksi kesää kestäneestä märkäperiodista johtuen tavallista pinnallisempaa.

Juuriston syvyysjakaantumisen tarkastelu osoitti, että rämemännikön juuristo on erittäin pinnallista. Jokaisessa tutkitussa tapauksessa, myöskin tehokkaasti kuivuneilla näytealoilla, on viiden sentin syvyisessä pintakerroksessa enemmän kuin puolet juuriston kokonaismäärästä. Hyvin usein tässä pintakerroksessa on  $\frac{3}{4}$  juurista. Kymmenen senttiä syvässä pintakerroksessa on jo juuriston valtaosa, enimmäisissä tapauksissa se sisältää yli 90 % juuriston kokonaismäärästä. Vain poikkeustapauksessa on eläviä männyn juuria tavattu 20 senttiä syvemmältä. Vanhojen rämemänniköiden juuristot näyttävät ulottuvan syvemmälle kuin nuorien ja keski-ikäisten. Taimistojen juuristot ovat pinnallisimpia. Lisäksi voitiin päätellä, että märkänä kesänä on juuriston syvyysjakaantuminen pinnallisempaa kuin kuivana kesänä.

Juuriston keskisyvyys, joka osoittanee juuriston toiminnan painopistettä, todettiin hämmästyttävän pieneksi, yleensä se oli 4—5 cm, vain poikkeustapauksessa saatiin juuriston keskisyvyudeksi yli 5 cm.

Kuivatuksen todettiin vaikuttavan juuriston syvyyteen edullisesti. Juuriston syveneminen kuivatuksen vaikutuksesta oli kuitenkin suhteellisen vähäinen; juuriston keskisyvyys näytti poikkeustapauksissa lisääntyvän kuivatuksen vaikutuksesta yli 1 cm:n, yleensä keskisyvyyden lisääntyminen jäi alle 1 cm:n.

Rämemännikön juuristo näyttää tämän tutkimuksen mukaan pinnallisemmalta kuin yleensä on luultu. Kirjallisuudessa esitetään jopa tuntuvastikin suurempia lukuja rämemännityjen juurten syvyysulottuvaisuudesta. Esim. KOKKONEN (1923) sanoo tavanneensa männyn juuria turvealustalla 76 sentin syvyydestäkin, ja 50 sentin syvyydessä männyn juuret ovat hänen mukaansa varsin tavallisia. Pääosa juurista on kuitenkin hänen mukaansa ollut 7—12 sentin syvyydessä. MULTAMÄEN (1923) mukaan ovat ojitetuilla soilla männyn juurten kärjet olleet 15—25 sentin syvyydessä, jopa 30—40 sentin syvyydestäkin niitä on tavattu. LAITAKARIN (1927) tutkimissa tapauksissa on keskisyvyudeksi saatu 12.1, 8.5 ja 5.2 cm. Eräät syväjuuret ovat ulottuneet aina 50 cm:n syvyyteen. MALMSTRÖMIN (1935) esittämät luvut ovat jo lähempänä tässä esitettyjä. Hänen mukaansa pääosa juurista on ollut 2—10 cm:n kerroksessa, ja vain harvoin niitä on tavattu 15—20 cm:ssä. KALELAN (1946) tutkimassa tapauksessa saatiin

keskisyvyudeksi 7.5 cm. On kuitenkin huomattava, että esim. LAITAKARIN esittämä keskisyvyys tarkoittaa lähinnä yli 5 mm:n vahvuisten juurten keskisyvyyttä, joka tämänkin tutkimuksen mukaan on suurempi kuin koko juuriston keskisyvyys, kuten myöhemmin (s. 50) esitetään. Myöskin keskisyvyuden laskentatapa on ollut jossain määrin erilainen.

### 313. Juuriston syvyys ja pohjavesi

Suopuiden ja muidenkin suokasvien juuristoja koskevissa tutkimuksissa on yleisesti esitetty, että lähinnä pohjavesipinnan taso määrää juuriston syvyyden (esim. KOKKONEN 1923, METSÄVAINIO 1931). MULTAMÄKI (1923, s. 106) toteaa kuitenkin, että hyvinkin kuivuneessa turpeessa suurin osa juurista pysytteli aivan pintakerroksissa. Pohtiessaan syitä tähän pinnallisuuteen hän tulee siihen johtopäätökseen, että liiallinen kosteus ei ainakaan ole tähän syynä, tuskin myöskään kasvupaikan kylmyys, sen sijaan on hapen puute hänen mukaansa perimmäinen syy. Myöhemmin on HUIKARI (1954) laboratorio-olosuhteissa yksivuotisilla puun taimilla todennut, että puut saattavat elää, jopa kasvaakin, vaikka juuristo on anaerobisissa olosuhteissa. Anaerobinen kasvualusta oli kuitenkin havupuiden taimille selvästi epäedullisempi kuin aerobinen. Lisäksi on allekirjoittanut rämemännikön juuriston fenologiaa tutkiessaan joutunut toteamaan, että kesän sadekaudet eivät ainakaan herkästi vaikuta juuriston määrän vaihteluihin (HEIKURAINEN 1955, s. 32).

Tässä tutkimuksessa ei pyritä lopullisesti vastaamaan siihen kysymykseen, miten juuriston syvyys tai sen alaraja suhtautuu pohjaveden pintaan. Ensinnäkään ei tässä tutkimuksessa ole selvitetty juuriston alarajaa tarkalleen, todettu vain (5 cm:n tarkkuudella) missä kerroksessa juuria on vielä esiintynyt. Toiseksi ne pohjavesipinnan mittaukset, joita on tehty, ovat aivan riittämättömät tällaisen kysymyksen selvittämiseen. Yleensäkin on käsittääkseni mahdotonta määrätä tarkalleen juuriston alarajan ja pohjavesipinnan suhdetta. Mitattakoonpa pohjavesipinnan korkeutta millä menetelmällä tahansa, aina se osoittautuu erittäin liikkuvaksi ja varsinkin sateille herkäksi, niin kuin monet perusteelliset tutkimukset ovat osoittaneet (vrt. esim. MALMSTRÖM 1931, MULTAMÄKI 1936, LUMIALA 1944, LUKKALA 1946). Ja niistä tutkimuksista (KOKKONEN 1923, METSÄVAINIO 1931), joissa esitetään lukuarvoja pohjavesipinnan ja juuriston alarajan suhteesta, ei käy selville, miten pohjavesipinnan keskimääräistä korkeutta esittävät luvut on saatu, joten tuloksiin on näiltä kohdin suhtauduttava varauksin.

Käsillä olevassa tutkimuksessa onkin tyydytty tarkastelemaan kysymystä juuriston keskisyvyyden ja pohjavesipinnan eräiden keskiarvojen valossa. Näytealojen pohjavesipinnan korkeudet esitetään kesäkuun, heinäkuun ja elokuun keskiarvoina. Tarkastelua haittaa se, että mittaukset jakautuvat kolmen vuoden osalle, eivätkä eri kesinä saadut arvot ole keskenään vertailukelpoisia. Samanaikaisia mittauksia, jotka olisivat olleet vertailukelpoisuuden kannalta välttämättömiä, ovat vain elokuun 8 päivänä 1954 suoritettut.

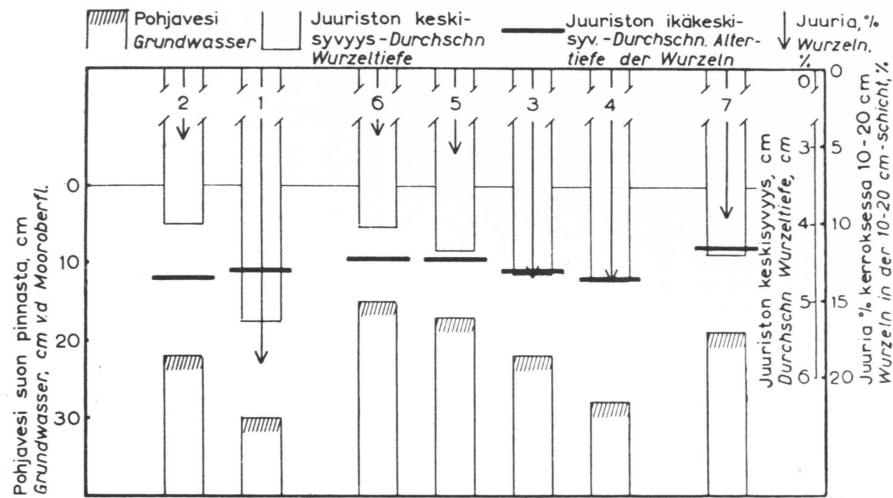
Taulukossa 5 esitetään suoritettujen pohjavesipinnan korkeutta koskevien mittausten keskiarvot näytealoilla 1, 2, 3, 4, 5, 6 ja 7 sekä verrataan näitä vastaavien näytealojen juuriston keskisyvyyslukuihin. Lisäksi esitetään taulukossa vielä näytealojen puuston ikä vertailun vuoksi. Näytealat on järjestetty vuosittain pohjaveden korkeutta osoittavien lukujen mukaan.

Taulukko 5. Pohjavesipinnan korkeuden ja juuriston syvyyden vertailu.

Tabelle 5. Vergleich von Grundwasserstand und Wurzeltiefe.

| Näyteala ja vuosi<br><i>Probefläche und Jahr</i> | Juuriston keskisyvyys, cm<br><i>Durchsch. Tiefenlage der Wurzeln, cm</i> | Puuston ikä, v.<br><i>Alter des Bestandes, J.</i> | Pohjavesipinnan syvyys, cm<br><i>Grundwasserstand, cm</i> |                        |                        |                  |                              |
|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|------------------------|------------------------|------------------|------------------------------|
|                                                  |                                                                          |                                                   | Kesäk.<br><i>Juni</i>                                     | Heinäk.<br><i>Juli</i> | Elok.<br><i>August</i> | 8. VIII.<br>1954 | Keskim.<br><i>Durchschn.</i> |
| 1 1952                                           | 5.24                                                                     | 60                                                | 29                                                        | 37                     | 27                     | 27               | 30                           |
| 2 1952                                           | 4.02                                                                     | 70                                                | 19                                                        | 32                     | 18                     | 17               | 22                           |
| 4 1953                                           | 4.71                                                                     | 80                                                | 39                                                        | 34                     | 18                     | 21               | 28                           |
| 3 1953                                           | 4.65                                                                     | 60                                                | 24                                                        | 29                     | 15                     | 18               | 22                           |
| 5 1953                                           | 4.37                                                                     | 45                                                | 22                                                        | 18                     | 11                     | 16               | 17                           |
| 6 1953                                           | 4.06                                                                     | 45                                                | 21                                                        | 17                     | 9                      | 14               | 15                           |
| 7 1954                                           | 4.39                                                                     | 35                                                | 18                                                        | 21                     | 18                     | 19               | 19                           |

Taulukon 5 numerot osoittavat, että vuorosuhde pohjavesipinnan ja juuriston keskisyvyyden välillä on olemassa. Vuorosuhde on kuitenkin sikäli löyhä, että melkoistenkin pohjavesipinnan korkeuserojen kyseessä ollen juuristojen keskisyvyyserot ovat pieniä. Tämä seikka aiheutuu osaksi juuriston keskisyvyyskäsitteen laadusta. Selvempänä vuorosuhde tulee esille kun tarkastelemme syvemmissä kerroksissa tavattujen juurien prosenttisia osuuksia kokonaisjuurimäärästä eri näytealoilla. Oheiseen asetelmaan on asetettu verrattavaksi eri näytealojen pohjavesipinnan



K u v a 6. Pohjavesipinnan ja juuriston syvyyden välinen suhde.

A b b. 6. Gegenseitiges Verhältnis von Grundwasserspiegel und Bewurzelungstiefe.

keskiarvoluvut sekä syvempien turvekerrosten suhteelliset juurimäärät ilmaistuna prosentteina juuriston kokonaismäärästä. Näytealat on järjestetty vuosittain pohjavesipinnan korkeuslukujen mukaan.

| Näytealan N:o                  | 2    | 1    | 6    | 5   | 3    | 4    | 7   |
|--------------------------------|------|------|------|-----|------|------|-----|
| Keskim. pohjavesipinta, cm     | 22   | 30   | 15   | 17  | 22   | 28   | 19  |
| Juuria 15—20 cm kerroksessa, % | 0.2  | 3.0  | 0.1  | 0.6 | 3.0  | 1.3  | 1.8 |
| Juuria 10—20 cm kerroksessa, % | 4.3  | 15.3 | 4.2  | 4.6 | 10.4 | 12.1 | 7.8 |
| Tutkimusvuosi                  | 1952 |      | 1953 |     |      | 1954 |     |

Näemme, että pohjavesipinnan syvenemistä seuraa selvästi syvempien juuristokerrosten osuuden lisääntyminen.

Edellä esitetty asia on vielä havainnollisesti nähtävissä kuvasta 6, jossa on piirretty pohjavesipintojen keskimääräinen taso sekä juuristojen keskisyvyys ja syvempien kerrosten (10—20 cm) juurten prosenttinen osuus kokonaisjuurimäärästä. Lisäksi on piirretty näkyviin kuvasta 5 (s. 34) saadut keskimääräiset juuristojen keskisyvyudet eri ikäisille puustoille jonkinlaisina ihannesyvyyksinä. Samalla kuin kuva havainnollistaa jo edellä esitetyt päätelmät, se kuitenkin tuo esille erään lisäpiirteen. Jos nimittäin tarkastelemme näytealojen juuristojen keskisyvyyttä osoittavia pylväitä ja vastaavan ikäisten puustojen juuriston »ihannekeskisyvyys», havaitsemme, että juuriston keskisyvyuden lisääntyminen osin selit-

tyykin puuston iästä johtuvaksi; näin on varsinkin vuoden 1953 aineistossa. Juuriston keskisyvyyden ja pohjavesipinnan vuorosuhteen merkitsevyys heikkenee täten entisestäänkin. Havaintomme ei kuitenkaan kokonaan tee esitettyä vuorosuhdetta merkityksettömäksi, eräissä kohdin se jopa vahvistaa sitä. Näin on esim. näytealojen 7 ja 2 vertailussa.

Tarkastelun lopputuloksena voidaan sanoa, että pohjavesipinnan aleneminen merkitsee juuriston syvenemistä. Loppujen lopuksi tulos on asiallisesti sama kuin jo aikaisemmin (s. 37) märkien ja kuivien näytealojen vertailussa saatu.

Lisäksi on tästä tarkastelusta mielenkiintoista todeta, että pohjavesi on saattanut koko kasvukauden olla huomattavasti syvemmällä kuin 20 cm:n syvyydessä (esim. näytealoilla 1 ja 4), mutta silti ei eläviä juuria ole tavattu 20 cm:ä syvempää ja että eräillä näytealoilla juuria on tavattu huomattavasti syvempää kuin missä pohjaveden pinta suurimman osan kasvukautta on ollut (esim. näytealoilla 6, 5 ja 7). Mainittakoon tässä yhteydessä, että LAITAKARI (1927, s. 83 ja 165) kertoo parista tapauksesta, jolloin hän oli tavannut eläviä juuria pohjavesipinnan alapuolelta.

Joudumme siis toteamaan, että pohjavesipinnan ja juuriston syvyyden välillä on tiettyä vuorosuhdetta. Tämä vuorosuhde ei kuitenkaan ole käsitettävä siten, että pohjavesipinnan laskeminen merkitsisi juuriston vastaavaa syvenemistä. Juuriston syveneminen on paljon vähäisempää, varsinkin jos pidämme juuriston syvyyden mittana juuriston keskisyvyyttä. Aineistomme tapauksissa n. 10 cm:n erotus kasvukauden pohjavesipintojen keskikorkeudessa on merkinnyt n. 1 cm:n eroa juuriston keskisyvyyksissä. Ei myöskään juuriston alaraja näytä olevan suoran verrannollinen pohjavesipinnan korkeuteen.

### 314. Paksuusjakaantuminen

Kuten jo aikaisemmin mainittiin, mitattiin juurten pituus paksuusluokittain, ja luokat olivat alle 1 mm, 1—2 mm, 2—5 mm ja yli 5 mm.

Yleiskatsauksen saamiseksi rämemännikön juuriston paksuusjakaantumisesta esitettäköön aluksi koko aineiston perusteella lasketut eri vahvuisten juurten prosenttiset osuudet.

| Paksuusluokka           | < 1 mm | 1—2 mm | 2—5 mm | > 5 mm |
|-------------------------|--------|--------|--------|--------|
| % kokonaisjuurimäärästä | 84.8   | 11.1   | 3.5    | 0.6    |

Näemme siis, että aivan ohuiden, alle 1 millimetrin vahvuisten juurten osuus on tavattoman suuri. Jos esim. vertaamme KALELAN (1949, s. 35)

vastaavia lukuja kivennäismaan männiköistä, ovat ne seuraavat: 61.7, 24.7 ja 13.6. Ero on ilmeinen, vaikka toisaalta menetelmien erilaisuudella voi olla oma vaikutuksensa. Todennäköistä kuitenkin on, että rämemännikön juuristossa on ohuiden juurten osuus suurempi kuin kivennäismaan männikössä, joskaan ei ehkä lukujen osoittamassa suhteessa.

Esitettyyn keskimääräistarkasteluun kuuluu sekä nuoria että vanhoja puustoja ja kuivatuksensa puolesta sangen erilaisia näytealoja. Ja kuten jo KALELAN (1949, s. 34) tutkimuksista tiedämme, metsikön ikä vaikuttaa ratkaisevasti juuriston paksuussuhteisiin. Samoin on mahdollista, että ojitus vaikuttaa tavalla tai toisella näihin suhteisiin. Seuraavassa tarkastellaan näitä kysymyksiä lähemmin.

Otamme aluksi tarkasteltavaksi puuston iän vaikutuksen. Taulukossa 6 on laskettu juurten paksuusjakaantuminen erikseen taimistoille (10—20 v.), nuorille metsille (40—45 v.), keski-ikäisille (60—70 v.) ja vanhoille (110—180 v.) metsille.

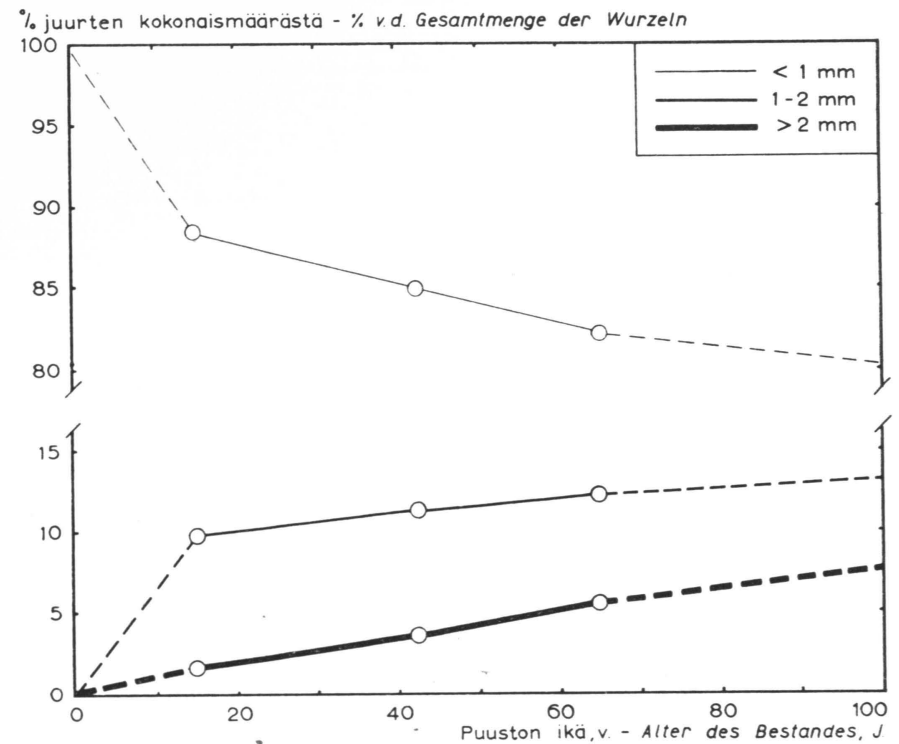
Taulukko 6. Juurten paksuusjakaantuminen eri ikäisissä metsiköissä.  
Tabelle 6. Dickenverteilung der Wurzeln in verschieden alten Beständen.

| Paksuusluokka<br>Dickenklasse | Puuston ikä, v. — Alter des Bestandes, J.                     |       |       |         |
|-------------------------------|---------------------------------------------------------------|-------|-------|---------|
|                               | 10—20                                                         | 40—45 | 60—70 | 110—180 |
|                               | Juuria, % kokonaismäärästä — Wurzeln, % von deren Gesamtmenge |       |       |         |
| < 1 mm                        | 88.5                                                          | 85.2  | 82.2  | 84.3    |
| 1—2 »                         | 9.9                                                           | 11.3  | 12.2  | 10.6    |
| 2—5 »                         | 1.6                                                           | 3.0   | 4.5   | 4.3     |
| > 5 »                         | 0.0                                                           | 0.5   | 1.1   | 0.8     |

Taulukon luvut osoittavat, että mitä vanhemmaksi puusto tulee, sitä pienemmäksi jää ohuiden juurien osuus. Vanhimmissa luokassa tosin näyttää olevan poikkeus. On kuitenkin huomattava, että poikkeus johtuu lähinnä näytealasta 73, jonka juuriston paksuusluokajakaantuminen poikkeaa yleisestä suunnasta jyrkästi. Kun tältä näytealalta lisäksi on vain 4 näytettä, ei sen tulos ole mitenkään varma, ja koko vanhojen puustojen ryhmän tulos on tämän vuoksi epävarma.

