

FOLIA FORESTALIA 267

METSA-TUTKIMUSLAITOS · INSTITUTUM FORESTALE FENNIAE · HELSINKI 1976

JARI PARVIAINEN

TAIMIEN JUURTEN LEIKKAAMINEN
KASVATUKSEN JA ISTUTUKSEN
YHTEYDESSÄ
KIRJALLISUUTEEN PERUSTUVA
TARKASTELU

ROOT PRUNING IN THE NURSERY AND
AT PLANTING
A STUDY BASED ON LITERATURE

- No 192 Paavo Tiihonen: Puutavaralajirakenteen likimääräisarvioinnissa käytettäviä menetelmiä. Methoden für die annähernde Schätzung des Holzsortenstruktur.
- No 193 Terho Huttunen: Suomen sahateollisuus vuonna 1972. The sawmill industry in Finland in 1972. 4,—
- No 194 Ukko Rummukainen: Herbisidiraikeden männyn- ja kuusentaimille aiheuttamista kuorivioituksista. On bark damages caused to Scots pine and Norway spruce plantations by granular herbicides. 2,—
- No 195 Metsätalastollinen vuosikirja 1972. Yearbook of forest statistics 1972. 12,—
- No 196 Erkki Lähde: The effect of seed-spot shelters and cold stratification on germination of Pine (*Pinus silvestris* L.) seed. Kylvösuojan ja kylmästratifiointin vaikutus männyn siemenen itämiseen. 2,—
- No 197 Erkki Lähde & Kaarlo Kinnunen: Paperikennon ja turveruukun seinän lujuus ja taimien alkukehitys Pohjois-Suomessa. The relationship between the wall strength of paper and peat pots and the initial development of seedlings in Northern Finland. 2,—
- No 198 Esko Jaatinen: Metsäteollisuusyhtiöiden omien metsien hakkuupolitiikan motiivit. Timber cutting motives of forest industry enterprises. 4,—
- No 199 Esko Leinonen: Purunäytteeseen perustuvasta kuivapainomittauksesta. Dry-weight scaling based on chip samples. 3,—
- No 200 Pentti Hakkila & Markku Mäkelä: Jatkotutkimuksia Pallarin kantoharvesterista. Further studies of the Pallari Stumpharvester. 2,—
- No 201 Matti Leikola & Risto Rikala: Lannoituksen vaikutus männyn ja kuusen taimien alkukehitykseen kangasmailla. The effect of fertilization on the initial development of pine and spruce on mineral soils. 2,—
- No 202 Paavo Tiihonen: Leimikon pystymittauksen tarkistaminen. Zur kontrolle einer am stehenden zum Einschlag ausgezeichneten Holz durchgeführten Messung. 2,—
- No 203 Seppo Kaunisto: Männyn kylvöajankohta ojitetulla suolla. Date of direct seeding on drained peatlands. 3,—
- No 204 Pentti Hakkila & Hannu Kalaja: Oksaraaka-aineen kasaus Melroe Bobcat M-600 kuormaajalla. Bunching of branch raw material by Melroe Bobcat M-600 loader.
- No 205 Terho Huttunen: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase vuosina 1971—73. Wood consumption, total drain and forest balance in Finland in 1971—73. 5,—
- No 206 Metsäntutkimuslaitoksen päätös puutavaran mittauksessa käytettävistä muuntoluvuista ja kuutioimistaulukoista 2 päivänä toukokuuta 1969 annetun päätöksen muuttamisesta. Skogsforskningsinstitutets beslut angående ändring av institutets beslut av den 2 maj 1969 om omvandlingskoefficienter och kuberingstabeller för virkesmätning. 8,—
- No 207 Kullervo Kuusela ja Alli Salovaara: Etelä-Karjalan, Pohjois-Savon, Keski-Suomen ja Itä-Savon metsävarat vuonna 1973. Forest resources in the Forestry Board Districts of Etelä-Karjala, Pohjois-Savo, Keski-Suomi and Itä-Savo in 1973. 4,—
- No 208 Tapani Hänninen: Harvennusmetsien puustoisuus ja hakkuumahdollisuudet Suomen eteläpuoliskossa. The stocking and cutting possibilities in the thinning and accretion forests in the southern half of Finland. 4,—
- No 209 Heikki Nikkilä: Ratapölkkytukkien kuutiointi. Measurement of railwaytie-logs. 1,50
- No 210 Hakkuutahtaiden talteenoton seurannaisvaikutukset. By-effects of the harvesting of logging residues. 2,50.
- No 211 Paavo Tiihonen: Mäntypylväiden kuutioimismenetelmä. Eine Kubierungsmethode für Kiefernastholz. 2,—
- No 212 Kaarlo Kinnunen, Juha Lind ja Erkki Lähde: Eri ajankohtina istutettujen männyn kennotaimien alkukehitys Pohjois-Suomessa. Initial development of Scots pine paper pot seedlings planted on different dates in northern Finland. 3,—
- No 213 Kullervo Etholén: Kaatoajankohdan vaikutus koivun ja haavan vesomiseen taimistonhoitoaloilla Pohjois-Suomessa. The effect of felling time on the sprouting of *Betula pubescens* and *Populus tremula* in the seedling stands in northern Finland. 2,—
- No 214 Veijo Heiskanen ja Jorma Riikonen: Tukkien lajittelu sahaukseen kuoren päältä mitatun läpimitan perusteella. Sorting of logs according to the top diameter on bark. 4,—
- No 215 Pertti Harstela ja Sauli Takalo: Kokeita oksaraaka-aineen kuormauksesta ja kuljetuksesta. Experiments on loading and transportation of branch raw material. 1,50
- No 216 Gunnar Wilhelmssen: Puutavaran käsittely. 7,—
- No 217 Pentti Rikonen: Koivuvaneritukkien kuutiointi. 1,50. Calculation of the volume of birch veneer logs.

Jari Parviainen

TAIMIEN JUURTEN LEIKKAAMINEN KASVATUKSEN JA
ISTUTUKSEN YHTEYDESSÄ

Kirjallisuuteen perustuva tarkastelu

Root pruning in the nursery and at planting

A study based on literature

ALKUSANAT

Taimitarhatoiminnan piirissä on jo jonkin aikaa tunnettu suurta mielenkiintoa havupuiden juuriston leikkaamisen mahdollisuuksia kohtaan. Kysymys otettiin metsänhoidon tutkimusosaston työohjelmaan vuonna 1975 ja tästä lähtien maat. metsät. kand. Parviainen on toiminut aiheen vastuullisena päätutkijana. Työnsä aluksi maisteri Parviainen on koonnut oheisen yleiskuvan juurten leikkauksesta aikaisemmin saaduista kokemuksista ja tutkimustuloksista. Tässä julkaisussa esitellään lyhyesti ja kansantajuisessa muodossa nykyinen tietämyksemme tästä jo kauan taimien kasvattajia kiinnostaneesta kysymyksestä.

Helsingissä maaliskuussa 1976
Matti Leikola

Käsitteellisen viiteistelyssä painokuntoon on auttanut vt. professori MATTI LEIKOLA. Hänen lisäksi käsitteellisen viiteistelyä ovat lukeneet neuvot antaen professori MAX. HAGMAN, maatalous- ja metsätieteiden tohtori OLAVI HUURI ja toimistopäällikkö EERO HYVÄRI-NEN. Englanninkielisen käännöksen on tehnyt Ph.D. KARI MUSTANOJA. Työnjohtaja HANNU KOIVUNEN, tutkimusapulaiset OSMO MARKKANEN ja MARJA-LEENA HOLM sekä toimistosihteeri KAARINA NISKANEN ovat avustaneet työn teknisessä toteuttamisessa.

Kaikille työssä avustaneille lausun parhaat kiitokset.

Suonenjoella maaliskuussa 1976
Jari Parviainen

SISÄLLYSLUETTELO

	Sivu
ALKUSANAT	1
SUMMARY	3
TIIVISTELMÄ	3
1. JOHDANTO	4
2. JUURTEN LEIKKAAMISEN BIOLOGISET LÄHTÖKOHDAT	5
21. Taimien verson ja juurien kasvurytmi	5
22. Juuriston muoto ja laajuus	6
23. Leikkaamisen vaikutus juuristoon	6
3. JUURTEN LEIKKAAMINEN TAIMIKASVATUKSEN YHTEYDESSÄ	9
31. Juurten leikkaaminen koulinnan korvaamiseksi	9
311. Leikkaamisen menetelmä ja -ajankohta	9
312. Leikkaamisetäisyys	10
313. Toimet leikkaamisen yhteydessä	11
314. Leikkaamisvälineet	11
315. Kylvö- ja kasvatustiheys	13
316. Leikattujen taimien menestyminen maastossa	15
317. Leikkaamisen menetelmien tarkastelua	16
32. Juurten leikkaaminen ennen koulintaa	16
33. Ylisuurten taimien kasvatusta	17
4. JUURTEN LEIKKAAMINEN ENNEN ISTUTUSTA	19
5. KIRJALLISUUSLUETTELO	23

SUMMARY

The paper reviews reports published on the pruning of barerooted seedlings in the nursery and at planting. The purpose is to compile available information on root pruning, which is relevant in Finnish conditions. The first part reviews the biological basics of root pruning, i.e. the rhythm of root and shoot growth (figure 1), and the dimensions of the root system (figure 2). Effects of pruning on seedling root systems are also described (figure 3).

Plant roots can be pruned in connection with four handling phases. 1) *Roots can be pruned to substitute for transplanting.* This

method of plant growing (precision sowing – root pruning – plant lifting) can be highly mechanized to save in labour and costs. The review covers the method of pruning, its time, distance and equipment, growing density, and results of research on the planting of pruned seedlings (table 1, figures 4, 5, 6 and 7).

The roots can also be pruned 2) *before transplanting*, 3) *when growing very large plants* and 4) *before planting*. These pruning activities are primarily examined from the biological point of view; results of planting tests with root-pruned plants are also shown (table 2, figure 8).

TIIVISTELMÄ

Julkaisussa tarkastellaan kirjallisuuden pohjalta paljasjuuristen taimien juurten leikkaamista kasvatuksen ja istutuksen yhteydessä. Tarkoituksena on koota olemassa olevaa tietoa juurten leikkaamisesta Suomen olosuhteita silmälläpitäen. Alussa käsitellään juurten leikkaamisen perustekijöitä, ts. juurten ja verson kasvurytmiä sekä juuriston ulkoista kasvutapaa. Lisäksi esitetään tuloksia leikkaamisen vaikutuksesta taimien juuristoon.

Voidaan erottaa neljä taimien käsittelyvaihetta, joissa juuria on mahdollista leikata. 1) *Juurten leikkaaminen koulinnan korvaamiseksi.* Tämä taimien kasvatukseen (tark-

kuuskylvö – juurten leikkaaminen – taimien nosto) on koneellistettavissa pitkälle, jolloin säästetään työvoimaa ja kustannuksia. Julkaisussa tuodaan esille leikkaamisen menetelmää, – ajankohtaa, – etäisyyttä ja -välineitä, kasvatusiheyttä sekä leikattujen taimien istutusta koskevia tutkimustuloksia.

Lisäksi juuria voidaan leikata 2) *ennen koulintaa*, 3) *ylisuurten taimien kasvatuksen aikana* ja 4) *ennen istutusta*. Näitä leikkaamistoimenpiteitä tarkastellaan lähinnä biologiselta kannalta, ja samalla esitetään tuloksia leikattujen taimien istutuskokeista.

1. JOHDANTO

Vuosi vuodelta lisääntynyt työvoimapula taimitarhatöissä on pakottanut etsimään helposti koneellistettavia taimituotantomenetelmiä. Toisaalta niin taimituotantomenetelmissä kuin metsänviljelyssäkin on vakavana kysymyksenä noussut esille tuotettavan taimimateriaalin laadun ohella myös taimien juuristo ja sen kehittäminen mahdollisimman tasapainoiseksi. Helposti koneellistettavana taimituotantovaihtoehdona on tuotu esille paakkutaimet, jolloin Suomessa on kysymys lähinnä paperikennotaimista, turveruokkutaimista tai Nisula-rullataimista. Perinteisten paljasjuuristen taimien kasvatuksessa on sen sijaan kiinnitetty huomiota erityisesti juurten leikkaamiseen, jonka avulla on nähty olevan mahdollisuuksia korvata runsaasti työtä vaativa taimien koulinta. Juurten leikkaamista on lisäksi painotettu juuriston muodostumisen kannalta edullisena toimenpiteenä.

Itse asiassa juurten leikkaaminen on jo kauan ollut tunnettu paljasjuuristen taimien taimitarhakasvatuksessa ja istutuksessa, sillä ensimmäiset maininnat juurten leikkaamisesta esiintyvät kirjallisuudessa 1800-luvulta lähtien (HUURI 1969). Juurten leikkaaminen ei kuitenkaan ole saavuttanut laajoja mittasuhteita koko taimituotannon määrää ajatellen, vaikkakin leikkaamista käytetään jossain muodossa taimien kasvatuksen apukeinoina kaikissa maanosissa (MIKOLA 1969). Vasta viime vuosina juurten leikkaaminen on yleistynyt selvemmin. Ilmeisesti eniten sitä sovelletaan paljasjuuristen taimien tuotantoon Yhdysvaltojen Etelä-, Kaakkois-, ja Länsivaltioissa (STOECKER ja JONES 1957, SHOULDERS 1963, LAIHO 1966) sekä Kanadassa (EIS ja LONG 1973). Myös Euroopassa juurien leikkaaminen on mukana taimikasvatusten menetelmissä, kuten käy ilmi monista taimitarhakäsikirjoista (RUPF, SCHÖNHAR, ZEYHER 1961, RUSTEN ja LANDMARK 1968, DUŠEK ja KOTYZA 1970, ALDHOUS 1972). Silti perinteinen paljasjuuristen taimien koulinta on säilynyt Euroopassa valtamenetelmänä taimien ja niiden juuriston kehityksen voimistamiseksi kasvatuksen aikana. Myöskään Suomessa ei juurten leikkaamista toistaiseksi ole

sovellettu käytännön taimituotantoon, joskin mainintoja juurten leikkaamisen menetelmistä ja käyttämisen edellytyksistä on esitetty (HAGMAN 1965, LAIHO 1966, LEHTO ja SIMOLINNA 1966). Toisaalta Suomessa ei ole julkaistu varsinaisia juurten leikkaamista käsitteviä tutkimuksia, joissa nimenomaan taimien koulinta korvattaisiin leikkaamisella. Eniten kotimaisia havaintoja on olemassa juurten leikkaamisesta joko ennen koulintaa tai maastoon istutusta (vrt. HEIKINHEIMO 1940, 1941, NISULA 1972, HUURI 1973).