Kuvassa 7 esitetään edellä saatu tulos havainnollisesti. Murtoviivojen kulku vanhimmissa ryhmässä on piirretty siten kuin se muiden ryhmien perusteella näyttää kulkevan. Kuva osoittaa selvästi, miten puuston vanhentuessa alle 1 mm:n juurten osuus pienenee, mutta kaikkien paksimpien juurten osuus vastaavasti suurenee.

Seuraavassa tarkastellaan, millä tavoin kuivatus vaikuttaa juurten



Kuva 7. Juurten jakaantuminen paksuusluokkiin eri ikäisissä metsiköissä.  
Abb. 7. Dickenverteilung der Wurzeln in verschieden alten Waldbeständen.

paksuussuhteisiin. Rakennamme tarkastelun samalle pohjalle kuin aikaisemmin juuriston syvyysuhteita tarkastellessamme taulukossa 3 teimme, toisin sanoen vertaamme erikseen nuorten ja vanhojen metsiköiden ryhmässä tehokkaasti kuivuneita (kuivat) ja vaillinaisesti kuivuneita (märät) näytealoja. Tarkastelu suoritetaan taulukon 7 perusteella.

Taulukon 7 tulokset näyttävät ristiriitaisilta. Vanhoissa puustoissa on ohuiden juurien osuus luonnontilaisella rämeellä huomattavasti suurempi kuin ojitetulla. Mutta nuorista metsistä saatu tulos onkin päinvastainen, vaikka erot kuivien ja märkien näytealojen välillä eivät olekaan suuret. Tämä näennäinen ristiriita on selitettävissä turpeen korkeuskasvun avulla. Lukuisat tutkimukset ovat osoittaneet, että varovaisestikin arvioiden 0.2 cm:n korkeuskasvu vuotta kohden on todennäköistä (vrt. esim. HEIKURAINEN 1953, s. 152). Tämä tekisi 100 vuotta kohden 20 cm:n korkeus-

Taulukko 7. Juuriston paksuusjakaantuminen kuivatukseltaan erilaisilla näytealoilla.

Tabelle 7. Dickenverteilung der Wurzeln auf verschieden stark entwässerten Probeflächen.

|                       | Juuria, % kokonaismäärästä paksuusluokissa<br>Wurzeln, % von deren Gesamtmenge in den Dickenklassen |        |        |        |
|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|
|                       | < 1 mm                                                                                              | 1—2 mm | 2—5 mm | > 5 mm |
| Nuoret — Junge        |                                                                                                     |        |        |        |
| Kuivat — Trockne .... | 84.6                                                                                                | 11.0   | 3.7    | 0.7    |
| Märät — Nasse .....   | 81.4                                                                                                | 13.2   | 4.4    | 1.0    |
| Vanhat — Alte         |                                                                                                     |        |        |        |
| Kuivat — Trockne .... | 79.4                                                                                                | 14.2   | 5.0    | 1.4    |
| Märät — Nasse .....   | 88.5                                                                                                | 8.0    | 3.1    | 0.4    |

kasvun. Kun toisaalta muistamme yleensä soiden juuriston tavattoman pinnallisuuden, on täysin luonnollista, ettei paksuja juuria ehdi enemmälti kehittyäkään luonnontilaisella rämeellä. Puusto elää jatkuvasti nuorien, alati uudistuvien ja siten myös ohuiden juurien varassa. Turpeen kasvun juuria hautaavasta vaikutuksesta on todisteena rämemäntyjen juuristojen erikoinen muotokin (vrt. esim. KOKKONEN 1923, MULTAMÄKI 1923 ja LAITAKARI 1927).

Ojitus aiheuttaa kasvuolosuhteissa muutoksia, jotka ovat turpeen korkeuskasvulle epäedullisia ja kasvijäänteitä hajoittavalle pieneliöstölle edullisia. Tuloksena on turpeen korkeuskasvun loppuminen ja kenties suorastaan turpeen kuluminenkin (vrt. MIKOLA 1952). Näissä muuttuneissa olosuhteissa juuristo kehittyy enemmän kangasmaiden juuristoja vastaavaksi (vrt. myös MULTAMÄKI 1923, s. 107), eli t.s. vahvojakin juuria on suhteellisen runsaasti, ja ohuiden juurien osuus on selvästi pienempi kuin luonnontilaisella suolla. Se että ohuiden juurien osuus nuorena männikössä ojitusteholtaan paremmalla suolla on yhtä suuri, jopa vähän suurempikin kuin vähemmän kuivuneella suolla, johtuu vain siitä, ettei turpeen korkeuskasvu ole vielä ehtinyt vaikuttaa nuoreen juuristoon niin syvästi kuin vanhoihin, ja toisaalta on ojitusteholtaan paremman suon puusto erittäin elinvoimaista, ja juuristossa on ohuiden juurien osuus näin ollen suuri, niin kuin heti seuraavassa esitetään.

Puuston elinvoimaisuuden mittana käytetään juoksevaa vuotuista kuutiokasvua. Käsitteystä jätetään pois aivan nuoret sekä yli-ikäiset näytealat, jotta jo todettu iän vaikutus mahdollisuuksien mukaan eliminoituisi. Aineisto on ryhmitetty kolmeen osaan vuotuisen kuutiokasvun perusteella. Tulosten lisäksi esitetään ryhmien puuston keski-ikä sekä vuotuinen kuutiokasvu. Tulokset selviävät seuraavista luvuista.

|                                                 | I    | II   | III  |
|-------------------------------------------------|------|------|------|
| Vuotuinen kuutiokasvu, m <sup>3</sup> /ha ..... | 4.5  | 2.3  | 1.2  |
| Alle 1 mm paksujen juurien osuus, % .....       | 89.0 | 83.1 | 81.4 |
| Puuston keski-ikä, v. ....                      | 35   | 55   | 57   |

Lukujen perusteella näyttää ilmeiseltä, että kuta elinvoimaisempaa puusto on, sitä suurempi osuus on ohuilla juurilla puuston kokonaismäärästä. Tuloksen merkittävyys ilmenee vielä selvemmin ohuiden juurien kokonaismäärästä, varsinkin kun vertaamme niitä paksumpien juurien vastaaviin lukuihin kuutiokasvun perusteella muodostetuissa ryhmissä:

|                                                  | I     | II  | III |
|--------------------------------------------------|-------|-----|-----|
| Alle 1 mm paksuja juuria, m/m <sup>2</sup> ..... | 1 208 | 695 | 489 |
| 1—2 mm paksuja juuria, m/m <sup>2</sup> .....    | 111   | 99  | 80  |
| Yli 2 mm paksuja juuria, m/m <sup>2</sup> .....  | 38    | 40  | 32  |

Alle 1 mm paksuisten juurten määrä vähenee jyrkästi kuutiokasvun pienetessä, mutta paksumpien juurten määrä pysyy melkein samana. Näyttää siis siltä, että juuriston lisääntyminen puuston kasvun suuressa on luettava ainakin pääosaltaan, ellei suorastaan yksinomaan, ohuimpien juurien lisääntymisestä aiheutuvaksi, kun sen sijaan paksumpien juurten määrä riippuu lähinnä kuutiomäärästä, kuten seuraavat luvut osoittavat, kun koko aineisto on mukana:

|                                                 |        |       |     |
|-------------------------------------------------|--------|-------|-----|
| Puuston m <sup>3</sup> /ha .....                | 124—65 | 43—32 | 22— |
| Yli 1 mm paksuja juuria, m/m <sup>2</sup> ..... | 171    | 123   | 53  |
| Yli 2 mm paksuja juuria, m/m <sup>2</sup> ..... | 55     | 32    | 10  |

Rämemännikön juurien paksuudenjakaantumisen tutkiminen on osoittanut, että juuristossa on aivan ohuiden juurten osuus valtavan suuri. Lisäksi näyttää siltä, että ohuiden juurien osuus on rämeellä huomattavastikin suurempi kuin kivennäismailla, joten voimme pitää tätä ohuiden juurten erittäin suurta osuutta rämemännikoille ominaisena piirteenä. Puuston vanhetessa pienenee ohuitten juurten osuus, mutta pysyy kuitenkin aina huomattavan suurena. Ohuiden juurien runsaus osoittautui rinnakkaiseksi puuston elinvoimaisuuden kanssa, ja elinvoimaisten metsiköiden kokonaisjuurimäärän runsaus selittyi lähinnä ohuitten juurten runsaudesta aiheutuvaksi. Paksumpien juurien määrään ei puuston elinvoimaisuus näyttänyt vaikuttavan.

Ojitus vaikuttaa juurten paksuuden jakaantumiseen siten, että vahvempien juurten osuus lisääntyy; ojitettujen rämeiden juuristojen ra-

kenne lähenee tässäkin suhteessa kivennäismaiden juuristoja. Näin on laita varsinkin vanhemmissa metsiköissä. Nuorissa metsiköissä on ohuiden juurien osuus puuston elinvoimaisuuden ansiosta varsin suuri, eikä äsken mainittu seikka tästä syystä ilmene nuorissa rämemänniköissä.

### 315. Erivahvuisten juurten syvyys

Juuriston syvyysjakaantumista yleensä tutkiessamme totesimme, että rämemännikön juuristo on hyvin pinnallinen. Edelleen totesimme, että puuston iän kasvaessa juuristo syvenee, sekä että kuivatus vaikuttaa samoin juuristoa syventävästi. Seuraavassa tarkastellaan syvyysjakaantumista paksuusluokittain.

Taulukkoon 8 on laskettu kunkin paksuusluokan syvyysjakaantuminen erikseen näytealojen prosenttilukujen keskiarvoina. Lisäksi on tuloksien valaisemiseksi laskettu vielä juuriston syvyysjakaantuminen juurten tilavuutta yksikköinä käyttäen.

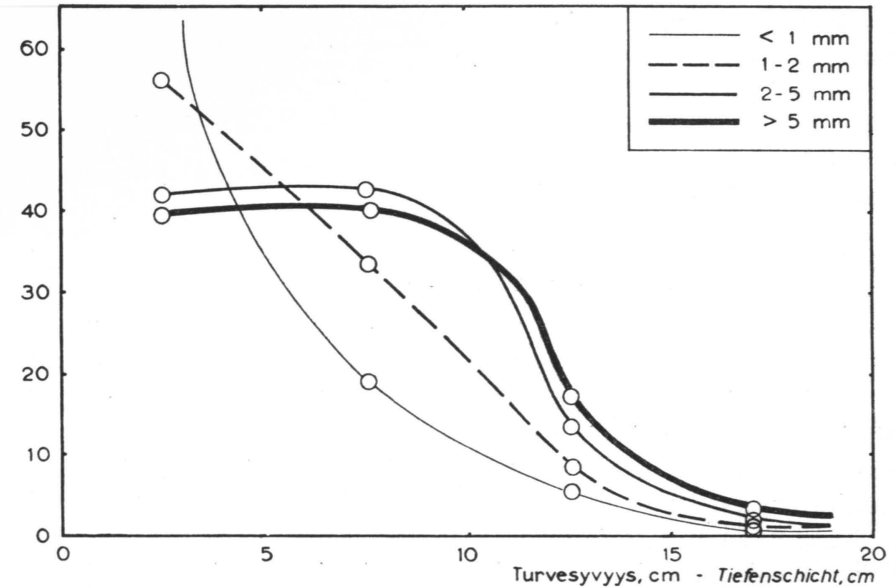
Taulukko 8. Juuriston syvyysjakaantuminen paksuusluokittain.

Table 8. Tiefenverteilung der verschiedenen dicken Wurzeln.

| Paksuusluokka — Dickenklasse          | Juuria, % paksuusluokan kokonaisjuurimäärästä kerroksissa — Wurzeln in den verschiedenen Tiefenschichten, in % von deren Gesamtmenge in jeder Dickenklasse |         |          |          | Keski-syvyys, cm<br>Durchschn. Tiefenlage der Wurzeln, cm |
|---------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|----------|----------|-----------------------------------------------------------|
|                                       | 0—5 cm                                                                                                                                                     | 5—10 cm | 10—15 cm | 15—20 cm |                                                           |
| < 1 mm .....                          | 74.7                                                                                                                                                       | 18.9    | 5.4      | 4.0      | 4.14                                                      |
| 1—2 » .....                           | 56.2                                                                                                                                                       | 33.8    | 8.4      | 1.6      | 5.27                                                      |
| 2—5 » .....                           | 41.7                                                                                                                                                       | 42.6    | 13.5     | 2.2      | 6.31                                                      |
| > 5 » .....                           | 39.8                                                                                                                                                       | 39.9    | 17.0     | 3.3      | 6.69                                                      |
| Tilavuus — Volum                      |                                                                                                                                                            |         |          |          |                                                           |
| cm <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ..... | 550                                                                                                                                                        | 470     | 110      | 30       | 5.89                                                      |
| % tilav. — % vom Volum ..             | 47.3                                                                                                                                                       | 40.2    | 9.9      | 2.6      |                                                           |

Taulukon esittämiä tuloksia havainnollistaa vielä kuva 8. Näemme, että ohuimman paksuusluokan juurten syvyysjakaantuminen on eniten pinnallista, ja kuta suurempaan paksuusluokkaan siirrymme, sitä tasaisemmin juuristo on jakaantunut eri kerroksiin, eli niinkuin eri paksuusluokkien keskisyvyysluvuistakin selvästi ilmenee, paksummat juuret ovat syvemmällä kuin ohuet. Paksuusluokkien väliset erot ovat lisäksi tässä

% paksuusluokan juurimäärästä — % v. d. Wurzelmenge der Dickenklasse



Kuva 8. Juuriston syvyysjakaantuminen paksuusluokittain.

Abb. 8. Tiefenverteilung des Wurzelwerkes, nach den Dickenklassen der Wurzeln.

suhteessa erittäin selvät. Jos esim. vertaamme äärimmäisiä paksuusluokkia toisiinsa, havaitsemme että ohuista juurista on ylimmässä pintakerroksessa jo lähes 75 %, mutta paksuimmista juurista vain vajaa 40 % ja 10—20 cm kerroksessa on ohuista juurista vain n. 9 %, mutta paksuimmista juurista yli 20 %. Juuriston tilavuuden jakaantuminen eri syvyyskerroksiin on myöskin selvästi syvempää kuin ohuiden juurten ja syvempää kuin juuriston pituussummankin jakaantuminen. Tämä aiheutuu siitä, että juurten tilavuudessa on paksuilla juurilla tietysti suurempi osuus kuin ohuilla, ja että paksut juuret ovat syvemmällä kuin ohuet juuret.

Tulos luo aivan uutta valoa juuriston syvyysjakaantumiseen. Jos nimittäin ajattelemme juuriston syvyysjakaantumista vahvempien juurien kannalta, eli toisin sanoen puiden maahan kiinnittymisen kannalta, ei juuristo olekaan läheskään niin pinnallista kuin aikaisemmin olemme esittäneet. Voimme siis todeta, että juuriston absorboiva osa, sen ravinnon otossa tärkein osa, on huomattavasti pinnallisempaa kuin juuriston kiinnitystehtävään erikoistunut osa.

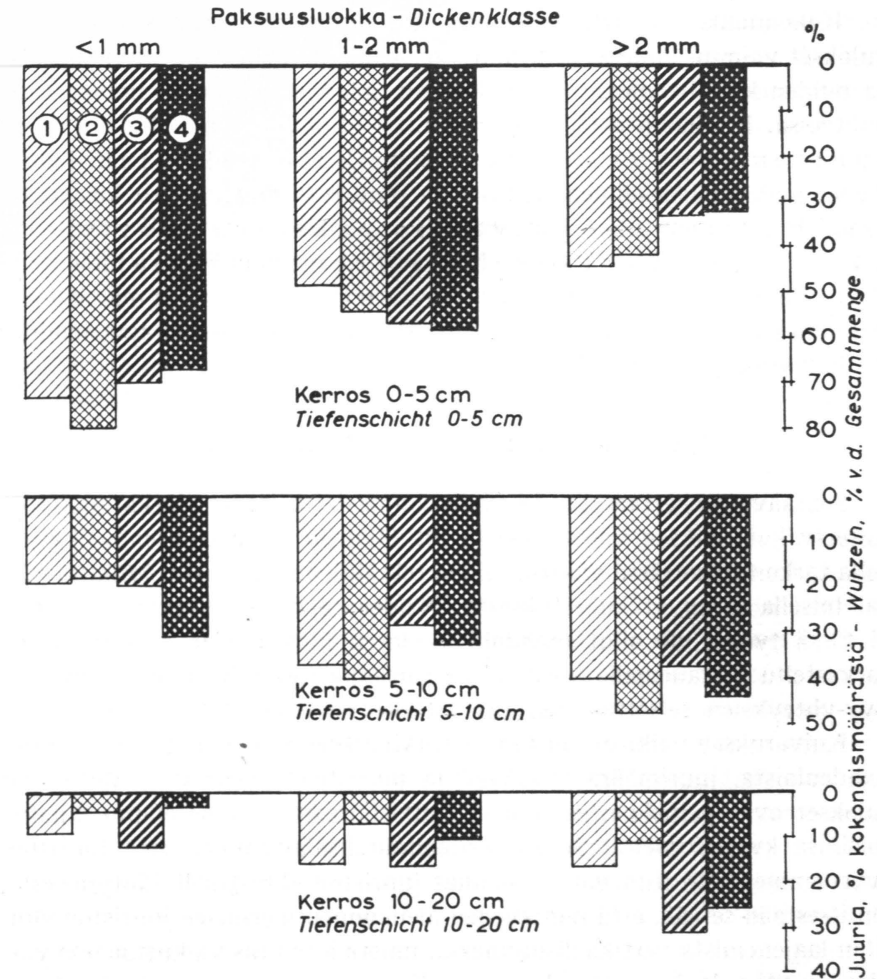


Toisaalta olisi hyvin käsitettävissä, että turpeen korkeuskasvun vaikutuksesta paksumpiin läpimittaluokkiin ehtineet juuret ovat jo hautautuneet syvemmälle ja suhteellisen nuoreen pintakerrokseen on ehtinyt syntyä vain suhteellisen ohuita juuria. Juuriston syvyysjakaantumisen äsken todettua rakennetta ei voitane kuitenkaan selittää vain turpeen korkeuskasvusta johtuvaksi. Turpeen korkeuskasvun pitäisi silloin olla huomattavasti nopeampaa kuin se todennäköisesti on. Sen sijaan on kyllä mahdollista, että turpeen korkeuskasvu voi korostaa mainittua juuriston rakennepiirrettä.

Ylläolevaan tarkasteluun on sisällytynyt koko aineisto. Seuraavassa tarkastellaan, miten puuston ikä ja toisaalta kuivatuksen vaikutus ilmenee eri vahvuisten juurten syvyysjakaantumisessa. Tutkiminen suoritetaan jo aikaisemmista vastaavista käsittelyistä tutulla tavalla (vrt. s. 35). Aineisto jaetaan nuoriin ja vanhoihin metsiköihin, ja kummassakin ryhmässä tarkastellaan erikseen tehokkaasti kuivuneita ja vaillinaisesti kuivuneita näytealoja.

Kuva 9 esittää saatuja tuloksia. Verratkaamme ensin keskenään nuoria ja vanhoja puustoja. Olennaisin ero nuorien ja vanhojen puustojen välillä on, että ohuimpien juurien syvyysjakaantuminen on nuorissa rämemänniköissä pinnallisempaa kuin vanhoissa, ja että paksimpien juurien syvyysjakaantumisessa on sama piirre havaittavissa vielä jyrkempänä. Tulos on siis sama kuin jo aikaisemmin s. 34 esitetty: puuston vanhetessa juuriston syvyys kasvaa. Sikäli tarkastelu kuitenkin tuo uusiakin piirteitä, että juuriston syveneminen puuston iän kasvaessa on erikoisen jyrkkää paksimpien juurien kohdalla. Tämä seikka on jälleen hyvin käsitettävissä, kun ajattelemme juurten kiinnitystehtävää. Suuremmat puut tarvitsevat lujemman kiinnityksen maahan, ja se saavutetaan parhaiten siten, että paksujen juurien syvyys kasvaa.

Kun taas kuivia ja märkiä näytealoja verrataan toisiinsa, on sekä nuorien että vanhojen puustojen ryhmässä nähtävissä ilmeinen tulosten yhdenmukaisuus. Pintakerroksessa, 0—5 cm, ei kuivien ja märkien näytealojen välillä ole tarkastellussa suhteessa selviä eroja. Seuraavassa kerroksessa, 5—10 cm, näyttää kuivien ja märkien näytealojen välillä olevan eroa sikäli, että mainitussa kerroksessa on märissä näytealoissa suhteellisesti enemmän ohuita juuria kuin kuivissa. Tämä näyttää kuitenkin koskevan kaikkia juurten paksuusluokkia. Syvimässä kerroksessa, 10—20 cm, on suhde päinvastainen. Tarkastelu ei täten tuonut mitään selviä eroja juuriston eri paksuusluokkien välillä, vaan juuriston syveneminen kuivatuksen vaikutuksesta koskee koko juuristoa, sen kaikkia paksuusluokkia.



K u v a 9. Juuriston syvyysjakaantuminen paksuusluokittain eri ikäisissä puustoissa ja kuivatukseltaan erilaisilla näytealoilla. — 1 = nuoret, kuivat, 2 = nuoret, märät, 3 = vanhat, kuivat, 4 = vanhat, märät.

A b b. 9. Tiefenverteilung des Wurzelwerkes nach den Dickenklassen der Wurzeln in verschieden alten Baumbeständen und auf entwässerten Probeflächen. — 1 = junge, trocken, 2 = junge, nasse, 3 = alte, trocken, 4 = alte, nasse.

Kokoamalla eri paksuisten juurten syvyysjakaantumista koskevat tulokset voimme todeta, että juuriston kaksi päätehtävää, ravinnon otto ja puiden kiinnittäminen kasvualustaan, muovaavat sen rakenteen tässä suhteessa. Ravinnon ottoon erikoistuneen juuriston osan eli ohuiden juurten syvyys on pienempi kuin paksujen juurten, joiden pääasiallinen tehtävä on puiden kiinnittäminen kasvualustaan. Puuston iän kasvaessa paksujen juurten syvyys lisääntyy suhteellisesti enemmän kuin ohuiden juurten. Kuivatus syventää juuristoa kokonaisuudessaan, sekä ohuiden että paksujen juurten syveneminen on kuivatuksen vaikutuksesta samanlaista.

### 316. Kuivatuksen vaikutus pitkäjuuriin

Seuraavassa kertaamme ja yhdistämme ne tulokset, jotka edellä on esitetty kuivatuksen vaikutuksesta pitkäjuuriin. Kuivatuksen vaikutuksella tarkoitetaan tässä yleensä niiden tekijöiden vaikutusta, jotka tavalla tai toisella johtuvat kuivatukselta. Näiden tekijöiden tarkempi erittely ei tässä työssä ole ollut mahdollista, joten kuivatuksen vaikutusta on tarkasteltu vertailemalla kuivatukseltaan erilaisten näytealojen puustoja. Syy-yhteyksien selvittäminen jää jatkotutkimusten tehtäväksi.

Kuivatuksen vaikutus on tämän tutkimuksen mukaan ollut pääasiassa kahdenlaista, juurimäärää lisäävää ja juuristoa syventävää. Molemmat tulokset ovat perusluonteeltaan elleivät suorastaan samoja niin ainakin toisiinsa kytkeytyneitä. Sekä juurimäärän lisääntyminen että juuriston syveneminen aiheutunevat molemmat juuriston elintilan lisääntymisestä. On itsestään selvää, että pohjaveden aleneminen merkitsee juuriston elintilan laajenemista vertikaalisuunnassa, mutta kuivatus vaikuttanee myöskin elintilan laajenemista horisontaalisuunnassa siten, että olosuhteet juurten toiminnalle paranevat huomattavasti myöskin suon pintakerroksissa.

Juurten määrän lisääntyminen myöskin suon pintaosissa kuivatuksen vaikutuksesta näyttää olevan ristiriidassa aikaisempien kuivatuksen vaikutusta juuristoon käsittelevien tutkimustulosten kanssa. Aivan yleisesti ja yksimielisesti on nimittäin todettu, että männyn juuristo on kuivatulla suolla huomattavasti suppeampi kuin ojittamattomalla (esim. MELIN 1917). Yleensäkin on todettu, että heikommalla kasvupaikalla on puuston kuutiometriä kohden laskettu juurimäärä suurempi kuin paremmalla kasvupaikalla (AALTONEN 1923 ja KALELA 1949). Tässä tutkimuksessa

saatu tulos ei kuitenkaan ole yllämainittujen tulosten vastainen. Mitä tulee siihen, että kuivatulla suolla juuristo on todettu suppeammaksi kuin ojittomalla, on tähän lisättävä, että kuivatulla suolla ovat samatkin tutkijat todenneet juuriston toisaalta enemmän haarovaksi (esim. MULTAMÄKI 1923) ja siten tiheämmäksi kuin ojittamattomalla suolla (esim. LAITAKARI 1927). Toisaalta puolestaan sen, että kivennäismailla on paremmalla kasvupaikalla puuston kuutiometriä kohden vähemmän juuria kuin huonommalla, ei tarvitse merkitä, että ojitetulla olisi vastaavassa tapauksessa vähemmän juuria kuin ojittamattomalla. Kivennäismailla juuriston elintila saattaa olla sama, mutta soilla elintila ratkaisevasti lisääntyy kuivatuksen vaikutuksesta.

Juuriston syveneminen kuivatuksen vaikutuksesta todettiin selväksi, mutta kuitenkin vähäisemmäksi kuin aikaisempien tulosten perusteella olisi voitu päätellä. Esim. MULTAMÄKI (1923) maitsee, että ojittamattomalla suolla juurten kärkiosat ovat olleet 10 cm syvällä turpeessa ja ojitetulla suolla 15—25 cm, jopa 30—40 cm syvällä. Nyt esitetyn tutkimuksen mukaan juuriston alaraja on tehokkaastikin ojitetuilla soilla tuskin ollut 10 cm syvemmällä kuin ojittamattomilla soilla. Juuriston keskisyvyyksien ero on vain poikkeustapauksessa ollut 1 cm suurempi. Tulos näyttää tältä osalta käyvän yksiin sen HUIKARIN (1953 a) toteaman seikan kanssa, että tehokaskin ojitus vaikuttaa turpeen pieneliöstöön vain 0—10 cm:n pintakerroksessa. Sen sijaan nyt voitiin kyllä todeta, että kuivatuksen vaikutus näkyi juuristossa sen alarajaan asti, siis vielä 10—20 cm:n kerroksissakin. Lisäksi näytti ilmeiseltä, että kuivatuksen tehokkuus ilmeni melko herkästi juuriston syvyydessä.

Kuivatuksen juuristoa syventävä vaikutus näyttää kohdistuvan samanlaisena koko juuristoon. Eri paksuusluokkien välillä ei tässä suhteessa ole havaittavissa olennaisia eroja.

Tuloksia arvosteltaessa on kuitenkin muistettava, että pääosa aineistoa on kerätty normaalia märempinä kesinä, ja että kuivina kesinä ovat ojitetun ja ojittamattoman suon väliset erot todennäköisesti suurempia, kuten tässäkin tutkimuksessa voitiin todeta.

## 32. Lyhytjuuret

### 321. Lyhytjuurten määrä

Kuten jo aikaisemmin (s. 24) esitettiin, käsitellään seuraavassa lyhytjuurten määrää syyskesällä. Näin ollen varsinkin lyhytjuurten tiheys eli lyhytjuurten lukumäärä juuren pituusyksikköä kohden laskettuna tulee

olemaan huomattavasti suurempi, kuin jos tutkimus olisi suoritettu esim. keskikesällä otetuista näytteistä. Lyhytjuurten absoluuttiseen lukumäärään ei näytteiden oton ajankohdalla ole yhtä suurta vaikutusta (vrt. HEIKURAINEN 1955, s. 38).

Lyhytjuurten määrää tutkimme seuraavassa tiheyslukujen ja maapinta-alayksikköä kohden laskettujen lukumäärien perusteella. Taulukkoon 9 on laskettu sekä tiheysluvut että lyhytjuurten lukumäärät eri näytealoilla. Näiden lisäksi esitetään puuston ikä ja kuivatusaste. Näytealat on järjestetty puuston iän mukaan.

Taulukko 9. Lyhytjuurten määrä eri näytealoilla.

Tabelle 9. Menge der Kurzurzeln auf den untersuchten Probeflächen.

| Näytealan<br>N:o<br>Prfl. Nr. | Puuston<br>ikä, v.<br>Alter des<br>Bestandes, J. | Lyhytjuuria<br>Kurzurzeln      |                                                       | Kuivatus-<br>aste<br>Entwässerungsgrad |
|-------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------------------------|----------------------------------------|
|                               |                                                  | kpl/dm juurta<br>Anzahl / 1 dm | 1 000 kpl/m <sup>2</sup><br>Tausende / m <sup>2</sup> |                                        |
| 9                             | 10                                               | 43.6                           | 102.0                                                 | 5                                      |
| 12                            | 20                                               | 36.3                           | 212.4                                                 | 3                                      |
| 7                             | 35                                               | 45.1                           | 544.8                                                 | 9                                      |
| 6                             | 45                                               | 30.6                           | 171.0                                                 | 5                                      |
| 5                             | 45                                               | 26.1                           | 217.4                                                 | 7                                      |
| 3                             | 60                                               | 25.5                           | 161.4                                                 | 6                                      |
| 4                             | 80                                               | 24.9                           | 161.1                                                 | 9                                      |
| 13                            | 110                                              | 16.6                           | 86.7                                                  | 4                                      |
| 10                            | 160                                              | 24.4                           | 256.7                                                 | 10                                     |

Taulukon luvut osoittavat, että tiheysluvut vaihtelevat 45—17 kpl/dm juurta. Mainittakoon tässä yhteydessä, että lyhytjuuria on tavattu melkein yksinomaan juurten ohuimmassa paksuusluokassa. Suurimmat tiheysluvut on saatu nuorissa metsissä ja taimistoissa, pienimmät vanhoissa metsissä. Jos jaamme aineiston kahteen osaan iän perusteella ja laskemme keskimääräiset tiheysluvut näin saatujen nuorten ja vanhojen metsien ryhmille, saamme seuraavan asetelman.

|                    |                    |
|--------------------|--------------------|
| Nuoret (10—45 v.)  | 36.3 kpl/dm juurta |
| Vanhat (60—160 v.) | 22.0 » »           |

Nuorissa metsissä on lyhytjuurten lukumäärä ollut lähes kaksinkertainen verrattuna vanhojen metsien lyhytjuurten lukumäärään. Toisin sanoen nuorien rämementyjen juurissa on pituusyksikköä kohden laskettuna enemmän lyhytjuuria kuin vanhojen mäntyjen juurissa.

Jos sen sijaan vertaamme kuivatukseltaan erilaisilla näytealoilla lyhytjuurten tiheyttä, on meidän todettava, ettei vertailu anna selvää tulosta puoleen eikä toiseen, vaikka näyttääkin siltä, että tehokkaasti kuivuneella näytealalla on lyhytjuurten tiheys samanikäisissä puustoissa suurempi kuin heikosti kuivuneella.

Lyhytjuurten maapinta-alayksikköä kohden laskettu lukumäärä näyttää myöskin vaihtelevan suuresti, suurin lukumäärä on tavattu näytealalla 7, jossa se oli yli puoli miljoonaa lyhytjuurta neliometrillä, pienin puolestaan näytealalla 13, jossa se oli alle satatuhatta kappaletta neliometrillä. Tämä ero tuntuukin luonnolliselta, sillä onhan näytealalla 7 nuori ja erittäin kasvuisa männikkö, jossa vuotuinen kuutiokasvukin on 4.5 m<sup>3</sup>/ha, ja näytealalla 13 puolestaan vanha jo kasvunsa lopettanut luonnontilaisen rämeen männikkö. Sen sijaan on hämmästyttävää, että aivan nuoressa taimistosakin lyhytjuurten lukumäärä nousee yli 100 000 kpl/m<sup>2</sup>, kun se normaalissa, jo keski-ikä saavuttaneessa männikössä on vain n. kaksinkertainen. Tämä tulos on omiaan korostamaan juuristikilpailun merkitystä rämementyissä (vrt. s. 32).

Niin kuin näytteiden ottoajan merkitystä käsitellessämme (s. 24) jo totesimme, ovat lyhytjuurten lukumäärää osoittavat luvut kuitenkin juuri syyskesällä lyhytjuurten tiheydessä tapahtuvien suurien muutosten vuoksi epävarmoja, eivätkä tulokset näiltä kohdista oikeuta kovin pitkälle meneviin johtopäätöksiin. Tästä syystä on vaikea varmuudella päätellä, miten kuivatus vaikuttaa lyhytjuurten lukumäärään. Ilmeiseltä kuitenkin näyttää, että tehokkaasti kuivuneella näytealalla on lyhytjuurten määrä suurempi kuin heikosti kuivuneella tai aivan luonnontilaisella.

Mainittakoon, että MELIN (1927) sai yksivuotisia, erilaisilla humusaloilla kasvatettuja männyn taimia tutkiessaan lyhytjuurten lukumääräksi 30—40 kpl/juuridesimetriä kohti. BJÖRKMAN (1941) tutki myöskin yksivuotisia männyn taimia, joita oli kasvatettu erilaisissa typpi- ja valaistusolosuhteissa. Hän sai lyhytjuurten tiheydeksi 15—30 kpl/dm. Toisessa yhteydessä (1942) hän tutki tuhkalannoitetulla ja lannoittamattomalla ojitetulla suolla kasvaneiden männyn taimien ja nuorien mäntyjen mykorrhizafrekvenssejä, ja näistä tuloksista voidaan laskea, että lyhytjuurten tiheysluvut vaihtelivat 20—37 kpl/dm. SIRÉN ja BERGMAN (1951) saivat lyhytjuurten tiheyslukuiksi kuusikossa n. 30—40 ja BERGMAN (1954) puolestaan haavikoissa n. 30—50.

Kirjallisuudesta poimitut lyhytjuurten tiheysluvut ovat siis olleet suurin piirtein samaa suuruusluokkaa kuin tässä tutkimuksessa saadut.

Näistä tutkimuksista ei kuitenkaan aina selviä, mihin aikaan kesästä näytteet on otettu. Näytteiden otto on saattanut tapahtua kevät- tai keskikesällä, jolloin lyhytjuurten tiheys on juuriston fenologiasta johtuen pienempi kuin syyskesällä, jolloin puolestaan tämän tutkimuksen näytteet on otettu.

Lyhytjuurten tiheyden pieneneminen puuston vanhetessa ja tiheyden suureneminen kuivatuksen vaikutuksesta ovat myös saman suuntaisia kirjallisuudessa esitettyjen tulosten kanssa (esim. BJÖRKMAN 1942, s. 56).

### 322. Lyhytjuurten määrä syvyyskerroksittain

Juurien syvyysjakaantumisesta muistamme, että suurin osa juurista oli suon aivan ohuessa pintakerroksessa (0—5 cm). Tätä taustaa vasten on selvää, ettei lyhytjuurtenkaan määrä voi olla suon syvemmissä kerroksissa kovin suuri. Tarkastelemme kuitenkin ensin miten lyhytjuurten tiheysluvut vaihtelevat suon eri syvyyskerroksissa.

Taulukossa 10 esitetään lyhytjuurten tiheysluvut syvyyskerroksittain. Kaksi syvintä kerrosta on esitetty yhdessä molempien kerrosten tiheyslukujen keskiarvoina. Vertailun helpottamiseksi on vielä esitetty koko juuriston keskiarvoiset tiheysluvut. Näytealojen järjestys on sama kuin edellisessäkin taulukossa, siis puuston iän mukaan.

Taulukko 10. Lyhytjuurten syvyysjakaantuminen.

Table 10. Tiefenverteilung der Kurzwurzeln.

| Näytealan<br>N:o<br>Prfl. Nr. | Puuston<br>ikä, v.<br>Alter des<br>Bestandes, J. | Lyhytjuuria kpl/dm juurta kerroksessa<br>Kurzwurzeln je 1 dm Wurzel in den Tiefenschichten |         |          |         | Kuivatus-<br>aste<br>Entwässerungsgrad |
|-------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|---------|----------|---------|----------------------------------------|
|                               |                                                  | 0—5 cm                                                                                     | 5—10 cm | 10—20 cm | 0—20 cm |                                        |
| 9                             | 10                                               | 41.9                                                                                       | 54.1    | —        | 43.6    | 5                                      |
| 12                            | 20                                               | 37.0                                                                                       | 47.5    | 21.3     | 36.3    | 3                                      |
| 7                             | 35                                               | 52.8                                                                                       | 21.3    | 16.9     | 45.1    | 9                                      |
| 6                             | 45                                               | 33.5                                                                                       | 16.9    | 5.9      | 30.6    | 5                                      |
| 5                             | 45                                               | 32.1                                                                                       | 12.4    | 8.9      | 26.1    | 7                                      |
| 3                             | 60                                               | 29.5                                                                                       | 15.4    | 9.7      | 25.5    | 6                                      |
| 4                             | 80                                               | 29.9                                                                                       | 11.0    | 8.6      | 24.9    | 9                                      |
| 13                            | 110                                              | 23.2                                                                                       | 3.4     | 3.8      | 16.6    | 4                                      |
| 10                            | 160                                              | 33.6                                                                                       | 6.9     | 3.8      | 24.4    | 10                                     |

Taulukon luvuista ilmenee, että taimistoja lukuunottamatta on lyhytjuurten tiheys sitä pienempi mitä syvemmästä turvekerroksesta on kysymys. Tulos tuntuu luonnolliselta, sillä ovathan juuriston toimeentulo-

mahdollisuudet turpeen syvemmissä kerroksissa yleensäkin heikommat kuin pintaosissa. Myöskin kivennäismailla on todettu, että lyhytjuurten tiheys on pienempi syvemmissä maakerroksissa kuin pintaosissa (esim. SIRÉN ja BERGMAN 1951). Myöskin se BERGMANIN (1954) toteama seikka, että ravinteisessa maakerroksessa on mykritoja enemmän kuin niukka-ravinteisessa, on luonteeltaan yhdenmukainen esitetyn tuloksen kanssa, vaikka BERGMAN samalla totesikin, että haavikossa on lyhytjuurten tiheys syvemmissä kerroksissa pysynyt kutakuinkin vakiona.

Voimme siis todeta, että lyhytjuurten tiheyden pieneneminen syvempiin maakerroksiin siirryttäessä on samantapaista sekä kivennäismailla että turvemaidella, mutta rämemänniköissä tiheyden pieneneminen on erittäin jyrkkää. Tämä merkitsee, että lyhytjuurten syvyysjakaantuminen on erittäin pinnallista, ja siten juuriston absorboivan osan pinnallisuus tulee vielä jyrkempänä esille, kuten selviää seuraavasta asetelmasta, josta voidaan verrata lyhytjuurten ja pitkäjuurten syvyysjakaantumista toisiinsa näytealalla 3.

| Kerros                           | 0—5 cm | 5—10 cm | 10—15 cm | 15—20 cm |
|----------------------------------|--------|---------|----------|----------|
| Lyhytjuuria kpl/dm juurta .....  | 29.5   | 15.4    | 8.6      | 10.8     |
| » 1 000 kpl/m <sup>2</sup> ..... | 139.8  | 16.3    | 3.4      | 1.6      |
| » % kokonaismäärästä ..          | 86.8   | 10.1    | 2.1      | 1.0      |
| Juuria % kokonaismäärästä .....  | 70.4   | 19.2    | 7.2      | 3.0      |

Jos vielä laskemme lyhytjuurten keskisyvyyden ja vertaamme sitä juuriston keskisyvyyteen, saamme tulokseksi, että edellinen on 3.37 cm ja jälkimmäinen 4.65 cm. Ero on siis erittäin suuri ja korostaa entisestäänkin juuriston pinnallisuutta.

Jo taulukosta 10 voidaan havaita, että vanhemmissa puustoissa ovat lyhytjuurten tiheysluvut turpeen syvemmissä kerroksissa pienempiä kuin nuorissa puustoissa. Eri ikäisten puustojen välillä on tässä suhteessa melko jyrkkä ero, kuten nähdään taulukosta 11, jossa taulukon 10 tulokset esitetään puuston ikäryhmittäin. Lukusarjat osoittavat, että vanhemmissa puustoissa lyhytjuurten tiheysluvut pienenevät syvempiin turvekerrokseen siirryttäessä enemmän kuin nuorissa puustoissa. Lisäksi käy taulukon luvuista ilmi, että kahdessa syvimmissä kerroksessa tiheysluku on suurinpiirtein sama, jopa syvimmissä kerroksessa hieman suurempikin kuin edellisessä kerroksessa. Asiaa valaisee vielä kuva 10.

Taulukon 11 luvut eivät tosin ole täysin vertailtavissa, koska vanhoissa puustoissa lyhytjuurten tiheys yleensäkin on pienempi kuin nuorissa. Merkitsemällä 0—5 kerroksen tiheyslukuja sadalla ja laskemalla tästä

Taulukko 11. Puuston iän vaikutus lyhytjuurten syvyysjakaantumiseen.