Juurten leikkaamista taimitarhamenetelmänä on tutkittu viime vuosina erityisesti Ruotsissa (STEFANSSON ja JAKABFFY 1966, JAKABFFY 1969, 1972, 1974, 1975, 1976). Mielenkiintoa näitä tutkimustuloksia kohtaan lisää luonnollisesti se, että Ruotsissa taimikasvatus on ilmaston ja usein myös kasvualustan suhteen lähellä kotimaisia taimitarhoja. Lisäksi ruotsalaiset kokeet on tehty meitä kiinnostavilla puulajeilla, lähinnä männyllä ja kuusella. Sen sijaan useimmat keskieurooppalaiset ja amerikkalaiset leikkauskokeet koskevat vähemmän kiinnostavia puulajeja, esim. erilaisia lehtipuulajeja (DUŠEK 1965), sembramäntyä, douglas-kuusta tai sitkankuusta (EIS 1969). Tietysti myös näistä on saatavissa käyttökelpoisia tietoja monissa kysymyksissä, kunhan vain otetaan huomioon kasvuolosuhteista ja puulajeista aiheutuvat sovellutusvaikeudet.

Käsillä oleva julkaisu pyrkii kokoamaan käytävissä olevan tiedon juurten leikkaamisesta taimien kasvatuksen ja istutustyön yhteydessä. Koska alan kotimaisia tutkimuksia on vielä niukasti, nyt esitettävä kirjallisuuskatsaus pohjautuu suurelta osin ulkomaisiin tutkimuksiin ja kokemuksiin. Seuraavassa käsitellään lähinnä havupuiden paljasjuuristen taimien juurten leikkamiskysymyksiä. Ensi sijassa pyritään tuomaan esille käytännön tarpeita ja samalla myös tutkimustoimintaa varten tietoa juurten leikkaamisesta. Julkaisun sisältöä arvosteltaessa on pidettävä mielessä ne rajoitukset, joita aiheutuu kotimaisten tutkimuksien puuttuessa. Tästä syystä julkaisu on nähtävä alustavaksi.

2. JUURTEN LEIKKAAMISEN BIOLOGISET LÄHTÖKOHDAT

21. Taimien verson ja juurien kasvurytmi

Taimien kasvatus- ja metsänviljelytoimien ajoittaminen on vanhastaan tehty puiden kasvurytmin pohjalta. Esim. taimien koulinta on pyritty ajoittamaan siten, että juuristo on lepovaiheessa koulinnan aikana, tai että juuristo kehittyy voimakkaimmin heti koulinnan jälkeen (esim. HEIKINHEIMO 1940). Samoin taimien kylmävarastointi ajoitetaan siten, että verso on jo riittävästi puutunut, jolloin 0°C alapuolella oleva lämpötila ei enää vaurioita solukoita. Luonnollista onkin, että myös taimien juurten leikkaamista on tarkasteltava sitä taustaa vasten, kuinka taimen eri osien kasvu tapahtuu. Lähinnä tällöin on kysymyksessä verson ja juuriston kasvurytmi.

Yleisesti on tunnettua, että viileässä ilmastossa männyn ja kuusen pituuskasvu ajoittuu alkukesään (HUIKARI ja PAARLAHTI 1967, HARI, LEIKOLA ja RÄSÄNEN 1970, KOZLOWSKI 1971 a, ODIN 1972, RAULO ja LEIKOLA 1974, PARVIAINEN 1974). Etelä-Suomen olosuhteissa männyn taimien pituuskasvu alkaa keskimäärin toukokuun alussa ja kuusen pituuskasvu noin pari viikkoa myöhemmin. Männyn pituuskasvu päättyy Etelä-Suomen olosuhteissa keskimäärin juhannuksen tienoilla. Kuusen pituuskasvu päättyy vastaavasti heinäkuun puolivälissä.

On huomattava, että pituuskasvun alkamistai päätymisajankohdan määrittäminen on mittaus- ja myös tietyissä määrin sopimusvarainen ongelma (vrt. LEIKOLA ja RAULO 1974). Pituuskasvun alkamis- ja päätymisajankohdan määrittäminen on käytännössä usein tehty pelkästään ulkoisin havainnoin latvasilmua tarkkailemalla (ROMELL 1925, HOFFMANN 1969). Tarkemmin pituuskasvun rajahetket on saatu tarkastelemalla silmujen soluja mikroskooppilla (kts. SARVAS 1972, RAULO ja LEIKOLA 1974) tai toisaalta seuraamalla pituuskasvun kulkua jatkuvin mittauksin, jolloin rajakohdat on määritetty esim. sigmoidisen kasvukäyrän tangentin kulmakertoimen avulla (vrt. HARI ym. 1970, HARI 1972).

Pituuskasvun ja myös koko taimen fysiologisten tapahtumien kohdalla on vielä huomattava, että pituuskasvu on vailla rajakohtia oleva kestotapahtuma, jonka kulkua ympäristötekijät säätelevät (SARVAS 1972). Tästä syystä pituuskasvua ei voida ymmärtää esim. tiettyihin päivämäärien avulla ilmaistaviin ajankohtiin sidotuksi tapahtumaksi. Käytännössä tämä merkitsee sitä, että suotuisana alkukesänä männyn pituuskasvu voi olla ohi jo kesäkuun alkupuolella, kun taas viileänä kasvukautena pituuskasvun päättymisen voi siirtyä hyvinkin heinäkuun alkuun. Kun tunnetaan pituuskasvun voimakas riippuvuus lämpötilasta ja siitä koostetuista erilaisista puiden fysiologisista toimintoja kuvaavista tunnuksista (pituuskasvun päivittäisestä ja kasvukautisesta rytmistä kts. HARI ym. 1970, HARI ja LEIKOLA 1974, PARVIAINEN 1974), pituuskasvun alkaminen ja päättymisen on voitu ilmaista suhteellisen luotettavasti esim. lämpösumman avulla (tarkemmin kts. RAULO ja LEIKOLA 1974). Männyllä pituuskasvu taimitarhaolosuhteissa on käytännöllisesti katsoen ohi, kun lämpösumma ylittää 400–450 d.d. yksikköä (LEIKOLA ja RAULO 1972). Kuusen osalta tulokset ovat olleet vaihtelevampia, joskin kuusella pituuskasvun loppuminen näyttäisi sattuvan yhteen 500–600 d.d. lämpösummayksikön kanssa. Lämpösumman tavoin SARVAKSEN (1972) esittämä aktiivisten elintointojen ja lämpötilan välinen riippuvuus tarjoaa käyttökelpoisen lähtökohdan pituuskasvun seuraamisessa (PARVIAINEN 1974).

Juuriston kasvun ajoittumisen tutkimustulokset eivät ole läheskään niin selväpiirteisiä kuin verson kasvu koskevat selvitykset. Juuristotutkimusten tulosten tulkintaa vaikeuttaa mm. se, että tutkittavalla puulla saattaa esiintyä samaan aikaan sekä kasvavia että lepotilassa olevia juuria (esim. WILCOX 1954). Myös saman puulajin eri yksilöiden juurten kasvu on usein toisistaan poikkeava (LYR ym. 1968).

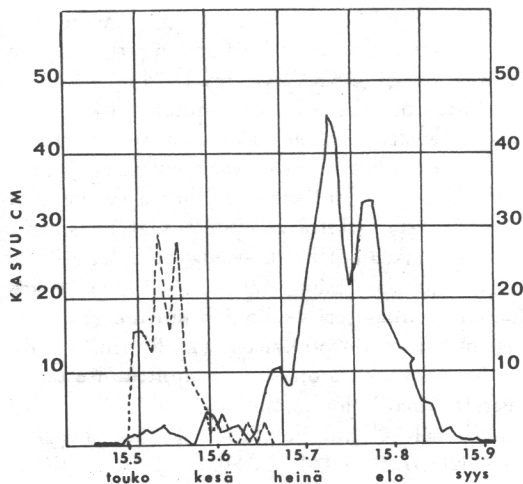
Monesti juuriston kasvun ajoittumisesta on esitetty malli, jonka mukaan voidaan erottaa kaksi selvää huippukautta, kevät ja syksy (KIENHOLZ 1934, LÄHDE 1966, KOZ-

LOWSKI 1971 b). On myös esitetty, että juurten kasvu on vailla periodisuutta ja riippuu vain kulloinkin vallitsevista kasvuolosuhteista (LADEFOGED 1939). Vielä on havaittu, että lehtipuiden juuriston kasvu on voimakkainta alkukesällä, kun taas havupuiden juuriston kasvu jakaantuu tasaisemmin keski- ja loppukesään (LYR ja HOFFMAN 1967, SUTTON 1969).

Suomessa tehdyt havainnot juurien pituuskasvusta ja kuivapainon muutoksista taimitarhalla osoittavat yhdenmukaisesti, että havupuiden juuriston kasvun painopiste ajoittuu heinäkuun puolivälistä loppukesään (HEIKINHEIMO 1940, LEIKOLA ja RAULO 1972). Maastossa tehdyt juuriston kokonaismäärän mittaukset poikkeavat taimitarhahavainnoista jonkin verran, sillä männyn ja kuusen juurimäärän on havaittu lisääntyvän voimakkaasti alkukesällä, maksimin ollessa sääsuhteista riippuen joko heinäkuun alussa (HEIKURAINEN 1955, PAAVILAINEN 1966) tai heinäkuun lopussa (KALELA 1955).

Kuva 1. Kaavio kolmevuotiaiden männyntaimien verson (katkoviiva) ja juuriston (yhtenäinen viiva) kasvurytmistä Eberswaldessa vuonna 1963. Käyrän yksikköarvot on laskettu jaksoittain kolmen päivän päivän kasvusummina (LYR ja HOFFMANN 1965).

Figure 1. Graph of the growth rhythm of the shoot (broken line) and the root system (continuous line) of three-year pine seedlings in Eberswalde in 1963. The plotted data have been the growth sums of three-day periods (LYR and HOFFMANN 1965).



Kuvassa 1 on esitetty kaaviona männyn verson ja juuriston kasvun ajoittuminen kasvu-kauteen LYRin ja HOFFMANNin (1965) mukaan. Vaikka tutkimus on tehty keskieuropalaisissa oloissa, sen tulokset noudattavat edellä mainittujen kotimaisten tutkimusten tuloksia. LYR ja HOFFMANN (1967) ovat tutkineet myös juurien kasvunopeutta. Heidän mukaansa taimitarhalla männyn taimien juurten suurin vuorokausikasvu on 12 mm. Kuusella vastaava nopeus on 8 mm.

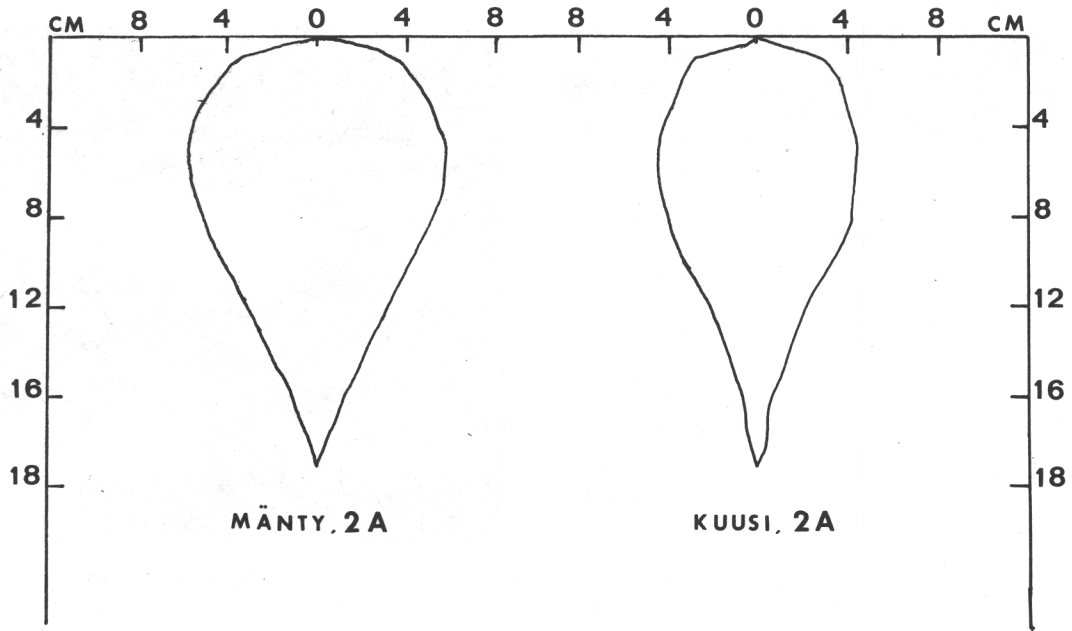
22. Juuriston muoto ja laajuus

Juuriston ulottuvuuden tunteminen on tärkeää ennen muuta leikkaamisvyöhytettä tai -etäisyyttä määrittäessä. Vaikka juuristojen kasvu ja muodostuminen lopullisesti riippuu kulloinkin kysymyksessä olevasta maaperästä ja siinä vallitsevista olosuhteista (esim. LYR ym. 1968, KÖSTLER ym. 1968), eri taimitarhojen olosuhteet ovat kuitenkin intensiivisestä kasvatuksesta johtuen verraten samankaltaisia, esim. kastelun ja lannoituksen suhteen. Suurimmat muuttuvat tekijät taimitarhojen välillä ovat maaperän laadusta ja ilmastosta aiheutuvia. Juuristojen ulottuvuus saanee yleensä tietyn keskimääräisen muodon, jolloin erot taimien juuristojen kehityksessä eri taimitarhoilla ovat ensi sijassa juuriston koosta (juurien pituudesta ja paksuudesta) johtuvia.

Taimitarhalla männyn ja kuusen juuristo kehittyä ensimmäisinä kasvukausina ulkoiselta muodoltaan kärjellään seisovaa kolmiota muistuttavaksi (vrt. LEIKOLA ja RAULO 1972, PARVIAINEN 1976a, kuva 2), jolloin juuriston muodon painopiste asettuu pääjuuren pituusakselin yläosaan. Siemenestä syntyvän taimen juuristolle ovat samoin tyypillistä voimakkaat, säteittäisesti kaikkiin suuntiin pääjuuresta erkanevat sivujuuret. Myös HERZ (1935) on havainnut kuusen juurien alkukehityksen noudattavan sääntöä, jonka mukaan ensimmäisen asteen juurenhaarat keskittyvät pääjuuren ylimpään kolmannekseen. HERZin mukaan kaikkien lähinnä maanpintaa sijaitsevat juurenhaarat jäävät kehityksessään muita heikoimmiksi.