Tabelle 11. Einfluss des Bestandesalters auf die Tiefenverteilung der Kurzwurzeln.

|                                  | Lyhytjuuria kpl/dm juurta kerroksissa<br>Kurzwurzeln je 1 dm Wurzel in den<br>Tiefenschichten |         |          |          |
|----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|---------|----------|----------|
|                                  | 0—5 cm                                                                                        | 5—10 cm | 10—15 cm | 15—20 cm |
| Nuoret — Junge                   |                                                                                               |         |          |          |
| Näytealat — Prfl. 9, 12, 7 ..... | 43.9                                                                                          | 40.9    | 18.0     | 19.2     |
| Keski-ikäiset — Ältere           |                                                                                               |         |          |          |
| Näytealat — Prfl. 3—6 .....      | 31.3                                                                                          | 13.9    | 8.1      | 9.3      |
| Vanhat — Alte                    |                                                                                               |         |          |          |
| Näytealat — Prfl. 10, 13 .....   | 28.4                                                                                          | 5.2     | 3.4      | 4.5      |

muille kerroksille suhteelliset luvut saadaan parempi selvyys asiasta. Oheinen asetelma esittää näin saatuja lyhytjuurten tiheyden suhteellisia lukuja eri kerroksissa.

| Kerros, cm          | 0—5 cm | 5—10 cm | 10—15 cm | 15—20 cm |
|---------------------|--------|---------|----------|----------|
| Nuoret .....        | 100    | 93      | 41       | 44       |
| Keski-ikäiset ..... | 100    | 44      | 26       | 30       |
| Vanhat .....        | 100    | 18      | 12       | 16       |

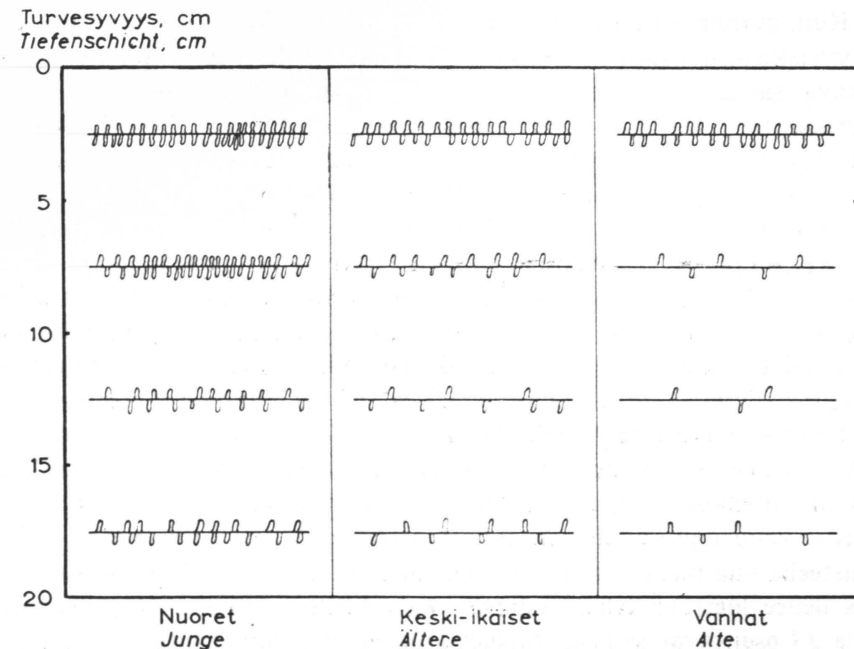
Asetelman luvut osoittavat, että puuston iän kasvaessa vähenee lyhytjuurten tiheys syvempien turvekerrosten juurissa hyvin jyrkästi. Tulos on tavallaan yllättävä, sillä juurten syvyysjakaantumista tutkiessamme totesimme, että juuriston syvyys lisääntyi puuston iän kasvaessa, ja äsken saatu tulos puolestaan merkitsee, että lyhytjuurten syvyysjakaantuminen on sitä pinnallisempaa mitä vanhempaa puusto on.

Jos laskemme äskeisissä ryhmissä lyhytjuurten lukumäärät eri kerroksissa, säilyy tuloksen suunta edelleen, kuten voidaan todeta alla olevista luvuista, jotka tarkoittavat lyhytjuurten suhteellista lukumäärää.

| Kerros, cm          | 0—5 cm | 5—10 cm | 10—15 cm | 15—20 cm |
|---------------------|--------|---------|----------|----------|
| Nuoret .....        | 100    | 13      | 5        | 2        |
| Keski-ikäiset ..... | 100    | 11      | 2        | 1        |
| Vanhat .....        | 100    | 7       | 1        | ...      |

Laskettaessa yllä oleville ryhmille lyhytjuurten keskimääräiset syvyydet lyhytjuurten maapinta-alaa kohden laskettujen lukumäärien perusteella saamme seuraavat luvut: nuoret metsät 3.46 cm, keski-ikäiset 3.23 ja vanhat metsät 2.93 cm. Luvuista nähdään, että kuta vanhempi puusto, sen pienempi on lyhytjuurten keskisyvyys.

Lyhytjuurten suurempi pinnallisuus vanhoissa metsissä verrattuna



Kuva 10. Lyhytjuurten syvyysjakaantuminen eri ikäisissä puustoissa.  
Abb 10. Tiefenverteilung der Kurzwurzeln in verschieden alten Baumbeständen.

nuoriin metsiin tuntuu — niin kuin jo yllä mainittiin — oudolta, eikä ilmiön syiden selittäminen ole tässä tutkimuksessa mahdollista. Olettaa kuitenkin sopii, että rämeillä on vanhojen puiden juuristo elinvoimaltaan jo heikkoa, ja että syy olisi löydettävissä juuri tästä seikasta. Toisaalta on todetun ilmiön valossa mahdollista selittää rämeille tyypillinen puuston rakenne. Rämeiden puustohan lähentelee läpimittajakaantumisensa puolesta harsintarakennetta ja useissa tapauksissa varsinaisen pääpuuston alla on runsaasti alikasvosta, joka lisäksi on usein jokseenkin elinvoimaista (vrt. HEIKURAINEN 1953 ja 1954). Tällainen puuston rakenne on näihin asti tuntunut arvoitukselliselta, koska rämemänniköiden juuristo on, — niin kuin tässäkin tutkimuksessa on osoitettu — jo puuston nuorella iällä sulkeutunut ja monista yhteyksistä voidaan päätellä, että juuristokilpailu on rämemänniköissä aivan erikoisen ankara. Mutta äsken esitetyn valossa juuristokilpailu ei olisikaan ankarinta eri ikäluokkien välillä, koska nuoret puut ulottuvat lyhytjuurensa syvemmälle kuin vanhat puut, ja siten pystyvät hyvin viihtymään alikasvoksena.

Kun pyrimme ottamaan selvää, vaikuttaako kuivatus lyhytjuurten syvyysjakaantumiseen ja millä tavalla vaikutus ilmenee, meidän on verrattava saman ikäisiä, kuivatukseltaan erilaisia näytealoja. Tällaisen näytealaparin tarjoavat oikeastaan vain näytealat 5 ja 6. Päätelmiä voidaan myöskin tehdä näytealapareista 3 ja 4 sekä 10 ja 13, kun puustojen iästä todennäköisesti johtuva ero otetaan vertailussa huomioon.

Tarkasteltaessa kysymystä lyhytjuurten tiheyslukujen valossa, ei havaita mitään selvää suuntausta. Sen sijaan lyhytjuurten lukumäärää osoittavat luvut ovat jo antoisampia (taulukko 12). Näytealaparista 5 ja 6 voidaan havaita, että lyhytjuurten lukumäärä on kaikissa kerroksissa suurempi näytealalla 5, joka oli tehokkaammin kuivattu, ja lyhytjuurten keskisyvydetkin näytealalla 5 ovat 3.17 cm, näytealalla 6 sen sijaan 3.07 cm. Jos taas vertaamme näytealoja 3 ja 4, joista näyteala 4 on tehokkaammin kuivattu, ovat keskisyvydet melko tarkoin samat, nimittäin 3.36 ja 3.33. Nyt on kuitenkin huomattava, että kuivempi näyteala 4 on samalla puustoltaan vanhempi, joten sen lyhytjuurten keskisyvyyden pitäisi tällä perusteella olla pienempi kuin näytealan 3, ja keskisyvyyksien samanlaisuus lienee luettava tehokkaamman kuivatuksen ansioksi. Näytealapari 10 ja 13 osoittavat samaan tapaan kuin edellinenkin näytealapari, että kuivatuksen vaikutus on ollut lyhytjuurten keskisyvyyttä suurentava. Yleensäkin voimme siis todeta, että tehokkaammin kuivuneella näytealalla on lyhytjuurten keskisyvyys suurempi kuin saman ikäistä puustoa kasvavalla heikommin kuivuneella näytealalla. Tämä syveneminen ei kuitenkaan johdu lyhytjuurten tiheyslukuista, vaan siitä että pitkäjuurten syvyysjakaantuminen on tehokkaasti kuivuneilla näytealoilla syvempää kuin heikommin kuivuneilla.

Lyhytjuurten syvyysjakaantumisesta saadut tulokset voidaan kiteyttää kolmeksi päätulokseksi. Ensinnäkin voitiin todeta, että lyhytjuurten esiintyminen on erittäin pinnallista, vielä huomattavasti pinnallisempaa kuin pitkäjuurien. Puuston vanhetessa tulee lyhytjuurten esiintyminen vielä pinnallisemmaksi, jopa niin, että nuorena taimistossa lyhytjuurten esiintymisen keskisyvyys on suurempi kuin vanhassa puustossa. Kuivatuksen vaikutus ei sanottavasti näytä muuttavan lyhytjuurten esiintymisen syvyyttä, joskin pitkäjuurten keskisyvyyden lisääntymisestä kuivatuksen vaikutuksesta on seurauksena, että lyhytjuurten esiintymisen keskisyvyys jonkin verran suurenee kuivatuksen seurauksena.

Taulukko 12. Lyhytjuurten määrä ja keskisyvyys eräillä toisiinsa rinnastettavilla näytealoilla.

Tabelle 12. Menge und mittlere Tiefenlage der Kurzwurzeln auf einigen miteinander vergleichbaren Probeflächen.

| Näytealan<br>N:o<br>Prfl. Nr. | Kuivatus-<br>aste<br>Entwässerungsgrad | Puuston<br>ikä, v.<br>Alter des<br>Bestandes,<br>J. | Lyhytjuuria 1 000 kpl/m <sup>2</sup> kerroks'ssa<br>Kurzwurzeln in Tausenden je m <sup>2</sup><br>in den Tiefenschichten |         |          |          | Lyhytjuur-<br>ten keski-<br>syv., cm<br>Durchschn.<br>Tiefenlage<br>der Kurz-<br>wurzeln, cm |
|-------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|----------|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
|                               |                                        |                                                     | 0—5 cm                                                                                                                   | 5—10 cm | 10—15 cm | 15—20 cm |                                                                                              |
| 5                             | 7                                      | 45                                                  | 195.2                                                                                                                    | 23.8    | 2.3      | 0.5      | 3.17                                                                                         |
| 6                             | 5                                      | 45                                                  | 147.7                                                                                                                    | 16.9    | 1.0      | —        | 3.07                                                                                         |
| 4                             | 9                                      | 80                                                  | 139.0                                                                                                                    | 12.2    | 6.1      | 0.6      | 3.33                                                                                         |
| 3                             | 6                                      | 60                                                  | 139.0                                                                                                                    | 16.3    | 3.3      | 1.6      | 3.36                                                                                         |
| 10                            | 10                                     | 160                                                 | 237.2                                                                                                                    | 15.5    | 3.0      | 1.2      | 2.99                                                                                         |
| 13                            | 4                                      | 110                                                 | 80.7                                                                                                                     | 5.8     | 0.2      | —        | 2.86                                                                                         |

### 323. Mykoritsatyyppien suhteet

Lyhytjuuret ovat melkeinpä aina sienten saastuttamia, eli kuten Björkman (1942) sanoo: »Draussen in der Natur sind so gut wie alle echten Kurzwurzeln mit Pilzmyzelien infiziert». Sen jälkeen kuin Melin (1917) totesi selvän korrelaatio-suhteen varsinaisten mykoritsojen ja pseudomykoritsojen runsaussuhteiden sekä puun taimien kasvun välillä, on ollut ilmeistä, että erilaiset mykoritsatyyppit ovat puun viihtymisen kannalta eriarvoisia. Mainittakoon, että Melin suoritti mainitun klassillisen tutkimuksensa soilla.

Vaikka eri mykoritsatyyppien ekologiaa on Melinin jälkeen tutkittu jo vuosikymmeniä, näyttää edelleen olevan epäselvää, mikä on eri mykoritsatyyppien ekologinen merkitys. Vain tuo jo Melinin toteama ero varsinaisten mykoritsojen ja pseudomykoritsojen välillä on varmistunut. Pseudomykoritsat on todettu puiden kannalta joko merkityksettömiksi tai suorastaan vahingollisiksi (Melin 1927), kun taas varsinaisten mykoritsojen puille tuottama hyöty on kiistattomasti todettu. Mykoritsat laajentavat juuriston absorboivaa pintaa moninkertaisesti (Hatch 1937) ja tekevät puille mahdolliseksi käyttää orgaanisia tyyppiyhdistyksiä (Melin 1925). Mykoritsojen avulla puiden ravinnonotto siis yleensä tehostuu,

vaikka toisaalta mykoritsasieni saakin puulta liukoisia hiilihydraatteja (BJÖRKMAN 1942, 1949). Lisäksi on todettu, että mykoritsasienet suojelevat juuria vahingollisilta sieniltä (MELIN 1927).

Edellä sanotun perusteella on selvää, ettei lyhytjuurten määrä sellaisenaan anna oikeaan osuvaa kuvaa juuriston luonteesta. Siihen on jo paremmat mahdollisuudet, kun tarkastelemme kysymystä mykoritsatyyppeittäin. Taulukossa 13 esitetään eri mykoritsatyypin tiheysluvut. Taulukkoon on lisäksi merkitty puuston ikä ja näytealojen kuivatusaste.

Taulukko 13. Mykoritsatyypin tiheysluvut.

Tabelle 13. Dichtezahlen der Mykorrhizentypen.

| Näytealan<br>N:o<br>Prfl. Nr. | Puuston<br>ikä, v.<br>Alter des<br>Bestandes,<br>J. | Kuivatus-<br>aste<br>Entwässerungsgrad | Mykoritsoja kpl/dm juurta<br>Mykorrhizen / 1 dm Wurzel |     |     |          |
|-------------------------------|-----------------------------------------------------|----------------------------------------|--------------------------------------------------------|-----|-----|----------|
|                               |                                                     |                                        | A + B                                                  | C   | D   | Pseudom. |
| 9                             | 10                                                  | 5                                      | 26.5                                                   | 4.8 | 1.5 | 10.8     |
| 12                            | 20                                                  | 3                                      | 16.7                                                   | 0.9 | 0.4 | 18.3     |
| 7                             | 35                                                  | 9                                      | 32.6                                                   | 0.2 | 0.1 | 12.2     |
| 6                             | 45                                                  | 5                                      | 19.9                                                   | 0.5 | 0.3 | 9.9      |
| 5                             | 45                                                  | 7                                      | 14.2                                                   | 0.5 | 2.0 | 9.4      |
| 3                             | 60                                                  | 6                                      | 11.2                                                   | 0.8 | 0.9 | 12.6     |
| 4                             | 90                                                  | 9                                      | 12.3                                                   | 0.3 | 1.1 | 11.2     |
| 13                            | 110                                                 | 4                                      | 7.1                                                    | 1.3 | —   | 8.2      |
| 10                            | 160                                                 | 10                                     | 14.9                                                   | 0.1 | 0.5 | 8.9      |

Taulukosta saadaan koko aineistolle seuraavia keskimääräisiä lukuja. A + B -tyyppisiä mykoritsoja on ollut 17.3 kpl/dm juurta, C -tyyppisiä 1.0 kpl., D -tyyppisiä 0.8 kpl ja pseudomykoritsoja 11.3 kpl. Vastaavat prosenttiluvut ovat A + B 56.9 %, C 3.3 %, D 2.6 % ja pseudomykoritsat 37.2 %. Luvut poikkeavat kirjallisuudessa esitetyistä jossain määrin. Esim. BJÖRKMAN (1941) sai lannoittamattomalla suolla pseudomykoritsojen osuudeksi 70—90 % ja tuhkalannoitetullakin pseudomykoritsojen osuus nousi 40—50 %:kin. Sen sijaan on C- ja D-mykoritsojen esiintymisen ollut samantapaista kuin kirjallisuudessa on aikaisemmin esitetty (BJÖRKMAN 1942).

Jo taulukon 13 luvuista voidaan päätellä, että mykoritsatyypin suhteet vaihtelevat eri näytealoilla melko tavalla. Tarkastelemme tätä vaihtelua aluksi puuston iän mukaan. Aineisto jaetaan kolmeen osaan siten, että taulukon 13 kolme ensimmäistä näytealaa edustavat nuorten metsien ryhmää, 3 seuraavaa keski-ikäisten ryhmää ja kolme viimeistä vanhojen

Taulukko 14. Mykoritsatyypin suhteet eri ikäisissä puustoissa.

Tabelle 14. Auftreten der Mykorrhizentypen in verschieden alten Beständen.

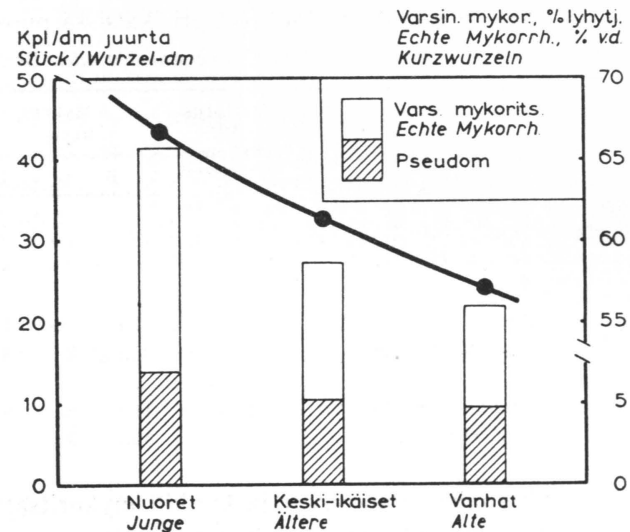
|                                                | Kuivatus-<br>aste<br>Entwässerungsgrad | Mykoritsatyypit<br>Mykorrhizentypen |     |     |          |
|------------------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------|-----|-----|----------|
|                                                |                                        | A + B                               | C   | D   | Pseudom. |
| Nuoret — Junge                                 |                                        |                                     |     |     |          |
| kpl/dm juurta — Anzahl / 1 dm Wurzel . . . . . | 3, 5, 9                                | 24.9                                | 1.9 | 0.7 | 13.8     |
| % lyhytjuur. — % v.d. Kurzwurzeln . . . . .    |                                        | 60.3                                | 4.6 | 1.7 | 33.4     |
| Keski-ikäiset — Mittelaltrige                  |                                        |                                     |     |     |          |
| kpl/dm juurta — Anzahl / 1 dm Wurzel . . . . . | 5, 6, 7                                | 15.1                                | 0.8 | 1.1 | 10.6     |
| % lyhytjuur. — % v.d. Kurzwurzeln . . . . .    |                                        | 55.1                                | 2.2 | 4.9 | 38.7     |
| Vanhat — Alte                                  |                                        |                                     |     |     |          |
| kpl/dm juurta — Anzahl / 1 dm Wurzel . . . . . | 4, 9, 10                               | 11.4                                | 0.6 | 0.5 | 9.4      |
| % lyhytjuur. — % v.d. Kurzwurzeln . . . . .    |                                        | 52.0                                | 2.7 | 2.3 | 42.9     |

ryhmää. Mykoritsatyypin tiheysluvut ja kunkin mykoritsatyypin prosenttinen osuus selviää taulukosta 14, johon on vertailun vuoksi lisäksi merkitty näytealojen kuivatusasteluvut.

Taulukon lukujen osoittama suunta on ilmeisen selvä. Nuorissa metsissä on varsinaisten mykoritsojen osuus huomattavasti suurempi kuin vanhoissa metsissä. Lisäksi nyt selviää, että nuorten metsien lyhytjuurten runsaus aiheutuu lähinnä varsinaisten mykoritsojen runsaudesta, pseudomykoritsojen tiheysluvut eivät puuston iän kasvaessa vähene läheskään yhtä jyrkästi kuin varsinaisten mykoritsojen. Tuloksia havainnollistaa vielä kuva 11.

Edellä esitetty tulos on uusi lisä nuorien ja vanhojen rämemänniköiden väliseen vertailuun, joka kautta linjan on ollut vanhoille rämemänniköille epäedullinen. Muistamme, että lyhytjuurten määrä oli vanhoissa puustoissa selvästi pienempi kuin nuorissa (vrt. s. 52) ja että lyhytjuurten syvyysjakaantuminen oli vanhoissa metsissä pinnallisempaa kuin nuorissa (vrt. s. 56). Näiden tulosten lisäksi tulee siis vielä nyt todettu vanhojen puustojen heikkomuus mykoritsatyypin suhteissa nuoriin verrattuna.

Kuivatuksen vaikutusta mykoritsatyypin suhteisiin tutkitaan samaan tapaan kuin edellä puuston iän vaikutustakin. Aineisto jaetaan kolmeen osaan, märkien ryhmäksi nimitämme niitä näytealoja, joiden kuivatusaste on 3 ja 4, vaillinaisesti kuivattujen ryhmäksi näytealoja, joiden kuivatusaste on 5, 6 ja 7, sekä kuivien ryhmäksi kuivatusasteella 9 ja 10 merkittyjä näytealoja. Taulukossa 15 esitetään tulokset, jotka nyt yksinkertaisuuden vuoksi esitetään siten, että kunkin näytealan varsinaisten mykoritsojen ja pseudomykoritsojen prosenttiluvuista on laskettu



Kuva 11. Mykoritsatyyppien suhteet eri ikäisissä puustoissa.

Abb. 11. Auftreten der Mykorrhizentypen in verschieden alten Baumständen.

ryhmittäin keskiarvot. Koska C- ja D-mykoritsojen osuus on kovin pieni, eivät niiden prosenttiluvut ole riittävän luotettavia, jotta niitä olisi syytä käsitellä erikseen. Mainittakoon kuitenkin, että C-mykoritsa näyttää esiintyvän runsaampana märillä näytealoilla kuin kuivilla (vrt. taulukko 13), jonka seikan muuten jo MELIN (1917) on aikaisemmin todennut.

Taulukosta 15 ilmenee, että varsinaisten mykoritsojen osuus on sitä suurempi, mitä tehokkaampi kuivatus on ollut. Kun tarkastelemme vielä minkä ikäisiä puustoja kuhunkin ryhmään kuuluu, havaitsemme, että kuivien ryhmään kuuluu useampia puustoltaan vanhoja näytealoja kuin vaillinaisesti kuivuneisiin, joissa on vain puustoltaan keski-ikäisiä näytealoja sekä yksi taimistonnäyteala. Puuston ikäsuhteiden tarkastelu siis vain lisää esitetyn tuloksen merkitsevyyttä. Valitettavasti ei aineisto laajemmassa mitassa salli vertailla puustoltaan saman ikäisiä mutta kuivatuksensa puolesta erilaisia näytealoja, jolloin todennäköisesti kuivatuksen vaikutus mykoritsasuhteisiin ilmenisi vielä selvempänä kuin taulukossa 15. Pariin esimerkkiin aineisto kuitenkin antaa tilaisuuden. Näyteala 13 on vanhapuustoinen ja märkä, ja näyteala 10 puolestaan vanhapuustoinen ja kuiva. Jälkimmäisellä näytealalla on varsinaisten mykoritsojen prosenttinen osuus 63.5 %, edellisellä 55.0 %. Nuoripuustoisten näytealojen

Taulukko 15. Varsinaisten mykoritsojen ja pseudomykoritsojen suhteet kuivatukseltaan erilaisilla näytealoilla.

Tabelle 15. Gegenseitiges Verhältnis der echten Mykorrhizen und der Pseudomykorrhizen auf verschieden stark entwässerten Probestflächen.

|                                          | Varsin. mykorits.<br>Echte Mykorrhizen                     | Pseudomykor.<br>Pseudomykorrhizen |
|------------------------------------------|------------------------------------------------------------|-----------------------------------|
|                                          | % lyhytjuurten määrästä<br>% von der Menge der Kurzwurzeln |                                   |
| Märät — Nasse .....                      | 50.1                                                       | 49.9                              |
| Vaillin. kuivatut — Mangelh. entwässerte | 64.3                                                       | 35.7                              |
| Kuivat — Trockne .....                   | 63.8                                                       | 36.2                              |

joukossa on näyteala 7 kuiva ja näyteala 3 vaillinaisesti kuivunut, edellisellä näytealalla on varsinaisia mykoritsoja 73.0 % ja jälkimmäisellä 50.6 % lyhytjuurten kokonaismäärästä.

Edellä on osoitettu, että erityyppisten mykoritsojen suhteet vaihtelevat melko tavalla. Tässä vaihtelussa on havaittavissa selvää suuntausta siten, että puuston iän kasvaessa varsinaisten mykoritsojen tiheys pienenee pseudomykoritsojen tiheyden pysyessä melkein vakiona. Täten puuston vanhetessa varsinaisten mykoritsojen osuus pienenee ja pseudomykoritsojen vastaavasti kasvaa. Kuivatuksen vaikutuksesta varsinaisten mykoritsojen osuus kasvaa ja pseudomykoritsojen pienenee.

Kirjallisuudessa on todettu, että soilla on yleensä kuivilla paikoilla varsinaisten mykoritsojen osuus suurempi kuin märillä paikoilla, joissa puolestaan pseudomykoritsojen osuus on vallitseva (BJÖRKMAN 1942). Nämä maininnat kirjallisuudessa käyvät täten yhteen tässä työssä saatujen tulosten kanssa. Saman tapaista tukea antavat ne tutkimukset, joissa on verrattu tuhkalannoitetun ja lannoittamattoman suon mykoritsasuhteita (MALMSTRÖM 1935, BJÖRKMAN 1941). Sen sijaan ei tekijä ole löytänyt kirjallisuudesta mainintoja siitä, miten mykoritsasuhteet muuttuvat puuston iän mukana. Tosin ne tulokset, joita on saatu lyhytjuurien määrän muutoksista puuston iän mukaan, voidaan tulkita tässä työssä saavutettujen tuloksien mukaisiksi. Useat tutkijat ovat nimittäin havainneet, että lyhytjuurten määrä (tiheys) pienenee puuston iän kasvaessa (esim. BJÖRKMAN 1942), ja toisaalta on osoittautunut, että lyhytjuurten väheessä varsinaisten mykoritsojen osuus heikkenee.



### 324. Mykoritsatyyppien suhteet syvyyskerroksittain

Kun seuraavassa tarkastellaan, minkälaisia ovat mykoritsatyyppien suhteet juuriston eri syvyyskerroksissa, pyritään tällä lähinnä selvittämään edellisessä kappaleessa todettujen mykoritsatyyppien suhteiden muutosten rakennetta. Lisäksi on tietysti oma mielenkiintonsa sillä, minkälaisia ovat mykoritsatyyppien suhteet yleensä juuriston eri syvyyskerroksissa. Lähemmekin tarkastelemaan kysymystä ensin tältä yleiseltä puolelta.

Taulukkoon 16 on laskettu koko aineistosta keskimääräiset tiheysluvut näytealojen keskiarvoina kullekin mykoritsatyyppille syvyyskerroksittain, lisäksi on laskettu kunkin mykoritsatyyppin prosenttisten osuuksien keskiarvot.

Taulukko 16. Mykoritsatyyppien suhteet syvyyskerroksittain.

Tabelle 16. Das Auftreten der Mykorrhizentypen in den verschiedenen Tiefenschichten.

| Syvyyskerros<br>Tiefenschicht | Mykoritsoja kpl/dm juurta<br>Mykorrhizen je 1 dm Wurzel |      |     |          | Mykoritsoja, % kokonaism.<br>Mykorrhizen, % von derem<br>Gesamtmenge |      |     |          |
|-------------------------------|---------------------------------------------------------|------|-----|----------|----------------------------------------------------------------------|------|-----|----------|
|                               | A + B                                                   | C    | D   | Pseudom. | A + B                                                                | C    | D   | Pseudom. |
|                               | 0—5 cm                                                  | 19.3 | 1.2 | 0.9      | 13.4                                                                 | 53.7 | 3.6 | 2.8      |
| 5—10 »                        | 14.6                                                    | 0.4  | 0.2 | 6.0      | 67.9                                                                 | 2.1  | 1.1 | 28.8     |
| 10—15 »                       | 6.2                                                     | 0.1  | 0.0 | 3.1      | 69.2                                                                 | 0.6  | 0.5 | 29.7     |
| 15—20 »                       | 6.6                                                     | 0.0  | 0.0 | 3.7      | 63.3                                                                 | 0.0  | 0.1 | 36.6     |

Taulukon perusteella voimme siis päätellä, että syvempiin kerroksiin siirryttäessä kaikkien mykoritsatyyppien tiheys on pienentynyt. Näyttää kuitenkin siltä, että A + B -tyyppisten mykoritsojen prosenttinen osuus on suurempi syvemmissä kerroksissa. Sen sijaan C- ja D-mykoritsojen esiintyminen käy syvemmissä kerroksissa yhä harvinaisemmaksi, ja niiden prosenttinen osuuskin on syvemmissä kerroksissa selvästi pienempi kuin turpeen pintaosissa. Pseudomykoritsojen osuus puolestaan pienenee syvempiin kerroksiin siirryttäessä.

Primääriaineiston tarkastelu kuitenkin osoittaa, että taulukon 16 esittämästä suunnasta on poikkeuksia (vrt. liite III). Lähempi tarkastelu viittaa siihen, että nämä poikkeukset olisivat kytkeytyneet melko kiinteästi näytealojen kuivatuksen tehokkuuteen. Varsinkin tehokkaasti kuivuneet näytealat poikkeavat esitetystä yleisestä suunnasta, niissä näyttäisi varsinaisten mykoritsojen osuus olevan pienempi syvemmissä kerroksissa,

pseudomykoritsojen prosenttinen osuus taas suurempi. Hyvänä esimerkkinä tällaisesta on näyteala 7, jossa varsinaisten ja pseudomykoritsojen suhteet eri kerroksissa ovat seuraavat:

| Kerros                    | 0—5 cm | 5—10 cm | 10—15 cm | 15—20 cm |
|---------------------------|--------|---------|----------|----------|
| Varsinaisia mykoritsoja % | 73.5   | 71.8    | 63.3     | 58.9     |
| Pseudomykoritsoja %       | 26.5   | 28.2    | 36.7     | 41.1     |

Näytealalta 7 saatua tulosta tukevat muutkin kuivat näytealat, vaikka suunta ei niissä olekaan yhtä selvä. Vaillinaisesti kuivuneilla näytealoilla näyttää puolestaan näytealan 3 edustama tapaus tyypilliseltä.

| Kerros                    | 0—5 cm | 5—10 cm | 10—15 cm | 15—20 cm |
|---------------------------|--------|---------|----------|----------|
| Varsinaisia mykoritsoja % | 48.8   | 64.3    | 59.3     | 62.0     |
| Pseudomykoritsoja %       | 51.2   | 35.7    | 40.7     | 38.0     |

Mykoritsatyyppien suhteet ovat tässä tapauksessa hyvin samantapaiset kuin ne olivat taulukossa 15, mikä onkin luonnollista, sillä edustavathan vaikkinaisesti kuivuneet näytealat koko aineiston keskivertoa.

Märkien näytealojen tyypillisenä edustajana esitettäköön näyteala 12.

| Kerros                    | 0—5 cm | 5—10 cm | 10—15 cm |
|---------------------------|--------|---------|----------|
| Varsinaisia mykoritsoja % | 43.8   | 60.2    | 68.1     |
| Pseudomykoritsoja %       | 56.2   | 39.8    | 31.9     |

Märkien näytealojen mykoritsasuhteet eri kerroksissa ovat suunnaltaan päinvastaiset kuin kuivien, varsinaisten mykoritsojen osuus suurenee ja pseudomykoritsojen osuus puolestaan pienenee syvempiä kerroksia kohden.

Esitetty tulos saattaa tuntua arvoitukselliselta. Olisihan helpommin käsitettävissä, että kuivatus saa aikaan varsinaisten mykoritsojen suhteellisen osuuden lisääntymisen myöskin syvemmissä kerroksissa, mutta nyt näyttääkin olevan päinvastoin. Asia on kuitenkin ymmärrettävä siten, että kuivatus vaikuttaa mykoritsasuhteita muuttavasti lähinnä pintakerroksessa lisäämällä varsinaisten mykoritsojen tiheyttä etenkin juuriston ylimmissä kerroksissa. Kuivatus vaikuttaa, niin kuin aikaisemmin on jo esitetty (s. 53), yleensä lyhytjuurten määrää lisäävästi ja erikoisesti varsinaisten mykoritsojen tiheyttä lisäävästi (vrt. s. 63). Syvemmissä kerroksissa varsinaisten mykoritsojen tiheys kuitenkin nopeasti pienenee tehokkaastikin kuivatuilla näytealoilla, kun sensijaan pseudomykoritsojen tiheys pienenee paljon vähemmän. Toisin sanoen, tulos merkitsee sitä, että määrällä ja tehokkaasti kuivuneella turvealus-

talla kasvavien puustojen juuristot eroavat mykoriesasuhteidensa puolesta eniten turpeen pintaosissa, juuriston syvemmissä kerroksissa mykoriesojen suhteet ovat molemmissa tapauksissa samankaltaiset.

### 325. Kuivatuksen vaikutus lyhytjuuriin

Samoin kuin kuivatuksen todettiin vaikuttavan pitkäjuuriin monella tavoin, lähinnä niiden määrää ja syvyyttä lisäten, on edellä esitetyissä tarkasteluissa todettu kuivatuksen vaikutus myös lyhytjuuriin moninaiseksi.

Kuivatuksen todettiin aiheuttavan lyhytjuurten tiheyden lisääntymistä. Tämä muutos ei tosin ollut suuri, mutta kuitenkin ilmeinen. Sen sijaan kuivatuksen vaikutus lyhytjuurten lukumäärään on jo erittäin selvä, koska tiheyden suurenemisen lisäksi myöskin juurten määrä lisääntyy. Näin ollen voidaan sanoa, että kuivatuksen vaikutuksesta lyhytjuurten määrä varsin huomattavasti suurenee.

Samoin kuin kuivatus vaikuttaa pitkäjuurten syvyyttä lisäävästi, se myöskin aiheuttaa lyhytjuurten kohdalla samantapaisia muutoksia. Tosin lyhytjuurten tiheyslukujen kohdalla ei nytkään tapahdu suuria muutoksia, mutta jos kysymystä tarkastellaan lyhytjuurten lukumäärien valossa on syveneminen kuivatuksen vaikutuksesta jo selvää johtuen tietysti tiheysluvuissa tapahtuvien muutosten lisäksi ennen kaikkea pitkäjuurten syvenemisestä.

Lyhytjuurten määrän lisääntymisen ja niiden esiintymisen syvenemisen lisäksi kuivatus vaikuttaa lyhytjuurten laatuun, niiden mykoriesasuhteisiin. Varsinaisten mykoriesojen, ennen kaikkea A- ja B-mykoriesojen sekä suhteellinen että absoluuttinen määrä suureni kuivatuksen vaikutuksesta huomattavasti. Pseudomykoriesojen osuus puolestaan pieneni. Voidaan siis sanoa, että kuivatus vaikuttaa lyhytjuurten laatua parantavasti. Kuivatuksen aiheuttama mykoriesasuhteiden muutos oli havaittavissa lähinnä turpeen ylimmissä kerroksissa. Syvemmällä ei voitu todeta selviä muutoksia.

Edellä kerratut tulokset, lyhytjuurten määrän lisääntyminen, niiden esiintymisen syveneminen ja koostumuksen paraneminen, ovat kaikki kirjallisuudessa aikaisemmin esitettyjen tulosten kanssa samansuuntaisia. Muutosten suuruuden vertailuun eivät kirjallisuudessa esitetyt tiedot anna mahdollisuuksia, koska aikaisemmat tutkimukset on suoritettu etupäässä taimilla, lisäksi usein aivan erilaisissa olosuhteissa, eikä niissä läheskään aina ole kiinnitetty huomiota muutosten suuruuteen.

Uutena tuloksena lienee pidettävä sitä, että mykoriesasuhteiden muutokset tapahtuivat pääasiassa, ja sikäli kuin tuloksista voitiin todeta, yksinomaan juuriston ylimmissä kerroksissa. Tulos on sikälikin huomion arvoinen, että kuivatus näytti vaikuttavan juuriston muihin piirteisiin yhtä hyvin juuriston ylimmissä kuin sen syvimmissäkin kerroksissa.

### 33. Tulosten tarkastelua rämeiden metsätaloudellista hyväksikäyttöä silmälläpitäen

#### 331. Kuivatusteknillisiä näkökohtia

Tutkimus on ollut siinä määrin perustutkimuksen luontoinen, että sitä ei ole voitu tietoisesti suunnitella joidenkin käytännön kannalta tärkeiden kysymysten ratkaisemista varten. Näin ollen ei tulosten perusteella ole mahdollista antaa suoranaisia ohjeita kuivatussuorityydydestä, sarkaleveydestä ym. metsänohittajaa kiinnostavista seikoista. Tuloksista voidaan kuitenkin jo nyt tehdä eräitä päätelmiä, jotka valaisevat mainittuja kysymyksiä.

Ensinnäkin on todettava, että kuivatus näytti aiheuttavan juuristossa useita muutoksia, joiden kaikkien voidaan päätellä olevan juuriston toiminnan kannalta edullisia. Sellaisiksi kai on tulkittava juurien määrän lisääntyminen, juuriston syveneminen, lyhytjuurten määrän lisääntyminen ja niiden esiintymisen syveneminen sekä mykoriesasuhteiden muuttuminen siten, että varsinaisten mykoriesojen osuus lisääntyy. Edelleen voidaan todeta, että nämä juuriston toiminnan kannalta edulliset muutokset olivat sitä suurempia mitä tehokkaampi kuivatus oli ollut. Toisin sanoen kuivatus ei yhdessäkään tutkitussa tapauksessa ole ollut juuristoa ajatellen liian tehokas. Tutkituista näytealoista ovat kuitenkin eräät (esim. näytealat 4 ja 7) niin tehokkaasti kuivatettuja, ettei vastaavan kuivatuksen aikaansaamista voida nykyisin perustein pitää kustannussyistä ainakaan yleisesti kannattavana. Kuitenkin on täysi syy otaksua, että vielä tehokkaammalla kuivatuksella olisi juuristo saatu kehittymään nykyistäkin elinvoimaisemmaksi. Tästä voitaisiin tehdä se johtopäätös, että juuriston kannalta ja täten todennäköisesti yleensäkin puuston kasvun kannalta olisi edullisimman kuivatuksen pitänyt ainakin tutkimuksen kohteina olleilla rämeillä olla huomattavasti tehokkaampi kuin mihin nykyisellä metsäojituksella yleensä päästään.

Toisaalta on syytä korostaa tulosten niitä piirteitä, jotka osoittivat, kuinka hämmästyttävän pinnallinen rämemännikön juuristo on, ja kuinka

tehokaskin kuivatus syventää juuristoa loppujen lopuksi varsin vähän. Kun esim. KALELAN (1949) mukaan kivennäismaiden männikön juuriston keskisyvyys on lähes 10 cm, on vastaava luku tehokkaastikin kuivuneella rämeellä ollut vain hieman yli 5 cm. Kun vielä muistamme, että juuriston ravinnonotossa tärkein osa, ohuet juuret ja mykoritsat, ovat syvyysjakaantumisessaan vielä pinnallisempia kuin juuristo kokonaisuudessaan, saamme hyvän käsityksen siitä, että vielä tehokkaastikin kuivatulla rämeellä juurten toiminta keskittyy turpeen aivan ohueen pintakerrokseen. Voidaan sanoa, että juuriston toiminta tapahtuu pääasiassa 0—10 cm:n vahvuisessa pintaturvekerroksessa. Tuntuu melkein arvoitukselta, miten näin ohuessa turvekerroksessa, joka lisäksi on verrattain vähän maatumutta, yleensä on riittävästi ravinteita niinkin suurten puumäärien kasvatukseen kuin tutkituissa tapauksissa on ollut. Tuntuu melkein todennäköiseltä, etteivät tuon kerroksen omat ravinnevarat tosiaan riitä, vaan että ravinteita tulee jatkuvasti alemmista kerroksista esim. vesien ylöspäin tapahtuvan virtailun mukana. On kuitenkin ennenaikaista lähteä tässä kaavailemaan niitä kuivatusteknillisiä näkökohtia, joita tuo mahdollinen ilmiö avaa.

Juuriston todetusta pinnallisuudesta voidaan tehdä kaksi käytännöllistä johtopäätöstä. Juuristoa syventämällä olisi ehkä mahdollista kohottaa puuston kasvua huomattavastikin, kysymys on vain siitä, miten juuristo saadaan syvenemään. Kuivatustehoa lisäämällä ei tässä suhteessa ainakaan näytä saatavan ratkaisevaa tulosta. Toisaalta olisi pyrittävä siihen, että tuo ohut pintaturvekerros, jossa juuriston toiminta pääasiassa tapahtuu, saadaan niin edulliseen kasvukuntoon kuin mahdollista. Ja se seikka, että kuivatuksen vaikutus juuristoon todettiin tässä pintaturvekerroksessa ainakin yhtä voimakkaaksi kuin syvemmissäkin kerroksissa, jopa esim. mykoritsojen kohdalla voimakkaammaksi, osoittaa että kuivatuksella tosiaan voidaan vaikuttaa juuri turpeen pintakerrokseen. Eri asia on, onko kuivatustehon lisääminen nykyisessä mielessä, siis lähinnä pohjaveden pintaa alentamalla, paras ratkaisu tässä suhteessa, vai onko löydettävissä muita keinoja, joilla turpeen pintakerroksen kasvukuntoa voidaan taloudellisemmin lisätä.

Mainittakoon vielä lopuksi, että ne tutkimukset, joita on tehty soiden mikrobiston koostumuksesta ja kuivatuksen vaikutuksesta siihen, ovat samaten korostaneet ohuen pintaturpeen ratkaisevaa osuutta tehokkaastikin kuivatulla suolla (HUIKARI 1953 a) ja johtaneet tekijänsä kuivatusteknillisissä sovellutuksissa pitämään kuivatuksen päätavoitteena vesien liikkuvaksi tekemistä pohjavesipinnan alentamisen sijasta (HUIKARI

1953 b). Lisäksi on aihetta viitata Englannissa suoritettuihin suomaiden metsityksiin, joissa maanparannuksen päätavoitteena ei niinkään näytä olleen pohjavesipinnan alentaminen, vaan lähinnä kasvualustan pintaosien kasvukunnon kohottaminen kääntämällä metsitettävän turvemaan pinta, jolloin turpeen maatumisen ilmeisesti nopeutuu, ja johtamalla tiheässä olevia auravakoja myöten pintavedet nopeasti pois (ZEHETMAYR 1954).