23. Leikkaamisen vaikutus juuristoon

Kokemusten mukaan onnistuneesti leikatujen taimien juuristo kehittyä tuuheammaksi



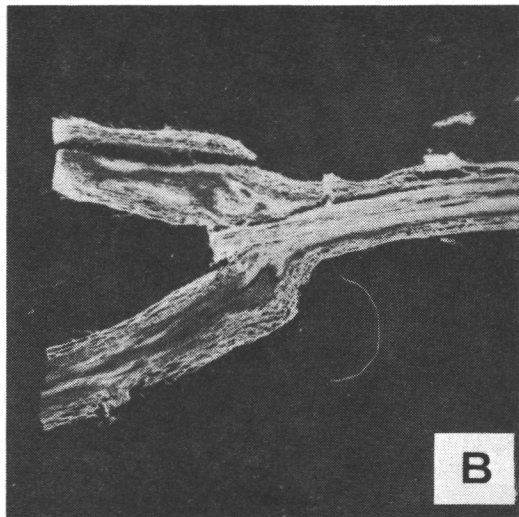
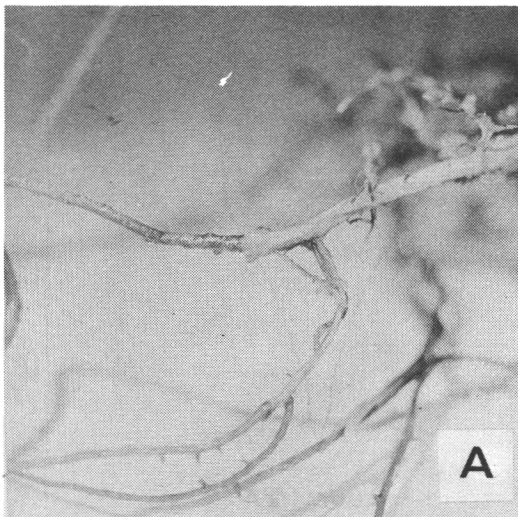
Kuva 2. Männyn ja kuusen 2A taimien juuristojen keskimääräinen ulottuvuus mitattuna vesiastiassa. Taimet ovat kasvaneet Suonenjoen tutkimustaimitarhalla vuosina 1973–1974.
 Figure 2. The average size of 2A pine and spruce seedling root systems as measured in water containers. The seedlings have grown at the Suonenjoki experimental nursery in 1973–1974.

ja runsasjuurisemmaksi kuin leikkaamattomien taimien, ja toisaalta juuristo muodostuu keskittyneeksi sen painopisteen asettuessa lähelle juurenniskaa (esim. JAKABFFY 1969). Tässä suhteessa juurten leikkaamisella on saavutettavissa samantapaisia etuja kuin koulinnan avulla. Juuriston haaroittuminen on vielä runsaampaa, jos leikkaaminen tehdään uudelleen hieman kauempaa juurenniskasta kuin ensimmäisellä kerralla. Leikkaamisen ansiosta myös taimien juuri/versosuhte muodostuu edulliseksi istutusta ajatellen (vrt. esim. ALDHOUS 1972).

Juurten leikkaamisen merkittävämpänä biologisena etuna on koulintaan nähden se, että leikkaamisen yhteydessä juuristoon ei pääse syntymään epämuodostumista (vrt. DUŠEK 1965). Koulinnassa sitä vastoin juuristovaurioiden välttäminen ei liene koskaan mahdollista. Edelleen juurten leikkaamisen on todettu edistävän mykoritsanmuodostusta (GÖBL 1966). GÖBLin mukaan sembramännyn leikattujen taimien lyhyissä, leikatuissa juurissa oli 38 % suurempi mykoritsatiheys juuren pituusyksikköä kohti kuin leikkaamattomien taimien pitkä-

juurissa. Tällä seikalla on merkitystä taimien ravintotalouden kannalta, koska mykoritsaiset juuret ovat tehokkaimpia ravinteiden otossa (esim. BJÖRKMAN 1963). Toisaalta mykoritsat voivat varastoida epäorgaanisia suoloja, etupäässä fosfaatteja sienivaippaansa. Myös mykoritsaisten lyhytjuurten kalipitoisuus on ollut selvästi korkeampi kuin leikkaamattomien pitkäjuurten (JAKABFFY 1969).

Leikkaamisen jälkeen uusien juurien syntyminen tapahtuu siten, että juuren katkaisukohtaan muodostuu ns. haavasolukkoa eli kallussolukkoa, josta uudet juurenharat saavat alkunsa (MOEN 1968). Uusia juuria muodostuu myös katkaisukohdan yläpuolelta (kuva 3). DUŠEKin (1967, 1969) mukaan pyökillä uusien juurien muodostuminen tapahtuu leikkauspinnan kallussolukosta, mikäli juuret on leikattu ennen kasvukauden alkua. Mitä myöhemmin kesällä juuret on leikattu, sitä vähemmän uusia juuria syntyy. Sen sijaan keskellä kasvukautta suoritettussa leikkaamisessa uusia juuria muodostuu pääasiassa leikkauskohdan yläpuolelta uinuvista, endogeenisistä (sisäsyntyisistä) sivujuurien alku-



Kuva 3. Juurten leikkaamisen jälkeen uudet korvaavat juuret saavat alkunsa leikkauspinnan kallussolukosta. A = alkuperäisen juuren ja uuden korvaavan juuren rajakohta. B = mikroskooppileike juuren katkaisukohdasta, josta on syntynyt kaksi uutta juurta (suurennos 12 x).

Figure 3. After root pruning, the new substituting roots initiate from the callus tissue at the cutting surface. A = boundary between original root and new substituting root. B = microtome cutting of the site where the root has been pruned, showing two new roots which have developed as a result (magnification 12 x).

solukoista tai kasvun alkuvaiheessa olevista sivujuurista, joiden kasvua leikkaus kiihoittaa. Täällöin uudet juuret syntyvät 0,5–2,0 cm etäisyydelle katkaisukohdasta, ja uusien juurien alapuolelle jäävä alkuperäinen juuren osa tavallisesti kuolee.

Katkaisukohdan pinta-ala ja leikkausajan kohta vaikuttavat ratkaisevasti haavasolukon muodostumisnopeuteen ja haavan umpeutumisaikaan. Yleisesti on todettu, että mitä suurempi on katkaisupinta-ala sitä enemmän muodostuu haavasolukkoa ja uusia juuria. Tämä pitää paikkansa kuitenkin vain tiettyyn rajaan saakka. Pyökillä on todettu haavapinnan umpeutumiskyvyn heikkenevän voimakkaasti, jos katkaisukohta on halkaisijaltaan yli 7 mm. Mikäli haavapinta on liian suuri, juuren jälsisolukko voi vaurioitua, ja tämän seurauksena ei kallussolukkoa tai uusia juuria pääse muodostumaan (vrt. DUŠEK 1969). On täysi syy olettaa, että myös männyllä ja kuusella haavapinnan umpeutuminen ja uusien juurien muodostu-

minen kallussolukosta vaikeutuu, jos haavapinta on liian suuri.

On ilmeistä, että suurin sienitautien iskeytymisvaara on juuri sinä aikana, jonka haavapinnan umpeutuminen kestää. Yleensä on tuotu esiin, että taimien juurten vioittuminen lisää sieni-infektioiden vaaraa (vrt. RUPF ym. 1961, SUTTON 1969). Lopullisesti taimien saastuminen sienitautiin juuriston kautta riippuu kasvupaikan ominaisuuksista ts. siitä, onko juurten leikkauspintojen umpeutumisaikana maaperässä haitallisia, parasiittisiä sienikantoja. Vaikka huolestuttavia merkkejä haitallisten sieni-infektioiden esiintymisestä leikatujen taimien kasvatuksessa tai istutuksessa ei ole esitetty, tämä vaara on otettava huomioon. Erityisesti on varottava ennen istutusta suoritettavan leikkaamisen käyttöä, jos on kyseessä istutusalue, jolla on jo ennestään havaittu esim. maannousemasienen tuhoja (vrt. KALLIO 1975).

3. JUURTEN LEIKKAAMINEN TAIMIKASVATUKSEN YHTEYDESSÄ

31. Juurten leikkaaminen koulinnan korvaamiseksi

Sovellettaessa juurten leikkaamista taimikasvatukseen on kysymyksessä yleensä kokonainen kasvatuslinja, joka koostuu vaiheista – tarkkuuskylvö (rivikylvö), – juurten leikkaaminen, – taimien nosto. Tällainen taimien kasvatuslinja tarjoaa mahdollisuudet pitkälle menevään koneellistamiseen. Rivikasvatuksen ansiosta juuret voidaan leikata sekä sivuilta että altapäin. Sitä vastoin hajakylvön jäljiltä nousseiden taimien leikkaaminen voidaan koneellistaa vain altapäin, vaakatasossa tapahtuvaksi toimeksi. – Tässä yhteydessä ei puututa taimien kylvö- ja nostovaiheen työmenetelmiin tai koneellistamisratkaisuihin, vaan keskitytään lähinnä niihin kasvatuslinjan osiin, joissa juurten leikkaaminen on mukana.

311. Leikkaamismenetelmä ja -ajankohta

Luotettavaksi leikkaamistavaksi on ruotsalaisten kokemusten mukaan (JAKABFFY 1972) osoittautunut menettely, jossa männyn tai kuusen taimien juuret leikataan heti pituuskasvun päätyttyä viistosti toiselta puolen taimiriviä. Toinen puoli juuristosta leikataan vasta 20–25 päivää myöhemmin. Juurten kasvurytmiä ajatellen pituuskasvun päättymisen aikaan suoritettu leikkaus ajoittuu juurten voimakaimman kasvuvaiheen alkuun.

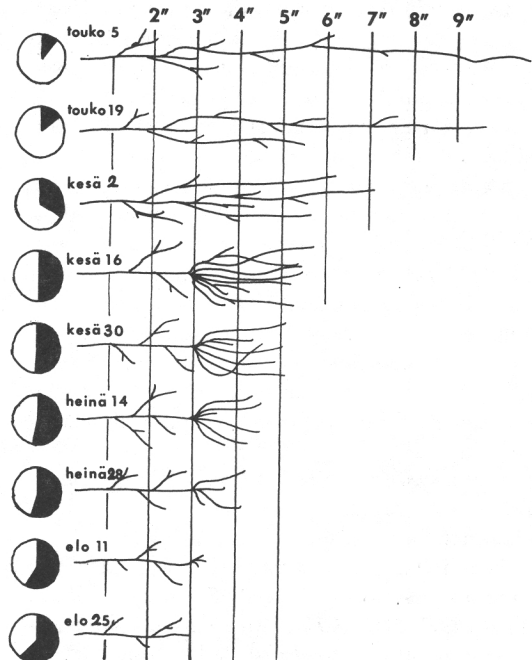
Männyn taimet on leikattu toisena kasvukautena ja taimet on istutettu maastoon seuraavana keväänä. Kuusen taimet on yleensä leikattu ensimmäisen kerran toisena kasvukautena, ja kuusen kasvatusta on jatkettu kolmantena kasvukautena, jolloin ne on leikattu toisen kerran. Leikatut kuusentaimet on istutettu maastoon yleensä keväällä neljännän kasvukauden alussa. Lisäksi on kokeiltu männyn kolmevuotisten ja kuusen neljävuotisten taimien kasvatusta, jolloin juuret on leikattu kahtena tai kolmena kesänä peräkkäin.

Aikaisemmin ruotsalaiset ovat kokeilleet leikkaamismenetelmää, jossa taimien juuret leikattiin pituuskasvun päättymisen jälkeen molemmilta sivuilta yhtäaikaan (STEFANSSON 1965). Tulokset olivat kuitenkin heikkoja, ja taimien kehitys oli häiriintynyt haitallisesti. Taimien silmävaraisen luokittelun perusteella huonokuntoisten sekä kasvatettavaksi kelpaa-

mattomien taimien osuus oli ko. menettelyä sovellettaessa liki 40 %. Sovelletujen leikkaamismenetelmien erot kuvastuivat selvästi myös uusien juurien syntymisessä. Kun juuret oli leikattu eri aikaan eri puolilta, jo viikon kuluessa oli leikkauskohtien lähelle kehittynyt uusia juurenkärkiä. Runsaan kahden viikon aikana oli syntynyt uusia toimivia juuria. Mikäli juuret oli leikattu molemmilta sivuilta yhtäaikaan, uusien juurien muodostuminen oli ollut selvästi hitaampaa (JAKABFFY 1969).

Kuva 4. Kaavio douglaskuusen 1/0 taimien sivujuurten leikkaamisajankohtakokeen tuloksista. Tummennettu alue ympärässä osoittaa leikkaamisessa tavoitettujen taimien osuutta. Oikealla esitetään uusien juurien syntyminen leikkauksipinnasta kasvukauden aikana (EIS 1969).

Figure 4. Graph showing the results of a cutting-time test of the lateral roots of 1/0 Douglas-fir seedlings. The darkened area in the circle indicates the share of seedlings reached in pruning. On the right, the figure shows the initiation of new roots from the pruning surface during the growing season (EIS 1969).



Keskieurooppalaisten kokemusten mukaan männyn ja usein myös kuusen juurien leikkaaminen on onnistunut parhaiten keskellä kasvukautta pituuskasvun päättymisen jälkeen (DUŠEK 1965). Tällöin taimien juuret on leikattu samanaikaisesti tai peräkkäin sekä alta että molemmilta sivuilta.

Kanadalaisten tutkimusten perusteella juurten leikkaaminen altapäin, vaakasuorassa suunnassa on antanut parhaan tuloksen sitkan-kuusella ja douglaskuusella, jos juuret on leikattu niin aikaisin keväällä kuin mahdollista (EIS 1969, EIS ja LONG 1974). Sen sijaan sivujuurten leikkaaminen pystysuorassa suunnassa on ollut tuloksiltaan paras, kun leikkaaminen on tehty keskellä kasvukautta. Tällöin uusia juuria on muodostunut keskimäärin 8 kpl/katkaisukohta (kuva 4). Uusien juurten muodostuminen heikkeni, kun juuret leikattiin myöhemmin kesällä. Elokuussa suoritettujen leikkaamisten jälkeen katkaisukohtaan muodostui vain kallusolukkoa, josta uudet juuret saivat alkunsa vasta seuraavana kesänä.