### 332. Metsänhoidollisia näkökohtia

Tulosten avaamia metsänhoidollisia näköaloja tarkasteltaessa on tietysti jälleen korostettava käsillä olevan työn perustutkimusluonnetta. Rämemänniköiden biologiaa on työ kuitenkin eräiltä kohdin valaissut siinä määrin, että muutamien metsänhoidollisten johtopäätösten tekeminen tuntuu aiheelliselta.

Tulosten eräs näkyvimpiä piirteitä oli juuristokilpailun kuvastuminen monessakin yhteydessä. Voitiin todeta, että rämemännikkö on biologisesti täystiheä jo suhteellisen nuorella iällä. Varmaa on, että juuristo sulkeutuu paljon aikaisemmin kuin latvusto. Tämä seikka koskee yhtä hyvin luonnontilaisten rämeiden kuin ojitettujenkin soiden puustoa. Seurauksena on tietysti juuristokilpailun äärimmilleen kiristyminen puuston varttuessa ja metsikön ylitiehyys näennäisestä harvuudesta huolimatta. Käytännöllisenä johtopäätöksenä tästä on tietysti todettava, että rämemänniköt on kasvatettava suhteellisen harvoina, ja että harventaminen on aloitettava jo metsikön nuorella iällä. Kun ottaa lisäksi huomioon, että rämemänniköillä on ojituksen jälkeen syntyessään taipumusta liialliseen tiheyteen, näyttää olevan syytä aivan erikoisesti korostaa harvennusten tarpeellisuutta.

Toinen päätulos on jo kuivatusteknillisiä näkökohtia kosketeltaessa korostettu juuriston pinnallisuus. Tähän liittyy varsinkin luonnontilaisilla ja vaillinaisesti kuivuneilla rämeillä pintaturpeen korkeuskasvun haitallinen vaikutus. Juuriston toiminnan kannalta on varmaan tärkeätä, että pintaturpeen korkeuskasvu saadaan lakkaamaan. Luonnontilaisilla rämeillä tämä tuskin kuitenkaan on mahdollista, mutta ojitetuilla rämeillä, joiden suokasvillisuus muuten säilyy sitkeästi, lienee asian auttaminen mahdollisuuksien rajoissa, esimerkiksi runsasta lehtikariketta tuottavien lehtipuiden kasvattaminen männyn kanssa sekapuulajina on varmaan tässä mielessä oikeaan suuntaan johtava toimenpide.

Juuriston tavaton pinnallisuus merkitsee myös, että kaikki toimen-

piteet, jotka edistävät suon pinnan maatumista tai muuten vaikuttavat pinnan kasvukuntoa edistävasti, edistävät välittömästi myöskin juuriston toimintaa. Oikealla metsien käsittelyllä voitaneen tähän seikkaan paljonkin vaikuttaa. Sen sijaan ei liene itsestään selvää, mitkä ovat ne keinot, joilla rämeiden kyseessä olleen aikaansaadaan sopiva maanpinnan hoito. Sopivan lehtipuusekoituksen aikaansaaminen tai säilyttäminen tuntuisi ainakin oikeaan osuvalta toimenpiteeltä.

Lisäksi ilmeni tutkimuksissa muuan seikka, jonka perusteella tuntuu olevan aihetta melko pitkällekin meneviin metsänhoidollisiin päätelmiin. Varsinkin lyhytjuurten määrässä, niiden mykoritsasuhteissa ja syvyysjakaantumisessa voitiin havaita selviä eroja nuorten ja vanhojen puustojen välillä. Erilaisuudet olivat kaikissa tapauksissa sellaisia, että niiden perusteella on nuorten metsien juuristoja pidettävä elinvoimaisuudessa ja toiminnan tehokkuudessa huomattavasti vanhojen metsien juuristoja parempina. Vanhojen metsien juuristot tuntuivat suorastaan sairailta verrattuina nuorten puustojen juuristoihin. Toteamus ei sellaisenaan ole uusi, sama asia on todettu myöskin kivennäismaiden puustoissa (esim. KALELA 1949) ja myöskin mykoritsatutkimusten yhteydessä (esim. BJÖRKMAN 1942), mutta rämemänniköissä näyttää juuriston vanheneminen alkavan aikaisemmin ja tapahtuvan perusteellisemmin kuin kivennäismailla on voitu havaita. Mistä tämä juuriston varhainen ja perusteellinen vanheneminen aiheutuu, on tämän tutkimuksen ulkopuolella. Mahdollisesti se on rämemänniköiden luonteeseen kuuluvaa ja seurausta yleensä epäedullisista kasvuolosuhteista ja ankarasta juuristokilpailusta. Kuivatus todennäköisesti siirtää juuriston vanhenemisen alkamista ja muutenkin lieventää vanhenemisilmiötä, vaikka tutkituissa tapauksissa ei tätä voitukaan havaita. Tehokkaastikin kuivatetulla rämeellä ilmeni juuriston vanheneminen jo keski-ikäisissä puustoissa. Tämä seikka johtunee siitä, että näissä tapauksissa nykyinen puusto on jo ojitettaessa ollut keski-ikäistä. Miten asia olisi ollut, jos olisi ollut tilaisuus tutkia keski-ikäisiä ja vanhoja, ojituksen yhteydessä syntyneitä puustoja. Mahdollista ainakin on, etteivät juuriston vanhenemisilmiöt olisi esiintyneet tällöin yhtä selvinä.

Juuriston varhaisesta vanhenemisestä voidaan ensinnäkin tehdä se johtopäätös, että rämemänniköissä kasvun täytyy kulminoitua suhteellisen aikaisin. Tämä puolestaan merkitsee, että keski-ian saavuttaneen rämemännikön kasvattaminen ei liene enää taloudellista. Kaikesta päätäten ei rämeillä ole syytä pyrkiä tukkipuiden kasvattamiseen, vaan päte-hakkaus ja uudistaminen on suoritettava jo puuston saavutettua kaivos-

ja paperipuun mitat. Näin on laita ainakin luonnontilaisilla rämeillä ja myös niillä ojitetuilla rämeillä, joiden puusto on jo ojitushetkellä ollut keski-ikää lähentelevää. Mahdollisesti alunperin ojitetulle rämeelle syntyneet männiköt ovat tässä suhteessa poikkeuksena, mutta mitenkään varmaa ei sekään ole.

Juuriston vanhenemiseen liittyvä nuorten metsien vieläpä taimistojenkin lyhytjuurten syvyysesiintyminen verrattuna keski-ikäisiin ja vanhoihin puustoihin antaa aihetta vielä erääseen päätelmään. Tutkimuksisahan ilmeni selvästi, että jopa taimistojenkin lyhytjuurten keskisyvyys on suurempi kuin vanhojen rämemänniköiden. Kuten jo tulosta esiteltäessä mainittiin, tämä merkitsee että varttuneet taimistot ja nuoret metsät ottavat ravinteensa syvemmältä kuin keski-ikäiset ja vanhat metsät. Tämä osaltaan selitti rämeille tyypillisen puuston rakenteen, mutta se voidaan myöskin tulkita metsien käsittelyä koskevaksi vihjeeksi. Jos keran nuori puu ottaa ravinteensa syvemmältä kuin vanha puu, voitaneen nuorta puuta menestyksellisesti kasvattaa vanhan puun alla. Tällaiseen on rämeillä erikoinen mahdollisuus, koska puiden välinen kilpailu on lähinnä juuristojen välistä kilpailua; latvustojen välillä sitä ei harvasta asennosta johtuen sanottavasti liene. Toisin sanoen näyttäisi juuriston kannalta katsottuna olevan paikallaan kasvattaa rämemännikkö eri-ikäisenä, eli käsitellä rämemänniköitä harsinnan luontoisilla hakkauksilla, kuten varsinkin luonnontilaisilla rämeillä on suositeltukin (vrt. LUKKALA 1950). Missä määrin männikön kasvattaminen eri-ikäisenä sopii ojitetuille soille, varsinkin kun pääpuusto on syntynyt ojituksen yhteydessä tai sen jälkeen, on vielä täysin arvelujen varassa.

#### 4. Yhdistelmä

Tässä tutkimuksessa on selvitelty rämemänniköiden juuristojen rakennetta, juurten pituutta, juurien paksuutta, juuriston syvyyttä ja syvyysjakaantumista. Tutkimukset käsittävät paitsi edellämainitut piirteet itse juurista eli ns. pitkäjuurista, myöskin lyhytjuuret, joista on selvitetty lukumäärä ja syvyysjakaantuminen sekä mykoritsatyypin suhteet. Tarkastelussa on kiinnitetty erikoista huomiota kuivatusteholtaan erilaisten rämemänniköiden juuristojen eroihin, samoin on yritetty mahdollisuuksien mukaan selvittää juuristojen kehitys puuston eri ikäkausina. Kaikki nämä seikat on selvitetty kasvukauden loppupuoliskon keskiarvoisina piirteinä. Kasvukautinen vaihtelu on esitetty toisessa yhteydessä.

Tutkimuksessa käytetty menetelmä on vastannut tarkoitustaan, ja sen avulla näyttää mahdolliselta luotettavasti, suhteellisen nopeasti ja juuristotutkimusten tarkoituseriä vastaavasti selvittää yleensäkin suometsiköiden juuristojen kokonaisuutena.

Tulokset osoittavat, että rämemänniköiden juurimäärä on suurempi kuin tätä ennen on yleensä otaksuttu. Tuhannen metrin juuripaljous neliömetriä kohti on varttuneessa elinvoimaisessa rämemännikössä tavallista. Juurimäärä kohoaa jo nuorena männikössä maksimimääräänsä, eikä se enää sanottavasti suurene puuston vanhetessa. Ojitetulla suolla kasvavan puuston juuriston kokonaispituus on huomattavasti suurempi kuin saman suuruisen ojitamattomalla suolla kasvavan puuston. Yleensä todettiin, että kuta elinvoimaisempaa puusto on, eli kuta suurempi on vuotuinen kuutiokasvu, sen suurempi oli juuriston kokonaispituus. Selitykseksi on kuitenkin sanottava, että tutkitut metsiköt ovat kaikki viljavuudeltaan lähes samanarvoisilta kasvupaikoilta, ja kasvun erilaisuus aiheutuu kasvualustan erilaisesta tilasta, lähinnä kuivatuksen tehokkuudesta sekä puuston itsensä kehitysvaiheesta ja kunnosta.

Rämemänniköiden juuristot osoittautuivat erittäin pinnallisiksi. Tehokkaasti kuivuneellakaan näytealalla eivät juuret ulottuneet ainakaan huomattavammassa määrässä syvemmälle kuin 20 cm. Suon ylimmässä viiden cm:n vahvuisessa kerroksessa oli yleensä jo 70 % juuriston koko-

naismäärästä ja 10 cm:n syvyisessä kerroksessa yli 90 %, joten seuraaviin kerroksiin (10—20 cm) ulottui vain vajaat 10 % juurista. Vanhan puuston juuristo oli syvemmällä kuin nuoren puuston. Ojitus syventää juuristoja, mutta syveneminen ei ilmene niinkään juuriston alarajan siirtymisenä, vaan siten, että juurien väheneminen syvempiin maakerroksiin siirryttäessä ei ole yhtä jyrkkää kuin luonnontilaisella rämeellä. Tehokkaasti kuivuneellakin rämeellä oli juurista 5 cm:n pintakerroksessa lähes 65 % ja 10 cm:n kerroksessa n. 85 %. Tehokkaankin kuivatuksen aikaansaama juuriston syveneminen oli siis hämmästyttävän pieni. Kun luonnontilaisella suolla juuriston keskisyvyys oli n. 4 cm oli se tehokkaasti kuivuneella suolla vain vähän yli 5 cm. Pohjaveden pinta ja juuriston syvyys olivat tosin vuorosuhteessa keskenään, mutta vuorosuhde ei ollut läheskään kiinteä. Juuristo ei ulottunut syvemmälle kuin 20 cm, vaikka pohjaveden pinta pysytteli koko kasvukauden ajan runsaasti tämän rajan alapuolella; toisissa tapauksissa pohjaveden pinta saattoi suuren osan kasvukautta pysyttellä sen kerroksen yläpuolella, josta vielä tavattiin eläviä juuria.

Pinnallisuuden ohella rämemännikön puiden väliin levittäytyvän juuriston luonteeseen kuuluu, että valtaosa juuria on aivan ohuita. Juurien pituussummasta oli n. 85 % alle yhden mm:n vahvuisia ja 1—2 mm:n vahvuisia juuria oli n. 10 %. Vain muutama prosentti juurista oli vahvempia kuin 2 mm. Puuston vanhetessa suurenee vahvempien juurien osuus ja ohuiden pienenee. Vahvempien juurien runsaus osoittautui puuston koosta välittömästi riippuvaksi, kun sen sijaan ohuitten juurten määrässä näytti kuvastuvan lähinnä puuston elinvoimaisuus. Ojitus kuitenkin näytti toisaalta vaikuttavan juuriston paksuussuhteisiin siten, että alle 1 mm:n vahvuisten juurten osuus väheni ja sitä paksumpien vastavasti lisääntyi.

Eri vahvuisten juurten syvyysjakaantuminen todettiin sikäli erilaiseksi, että ohuitten juurien jakaantuminen oli huomattavasti pinnallisempaa kuin vahvempien juurten. Kun alle 1 mm:n vahvuisten juurten keskisyvyys oli vain hieman yli 4 cm, oli yli 5 cm paksujen juurten keskisyvyys n. 2.5 cm suurempi. Edelleen voitiin todeta, että puuston iän kasvaessa lisääntyi paksujen juurten syvyys suhteellisesti enemmän kuin ohuiden juurien.

Lyhytjuuria tavattiin vain ohuimmissa juurissa, ja niiden määräksi saatiin keskimäärin n. 30 kpl. juuridesimetriä kohden. Puuston iän kasvaessa lyhytjuurten tiheys pienenee. Ojitus lisää lyhytjuurten tiheyttä, vaikka lisäys ei näytäkään kovin suurelta. Ojituksen vaikutus ilmenee sen sijaan voimakkaana lyhytjuurten absoluuttisen lukumäärän kasvuna,

mikä aiheutuu ojituksen aiheuttamasta juurimäärän ja erityisesti ohuiten juurten määrän voimakkaasta lisääntymisestä.

Lyhytjuurten esiintyminen on vielä pinnallisempaa kuin pitkäjuurten. Syvemmissä kerroksissa on juuren pituusyksikköä kohden huomattavasti vähemmän lyhytjuuria kuin pintakerroksissa. Vanhoissa metsiköissä pienee lyhytjuurten tiheysluku syvempiin kerroksiin siirryttäessä paljon jyrkemmin kuin nuorissa metsiköissä, joten vanhoissa metsiköissä lyhytjuurten esiintymisen keskisyvyys on selvästi pienempi kuin nuorissa metsiköissä. Näin on siitä huolimatta, että pitkäjuurten keskisyvyys suurenee puuston iän kasvaessa. Kuivatuksen vaikutuksesta suurenee lyhytjuurten esiintymisen syvyys.

Mykoritsoja koskeneet tutkimukset osoittivat, että rämemänniköiden juuristoissa tavataan A-, B-, C- ja D-mykoritsoja sekä pseudomykoritsoja. C- ja D-mykoritsat ovat paljon harvinaisempia kuin A- ja B-mykoritsat. Varsinaisia mykoritsoja on yleensä ollut enemmän tai ainakin yhtä paljon kuin pseudomykoritsoja. Puuston vanhetessa pienee varsinaisten mykoritsojen osuus pseudomykoritsojen osuuden lisääntyessä, kuivatus vaikuttaa päinvastaiseen suuntaan, varsinaisten mykoritsojen osuus on tehokkaasti kuivatulla näytealalla ollut suurempi kuin vaillinaisesti kuivatetulla. Kuivatuksen vaikutus mykoritsasuhteisiin näytti kuitenkin rajoittuvan pääasiassa turpeen pintakerrokseen.

Suoritetut tutkimukset yhdessä juuriston vuotuisia muutoksia käsittelevien tutkimusten kanssa ovat perustana suopuustojen juuristotutkimuksille yleensä. Työkenttä tällä alalla on vielä tavattoman laaja. Tutkittavana on boniteetiltaan eriarvoisten turvealustojen vaikutus juuristoihin, tutkimukset on laajennettava koskemaan kaikkia pääpuulajejamme, edelleen on tutkittava eri puulajien juuristojen keskinäiset suhtautumiset sekametsiköissä, erilaisten metsänhoidollisten toimenpiteiden vaikutus juuristoihin jne. Nyt suoritetut tutkimukset ovat ainakin osoittaneet, että juuristojen tutkiminen esitetyllä tavalla on antoisa työkenttä, jolla on mahdollista uudesta näkökulmasta valaista monia sekä metsätieteitä että erityisesti suometsätiedettä kiinnostavia kysymyksiä. Monien suometsien hoitoa ja soiden kuivatusta koskevien pulmakysymysten ratkaiseminen näyttää myöskin tätä tietä mahdolliselta.

### Kirjallisuusluettelo

- AALTONEN, V. T., 1920. Über die Ausbreitung und den Reichtum der Baumwurzeln in den Heidewäldern Lapplands. — Acta Forest. Fenn. 14: 1.
- »— 1923. Über die räumliche Ordnung der Pflanzen auf dem Felde und im Walde, eine botanisch-bodenwissenschaftliche Studie. — Ibid. 25: 6.
- ACHROMEJKO, A., 1949. Fisiologitscheskoje obosnowanie stepnogo lesoraswedenia. (Die physiologische Begründung des Steppenwaldbaues.) — Lesnoe chosjaistwo 1942, 2. (Internationaler Forstwirtschaftsbericht'in mukaan.)
- BERGMAN, FRITZ, 1954. Om aspens horisontala rotsystem och mykorrhiza på Oxalis-Myrtillus-Typ. — Konekirjoite Helsingin Yliopiston metsänhoitotiet. laitoksella.
- BJÖRKMAN, ERIK, 1940. Om mykorrhizans utbildning hos tall- och granplantor, odlade i näringsrika jordar vid olika kvävetillförsel och ljusställgång. Summary: Mykorrhiza in pine and spruce seedlings grown under varied radiation intensities in rich soils with or without nitrate added. — Medd. fr. Statens Skogsförsöksanst. 32, 23—74.
- »— 1941. Mykorrhizans utbildning och frekvens hos skogsträd på askgödslande och ögödslande delar av dikad myr. Referat: Die Ausbildung und Frequenz der Mykorrhiza in mit Asche gedüngten Teilen von entwässertem Moor. — Ibid. 32, 255—296.
- »— 1942. Über die Bedingungen der Mykorrhizabildung bei Kiefer und Fichte. — Symb. Bot. Upsal. 6: 2.
- »— 1949. The ecological significance of the ectotrophic mycorrhizal association in forest trees. — Svensk Bot. Tidskr. 43.
- HATCH, A. B., 1937. The physical basis of mycotrophy in Pinus. — Black Rock Forest, Bull. 6.
- HEIKURAINEN, LEO, 1953. Die kiefern bewachsenen eutrophen Moore Nordfinlands, eine Moortypenstudie aus dem Gebiet des Kivalo-Höhenzuges. Selostus: Pohjois-Suomen mäntyä kasvavat eutrofiset suot, Kivalovaarojen alueella suoritettu suotyypitutkimus. — Ann. Bot. Soc. »Vanamo», 26: 2.
- »— 1954. Rämemänniköiden uudistamisesta paljaaksihakkausta käyttäen. Referat: Über natürliche Verjüngung von Reisermoorkiefernbeständen unter Anwendung von Kahlschlag. — Acta Forest. Fenn. 61: 27.
- »— 1955. Über Veränderungen in den Wurzelverhältnissen der Kiefernbestände auf Moorböden im Laufe des Jahres. Selostus: Rämemännikön juuriston vuodenaikaisissa muutoksista. — Ibid 65:2.
- HELLRIEGEL, HERMAN, 1883. Beiträge zu den naturwissenschaftlichen Grundlagen des Ackerbaues. — Braunschweig.

- HERTZ, MARTTI, 1935. Kuusen juuriston ensi kehityksestä. Referat: Die erste Entwicklung des Wurzelwerks der Fichte. — Acta Forest Fenn. 41: 3.
- HUIKARI, OLAVI, 1953 a. Tutkimuksia ojituksen ja tuhkalannoituksen vaikutuksesta eräiden soiden pieneliöstöön. Summary: Studies on the effect of drainage and ash fertilization upon the microbes of some swamps. — Comm. Inst. Forest. Fenn. 42: 2.
- »— 1953 b. Puiden kasvua ehkäisevistä tekijöistä luonnontilaisilla soilla. Summary: Factors preventing the growth of trees on swamps in natural state. — Metsätaloud. Aikakausl. 1953, 226—230.
- »— 1954. Experiments on the effect of aerobic media upon birch, pine and spruce seedlings. Selostus: Kokeita kasvualustan anaerobisuuden vaikutuksesta koivun, männyn ja kuusen taimiin. — Comm. Inst. Forest. Fenn. 42: 5.
- ILVESSALO, YRJÖ, 1948. Pystypuiden kuutioimis- ja kasvunlaskentataulukot. — Tapio.
- KALELA, ERKKI K., 1945. Metsät ja metsien hoito. — WSOY, Porvoo—Helsinki.
- »— 1946. Rämemänniköiden uudistamisen perusteista. — Metsätaloud. Aikakausl. 1946, 5—11.
- »— 1949. Männiköiden ja kuusikoiden juuristosuhteista. I Summary: On the horizontal roots in pine and spruce stand. I. — Acta Forest. Fenn. 57: 2.
- »— 1954. Mäntysiemenpuiden ja -puustojen juurisuhteista. Referat: Über die Wurzelverhältnisse der Kiefern Samenbäume und -baumbestände. — Ibid. 61: 28.
- »— 1955. Über Veränderungen in den Wurzelverhältnissen der Kiefernbestände im Laufe der Vegetationsperiode. Selostus: Männikön juurisuhteiden kasvukautista vaihtelusta. — Ibid. 65:1.
- KESSEL, S. L., 1927. The dependence of certain pine species on a biological soil factor. — Emp. Forest. Jour., 6, 70—74.
- KING, F. H., 1893. Natural distribution of roots in field soils. — Agr. Exp. St. of the Univ. Wisconsin.
- KOKKONEN, P., 1923. Beobachtungen über das Wurzelsystem der Kiefer in Moorböden. — Acta Forest. Fenn. 25: 11.
- LAITAKARI, ERKKI, 1927. Männyn juuristo, morfologinen tutkimus. Summary: The root system of pine (*Pinus silvestris*), a morphological investigation. — Ibid. 33: 1.
- LUKKALA, O. J., 1946. Korpimetsien luontainen uudistaminen. Referat: Die natürliche Verjüngung der Bruchwälder. — Comm. Inst. Forest. Fenn. 34: 3.
- »— 1950. Suot, niiden ojitus, metsittyminen ja metsien hoito. — Suuri Metsäkirja I, 1380—419, Helsinki.
- LUMIALA, O. V., 1944. Über die Beziehung einiger Moorpflanzen zu der Grundwasserhöhe. — Bull. Comm. Geol. Finl. 132.
- MALMSTRÖM, CARL, 1931. Om faran för skogsmarkens försumpning i Norrland. Referat: Über die Gefahr der Versumpfung des Waldbodens in Norrland. — Medd. fr. Statens Skogsförsöksanst. 26, 1—162.
- »— 1935. Om näringsförhållandenas betydelse för torvmarkers skogsproduktiva förmåga. En redogörelse för några belysande gödslingsförsök med träaska, utförda å Robertsfors bruk i Vesterbotten på initiativ av jägmästare V. Ålund, Referat: Über die Bedeutung der Nährstoffbedingungen für das walddproduktive Vermögen der Torfböden. — Ibid. 28, 571—650.
- MELIN, ELIAS, 1917. Studier över de norrländska myrmarkernas vegetation. — Norrländskt Handbibliotek 7, Uppsala—Stockholm.

- MELIN, ELIAS, 1923. Experimentelle Untersuchungen über die Konstitution und Ökologie der Mykorrhizen von *Pinus silvestris* L. und *Picea Abies* (L.) Karts. — Mykologische Untersuchungen und Berichte, 2: 73—331.
- »— 1925. Untersuchungen über die Bedeutung der Baummykorrhiza. Eine ökologisch-physiologische Studie. — Jena.
- »— 1927. Studier över barrträdsplantans utveckling i råhumus. II. Mykorrhizas utbildning hos tallplantan i olika råhumusformer. Referat: Studien über die Entwicklung der Nadelbaumpflanze in Rohhumus. II. Die Ausbildung der Mykorrhiza bei der Kiefernplanze in verschiedenen Rohhumusformen. — Medd. fr. Statens Skogsförsöksanst. 23, 433—494.
- METSÄVAINIO, KAARLO, 1931. Untersuchungen über das Wurzelsystem der Moorpflanzen. — Ann. Bot. Soc. Vanamo 1: 1.
- MIKOLA, PEITSA, 1948. On the physiology and ecology of *Cenococcum graniforme*, especially as a mycorrhizal fungus of birch. Selostus: *Cenococcum graniforme* fysiologiasta ja ekologiasta erityisesti koivun mykorritsasienenä. — Comm. Inst. Forest. Fenn. 36: 3.
- »— 1952. Soistumisen ja metsäojituksen mikrobiologiaa. Summary: On the microbiology of peat formation and artificial drainage. — Suo 3: 6.
- MULTAMÄKI, S. E., 1923. Tutkimuksia ojitettujen turvemaiden metsänkasvusta. Referat: Untersuchungen über das Waldwachstum entwässerter Torfböden. — Acta Forest. Fenn. 27: 1.
- »— 1936. Über den Grundwasserstand in versumpften Waldböden vor und nach der Entwässerung. — V hydrologische Konferenz der baltischen Staaten, 4 A. Finland, Juni 1936.
- OLIVEROS, S., 1932. Effect of soil inoculation on the growth of Benguet Pine (*Pinus insularis* Endl.). — The Makiling Echo, Bur. of Forestry, Dept. of Agr. and natural resources of the Philippine Islands, 11.
- OPITZ, KURT, 1904. Untersuchungen über Bewurzelung und Bestockung einiger Getreidearten. — Mitt. d. Landw. Inst. d. kön. Univ. Breslau, s. 749—816.
- OSVALD, H., 1918. Undersökningar öfver rotsystemens utveckling. — Sv. Mosskult. Fören. Tidskr., 29.
- POLANSKY, B., 1936. Menge und Lagerung der Baumwurzeln im Waldboden. — IV. Kongress des Int. Verb. Forstl. Forschungsanst. Ungarn 1936.
- VON SEELHORST, C., 1902. Beobachtungen über die Zahl und den Tiefgang der Wurzeln verschiedener Pflanzen bei verschiedener Düngung des Bodens. — Journ. f. Landw. 50.
- SIRÉN, GUSTAF ja FRITZ BERGMAN, 1951. Svamparna och våra skogsträd. — Skogsbruket, s. 39—43.
- ZEHETMAYR, J. W. L., 1954. Experiments in tree planting on peat. — Forestry Comm. Bull. 22.
- VALLO, ILMARI, 1951. Juuristotutkimuksia Alatornion—Tervolan koivuruskokorvissa. — Konekirjoite Yliopiston suometsätiet. lait.
- YOUNG, H. E., 1936. A mycorrhiza-forming fungus of *Pinus*. — Journ. Aust. Inst. Agr. Sci., 2.

## REFERAT:

## Der Wurzelaufbau der Kiefernbestände auf Reisermoorböden und seine Beeinflussung durch die Entwässerung

### Einleitung

Wurzeluntersuchungen an Bäumen der Torfböden sind auch schon früher ausgeführt worden. Die ältesten haben vorwiegend die Morphologie und Ausdehnung der Wurzelsysteme und die Tiefenerstreckung der einzelnen Wurzeln betroffen. Daneben sind vergleichende Beobachtungen zwischen unentwässerten und entwässerten Mooren angestellt worden (MELIN 1917; KOKKONEN 1923; MULTAMÄKI 1923; LAITAKARI 1927). Auch die Kurzwurzeln der auf Mooren wachsenden Bäume sind, in erster Linie gelegentlich der Mykorrhizen, zum Gegenstand der Untersuchungen gemacht worden. Dabei sind die Ermittlungen auf die Mykorrhizen der Baumkeimlinge und jungen Bäume, auf einen Vergleich der unentwässerten und entwässerten Moore sowie andererseits auf eine Klärung des Einflusses der Aschedüngung gerichtet worden (MELIN op. c.; MALMSTRÖM 1935; BJÖRKMAN 1941). So bedeutsam die Ergebnisse dieser Untersuchungen auch gewesen sind, ist es auf ihrer Grundlage bisher nicht möglich gewesen, ein Gesamtbild von den Wurzelverhältnissen des Bestandes im ganzen zu gewinnen, und das ist durch sie auch gar nicht bezweckt worden. Später ist man jedoch allmählich bestrebt gewesen, die Wurzelwerke des ganzen Bestandes in die Untersuchung einzubeziehen, sie also als eine Gesamtheit zu behandeln. So hat KALELA (1946) in seiner Untersuchung über die Erneuerung der Kiefernbestände auf Reisermooren verfahren, und VALLO (1951) hat die Bewurzelungsverhältnisse der Birken auf einem nordfinnischen Moortyp als ein Ganzes klarzulegen versucht. Diese Untersuchungen fassen jedoch auf ein verhältnismässig kleines Material und beleuchten nur einen ziemlich beschränkten Sektor des gesamten Fragenkomplexes.

Vorliegende Untersuchung bezieht sich auf den Wurzelbau der Kiefernbestände auf Reisermoorböden. Es wurden ermittelt die Länge und Dicke der Wurzeln sowie die Tiefenerstreckung und Tiefenverteilung der Wurzelsysteme. Ausser den eigentlichen Langwurzeln wurden auch die an diesen sitzenden Kurzwurzeln, ihre Menge und Tiefenverteilung sowie dazu das Auftreten der Mykorrhizentypen untersucht. Besondere Aufmerksamkeit wurde den diesbezüglichen Unterschieden zwischen verschiedenen stark entwässerten Böden geschenkt, ebenso wurde der Möglichkeit nach danach getrachtet, die Entwicklung der Wurzelverhältnisse in verschiedenen Altersstadien des Baumbestandes klarzulegen. Die Ergebnisse gelten als Durchschnittsbefunde für die zweite Hälfte der Vegetationsperiode. Die zeitliche Variation dieser Verhältnisse ist in anderem Zusammenhang einer Betrachtung unterzogen worden (HEIKURAINEN 1955).

### Material und Methode

KALELA (1949) hat gezeigt, dass es möglich ist, die Bewurzelungsverhältnisse eines Waldbestandes zuverlässig und mit relativ geringem Arbeitsaufwand zu untersuchen, indem man dem Bestand Bodenproben von bestimmter Grösse entnimmt und aus diesen dann die Wurzeln untersucht. Dieses Verfahrens hat man sich freilich schon früher in der Botanik und in der landwirtschaftlichen Forschung bedient (KING 1893; SEELHORST 1902; OPITZ 1904; OSVALD 1918; METSÄVAINIO 1931).

Die im vorliegenden Zusammenhang befolgte Methode der Probenentnahme erhellt aus Abb. 1, S. 15. Die Loslösung der Wurzeln aus der Torfprobe erfolgte zuerst mit Hilfe eines auf die Probe gerichteten Wasserstrahls (vgl. Abb. 2, S. 17) und schliesslich mit Händen und Pinzette. Bei der Messung der Wurzeln wurde jedes Wurzelstück in der Probe besonders gemessen. Die Kurzwurzeln wurden unter dem Stereomikroskop gezählt (vgl. Abb. 3, S. 19) und in Verbindung damit auch der Mykorrhizentyp notiert.

Das bei der Untersuchung benutzte Verfahren hat sich als zweckdienlich erwiesen, und es scheint mit dessen Hilfe überhaupt möglich, die Wurzelverhältnisse der Moorböden zuverlässig, mit verhältnismässig geringem Zeitaufwand und den Zwecken einer Wurzeluntersuchung entsprechend klarzulegen.

Das Material der Untersuchung umfasst insgesamt 13 Probeflächen (vgl. Tabellenbeilage I), alle in Mittelfinnland und sowohl auf entwässerten als auf unentwässerten Mooren gelegen, deren Typ jedoch ursprünglich in grossen Zügen derselbe, d.h. entweder ein Zwergstrauchmoor oder ein Wollgras-Reisermoor gewesen ist. Der nach einer 10 gradigen Skala (1 = unentwässert, 10 = völlig ausgetrocknet, Untervegetation schon der eines Heidewaldes ähmlich) ausgedrückte Entwässerungsgrad ist auf den verschiedenen Probeflächen verschieden, ebenso vertreten die Probeflächen verschiedenen Entwicklungsstadien des Baumbestandes.

Das eigentliche auf die Wurzeln bezügliche Material ist in der Tabellenbeilage II und das die Kurzwurzeln betreffende in der Beilage III wiedergegeben. Weil sich die vorliegende und die die jahreszeitlichen Veränderungen der Wurzelverhältnisse behandelnden Untersuchungen Verfassers zum Teil auf dasselbe Material gründen, mögen hier einige auf dieses gemeinsame Material bezügliche Zahlenwerte mitgeteilt werden. Die Grösse der Torfproben hat  $10 \times 10 \times 20$  (25) cm betragen. Ihre Anzahl beläuft sich auf insgesamt 380 und die Gesamtmenge des untersuchten Torfes also auf etwa  $0.8 \text{ m}^3$ . Die zusammengerechnete Länge der gemessenen Wurzeln beträgt etwa 4 000 m und die der zur Zählung der Kurzwurzeln mikroskopisch untersuchten Wurzeln etwa 560 m. Dazu sind für die vorliegende Arbeit etwa 300 Messungen des Grundwasserstandes ausgeführt worden.

### Die Ergebnisse

#### Langwurzeln

Die Befunde erweisen, dass die Wurzelmenge in Kiefernbeständen auf Reisermoorböden grösser ist, als man bisher allgemein angenommen hat. Ein Kilometer Wurzeln auf einem Quadratmeter ist in einem ausgewachsenen, lebenskräftigen Bestand nichts Ungewöhnliches (vgl. Tab. 1, S. 29). Die Wurzelmenge erreicht schon im jungen Bestand seinen maximalen Betrag und nimmt dann nicht mehr nennenswert zu. Auf einem entwässerten Moor ist die Gesamtwurzelmenge bedeutend grösser als in einem gleichgrossen Bestand auf unentwässertem Moor. Als allgemeine Feststellung ergab sich,



dass, je lebenskräftiger der Bestand oder also je grösser der jährliche Kubikzuwachs war, desto grösser war die Gesamtlänge der in den Proben gefundenen Wurzeln. Zur Erklärung muss jedoch gesagt werden, dass die untersuchten Bestände ihrer Bonität nach durchgehends unter sich annähernd gleichwertig waren, weshalb also die Zuwachsdifferenzen durch den verschiedenen Zustand der Unterlage, in erster Linie die Effektivität der Entwässerung sowie den verschiedenen Zustand und Entwicklungsgrad des Bestandes selbst bedingt gewesen sind.

Die Kiefern erwiesen sich auf den untersuchten Reisermooren als sehr oberflächlich bewurzelt. Auch auf der effektiv entwässerten Probefläche drangen die Wurzeln jedenfalls nicht in erheblicherem Umfang tiefer als bis 20 cm in den Torf. Schon die oberste Schicht von 5 cm enthielt im allgemeinen 70 % aller Wurzeln, die oberste Schicht von 10 cm nicht minder als 90 %. Mit zunehmendem Alter des Bestandes verlegt sich das Wurzelwerk der Bäume allmählich tiefer (vgl. Tab. 2, S. 33 und Abb. 5 S. 34). Eine ähnliche Wirkung hat die Entwässerung, sie äussert sich aber nicht in einem Tieferücken der unteren Bewurzelungsgrenze, sondern darin, dass die Wurzelmenge nach unten hin nicht so schroff wie auf unentwässertem Reisermoor abnimmt. Auch auf dem effektiv entwässerten Moor befanden sich fast 65 % aller Wurzeln in der obersten Schicht von 0—5 cm und auch in der 0—10 cm-Schicht noch etwa 85 %. Auch im Falle einer effektiven Austrocknung war also die Tieferverlegung des Wurzelwerkes auffallend gering (vgl. Tab. 3, S. 35 und 4, S. 36). Während sich die mittlere Tiefe des Wurzelwerkes auf unentwässertem Moor auf etwa 4 cm belief, betrug sie auf dem stark entwässerten Moor über 5 cm.

Grundwasserstand und Bewurzelungstiefe standen allerdings im Wechselverhältnis zueinander, diese Korrelation war aber weitaus nicht eine innige. Das Wurzelwerk erstreckte sich nicht tiefer als bis 20 cm, trotzdem sich der Grundwasserspiegel die ganze Vegetationsperiode hindurch bedeutend unterhalb dieser Grenze hielt, in anderen Fällen wiederum konnte der Grundwasserspiegel während eines grossen Teiles der Vegetationsperiode oberhalb der Schicht gelegen sein, in der noch lebende Wurzeln angetroffen wurden (vgl. Tab. 5, S. 39 und Abb. 6, S. 40).

Einen zweiten kennzeichnenden Zug des sich in den Zwischenraum der Bäume ausbreitenden Wurzelwerkes der Reisermoor-Kiefernbestände bildet neben seiner Oberflächlichkeit der Umstand, dass der weitaus grösste Teil der Wurzeln ganz dünn ist. Von der Längensumme der Wurzeln entfielen etwa 85 % auf die unter 1 mm dicken Wurzeln, und der Anteil der 1—2 mm dicken Wurzeln belief sich auf etwa 10 %. Beim Altern des Bestandes nimmt der Anteil der dickeren Wurzeln zu, der der dünneren ab (vgl. Tab. 6, S. 42 und Abb. 7, S. 43). Die Menge der dickeren Wurzeln erwies sich als unmittelbar von der Grösse der Bäume abhängig, während sich in der Menge der dünnen Wurzeln vor allem die Lebenskraft des Bestandes widerspiegelt. Die Entwässerung schien andererseits insofern die Dickenverhältnisse des Wurzelwerkes zu beeinflussen, als der Anteil der unter 1 mm dicken Wurzeln ab-, der der dickeren Wurzeln zunahm (vgl. Tab. 7, S. 44).

Die Tiefenverteilung der verschieden dicken Wurzeln erwies sich insofern als verschieden, als die dünnen Wurzeln bedeutend oberflächlicher als die dickeren verteilt waren. Während sich die durchschnittliche Tiefe der unter 1 mm dicken Wurzeln nur etwas über 4 cm belief, lagen die über 5 mm dicken Wurzeln durchschnittlich etwa 6.5 cm tief (vgl. Tab. 8, S. 46 und Abb. 8, S. 47). Weiter konnte festgestellt werden, dass bei zunehmendem Alter des Bestandes die Tiefenlage der dicken Wurzeln relativ mehr als die der dünnen zunahm (vgl. Abb. 9, S. 49).

### Kurzwurzeln

Kurzwurzeln wurden nur an den dünnsten Wurzeln angetroffen, und zwar durchschnittlich etwa 30 Stück je Wurzeldezimeter (vgl. Tab. 9, S. 52). Dieser Wert sinkt bei zunehmendem Alter des Bestandes allmählich, dagegen wirkt die Entwässerung erhöhend auf den Dichtstand der Kurzwurzeln, anscheinend jedoch nicht viel. Wohl aber äussert sich die Wirkung der Entwässerung in Form eines kräftigen Anstiegs der absoluten Kurzwurzelzahlen, was davon herrührt, dass bei der Entwässerung die Menge der Wurzeln und insbesondere die der dünnen Wurzeln erheblich zunimmt.

Das Auftreten der Kurzwurzeln ist noch oberflächlicher als das der Langwurzeln (vgl. Tab. 10, S. 54). In den tieferen Schichten des Wurzelbodens findet man Kurzwurzeln je Längeneinheit der Langwurzeln weit weniger als in den Oberflächenschichten. In alten Beständen sinkt der Dichtstand der Kurzwurzeln nach der Tiefe hin viel rascher als in jungen, und darum ist die durchschnittliche Tiefenlage der Kurzwurzeln in den ersteren deutlich kleiner als in den letzteren, trotz der mit dem Alter des Bestandes zunehmenden durchschnittlichen Tiefenlage der Langwurzeln (vgl. Tab. 11, S. 56 und Abb. 10, S. 57). Durch Einwirkung der Entwässerung nimmt die Tiefenlage der Kurzwurzeln zu, allerdings nur wenig (vgl. Tab. 12, S. 59).

Die Untersuchungen über die Mykorrhizen gaben zur Hand, dass in den Wurzelwerken der Reisermoor-Kiefernbestände die A-, B-, C-, D- und Pseudomykorrhizen vertreten sind. Die C- und D-Mykorrhizen sind im Vergleich zu den A- und B-Mykorrhizen weit seltener (vgl. Tab. 13, S. 60). Im allgemeinen hat es echte Mykorrhizen mehr als oder zumindest ebensoviel wie Pseudomykorrhizen gegeben. Bei zunehmendem Alter des Bestandes sinkt der Anteil der echten Mykorrhizen, während der der Pseudomykorrhizen steigt (vgl. Tab. 14, S. 61 und Abb. 11, S. 62). Die Entwässerung wirkt entgegengesetzt; der Anteil der echten Mykorrhizen war auf der effektiv entwässerten Probefläche grösser als auf der mangelhaft ausgetrockneten (vgl. Tab. 15, S. 63). Der Einfluss der Entwässerung auf die Mykorrhizenverhältnisse schien jedoch zur Hauptsache auf die Oberflächenschicht des Torfes beschränkt zu sein.

Beim Untersuchen der Tiefenverteilung der verschiedenen Mykorrhizentypen wurde gefunden, dass der Dichtstand sämtlicher Typen nach der Tiefe hin abnahm. Was wiederum die gegenseitigen Mengenverhältnisse der Mykorrhizentypen betrifft, so ergibt sich als deutlichster Zug die Verminderung des Anteils der Typen C und D tiefenwärts und ihr völliges Fehlen in der tiefsten unterschiedenen Schicht (vgl. Tab. 16, S. 64).