Edelleen EISin (1969) mukaan juuriston kehityksen kannalta paras tulos on saatu, jos juuret on leikattu molemmilta sivuilta yhtäaikaan keskellä kasvukautta. Havainto on ristiriidassa ruotsalaisten tulosten kanssa. Tulosten arvioinnissa on kuitenkin otettava huomioon, että kanadalaisessa tutkimuksessa on mukana toiset puulajit ja erilaiset kasvatusolosuhteet. Toisaalta ruotsalaisten havainnot koskevat vain uusien juurien muodostumisnopeutta, eikä koko juuriston kuntoa. Jos juuret leikattiin eri sivuilta eri aikaan, 2 viikon väli leikkaamisten kesken osoittautui edullisemmaksi kuin 4 tai 6 viikon väliaika.

Lehtipuiden (myös koivun ja haavan) juurten leikkaamisajankohdaksi on keskieurooppalaisten kokemusten mukaan suositeltu kevättä, jolloin leikkaus tulisi tehdä ennen silmujen paisumista ja avautumista (DUŠEK 1965). Lehtipuiden juurten leikkaaminen on yleensä tarkoituksenmukaisinta suorittaa toisena kasvukautena, jolloin taimien nosto istutuksia varten voi tapahtua joko samana syksynä tai seuraavana keväänä.

Pituuskasvun osalta on havaittu, että ennen kevästä kasvun alkua suoritettu juurten leikkaaminen alta käsin vähentää eniten pituuskasvua leikkaamattomiin tai koulimattomiin taimiin verrattuna (ALDHOUS 1972). Mullinin (1966, SUTTON 1969) mukaan valkokuusella ja valkomännillä tehdyissä leikkaamisajankoh-

takokeissa eri käsittelyjen välillä ei havaittu kuolleisuuseroja. Sen sijaan leikattujen taimien pituuskasvu oli keskimäärin 10 %:a heikompaa käsittelemättömiin taimiin verrattuna. Suurinta pituuskasvun vähentyminen oli, kun juuret oli leikattu keväällä ennen pituuskasvun alkamista.

Määrättäessä juurten leikkaamisajankohtaa pituuskasvun päättymisen perusteella männyn juuret olisi leikattava Etelä-Suomen olosuhteissa keskimäärin kesäkuun lopulla, juhannuksen tienoilla. Kuusen juurten leikkaaminen tapahtuisi vuorostaan Etelä-Suomessa heinäkuun puolivälin aikaan tai myöhemmin. On kuitenkin huomattava, että voimakas lannoitus (erityisesti typpilannoitus) saattaa vaikuttaa pituuskasvun kestoon varsinkin kuusella ja pituuskasvu voi olosuhteista riippuen päättyä normaalia myöhemmin (vrt. RUSTEN ja LANDMARK 1968). Leikkausajankohdan määrittämisessä on vielä otettava huomioon erilaisista lämpöolosuhteista (viileä tai lämmin alkukesä) johtuva vaihtelu, joka voi siirtää pituuskasvun päättymistä useita viikkoja myöhemmäksi (vrt. luku 21).

Pituuskasvun päättymisen ajoittaminen esim. latvasilmua tarkkailemalla saattaa tuottaa joskus vaikeuksia. Havupuiden neulasten kasvun ajoittuminen voi tässä mielessä tarjota lisälähtökohdan havainnoimiselle. On havaittu, että männyn pituuskasvusta on tapahtunut noin 90 %:a, kun neulasten intensiivinen kasvu alkaa (PARVIAINEN 1974). Tämä neulasten ja kasvaimen pituuskasvun ajoittamisen riippuvuus johtaa siihen, että männyn pituuskasvu on käytännössä lakannut, kun neulaset ovat tulleet selvästi esille suojuusomujen alta. Tällöin neulaset ovat useimmiten yli 2 cm:n mittaisia.

312. Leikkaamisetäisyys

Leikkaamisetäisyys ja -syvyys ovat luonnollisesti riippuvaiset eri puulajien juuriston kasvutavasta ja laajuudesta. Olisi pyrittävä leikkaamaan niin suuri osa juuristosta kuin mahdollista ilman, että taimelle kuitenkaan aiheutuu suurta vahinkoa. Tutkimuksissa on todettu, että uusien juurien syntyminen on suoraan verrannollinen leikattujen juurenharojen lukumäärään (vrt. DUŠEK 1967). Toisaalta leikkausta ei pidä ulottaa liian lähelle maanpinnan tasoa tai sivuleikkauksessa liian lähelle pääjuurta, sillä juurten toipumiskyky saattaa heikentyä suuren leikkauspinnan takia. Norja-

laisen MOENin (1968) mukaan 30–40 %:n poistaminen juurten kokonaispituudesta on useimmin sopivin leikkausvoimakkuus. Mainittu suhde kuitenkin vaihtelee eri taimien juuriston muodostumiseröjen mukaisesti.

Ruotsalaisten soveltamassa tavassa juuret leikataan taimirivin sivulta 50° asteen kulmassa vaakatasoon nähden siten, että leikkausterä kulkee 6–8 cm:n etäisyydeltä juurenniskasta vaakasuoraan mitattuna ja 8–10 cm:n syvyydeltä maanpinnan alapuolella taimen pituus-suuntaan mitattuna (JAKABFFY 1972). Menettelyä on sovellettu sekä kaksi- että kolmevuotisiin taimiin. Myös keskieurooppalaisten kokemusten mukaan havupuilla vaaka- ja pystyasennossa 6–8 cm:n etäisyydeltä juurenniskasta tehty leikkaus on ollut edullisin (DUŠEK 1965). DUŠEK suosittelee pienempää etäisyyttä, jos maaperä on kosteata ja tiivisrakenteista. Sen sijaan helposti kuivuvalla maalla tulisi käyttää suurempaa etäisyyttä. Koivun ja haavan juurten leikkaaminen alapäin on DUŠEKin (1965) mukaan tarkoituksenmukaista tehdä 6–8 cm:n syvyydellä maanpinnan tasosta.

Koska juurten leikkaamisetäisyys riippuu suuresti puulajista, tässä yhteydessä ei puututa kanadalaisissa tai amerikkalaisissa tutkimuksissa esitettäviin leikkaamissuosituksiin. Näissä tutkimuksissa painotetaan kuitenkin oikean leikkaamissyvyyden valinnan tärkeyttä ja sitä, että kaikilla puulajeilla on tietty optimitaso, jossa juurten uusiutumiskyky on suurimmillaan (esim. DYKSTRA 1974).

313. Toimet leikkaamisen yhteydessä

Riippumatta siitä millä tavoin tai minä ajankohtana juurten leikkaaminen on tehty, taimia tulee leikkaamisen jälkeen kastella runsaasti. Tehostettua kastelua on jatkettava 12–16 päivää leikkaamisen päätyttyä (JAKABFFY 1974). Lisäksi kastelu tulisi sovittaa siten, että vesi ei tunkeudu syvemmälle kuin 10–12 cm maanpinnan tasosta (JAKABFFY 1972). Kastelu on välttämätöntä taimien vesitalouden ylläpitämiseksi, sillä leikkaamisen takia juurten vedenottokyky heikkenee tilapäisesti ennen kuin uusia juuria ehtii muodostua. Amerikkalaisten kokemusten mukaan myös lievä typpilannoitus nestemäisessä muodossa on ollut eduksi juurten kasvulle leikkaamisen jälkeen (STOECKERLER ja JONES 1957).

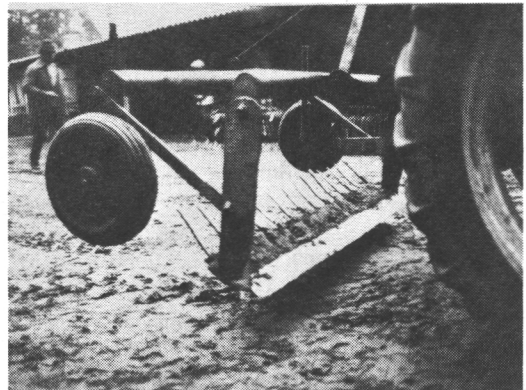
Samoin kuivumiseen alttiina olevilla mailla on suositeltu ylimääräistä kastelua ennen leikkaamisen aloittamista. Kastelu esim. 6–10 tuntia ennen leikkaamista estää jo ennakolta taimien kuivumista ja myös leikkausvaikutus on tehokkaampi. On havaittu, että hyvä leikkaamistulos saavutetaan, jos maa on juurien lähettyvillä pienessä liikkeessä leikkaamisen aikana (STEFANSSON ja JAKABFFY 1966, EIS ja LONG 1973). Liikakastelua on vältettävä erityisesti tiivisrakenteisilla mailla. Tällöin leikkaamistulos heikkenee, koska terät saattavat irroittaa juurien kärjet leikkaamatta niitä lainkaan.

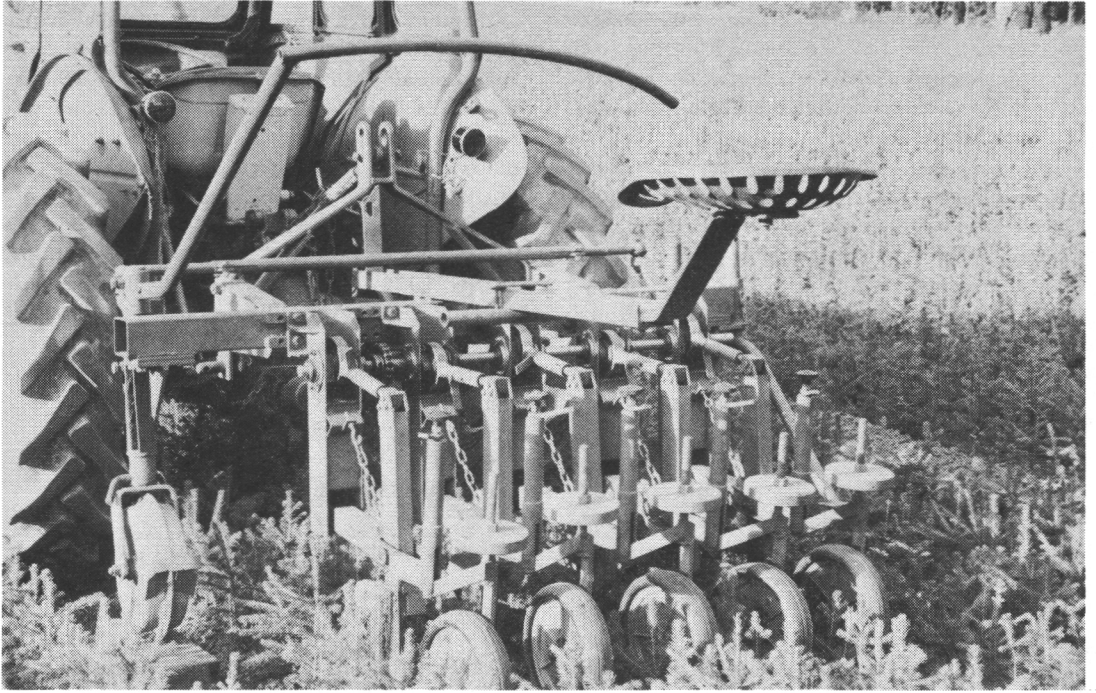
314. Leikkaamisvälineet

Leikkaamisvälineet perustuvat useimmiten yksinkertaisiin ja halpuihin ratkaisuihin. Monesti välineet on suunniteltu vain tiettyä taimitarhaa varten, ja ne voivat vaihdella käsin hoidettavista leikkaamislaitteista traktorivetoisiin välineisiin. Juurten leikkaaminen alapäin on yleensä tehty ohuen terän (esim. ohut teräs, sahan-

Kuva 5. Juuret leikataan usein alta yksinkertaisen välineen avulla, joka koostuu terästä ja kannatintangoista. Kuvassa itäsaksalaisella Güstrowin taimitarhalla käytössä oleva leikkaamisväline.

Figure 5. Roots are often pruned from underneath using a simple implement made of a blade and supporting bars. The picture shows the cutting equipment used at the East German Güstrow nursery.





Kuva 6. Sivujuurten leikkaamista varten rakennettu ruotsalainen leikkauslaite, jossa leikkaavat terät ovat sivulle kaarevia (valokuva Metsänjalostussäätiö, J. Niiranen).

Figure 6. The Swedish pruning machine made for pruning lateral roots; the curring blades are curved sidewise (photograph Forest Tree Breeding Foundation. J. Niiranen).

terä, tms.) avulla, joka kannatintankoihin liitettyä kulkee maanpinnan alapuolella tietyllä etäisyydellä taimien juurenniskasta (kuva 5, SHOULDERS 1963, EIS ja LONG 1973). Joskus altaleikkaava terä on kiinnitetty laahattavaan rautakehikkoon (STOECKELER ja JONES 1957). Englannissa on käytössä laite, jossa leikkauslaitteen sivulle kiinnitetyt terät muodostavat vaakatasossa V-kuvion, ja jossa terät ovat 45° asteen kulmassa taaksepäin kulkusuuntaan nähden (ALDHOUS 1972).

Sivujuurten leikkaamiseen on mm. Kanadassa käytetty laitetta, jossa on alaspäin riippuvat, veitseeä muistuttavat suorat leikkaavat terät (EIS ja LONG 1973). Teriä ohjataan rivien suunnassa käsin. Sivujuurten leikkaamiseen soveltuvat myös pyörivät terät, jotka voidaan samoin kiinnittää yhteiseen akseliin alaspäin riippuvaksi (STOECKELER ja JONES 1957, STEIN 1969). Pyörivien terien etuna on, että maaperässä olevat kiinteät taimijätteet, juurten kappaleet, tms. eivät takerru leikkausteriin. Näihin laitteisiin on joskus kiinnitetty terien

taakse pyörät, jotka tiivistävät maaperän leikkaamisen jälkeen.

Ruotsalainen JAKABFFY (1969) on käyttänyt sivujuurten ja pääjuuren leikkaamiseen laitetta, jonka leikkaavat terät on taivutettu J:n muotoon sivulle kaareviksi. Terät riippuvat kulkusuuntaan nähden vinosti alaspäin traktoriin kiinnitettävässä akselissa. Akselin avulla leikkauslaitetta voidaan nostaa tai laskea suoraan traktorista käsin. Leikkaamisen aikana terien ohjaamiseen rivien suunnassa tarvitaan apumies.