### Schlussbetrachtung

Trotzdem es sich im vorliegenden Zusammenhang lediglich um grundlegende Untersuchungen handelt, haben sich jedoch dabei auch einige solche Befunde ergeben, die zu praktischen Schlüssen berechtigen. Diese Schlüsse lassen sich in entwässerungstechnische und waldbauliche einteilen. Von den ersteren wohl als der wichtigste ist zu erwähnen, dass den Untersuchungsbefunden gemäss auch die effektivste Entwässerung, wenn es sich um die Reisermoore handelt, vom Standpunkt der Wurzeltätigkeit immer noch unzureichend ist. Die Steigerung des Entwässerungseffekts durch künstliche Senkung des Grundwasserspiegels würde aller Wahrscheinlichkeit nach eine Entwicklung der Bewurzelungsverhältnisse in noch günstigere Richtung bewirken. Die günstigste Entwässerung müsste also bedeutend effektiver sein als diejenige, die durch die in Finn-

land heute gebräuchliche Waldentwässerung im allgemeinen wirtschaftlich erzielbar ist. Andererseits deutet die Oberflächlichkeit der Bewurzelung sogar auf nachhaltig entwässerten Reisermooren darauf hin, dass das wirtschaftlich günstigste Ziel der Entwässerung gar nicht in einer hinreichend grossen Senkung des Grundwasserspiegels besteht, sondern dass als jenes Ziel eine Steigerung der Wüchsigkeit der oberflächlichen Bodenschicht zu gelten hat. Auch durch waldbauliche Massnahmen lässt sich die Wüchsigkeit des Oberflächentorfes geeigneterweise pflegen und heben. Ein solches Ergebnis wäre z.B. durch Aufzucht von Birken als Mischholzart erzielbar.

Die Untersuchung ergab durchgehends deutliche Anzeichen von der auf Reisermooren herrschenden strengen Wurzelkonkurrenz, die darauf hindeuten scheint, dass die Kiefernbestände der Reisermoore verhältnismässig räumlich zu ziehen sind, sowie dass überdies die Durchforstung schon im jungen Alter des Bestandes einzuleiten ist. Ausserdem darf gefolgert werden, dass sich ein Langholzbetrieb auf Reisermooren nicht lohnt, sondern es dürfte der Verjüngungshieb am vorteilhaftesten schon bei erreichter Papier- und Grubenholzreife des Bestandes vorzunehmen sein. Zu einem solchen Schluss scheinen zumal diejenigen Befunde zu berechtigen, die ergaben, dass schon bei Reisermoorkiefern im mittleren Alter die Wurzeln in vielen Beziehungen schwächer als bei jungen Bäumen sind.

Der Vergleich mit den Wurzelverhältnissen der Kiefernbestände auf Mineralboden (KALELA 1949) schien folgenderlei Schlüsse zu erlauben. Die Wurzelbildung ist in einem Kiefernbestand auf Reisermoorboden wenigstens je Voluminhalt des Bestandes berechnet bedeutend ausgiebiger als im entsprechenden Bestand auf Mineralboden, auch liegen die Wurzeln viel oberflächlicher. Der Anteil der dünnen Wurzeln scheint auf Reisermoorboden gleichfalls deutlich grösser als auf Mineralboden zu sein. Der Unterschied den letzteren gegenüber ist in betreff sämtlicher erwähnten Züge um so grösser, je näher dem Naturzustand sich das Reisermoor befindet. Die Entwässerung ruft also in den Wurzelverhältnissen Veränderungen hervor, durch die ein solcher Reisermoorboden dem Mineralboden näher gebracht wird. Es scheint jedoch, wie wenn auch in bestem Falle keine völlige Übereinstimmung erlangt würde.

Die hier referierten Untersuchungen zusammen mit den Ermittlungen über die jahreszeitlichen Veränderungen der Wurzelverhältnisse bilden einen Grund für Wurzeluntersuchungen in Moorbeständen überhaupt, und das Arbeitsfeld ist vorläufig noch so gut wie unüberschaubar. Zu untersuchen ist noch der Einfluss verschieden wüchsiger Torfböden auf die Wurzelverhältnisse, ferner müssen die Untersuchungen auf sämtliche Hauptholzarten unseres Landes erweitert werden. Ebenso gilt es das gegenseitige Verhalten der Wurzelwerke in Mischbeständen, desgleichen die Einwirkung verschiedener waldbaulicher Massnahmen auf die Wurzelverhältnisse zu untersuchen, und vieles andere mehr. Die im vorliegenden Zusammenhang ausgeführten Untersuchungen haben auf jeden Fall gezeigt, dass die Untersuchung der Wurzelverhältnisse auf hier beschriebene Weise ein ergiebiges Arbeitsfeld bietet, sowie dass derartige Untersuchungen geeignet sind, viele sowohl die Forstwissenschaften überhaupt als speziell die forstliche Moorkunde interessierende Fragen von neuen Gesichtspunkten aus zu beleuchten. Auch die Lösung vieler die Pflege der Moorwälder und die Moorentwässerung betreffender Fragen scheint durch sie möglich.

Liite I. Näytealtiedot ja puustokuvaus.  
Beilage I. Angaben über die Probestellen und deren Baumbestand.

| Näyte-<br>alan<br>N:o<br>Pyl.<br>Nr. | Ojitettu, v.<br>Jahr der Ent-<br>wässerung | Suotyypit <sup>1</sup><br>Moortyp |                   | Kuivatusaste<br>Entwässerungs-<br>grad | Puuston ikä, v.<br>Alter des Bestan-<br>des J. | m <sup>3</sup> /ha kuorineen<br>m <sup>3</sup> /ha mit Rinde | Runko-<br>luku<br>kpl/ha<br>Stamm-<br>anzahl / ha | Vaitakeski-<br>läpimitta<br>cm<br>Herrschender<br>Stamm-<br>durchmesser<br>cm | Juoks. vuot.<br>kasvu<br>Laufender<br>Jahreszuwachs |      | Tutkittu<br>v.<br>Probestelle<br>und Jahr |
|--------------------------------------|--------------------------------------------|-----------------------------------|-------------------|----------------------------------------|------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|------|-------------------------------------------|
|                                      |                                            | Alkuperäinen<br>Ursprünglich      | Nykyinen<br>Heute |                                        |                                                |                                                              |                                                   |                                                                               | m <sup>3</sup> /ha                                  | %    |                                           |
| 1                                    | 1913                                       | INR                               | Rmu               | 8                                      | 60                                             | 65                                                           | 3 800                                             | 21.4                                                                          | 2.2                                                 | 4.2  | 1952                                      |
| 2                                    | 1913                                       | INR                               | Roj               | 4                                      | 70                                             | 32                                                           | 1 150                                             | 20.5                                                                          | 0.6                                                 | 2.5  | 1952                                      |
| 3                                    | 1913                                       | IR                                | Rmu               | 6                                      | 60                                             | 43                                                           | 4 650                                             | 13.0                                                                          | 2.4                                                 | 7.1  | 1953                                      |
| 4                                    | 1913                                       | IR                                | Vtk               | 9                                      | 80                                             | 73                                                           | 1 250                                             | 19.1                                                                          | 2.6                                                 | 4.4  | 1953                                      |
| 5                                    | 1933                                       | IR                                | Rmu               | 7                                      | 45                                             | 42                                                           | 3 500                                             | 15.6                                                                          | 2.3                                                 | 6.9  | 1953                                      |
| 6                                    | 1933                                       | IR                                | Roj               | 5                                      | 45                                             | 37                                                           | 2 800                                             | 14.6                                                                          | 1.9                                                 | 6.5  | 1953                                      |
| 7                                    | 1918                                       | HSR                               | Mtk               | 9                                      | 35                                             | 94                                                           | 2 350                                             | 18.7                                                                          | 4.5                                                 | 6.4  | 1954                                      |
| 8                                    | Ojittamaton<br>Unentwässert                | —                                 | IR                | 1                                      | 150                                            | 68                                                           | 700                                               | 20.7                                                                          | 1.0                                                 | 1.7  | 1952                                      |
| 9                                    | 1923                                       | INR                               | Roj               | 5                                      | 10                                             | —                                                            | —                                                 | —                                                                             | —                                                   | —    | 1953                                      |
| 10                                   | 1908                                       | IR                                | Vtk               | 10                                     | 160                                            | 124                                                          | 880                                               | 23.1                                                                          | 0.6                                                 | 0.6  | 1953                                      |
| 11                                   | 1908                                       | IR                                | Vtk               | 9                                      | 15                                             | —                                                            | —                                                 | —                                                                             | —                                                   | —    | 1954                                      |
| 12                                   | 1918                                       | INR                               | Roj               | 3                                      | 20                                             | 15                                                           | 4 050                                             | 5.2                                                                           | 1.0                                                 | 10.0 | 1953                                      |
| 13                                   | 1923                                       | INR                               | Rmu               | 4                                      | 110                                            | 22                                                           | 650                                               | 15.1                                                                          | 0.2                                                 | 0.1  | 1953                                      |

<sup>1</sup> INR = Wollgras-Reisermoor      HSR = Oligotrophes Seggen-Reisermoor  
 Roj = Entwässertes Reisermoor      Vtk = Vaccinium-Torfheide  
 Mtk = Myrtiltus-Torfheide

Liite II. Juurten pituus paksuusluokittain eri syvyyskerroksissa.  
Beilage II. Länge der Wurzeln in den verschiedenen Tiefenschichten und Dickenklassen.

| Näytealan N:o<br>Prfl. Nr.                           | 1                                                   | 2                          | 3                         | 4                         | 5                          | 6                          | 7                          | 8                           | 9                         | 10                        | 11                        | 12           | 13            |
|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------|---------------|
|                                                      |                                                     |                            |                           |                           |                            |                            |                            |                             |                           |                           |                           |              |               |
| Syvyys-<br>kerros,<br>cm<br>Tiefen-<br>schicht<br>cm | Paksuus-<br>luokka<br>mm<br>Dicken-<br>klasse<br>mm |                            |                           |                           |                            |                            |                            |                             |                           |                           |                           |              |               |
|                                                      | 27. VIII<br>10                                      | 18. VII—<br>27. VIII<br>19 | 4. VII—<br>22. VIII<br>24 | 4. VII—<br>22. VIII<br>24 | 11. VII—<br>29. VIII<br>24 | 11. VII—<br>29. VIII<br>24 | 14. VII—<br>29. VIII<br>24 | 10. VIII—<br>30. VIII<br>18 | 5. VIII—<br>8. VIII<br>13 | 8. VIII,<br>16. VIII<br>9 | 9. VIII,<br>17. VIII<br>8 | 9. VIII<br>6 | 16. VIII<br>4 |
| 0—5                                                  | 435                                                 | 331                        | 474                       | 465                       | 608                        | 441                        | 885                        | 383                         | 202                       | 706                       | 384                       | 467          | 348           |
|                                                      | 1—2                                                 | 33                         | 45                        | 61                        | 42                         | 52                         | 66                         | 28                          | 17                        | 109                       | 55                        | 19           | 28            |
|                                                      | 2—5                                                 | 13                         | 12                        | 10                        | 8                          | 10                         | 22                         | 3                           | 0                         | 26                        | 13                        | 4            | 6             |
|                                                      | > 5                                                 | 5                          | 3                         | 3                         | 2                          | 2                          | 3                          | 1                           | 0                         | 6                         | 0                         | 0            | 0             |
| 5—10                                                 | 101                                                 | 71                         | 106                       | 111                       | 192                        | 100                        | 232                        | 163                         | 32                        | 224                       | 55                        | 56           | 170           |
|                                                      | 1—2                                                 | 30                         | 22                        | 21                        | 56                         | 44                         | 35                         | 21                          | 16                        | 77                        | 15                        | 5            | 12            |
|                                                      | 2—5                                                 | 21                         | 13                        | 8                         | 17                         | 11                         | 8                          | 13                          | 0                         | 33                        | 7                         | 3            | 6             |
|                                                      | > 5                                                 | 4                          | 4                         | 1                         | 4                          | 2                          | 0                          | 1                           | 0                         | 5                         | 0                         | 0            | 2             |
| 10—15                                                | 59                                                  | 15                         | 39                        | 63                        | 28                         | 17                         | 71                         | 19                          | 0                         | 96                        | 23                        | 62           | 4             |
|                                                      | 1—2                                                 | 17                         | 4                         | 13                        | 15                         | 6                          | 7                          | 9                           | 0                         | 23                        | 5                         | 0            | 1             |
|                                                      | 2—5                                                 | 11                         | 2                         | 3                         | 5                          | 4                          | 4                          | 11                          | 0                         | 22                        | 0                         | 0            | 0             |
|                                                      | > 5                                                 | 1                          | 0                         | 1                         | 1                          | 1                          | 0                          | 1                           | 0                         | 6                         | 0                         | 0            | 0             |
| 15—20 <sup>1</sup>                                   | 25                                                  | 1                          | 15                        | 8                         | 5                          | 1                          | 20                         | 5                           | 0                         | 26                        | 0                         | 0            | 0             |
|                                                      | 1—2                                                 | 4                          | 0                         | 6                         | 2                          | 0                          | 3                          | 1                           | 0                         | 7                         | 0                         | 0            | 0             |
|                                                      | 2—5                                                 | 1                          | 0                         | 2                         | 0                          | 0                          | 1                          | 0                           | 0                         | 13                        | 0                         | 0            | 0             |
|                                                      | > 5                                                 | 0                          | 0                         | 0                         | 0                          | 0                          | 0                          | 0                           | 0                         | 6                         | 0                         | 0            | 0             |
| 0—20                                                 | 620                                                 | 418                        | 634                       | 647                       | 833                        | 559                        | 1 208                      | 570                         | 234                       | 1 052                     | 462                       | 585          | 522           |
|                                                      | 1—2                                                 | 94                         | 59                        | 99                        | 107                        | 102                        | 111                        | 59                          | 33                        | 216                       | 75                        | 24           | 41            |
|                                                      | 2—5                                                 | 46                         | 26                        | 25                        | 27                         | 25                         | 35                         | 27                          | 0                         | 94                        | 20                        | 7            | 12            |
|                                                      | > 5                                                 | 10                         | 7                         | 5                         | 8                          | 5                          | 3                          | 3                           | 0                         | 23                        | 0                         | 0            | 2             |
| 0—20                                                 | 770                                                 | 510                        | 759                       | 780                       | 974                        | 691                        | 1 357                      | 659                         | 267                       | 1 385                     | 557                       | 616          | 577           |

<sup>1</sup> Näytealalla 7 15—25 cm. — Auf Prfl. 7 15—25 cm.

Liite III. Lyhytjuurten ja mykoritsojen tiheys (kpl/dm juurta) mykoritsatyypeittäin eri syvyyskerroksissa.

Beilage III. Dichtstand der Kurzwurzeln und Mykorrhizen (Anzahl je 1 dm Wurzel), auf die Mykorrhizentypen verteilt, in den verschiedenen Tiefenschichten.

| Näytealan N:o<br>Prfl. Nr.                                                                                                                                  | 3                                           | 4     | 5    | 6    | 7                | 9    | 10    | 12   | 13   |                                                                              |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|-------|------|------|------------------|------|-------|------|------|------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                             |                                             |       |      |      |                  |      |       |      |      | Mikroskoipoitujen juurten pituus, cm<br>Länge der mikroskopierte Wurzeln, cm |
| Syvyys-<br>kerros, cm<br>Tiefen-<br>schicht, cm                                                                                                             | Mykoritsa-<br>tyyppi<br>Mykor-<br>rhizentyp |       |      |      |                  |      |       |      |      |                                                                              |
| 0—5                                                                                                                                                         | 1 227                                       | 1 210 | 867  | 950  | 2 850            | 720  | 1 451 | 717  | 892  |                                                                              |
| 5—10                                                                                                                                                        | 483                                         | 444   | 678  | 553  | 1 902            | 250  | 782   | 136  | 251  |                                                                              |
| 10—15                                                                                                                                                       | 369                                         | 462   | 290  | 117  | 735              | —    | 415   | 125  | 16   |                                                                              |
| 15—20                                                                                                                                                       | 66                                          | 81    | 63   | —    | <sup>1</sup> 278 | —    | 208   | —    | —    |                                                                              |
| Lyhytjuurten ja erityyppisten mykoritsojen tiheys, kpl/dm juurta<br>Dichtstand der Kurzwurzeln und verschiedenen Mykorrhizentypen,<br>Anzahl je 1 dm Wurzel |                                             |       |      |      |                  |      |       |      |      |                                                                              |
| 0—5                                                                                                                                                         | A + B                                       | 12.3  | 14.8 | 16.5 | 21.4             | 38.5 | 23.7  | 22.0 | 14.8 | 9.7                                                                          |
|                                                                                                                                                             | C                                           | 0.9   | 0.3  | 0.8  | 0.5              | 0.3  | 5.6   | 0.0  | 1.0  | 1.8                                                                          |
|                                                                                                                                                             | D                                           | 1.2   | 1.4  | 2.5  | 0.3              | 0.0  | 1.7   | 0.8  | 0.4  | 0.0                                                                          |
|                                                                                                                                                             | Pseudom.                                    | 15.1  | 13.4 | 12.3 | 11.3             | 14.0 | 10.9  | 10.8 | 20.8 | 11.7                                                                         |
|                                                                                                                                                             | Σ                                           | 29.5  | 29.9 | 32.1 | 33.5             | 52.8 | 41.9  | 33.6 | 37.0 | 23.2                                                                         |
| 5—10                                                                                                                                                        | A + B                                       | 9.4   | 5.9  | 9.0  | 13.3             | 15.3 | 44.1  | 5.4  | 27.5 | 1.9                                                                          |
|                                                                                                                                                             | C                                           | 0.3   | 0.0  | 0.0  | 0.4              | 0.0  | 0.0   | 0.2  | 0.0  | 0.4                                                                          |
|                                                                                                                                                             | D                                           | 0.2   | 0.2  | 0.5  | 0.1              | 0.0  | 0.0   | 0.0  | 1.1  | 0.0                                                                          |
|                                                                                                                                                             | Pseudom.                                    | 5.5   | 4.9  | 2.9  | 3.1              | 6.0  | 10.0  | 1.3  | 18.9 | 1.1                                                                          |
|                                                                                                                                                             | Σ                                           | 15.4  | 11.0 | 12.4 | 16.9             | 21.3 | 54.1  | 6.9  | 47.5 | 3.4                                                                          |
| 10—15                                                                                                                                                       | A + B                                       | 5.1   | 4.9  | 6.4  | 4.9              | 9.3  | —     | 3.1  | 13.4 | 2.1                                                                          |
|                                                                                                                                                             | C                                           | 0.0   | 0.0  | 0.0  | 0.0              | 0.0  | —     | 0.0  | 1.1  | 0.0                                                                          |
|                                                                                                                                                             | D                                           | 0.0   | 0.3  | 0.0  | 0.0              | 0.0  | —     | 0.0  | 0.0  | 0.0                                                                          |
|                                                                                                                                                             | Pseudom.                                    | 3.5   | 4.5  | 1.7  | 1.0              | 5.4  | —     | 0.0  | 6.8  | 1.7                                                                          |
|                                                                                                                                                             | Σ                                           | 8.6   | 9.7  | 8.1  | 5.9              | 14.7 | —     | 3.1  | 21.3 | 3.8                                                                          |
| 15—20 <sup>1</sup>                                                                                                                                          | A + B                                       | 6.7   | 6.0  | 7.4  | —                | 11.2 | —     | 1.7  | —    | —                                                                            |
|                                                                                                                                                             | C                                           | 0.0   | 0.0  | 0.0  | —                | 0.0  | —     | 0.0  | —    | —                                                                            |
|                                                                                                                                                             | D                                           | 0.0   | 0.0  | 0.0  | —                | 0.1  | —     | 0.0  | —    | —                                                                            |
|                                                                                                                                                             | Pseudom.                                    | 4.0   | 1.4  | 2.2  | —                | 7.9  | —     | 2.8  | —    | —                                                                            |
|                                                                                                                                                             | Σ                                           | 10.8  | 7.4  | 9.6  | —                | 19.2 | —     | 4.5  | —    | —                                                                            |
| 0—20                                                                                                                                                        | A + B                                       | 11.2  | 12.3 | 14.2 | 19.9             | 32.6 | 26.5  | 14.9 | 16.7 | 7.1                                                                          |
|                                                                                                                                                             | C                                           | 0.8   | 0.3  | 0.5  | 0.5              | 0.2  | 4.8   | 0.1  | 0.9  | 1.3                                                                          |
|                                                                                                                                                             | D                                           | 0.9   | 1.1  | 2.0  | 0.3              | 0.1  | 1.5   | 0.5  | 0.4  | 0.0                                                                          |
|                                                                                                                                                             | Pseudom.                                    | 12.6  | 11.2 | 9.4  | 9.9              | 12.2 | 10.8  | 8.9  | 18.3 | 8.2                                                                          |
|                                                                                                                                                             | Σ                                           | 25.5  | 24.9 | 26.1 | 30.6             | 45.1 | 43.6  | 24.4 | 36.3 | 16.6                                                                         |

<sup>1</sup> Näytealalla 7 15—25 cm. — Auf Prfl. 7 15—25 cm.