Hyvin käyttökelpoiseksi on ruotsalaisten kokemusten mukaan osoittautunut tanskalainen Egedal-merkkinen leikkauslaite. Tähän laitteeseen kuuluvat alunperin U-muotoiset terät, jotka on tarkoitettu sekä sivujuurten että pääjuuren leikkaamiseen. Sovellutuksissa ruotsalaiset ovat katkaisseet terän keskeltä kahtia, jolloin sen muoto on saatu taivutetun terän kaltaiseksi. Terä on molemmilta syrjiltään leikkaava, ja koska se leikatessa liikkuu lyhyin iskuin sekä eteen että taaksepäin, tulos on ollut hyvä.

Taulukko 1. Yksivuotisten männyntaimien tunnuksien riippuvuus taimitiheydestä (JANSON 1969).
 Table 1. Effect of seedling density on the characteristics of one-year-old pine seedlings (JANSON 1969).

Taimitiheys kpl/rivi- metri Seedling density No. per meter of row	Tutkittujen taimien määrä, kpl No. of seedlings examined	Tunnuksien keskiarvot – Characteristic means						
		Juurennis- kan lpm, mm Diameter of root, mm	Taimien pituus, cm Seedling height, cm	Juuren- pituus, cm Root length, cm	Sivuoksien Side shoot		Kuivapaino Dry weight	
					pituus cm length cm	määrä kpl number	kasvain mg shoot mg	juuristo mg roots mg
50	540	1,8	5,7	23,0	2,6	1,4	592	211
100	540	1,7	5,8	22,7	1,9	1,0	460	155
150	540	1,6	6,2	23,3	1,5	0,8	393	134
200	540	1,5	6,6	23,8	0,9	0,5	343	119
250	540	1,4	6,7	23,4	0,7	0,4	301	104

Liikkeen ansiosta pienten kivien, puunkappa-
leiden, juurten palasten tms. takertuminen te-
riin estyy. Lisäksi tämän leikkaamistavan an-
siosta maa joutuu liikkeeseen ja kuohkeutuu,
mikä on vuorostaan juurien kehitykselle edul-
lista. Ruotsissa on kehitteillä vastaavanlainen
laite, jossa terät ovat alunperin J:n muotoisia
(kuva 6).

Yhteistä kaikille leikkaamisvälineille ja ni-
den käytölle on, että terien tulee olla koko
leikkaamisajan teräviä. Pieniä taimia leikat-
taessa on myös käytettävä ohutta terää. DU-
SEKIn (1967) mukaan leikkaava terä ei saa
olla yli 3 mm:ä paksumpi, koska paksumpaa
terää käytettäessä juurten jälsisoluuko leik-
kauskohdissa helposti vaurioituu ja leikkaami-
nen aiheuttaa juuriston repeytymistä. Onnistu-
nut leikkaaminen edellyttää myös, että leikkaa-
vat terät ovat säädettävissä tarpeen mukaan
esim. syvyysuunnassa tai rivien suunnassa.

315. Kylvö- ja kasvatustiheys

Olenainen kysymys juurten leikkaamis-
menetelmän käytössä on taimien kylvö- ja
kasvatustiheys, sillä leikkaamisen menetelmän ta-
loudellisuus pohjautuu suurelta osin valitun
kylvötiheyden vaatimuksille. Luonnollisesti tie-
tyn taimimäärän tuottamiseen tarvittava pinta-
ala on sitä suurempi mitä harvempia kasvatus-
tiheyksiä käytetään. Ekonomisesti ajatellen
kylvötiheyden muutos pinta-alayksiköllä vai-
kuttaa ensi sijassa kylvökustannuksiin ja myö-

hemmin taimien nostokustannuksiin, sillä muut
kustannukset, esim. lannoitus, tuhojen torjunta
ja kastelu pysyvät samoina tiheydestä riip-
pumatta. Lopullinen kylvötiheyden optimointi
on tehtävä maastokelpoisten taimien vaatimus-
ten mukaisesti, jolloin on yleensä kysymyk-
sessä 2–4 vuotiaiden taimien kasvutilan selvit-
täminen.

Yhden kasvukauden ikäisten männyn tai-
mien tunnuksien riippuvuutta kylvötiheydestä
on Puolassa tutkinut JANSON (1969, taulukko
1). Kun tiheys (taimimäärä/rivimetri) lisääntyy,
taimien juurenniskan läpimitta, sivuoksien pi-
tuus ja määrä sekä verson ja juuriston kui-
vapaino laskevat. Ainoastaan kasvaimen pituus
lisääntyy tiheyden kasvaessa. Juurten pituus
säilyy sen sijaan muuttumattomana. Optimaal-
ista kylvötiheyttä JANSON (1969) ei ole määrit-
tänyt, mutta hän painottaa taimiluokituksen
tärkeyttä ja sitä, että taimien maastokelpoi-
suutta määrittäessä on otettava huomioon
taimien pituuden rinnalla ainakin niiden juu-
renniskan läpimitta.

Vastaavanlaisen selvityksen kylvötiheyden
määrittämisestä yksivuotisten taimien kehityk-
seen on tehnyt saksalainen SCHUBERT (1969).
SCHUBERTin mukaan taimien kuivapainon
riippuvuus kylvötiheydestä on parabelin muo-
toinen. Kun tunnetaan käyttökelpoisten tai-
mien määrän riippuvuus taimitiheydestä, voi-
daan optimaalinen yksivuotisten taimien kasva-
tustiheys määrittää. Hänen aineistossaan ei
käyttökelpoisten taimien määrän ja kylvöti-
heyden välillä havaittu riippuvuutta, vaan kou-

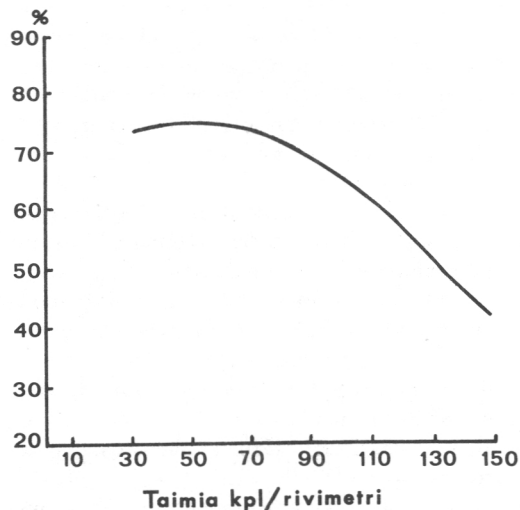
lintaan sopivia taimia saatiin prosentteina yhtä paljon kaikista kylvötiheyksistä. Optimaalinen kasvatustiheys oli männyn ja kuusen osalta 250 tainta/rivimetri. Rivileveys oli tässä koeksessa 5 cm. On kuitenkin huomattava, että kyseessä oli yksivuotisten taimien kasvatusta, ja että taimet kouluttiin ensimmäisen kasvukauden jälkeen huomattavasti väljempään asentoon. Näin heikompiin taimimateriaali on saanut kasvutilaa kehittyäkseen istutuskelpoiseksi.

Ruotsalaisen JAKABFFYn (1969) mukaan yksivuotiaiden männyn taimien kasvussa oli selvä ero, jos taimien kasvatustiheys on noussut yli 150 taimeen rivimetriä kohti. Mikäli taimimäärä oli 150 kpl/rivimetri, taimien hyvyysluokitus antoi selvästi huonompaan suuntaan poikkeavia tuloksia siihen kasvutiheyteen verrattuna, jossa taimien määrä on alle 150 kpl/rivimetri. Johtopäätöksensä JAKABFFY esittää, että kasvatustiheydet, joissa on yli 150 tainta/rivimetri, ovat liian tiheitä juurten leikkaamista ajatellen.

Kylvö- ja kasvatustiheyden merkitys tulee kuitenkin ratkaisevammin esille toisena ja kolmantena kasvukautena, jolloin taimien kasvatusta

Kuva 7. Kuusen kolmivuotiaiden käyttökelpoisten taimien määrän riippuvuus taimitiheydestä/rivimetri (RUBTZOW ja BINDAU 1969).

Figure 7. Relationship between the share of usable three-year spruce seedlings and seedling density in numbers per meter of row (RUBTZOW and BINDAU 1969).



jatkaa juurten leikkaamisen tavan vuoksi siinä tiheydessään, mikä on muodostunut jo ensimmäisenä vuotena. Kun tuotetaan istutuskelpoisia taimia, taimien vaatima kasvutila muodostuu sitä suuremmaksi, mitä kauemmin kasvatusta kestää (vrt. SCHUBERT 1969). Toiseksi ei ole määrätty optimaalisia kylvötiheysarvoja esim. eri puulajeille tai taimityypeille. Ruotsalaisen JAKABFFYn (1972) mukaan on kuitenkin havaittu, että kaksivuotiaiden leikatujen männyn taimien soveliaim taimiluku olisi 100–120 tainta/rivimetri. Vastaavat arvot ovat kolmevuotisen männyn osalta 70–90 tainta/rivimetri ja kolmevuotisen kuusen osalta 80–100 tainta/rivimetri.

Optimaalista kasvatustiheyttä määrätessään romanialaiset RUBTZOW ja BINDAU (1969) ovat kiinnittäneet erityistä huomiota istutuskelpoisten taimien määrän riippuvuuteen kasvatustiheydestä (kuva 7). Heidän mukaansa kolmevuotiaiden kuusen taimien kasvatuksessa saavutetaan korkein hyvälaatuisten taimien määrä, kun kasvatustiheys on 70–75 tainta/rivimetri. Tällöin menee hukkaan noin 30 % taimimäärästä. Myös JAKABFFY (1969) on havainnut, että sovellettaessa edellä mainittuja tiheyslukuja (80–120 tainta/rivimetri), suoraan istutuksiin kelpaavien taimien osuus on ollut keskimäärin 65–70 %:a. Loput taimista on joko hylätty tai koulittu. Näiden lukujen perusteella tulisi maastokelpoisia taimia noin 50–90 kpl rivimetriä kohden, jos alkuperäinen kylvötiheys vaihtelee taimilajista ja kasvatustavasta riippuen välillä 80–120 tainta/rivimetri.

Taimien optimikasvatustiheyden määrittämistä varten on esitetty matemaattinen laskentamenetelmä (PARVIAINEN 1976 b). Menetelmässä on määritetty teoreettinen yhtälö, joka antaa käyttökelpoisten taimien kuivapainon määrän tiheyden funktiona. Taimien verson kuivapaino on soveliaim luokittelutunnus maastokelpoisuutta ajatellen, sillä kuivapainon avulla voidaan ottaa huomioon taimen verso kokonaisuudessaan niin morfologisten kuin sisäisten tekijöiden osalta. Kun haetaan yhtälölle maksimi (yhtälö derivoidaan kasvatustiheyden suhteen), optimitiheys saadaan määritettyä.

Verrattuna samanikäisten koulittujen taimien tiheysarvoihin ovat edellä mainitut ohje-arvot huomattavasti suurempia. Kasvatustiheys koulintariveissä on männyn yllensä 5 cm ja kuusella 6–7 cm (TAKALA 1975). Kun otetaan huomioon, että koulinnassa pyritään juuri

riittävän kasvutilan avulla varaamaan taimille suotuisat kehitysedellytykset (koulintatiheyden vaikutuksesta taimien laatuun kts. SCHMIDT-VOGT 1966), on ilmeistä, että edellä kuvattujen tiheyslukujen avulla ei voida leikkaamalla kasvattaa yhtä vankkoja isoja taimia. Joskin taimien pituuskasvu on tiheässäkin asennossa lähes koulittujen taimien suuruista, jää taimen tanakkuus ja verson rehevyys (joka kuvastaa erityisesti verson kuivapaino) selvästi heikomaksi kuin koulituilla, väljässä asennossa kasvatetuilla taimilla. Lisäksi kasvutiheys vaikuttaa taimien fysiologiseen kuntoon. On havaittu, että esim. taimien puutuminen on sitä hitaampaa mitä tiheämmässä taimet kasvavat (TANAKA ja TIMMIS 1974). Isoja taimia kasvatettaessa on luonnollisesti mahdollista harventaa kylvörivit sopivaan tiheyteen, jolloin on mahdollista puuttua taimien laatuun ja siten suunnata tuotanto pelkäästään maastokelpoisiin taimiin.

Yhtenä keinona taimimateriaalin laadun parantamiseksi tai kylvötiheyden suurentamiseksi JAKABFFY (1972) on ehdottanut kylvörivin leventämisestä. Mikäli kylvörivi on esim. 4 cm:n leveä, voidaan laskea, että 100 tainta on 3 cm:n ja 150 tainta 2 cm:n etäisyydellä toisistaan rivimetriä kohti. Toisaalta leikkaustulos ei kuitenkaan muodostune niin tasaiseksi kuin käytettäessä kapeampia kylvöriivejä, koska leikkaus tavoittaa erilaisen alueen juuriston eri puolilla.

316. Leikattujen taimien menestyminen maastossa

Tuloksia leikattujen taimien menestymisestä maastossa on saatavissa mm. Ruotsissa. Täällä JAKABFFY (1969, 1972, 1974, 1975, 1976) on perustanut varsinaisten taimitarhalla tehtyjen leikkaamiskokeiden ohella myös laajoja maastokokeita, joissa on vertailtu rinnakkain koulimattomia, koulittuja sekä leikattuja taimia. Leikkaamistapa on ollut edellä kuvattu ns. peräkkäinen leikkaaminen, jossa taimirivin eri sivut on käsitelty eri aikaan. Kaikilla männyn istutusalueilla kasvupaikka on ollut verraten rehevä, ja heinittyminen joko kohtalaista tai runsasta.

Kolmen kasvukauden kuluttua istutuksesta on männyllä saatu seuraavia tuloksia: Kaksivuotiaat leikatut taimet menestyivät selvästi paremmin kuin samanikäiset koulimattomat

taimet sekä eloonjäämisen (74,3 % ja 44,6 %) että pituuskasvun (14,0 cm ja 11,5 cm) osalta. Leikatut taimet menestyivät myös paremmin kuin kaksivuotiaat koulitut taimet. Tällöin leikattujen taimien eloonjääminen oli 63,1 % ja koulittujen 53,7 %. Vastaavat pituuskasvutulokset olivat 14,0 cm:ä ja 12,0 cm:ä. Kaksivuotiset leikatut taimet olivat heikompia eloonjäämisen osalta ainoastaan kolmivuotiaisiin koulittuihin taimiin nähden (29,2 % ja 39,5 %). Pituuskasvussa ei ollut havaittavaa eroa.

Kolmevuotiaiden kahdesti leikattujen männyn taimien menestyminen oli likimain yhtä hyvä kuin samanikäisten koulittujen taimien. Tämä koski sekä taimien eloonjäämistä (87,8 % ja 88,2 %), että pituuskasvua (13,1 cm ja 12,2 cm) kolmen maastokauden jälkeen.

Leikkaamisajankohta ei yleensä vaikuttanut taimien menestymiseen istutuslallalla. Kuitenkin havaittiin, että tiheästä kylvöstä nostetut taimet menestyivät vähintään yhtä hyvin kuin harvan kylvöksen taimimateriaali. Toisaalta havaittiin, että tiheässä kasvaneiden taimien pituuskasvu oli alkuvuosina voimakkaampaa kuin harvassa kasvaneiden taimien. Kun taimet luokiteltiin ennen istutusta silmävaraisesti kolmeen luokkaan, luokkien viljelytulos noudatti sääntöä, jonka mukaan kookkaampien taimien menestyminen on ollut parempi lähes kaikilla koealoilla.

Kuusen taimien istutuskokeissa havaittiin kolmen kasvukauden päätyttyä, että kolmevuotiaat kahdesti leikatut taimet menestyivät lähes yhtä hyvin kuin kolmevuotiaat koulitut taimet (eloonjääminen 80,9 % ja 83,5 %). Yleensä kuitenkin todettiin, että leikattujen kuusen taimien pituuskasvu jäi alkuvuosina jälkeen samanikäisten koulittujen taimien pituuskasvusta. Selvästi tämä ero tuli näkyviin neljävuotiaiden leikattujen taimien kohdalla. Kuusen istutusaloilla pintakasvillisuuden kilpailu on ollut voimakasta.

Neljävuotiaiden leikattujen kuusen taimien menestymiseen kylvö- ja kasvatustiheys vaikutti voimakkaammin kuin nuorempiin taimiin. Yleispiirteenä oli, että tiheässä kasvaneiden taimien eloonjääminen oli selvästi heikompaa kuin harvassa asennossa kasvaneiden.

Yhdysvaltalaisissa ja kanadalaisissa tutkimuksissa on myös yleensä havaittu, että koulinnan sijasta leikkaamalla kasvatettujen taimien eloonjääminen istutuksen jälkeen on monilla kasvupaikoilla parempi verrattuna suoraan kylvöstä kasvatettuihin taimiin (esim. STOECKER ja

JONES 1957, SHOULDERS 1963, SUTTON 1969). Esim. Devittin (1962, SUTTON 1969) mukaan 2+0 douglaskuusen taimien istutuksissa seitsemän ensimmäisen kasvukauden jälkeen ei havaittu eroja eloonjäämisessä leikattujen ja käsittelemättömien taimien välillä. Sen sijaan keskikokoisten leikattujen taimien pituuskasvu oli vain noin 92 %:a kontrollitaimien pituuskasvusta. Samoin leikattujen taimien rinnankorkeusläpimitta oli pienempi kuin kontrollitaimien. Isokokoisten taimien kohdalla erot olivat vielä suuremmat; pituuskasvun osalta leikattujen taimien suhde kontrollitaimiin oli 86 %:a ja rinnankorkeusläpimitan osalta 66 %:a.

317. Leikkaamismenetelmien tarkastelua

Juurten leikkaamisen etuna on ennen muuta pidetty menetelmän helpompaa koneellistamista koulintaan verrattuna (esim. BERGMAN 1974). Tällöin tarkoitetaan koko kasvatuslinjaa: tarkuuskylvö – leikkaaminen – koneellinen nosto. Koneellistamisen ansiosta on mahdollista selvittää vähemmällä työvoiman määrällä ja vähentää taimien tuotantokustannuksia. Ruotsalaisten havaintojen mukaan juurten leikkaamisen avulla on mahdollista tuottaa metsänviljelykelpoisia taimia vähintään 30 %:a huokeammalla kuin menetelmillä, jotka pohjautuvat taimien koulintaan (JAKABFFY 1969, 1974). Samojen havaintojen mukaan pelkästään taimikoulinta muodostaa 15–25 %:a taimien tuotantokustannuksista.

Luonnollista on kuitenkin, että ennen laajamittaista käyttöön ottoa juurten leikkaamisen edellytyksiä on vahvistettava tutkimuksilla Suomen olosuhteissa nimenomaan biologisten perusteiden osalta. Koska on kysymys meillä toistaiseksi vain vähän tunnetusta taimien kasvatuslinjasta, tutkimuksissa ja käytännön kokeiluissa on kiinnitettävä huomiota koko leikattujen taimien metsänviljelyketjuun ja sen osatekijöihin. Vaikka juurten leikkaaminen on useimmiten tuottanut kelpollisia taimia, leikkaamisen käytöstä on saatu myös epäedullisia kokemuksia (DUŠEK 1965, JAKABFFY 1969). Erityisesti on painotettu, että eri puolajien reaktiot ja toipumiskyky juurien leikkaamisen yhteydessä saattavat vaihdella huomattavasti erilaisilla maaperillä. Ilmeistä on lisäksi, että leikkaaminen vaatii onnistuakseen huolellista työtä, sillä jo pieninkin virhe esim. leikkaamisaikaisyyttä säädettäessä voi kostautua myöhem-

min taimien laadussa. Tästä johtuen juurten leikkaaminen ei voi olla *kaavamainen* menetelmä, vaan sen soveltaminen vaihtelee ko. tilanteen mukaisesti (vrt. BERGMAN 1974).

Ruotsalaisissa (JAKABFFY 1974) leikkaamiskokeissa on erityisesti sopivan kylvön toteuttaminen tuottanut vaikeuksia. Leikkaamista ajatellen kylvön olisi oltava mahdollisimman tasainen. Koneellisessa kylvössä siemenet joutuvat helposti liian syvälle ja toisaalta siemenien tasainen annostelu on ollut joskus epävarmaa.

Biologiselta kannalta leikkaamismenetelmään kuuluva rivikylvö vähentää kilpailusta johtuvaa luontaista taimivalintaa. Kohtalaisen harvaan asentoon tehty kylvö antaa mahdollisuuden myös heikompienkin taimien menestymiselle, jotka jäisivät yleensä 'raakeiksi' tiheään hajakylvöksen jäljiltä tapahtuvassa kasvatuksessa. Toisaalta siementen painolajittelun avulla on pyritty vaikuttamaan taimisaantoon, sen lukumäärään ja tasaisuuteen. Lisäksi taimien laatua on pyritty ohjaamaan esi-idätyksen avulla, jolloin myöhään itävät siemenet on lajiteltu pois. Esi-idätystä varten on Ruotsissa kehitetty laitteet (HYVÄRINEN suull.).

Oman kysymyksensä taimien kasvatuksessa leikkaamalla muodostaa kasvatustiheys. Sovellettaessa taloudellisesti kannattavia tiheyksiä on ollut vaikeuksia tuottaa suurikokoisia, heinittyville alueille soveltuvia metsänviljelykelpoisia taimia. Tässä mielessä isojen taimien kasvatusta koulinnan avulla voi olla ainoa vaihtoehto (vrt. DUŠEK 1965, SCHMIDT-VOGT 1966). Isojen leikattujen taimien metsänviljelykelpoisuuteen on tiheyden ohella vaikuttanut myös muun kasvatuksen onnistuminen. Ruotsalaisten (vrt. JAKABFFY 1974) kokemusten mukaan leikattujen isojen kuusen taimien lannoituksen järjestelyssä on ollut vaikeuksia, sillä liika lannoitus saa helposti verson kasvun voimistumaan juuriston kustannuksella, jolloin istutustulos on ollut heikko. Toisaalta liian vähäinen lannoitus tuottaa ylipäätään metsänviljelykelpoisuudeltaan heikkoja taimia.

32. Juurten leikkaaminen ennen koulintaa

Mainintoja juurten leikkaamisesta ennen koulintaa esiintyy ulkomaisissa julkaisuissa (esim. RUPF ym. 1961, RUSTEN ja LANDMARK 1968). Näiden mukaan juurten tyypistämiseen on ryhdytty, jos taimien juuristo on ollut liian

laaja koulittavaksi. Suomessa tämä toimenpide ei ole ollut yleistä. Juuriston tyypistämistä leikkaamalla ennen koulintaa on kuitenkin mm. HEIKINHEIMO (1940) tutkinut. Hänen kokeissaan juurten tyypistäminen oli tehty saksilla tai puukolla, ja juuristosta oli leikattu pois noin kolmannes juurten kokonaispituudesta. Seuraava asetelma osoittaa tulosten yleispiirteet. Asetelmassa on mukana männyllä, kuusella ja lehtikuusella tehdyt leikkaamiskokeet, ja mittaus-tulokset on yleensä saatu kahden vuoden kuluttua leikkaamisesta ja sitä seuranneesta koulinnasta. Koulinta-ajankohta on ollut kevät.

Leikattujen taimien tunnuksien suhde ilman leikkausta kouluttuihin taimiin

	Suurempi % koesarjoista	Yhtä suuri	Pienempi	Koesarjojen lukumäärä
Kuolleisuus	14	72	14	14
Taimien keskipituus	10	15	75	20
Taimien keskim. paino	17	17	66	24
Juurien paino, %:a kokonaispainosta	46	25	29	24
Juuriston keskipituus	—	21	79	14
Taimien laatu	10	25	65	20

Asetelman prosenttiluvuista voidaan päätellä, että taimien kuolleisuus on ollut likimain samansuuntaista sekä leikattuja että leikkaamattomia taimia koulittaessa. Sitä vastoin leikattujen taimien keskipituus, keskimääräinen paino ja juuriston keskipituus ovat pienempiä kuin ilman leikkausta koulittujen taimien. Ainoastaan juuriston painon suhde verson painoon näyttää leikatuilla taimilla olevan edullisempi. Mikäli juuristosta oli leikattu pois noin puolet kokonaispituudesta, nämä taimet kehittyivät heikommin verrattuna leikkaamistapaan, jossa poistettiin kolmannes juurten kokonaispituudesta.

HEIKINHEIMON (1940) mukaan juuriston tyypistämisen eduksi ennen koulintaa jää vain, että taimia on helpompi käsitellä ja koulia. Toisaalta juuriston tuuheetuminen voimistuu, ja juurien lukumäärä lisääntyy. Tästä ei kuitenkaan HEIKINHEIMON mukaan ole olennaista etua istutuksen jälkeen, vaan kokeissa on

havaittu esim. kuusen juromisen lisääntyneen. Ilmeistä on siitä huolimatta, että leikattujen taimien koulinta ei aiheuta juuristolle sen laatuista vaurioita tai epämuodostumia, joita saattaa tulla ilman leikkaamista koulituille taimille (vrt. MOEN 1968). MOENin (1968) mukaan myös koulittujen taimien juurten yhteenkasvaminen eri taimien kesken on vähäisempää, jos juuret leikataan ennen koulintaa.

Juurten leikkaaminen koulinnan yhteydessä on tarkoituksenmukaisinta järjestää erillisenä toimenä, varsinkin kun on kysymyksessä konekoulinta. Vain käsikoulinnassa voi tulla kyseeseen juurten leikkaaminen esim. saksilla tai veitsellä juuri ennen koulintavaihetta. Leikattaessa juuria käsin suositellaan saksalaisissa ohjeissa taimien käsittelyä pienissä esim. 10 kpl nipuissa, jolloin työvaiheen kustannukset alenevat verrattuna taimikohtaiseen käsittelyyn (RUPF ym. 1961). Itse työ käy kätevimmin veitsellä, jolla katkaistaan lauta-alustan päälle asetetun taiminipun taimien juuret sovitulta etäisyydeltä. Käsin leikkaaminen ja taimien lajittelu on sopivinta yhdistää samaksi työvaiheeksi (vrt. MOEN 1968).

Mikäli juurten leikkaaminen tapahtuu noston yhteydessä, tämä on mahdollista koneellistaa ainakin altapäin tapahtuvaksi leikkaamiseksi (hajakylvöissä). Leikkauslaitteiksi soveltuvat osittain ne ratkaisut, joita on esitetty jo aikaisemmin. Leikattuja taimia koulittaessa on lisäksi huolehdittava taimien vesitaloudesta, jotta juuriston tilapäinen vedenottokyvyn heikkeneminen ei aiheuta taimien kuolemista.

33. Ylisuurten taimien kasvatus

Tavallisimpien koulittujen taimien (2A + 1A mänty tai 2A + 2A kuusi) kasvatuksen aikana ei tarvitse suorittaa mitään juurien tai taimien verson kasvua hillitseviä toimia. Kuitenkin on tilanteita, esim. erittäin rehevien kasvupaikkojen metsänviljely, taimien menekkivaikeudet jne., jolloin taimia joudutaan kasvattamaan taimitarhalla yli normaalin tuotantoajan. Jos taimet joutuvat olemaan useita vuosia koulinnan jälkeen samassa paikassa, niiden juuret kasvavat yhteen, jolloin taimien nosto vaikeutuu ja juuriin syntyy helposti repeytymiä.

Juurten kasvun hillitsemiseksi on suositeltu ylivuotisten koulittujen taimien juurten leikkaamista usean kerran peräkkäin. Sopivimmiksi

ajankohdiksi ovat tällöin osoittautuneet kesä taimien pituuskasvun päättymisen jälkeen, myöhäinen syksy tai aikainen kevät (MOEN 1968). Leikkaaminen on tehty koulintarivin sivuilta, sivujuurten kasvun estämiseksi.

Usein on myös tarpeen estää koulintariveissä sivujuurten yhteenkasvu eri taimien välillä. Tällöin yksittäisten taimien juuret ovat helpoimmin leikattavissa yksinkertaisilla käsityökaluilla. Tämä on kuitenkin kallis toimenpide, ja kustannukset voivat muodostua jopa suuremmiksi kuin mitä tapahtuisi toisessa koulinnassa. Juurten kehityksen kannalta on silti edullisempaa leikata juuret, sillä tällä tavoin vältetään juuriston epämuodostumisen vaaroilta, joita syntyy helposti erityisesti koulittaessa suuria taimia (vrt. DUŠEK 1965).

Toisena tavoitteena juurten leikkaamisella isojen taimien kasvatuksessa on, että sopivasti suoritettu leikkaaminen vähentää ja ehkäisee verson kasvua (ALDHOUS 1972). Tältä kannalta toteutettua juurten leikkaamista on sovellettu erityisesti Yhdysvalloissa (STOECKELER ja JONES 1957, SHOULDERS 1963), missä usein on ongelmana taimien liian rehevä pituuskasvu voimakkaan lannoituksen ja kasvinsuojeluaineiden käytön takia. Mikäli on haluttu ehkäistä eniten verson kasvua, kasvukauden alussa toimitettu leikkaaminen on ollut soveliaa. Juuret on leikattu yleensä alaspäin pääjuuren tyypistämistä silmälläpitäen.

Ylisuurten taimien kasvatuksessa on kiinnitettävä erityistä huomiota taimien juuri/versosuhteeseen. Koska leikkaamalla tyypistetään taimien juuristoa, verson kasvu saattaa olla liian voimakas juuristoon nähden, jolloin taimien metsänviljelykelpoisuus alenee (vrt. RÄSÄNEN 1966, SCHMIDT-VOGT 1966). Vaikka useat tutkijat katsovat suuren juuri/versosuhteen lisäävän taimien menestymismahdollisuuksia istutuksen jälkeen, juuriston paino ei kuitenkaan välttämättä osoita todellista adsorptiopinta-alaa, vaan lyhytjuurien ja mykorrhizojen määrän vaihtelu aiheuttaa siinä merkittäviä eroja (RÄSÄNEN 1966). Juuri/versosuhteen kehitystä voidaan ohjata leikkaamisajankohdan, lannoituksen tai kastelun avulla. Sopiva juuri/versosuhte on kotimaisissa oloissa 1/3–1/5. Liian runsas lannoitus ja kastelu aiheuttavat juuriston heikon kehityksen, jolloin juuri/versosuhte tulee epäedulliseksi.

Yhdysvalloissa on kokeiltu myös taimien pääverson tyypistämistä liiallisen pituuskasvun

estämiseksi (STOECKELER ja JONES 1957). Havupuiden verso on leikattu ajankohtana, jolloin pituuskasvu on ollut kiivaimmillaan. Syntyvä uusi kasvain on leikattu poikki 2–5 cm etäisyydeltä edellisen vuosikasvaimen päätepisteestä lukien, jolloin poistettavaa kasvainta on ollut 2–8 cm:n pituudelta. Tämä toimi ei ole vaikuttanut epäedullisesti uuden latvasilmun muodostumiseen, eikä myöhemmin ulkonäköön. Kasvukauden päätyttyä tyypistetyt taimet ovat olleet lyhyempiä kuin ilman käsittelyä kasvaneet taimet, mutta toisaalta verson leikkaaminen on parantanut juuri/versosuhdetta ja samalla haihduttava pinta-ala on tullut pienemmäksi. Verson tyypistämisestä on vielä koitunut se etu, että istutusaloilla tällaiset taimet ovat olleet vähemmän alttiita lumi-, tuuli- tai routavaurioille.

STOECKELER ja JONES (1957) eivät suosittele verson leikkaamista ajankohtana, jolloin taimi on horroksessa tai kun verso on puutunut. Heidän mukaansa leikkaamisenettä, jossa oli poistettu taimen latvasilmu esim. 1–2 cm päästä silmun tyven alta, oli tuottanut taimia, joilla oli ollut selvästi korkeampi kuolleisuus kuin ilman leikkaamista istutetuilla taimilla. Leikatun verson neulasten kastamisesta vahaan ennen istutusta ei ollut havaittavaa etua. Viime vuosina on kokeiltu kemiallisia aineita ns. alginaatteja, joiden tehtävänä on estää taimien haihdutusta (RUMMUKAINEN 1970). Alginaateilla saaduista myönteisistä kokemuksista päätellen saattaisi alginaattikäsittely olla hyvinkin edullinen taimien haihdunnan estäjä verson leikkaamisen yhteydessä.

Haihduttavan pinta-alan pienentämiseksi Keski-Euroopassa on kokeiltu menetelmää, jossa kaikki sivuversot leikattiin poikki ennen istutusta tai heti istutuksen jälkeen (KRAPPENBAUER ja GLATZEL 1972). Taimien kuolleisuus ei lisääntynyt. Pääverson pituuskasvu oli ensimmäisenä kasvukautena voimakkaampi, mutta myöhemmin selvästi heikompi kuin käsittelemättömillä taimilla. Käytännölliseltä kannalta koe auttaa ymmärtämään erilaisten versoihin kohdistuvien vaurioiden (esim. hyönteistuhot) merkityksen (GLATZEL 1972). On myös tuotu esiin, että jo pelkästään kasvavien neulasten tuhoutumisella tai poistamisella voi olla epäedullisia vaikutuksia taimien kehitykseen (vrt. NEIL 1962, LEIKOLA 1972).

Verson leikkaaminen on helposti järjestettävissä pienessä mittakaavassa puutarhasaksilla

samaan tapaan kuin pensasaitojen leikkaaminen (STOECKELER ja JONES 1957). Suurempia aloja käsiteltäessä versot on katkaistu normaalin maataloudessa käytetyn heinäniittokoneen avulla, jonka liikkuva terä on tuettu tukitangon ja maata laahaavan kelkan avulla sopivalle korkeudelle.

Kun ajatellaan, että taimien verson typpistämässä puututaan erittäin voimakkaasti taimien normaaliin kehitykseen, havupuiden verson leikkaaminen tuntuu tässä esitetyistä suotuisista ulkomaisista kokemuksista huolimatta meille

vieraalta toimelta laajempaa taimikasvatusta ajatellen. Kasvifysiologiselta kannalta verson leikkaaminen on sinänsä mielenkiintoinen toimenpide, koska tällöin häiritään taimen verson normaaleja korrelaatioita, mm. pääverson hallitsevuutta (vrt. MÜNCH 1938). Ilmeisesti verson leikkaamista on tarkoituksenmukaista käyttää vain erikoistarkoituksiin kasvatettavilla taimilla, kuten esim. maisemanhoidollisiin istutuksiin menevällä materiaalilla, joulukuusien kasvatuksessa tms.

4. JUURTEN LEIKKAAMINEN ENNEN ISTUTUSTA

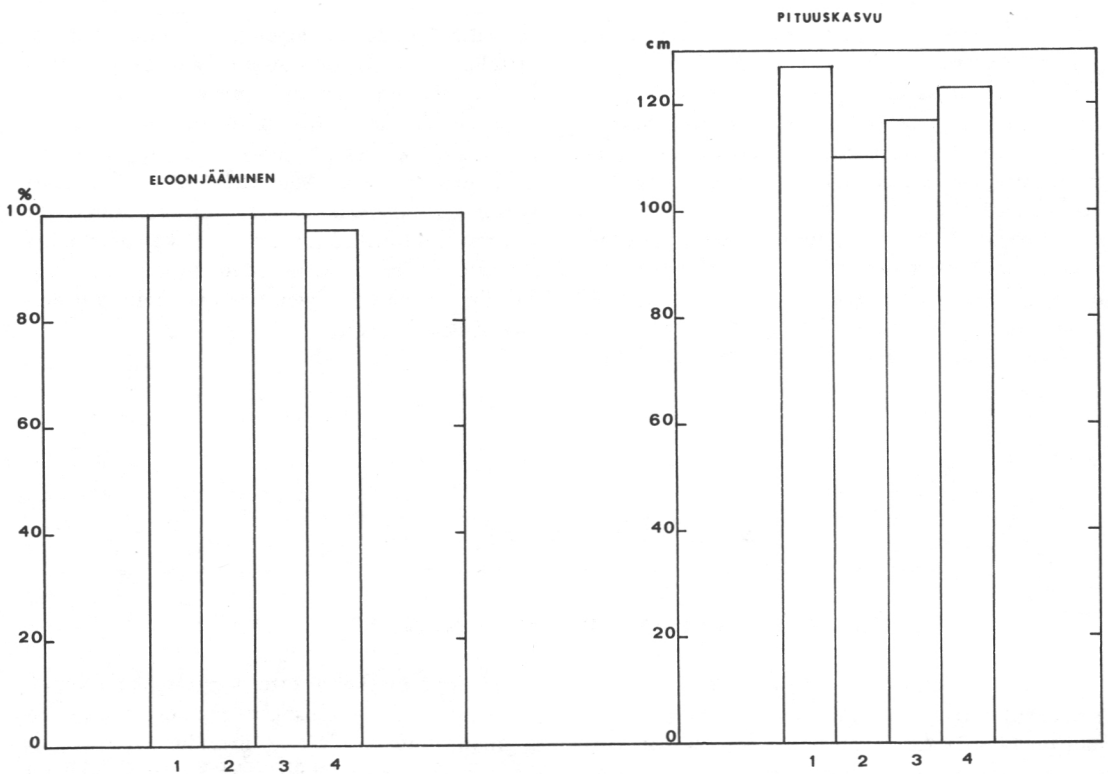
Juurten leikkaamisella ennen istutusta tarkoitetaan tässä leikkaamisenmenettelyä, joka tapahtuu taimien kasvatusvaiheen lopussa hieman ennen nostoa, noston aikana tai välittömästi ennen istutusta.

Yleensä on kehoitettu käyttämään taimien noston aikana sellaisia nostomenetelmiä, joissa taimien juuret eivät vaurioidu tai katkeile (vrt. RUSTEN ja LANDMARK 1968, HUURI 1972), sillä vaurioiden on pelätty kostautuvan

Taulukko 2. Istutuksen yhteydessä tapahtuneen juurien typpistämisen vaikutus kuusen avomaataimien kehitykseen 1, 2 ja 6 vuoden kuluttua istutuksesta (HEIKINHEIMO 1941).

Table 2. Effect of root pruning at planting on the development of spruce plants after 1, 2 and 6 years from planting (HEIKINHEIMO 1941).

Taimien ikä, v, Age of plants, years	Kuolleet, % Dead, %			Keskipituus, cm Mean height, cm			Viim. kasvaimen pituus, cm Length of last shoot, cm		
	vuotta istutuksesta – years from planting								
	1	2	6	1	2	6	1	2	6
Typistämättömät juuret – Unpruned roots									
2/0	3	9	14	12,3	19,4	42,9	4,9	5,6	5,9
2/1	2	8	29	14,5	20,5	43,9	4,9	5,2	4,3
2/2	0	4	4	25,0	28,6	64,3	6,1	3,3	6,1
Typistetyt juuret – Pruned roots									
2/0	4	16	19	11,2	17,0	41,7	4,2	4,2	4,8
2/1	4	7	22	12,0	18,0	38,3	3,0	5,1	4,6
2/2	9	20	29	22,2	24,1	66,2	3,8	2,9	9,4



Kuva 8. Taimien nostotavan vaikutus kuusen taimien kuntoon ja pituuskasvuun. Numerot pylväiden alla tarkoittavat: 1 = varovainen nosto, 2 = puolikarkea nosto, 3 = karkea nosto, 4 = juurten leikkaaminen (HUURI 1973).

Figure 8. Effect of lifting method on the survival and shoot growth of spruce transplants. The column codes are: 1 = careful lifting, 2 = rather rough lifting, 3 = rough lifting, 4 = root pruning (HUURI 1973).

myöhemmin taimien istutuksen jälkeisessä kehityksessä. Toisaalta samoissa ohjeissa on annettu neuvoja, joiden mukaan vaurioituneet juuret on leikattava poikki vauriokohdan yläpuolelta. Varovaista taimien käsittelyä painottavien ohjeiden rinnalla on esiintynyt myös käsityksiä, joiden mukaan juurten leikkaaminen ennen istutusta olisi ehdoton edellytys kelvollisesti kehittyvän taimiston luomiselle (esim. WIBECK 1923).

Ensimmäiset järjestetyt kokeet juurten leikkaamisesta ennen istutusta on Suomessa tehnyt HEIKINHEIMO (1941). Taulukossa 2 on esitetty kuusella tehtyjen kokeiden tulokset 1, 3 ja 6 kasvukauden kuluttua istutuksesta. Taulukosta 2 havaitaan yleispiirteitä kaikkien kokeilujen taimilajien osalta juurten leikkaamisen lisännen taimien kuolleisuutta.

Pituuskasvu oli leikatuilla taimilla alussa heikompi, mutta myöhemmin lähes yhtä suuri kuin leikkaamattomilla taimilla. Taimien juuristoista oli tässä kokeessa leikattu pois n. kolmannes valtajuurien pituudesta. Koe oli perustettu istuttamalla taimet verhopuuston alle.

Myöhemmin taimien noston ja tässä yhteydessä toimitetun juurten leikkaamisen vaikutusta istutustulokseen on selvitetty Suomessa HUURI (1973). Hän on perustanut koealoja, joilla on vertailtu rinnakkain varovaisen noston, puolikarkean noston, karkean noston, taimitarhoilla 1960-luvulla yleisesti käytetyn nostotavan sekä juurten leikkaamisen merkitystä taimien kehitykseen istutuksen jälkeen. Tulosten perusteella hyväkuntoisten taimien eloonjäämiseen ja pituuskehitykseen ei eri nosto-

tavoilla ole ollut merkittävää vaikutusta. Myöskään juurten leikkaaminen veitsellä juurenniskan ympäriltä 15 cm:n pituiseksi ei vaikuttanut merkittävästi kuusen taimien eloonjäantiin, kuntoon eikä pituuskasvuun (kuva 8). Tutkimuksessa ei havaittu merkkejä lahosienien tunkeutumisesta juuristoihin varovaisen noston tai karkean nostokäsittelyn kohdalla. Tulokset koskevat taimien kehitystä 6–7 vuoden aikana istutuksen jälkeen.

Ulkomaiset tulokset näyttävät viittaavan samaan suuntaan kuin mitä on saatu edell-mainituista tutkimuksista. Yleispiirteinä voidaan havaita, että kuivilla kasvupaikoilla juurten tyypistäminen tai leikkaaminen ennen istutusta on lisännyt taimien kuolleisuutta. Leikattujen taimien pituuskasvu on olosuhteista riippuen joko yhtä suurta tai vähäisempää kuin käsittelemättömien taimien.

Ehkä voimakkaammin juurten leikkaaminen ennen istutusta on tullut esille siinä keskustelussa, jota on käyty paljasjuuristen taimien istutuksen aiheuttamista juuristojen epämuodostumisista. Varsin laajoja ja perusteellisia selvityksiä karkeiden istutustapojen, ensi sijassa kanki-istutuksen aiheuttamista juuristovaurioista, on tehty jo 1900-luvun alkupuolella (SPITZENBERG 1908, LINDBERG 1920, WIBECK 1923, LIESE 1926). Näiden havaintojen mukaan väkivaltaisessa istutuksessa syntynyt juuristojen väärä asento johtaa juurien epämuodostumiseen ja huonoon kehitykseen, jonka seurauksena taimi saattaa myöhemmin kaatua tai kuolla pystyyn. Epämuodostuneen juuriston vaikutus tulee näiden kokemusten mukaan vasta jälkikäteen esille. Vasta 10–15 vuoden kuluttua istutuksesta on havaittu ensimmäiset taimet, joiden kuoleamisen syynä on ollut juuriston virheellinen asento. Istutuksen aiheuttamat vauriot ilmenevät selvimmin männyllä, koska se ei muodosta jälkijuuria (adventiivijuuria) entisen juuriston yläpuolelle samalla tavoin kuin esimerkiksi kuusi (esim. HEIKINHEIMO 1920). Männyn juurien kasvun oletetaan jatkuvan pääasiassa siihen suuntaan, mihin se on jäänyt koulinnassa tai sitä seuranneessa istutuksessa (HERZ 1935, LÄHDE ja SILTANEN 1973).

Paljasjuuristen taimien istutuksessa aiheutuvien juuristovaurioiden välttämiseksi suositeltiinkin vuosisadan alussa yhtenä keinona ja usein myös ainoana vaihtoehtona juurten leikkaamista ennen istutusta (esim. SPITZENBERG 1908, WIBECK 1923, LIESE 1926). Juurten

leikkaamisen merkitys johtuu tässä tapauksessa siitä, että juurien leikkauspintojen kallussolukosta syntyy uusia korvaavia juurenharoja vasta istutuksen jälkeen. Usein suositeltiin vain sivujuurten tyypistämistä ennen istutusta. Samoin näissä kokeissa oli yleensä mukana vain koulimattomia taimia. Kuivilla kasvupaikoilla kehoitettiin noudattamaan varovaisuutta juurien leikkaamisessa, sillä tällä tavoin käsitellyt taimet kuivuvat tavallista herkemmin.

Kysymys juuristovaurioista istutuksen yhteydessä on tullut uudelleen esille viime vuosina, kun männyn istutustaimistot ovat saavuttaneet ikävaiheen, jossa vanhojen kokemusten mukaan pitäisi ilmetä näkyviä merkkejä juuristojen epämuodostumisen seurauksista (vrt. HUURI 1976 a, 1976 b). Juuristojen epämuodostumisen välttämiseksi voi istutustavan valinnan ohella tulla kysymykseen juurten jonkinasteinen leikkaaminen. Juurten leikkaamisen edullisuutta ennen istutusta tukevat myös paakkutaimista tehdyt alustavat havainnot. Näiden mukaan paakun seinän läpi tulneiden juurten katkaisu välittömästi ennen istutusta on osoittautunut juuristokehityksen kannalta suotuisaksi (PARVIAINEN 1976 a).

Myös NISULAN (1972) havainnot rullataimien juuristoista osoittavat juurten leikkaamisen edullisen vaikutuksen juuriston muodostumiseen istutuksen jälkeen. Suoria tutkimustuloksia tai suosituksia siitä, kuinka paljon paljasjuuristen taimien juuristoista on leikattava pois ennen istutusta, ei ole julkaistu, mutta ainakaan se juurimäärä, mikä joutuu hukkaan ns. karkean noston yhteydessä, ei ole ollut vaaraksi taimien alkuvuosien kehitykselle (HUURI 1973).

On kuitenkin painotettava, että juurten leikkaamista istutuksen yhteydessä selvittävät koheet ovat usein osoittaneet leikattujen taimien eloonjäämisen ja pituuskasvun olevan alkuvuosina hieman heikomman kuin normaalilla tavalla istutettujen taimien. On myös syytä muistaa, että vaikka taimet on kasvatettu juuria leikaten ilman koulintaa, ne ovat yhtä lailla alttiita väkivaltaisessa istutuksessa syntyville juuristovaurioille kuin koulinnan avulla kasvatetut taimet.

Taimitarhalla on noston yhteydessä leikkaaminen helpoimmin järjestettävissä. Tällöin koulintataimien nostolaitteeseen voidaan yhdistää leikkaavat terät, jotka leikkaavat juuret alapäin ja samalla myös taimirivien sivuilta. Leik-

kaaminen on mahdollista järjestää myös erillisenä toimenä ennen nostoa samaan tapaan kuin koulinnan korvaavassa taimien kasvatuslinjassa. Kun leikkaaminen on järjestetty hieman ennen nostoa, katkaistujen juurien haavapinnoille ehtii muodostua kallussolukkoa jo ennen istutusta

(MOEN 1968). Näin ei istutuksessa aiheudu liian suurta fysiologista muutosta taimien kehitykselle. Sienitautien iskeytymisvaaran kannalta on myös syytä ottaa huomioon leikkaamisajankohdan merkitys, jotta leikkauskohdat ehtivät umpeutua riittävästi ennen istutusta.

5. KIRJALLISUUSLUETTELO

- ALDHOUS, J. R. 1972. Nursery Practice. For. Comm. Bull. 43.
- BERGMAN, A. 1974. Produktion av barrotsplantor enligt förenklat förfarande. Årskr. Norske Skogplantesk. 1974: 72–79.
- BJÖRKMAN, E. 1963. The influence of ectotrophic mycorrhiza on the development of forest tree plants after planting. Skogshögskolan Inst. f. skogsbotanik. Rapp. o. Uppsats. 103.
- DUŠEK, V. 1965. Erfahrungen mit der Dünnmann-Methode bei der Sämlingsanzucht und Forschungsergebnisse beim Wurzelschnitt von Sämlingen in der ČSSR. Wiss. Zeitschr. Tech. Univ. Dresden. 14 (6): 1553–1561.
- DUŠEK, V. 1967. Ausnützung der Methode des Wurzelschnittes bei verschulten Pflanzen von Buche (*Fagus silvatica* L.). XIV. IUFRO-Kongres. München 1967. Pap. IV. Sect. 23: 146–159.
- DUŠEK, V. 1969. Aplikace metody podřezávání kořenů při pěstování semenáčků buku lesního (*Fagus silvatica* L.). Application of undercutting methods for cultivation of beech seedlings. Práce VÚLHM, svazek 38: 71–94.
- DUŠEK, V. 1974. Regenerace vertikálních kořenů jedno- a dvouletých semenáčků *Fagus silvatica* L. po poranění v různé roční době. Regeneration of the vertical roots of one- to two year seedlings of *Fagus silvatica* L. after wounding in various year season. Časopis slezského muzea-Acta musei silesiae. Series dendrologia, XXIII-1974: 181–186.
- DUŠEK, V., KOTYZA, F (a kolektiv). 1970. Moderní lesní školkařství. Státní zemědělské nakladatelství. Praha.
- DYKSTRA, G.F. 1974. Undercutting depth may affect root-regeneration of lodgepole pine seedlings. Tree Planters' Notes 25 (1): 21–22.
- DEVITT, W., J., R. 1962. X-12 planting trials. Summary of treatments and 1962 survival. Mimeo. B. C. Forest Service Reforestation Division. pp. 2. (Ref. Sutton, R., F. 1969)
- EIS, S. 1969. Lateral root pruning—a promising forest nursery practice. For. Chron. 44 (5): 1–2.
- EIS, S. ja LONG, J. R. 1973. Root pruning in the nursery. Tree Planters' Notes 24 (1): 20–22.
- GLATZEL, G. 1972. Auswirkung einer starken Einkürzung benadelter Zweige auf Wachstum und Mineralstoffernährung frischverpflanzter Fichten. II. Gefäßversuch. Cbl. ges. Forstw. 89: 129–146.
- GÖBL, F. 1966. Beobachtungen über einen Wurzelschnitt bei Zirbenjungpflanzen. Cbl. ges. Forstw. 83: 104–108.
- HAGMAN, M. 1965. Taimitarhatoiminnasta Pohjois-Amerikassa ja sikäläisten taimitarhamentelmien käyttömahdollisuuksista meillä. Puumies 11: 300–301.
- HARI, P. 1972. Physiological stage of development in biological models of growth and maturation. Ann. Bot. Fenn. 9: 107–115.
- HARI, P., LEIKOLA, M. ja RÄSÄNEN, P. K. 1970. A dynamic model of the daily height increment of plants. Ann. Bot. Fenn. 7: 375–378.
- HARI, P., ja LEIKOLA, M. 1974. Further development of the dynamic growth model of plant height growth. Flora 163: 357–370.
- HEIKINHEIMO, O. 1920. Kuusen iän määrittämisestä ja kuusen myöhäisjuurista. Über die Bestimmung des Alters der Fichte und ihre Adventivwurzeln. Commun. Inst. For. Fenn. 2.3.
- HEIKINHEIMO, O. 1940. Metsäpuiden taimien kasvatus taimitarhassa. Versuche in Baumschulen. Commun. Inst. For. Fenn. 29.1.
- HEIKINHEIMO, O. 1941. Metsänistutustemenetelmistä. Versuche mit waldbaulichen Pflanzenmethoden. Commun. Inst. For. Fenn. 29.4.
- HEIKURAINEN, L. 1955. Über Veränderung in den Wurzelverhältnissen der Kieferbestände auf Moorböden im Laufe des Jahres. Rämännikön juuriston vuodenaajoittaisista muutoksista. Acta For. Fenn. 65.2.

- HERZ, M. 1935. Kuusen juuriston ensi kehityksestä. Die erste Entwicklung des Wurzelwerks der Fichte. Acta For. Fenn. 41.3.
- HOFFMANN, F. 1969. Wachstum und Nährstoffaufnahme zweijähriger Fichten. Arch. Forstw. 18: 1187–1210.
- HUIKARI, O. ja PAARLAHTI, K. 1967. Results of field experiments on the ecology of pine, spruce, and birch. Kenttäkokeiden tuloksia männyn, kuusen ja koivun ekologiasta. Commun. Inst. For. Fenn. 64.1.
- HUURI, O. 1969. Katsaus metsänviljelytekniikan kehitykseen. Lehto, J. (toim.) Metsänviljely: 325–374. Kirjayhtymä. Helsinki.
- HUURI, O. 1972. Istutuksen suoritustavan vaikutus männyn ja kuusen taimien alkukehitykseen. The effect of deviating planting techniques on initial development of seedlings of Scots pine and Norway spruce. Commun. Inst. For. Fenn. 75.6.
- HUURI, O. 1973. Taimitarhanoston suoritustavan vaikutus kuusen ja männyn taimien alkukehitykseen. The effect of nursery lifting on initial development of spruce and pine transplants. Folia For. 177.
- HUURI, O. 1976 a. Tuloksia istutusmäntyjen kallistumista koskevasta tiedustelusta. Folia For. (painettavana).
- HUURI, O. 1976 b. Erilaisten istutusvirheiden vaikutus männyn ja kuusen taimien sekä niiden juuristojen myöhempään kehitykseen. Folia For. (painettavana).
- JAKABFFY, E. 1969. Rationalisering av plantskolor på friland. Rotbeskärning och därtill anpassad sädd. Sveriges SkogsvFörb. Tidskr. 4: 425–440.
- JAKABFFY, E. 1972. Rotbeskärning av skogsplanter. S-information. Medd. Skogsbyråerna 87.
- JAKABFFY, E. 1974. Skogsodlingsförsök med rotbeskurna tall- och granplanter-fortsatt uppföljning och nya resultat. S-information. Medd. Skogsbyråerna 107.
- JAKABFFY, E. 1975. Skogsodlingsförsök med rotbeskurna tall- och granplanter – fortsatt uppföljning och nya resultat. S-information. Medd. Skogsbyråerna 113.
- JAKABFFY, E. 1976. Skogsodlingsförsök med rotbeskurna granplanter – fortsatt uppföljning och slutresultat. S-information. Medd. Skogsbyråerna 114.
- JANSON, L. 1969. Einfluss der Standdichte von Kiefersämlingen auf ihre Qualität. Beitr. Forstw. I–II: 147–155.
- KALELA, E., K. 1955. Über Veränderung in der Wurzelverhältnissen der Kiefernbestände im Laufe der Vegetationsperiode. Männikön juurisuhteiden kasvukautisesta vaihtelusta. Acta For. Fenn. 65.1.
- KALLIO, T. 1975. Männyn istutustaimet ja maannousema. Puumies 11–12: 332–334.
- KIENHOLZ, R. 1934. Leader, needle, cambial and root growth of certain conifers and their interrelations. Bot. Gaz. 96: 73–91.
- KOZLOWSKI, T., T. 1971 a. Growth and Development of Trees. I. Seed Germination, Ontogeny, and Shoot Growth. Academic Press. New York ja Lontoo.
- KOZLOWSKI, T., T. 1971 b. Growth and Development of Trees. II. Gambial Growth, Root Growth, and Reproductive Growth. Academic Press. New York ja Lontoo.
- KRAPFENBAUER, A. ja GLATZEL, G. 1972. Auswirkung einer starken Einkürzung benadelter Zweige auf Wachstum und Mineralstoffernährung frischverpflanzter Fichten. I. Problemstellung und Geländeversuche. Gbl. ges. Forstw. 89: 88–106.
- KÖSTLER, J., N., BRÜCKNER, E. ja BIBELRIETHER, H. 1968. Die Wurzeln der Waldbäume. Paul Parey. Hampuri ja Berliini.
- LADEFOGED, K. 1939. Untersuchungen über die Periodizität im Ausbruch und Längenwachstum der Wurzeln bei einigen unserer gewöhnlichsten Waldbäume. Det Forstl. Forsöksv. Danmark 16.
- LAIHO, O. 1966. Voisiko juurien leikkaaminen korvata meilläkin koulintaa? Metsätal. Aikak.l. 83: 193–195.
- LEHTO, J. ja SIMOLINNA, J. 1966. Metsäpuiden taimien kasvattaminen. Kirjayhtymä. Helsinki.
- LEIKOLA, M. 1972. Silmujen ja neulasten poiston vaikutus männyn ja kuusen pituuskasvuun. Metsäntutkimusl. Metsänvilj. koeas. tiedonant. 2.
- LEIKOLA, M. ja RAULO, J. 1972. Tutkimuksia taimityypiluokituksen laatimista varten II. Undersökningar för uppgörandet av ett plantklassificeringssystem II. De under åren 1969 och 1970 odlade plantornas morfologiska egenskaper. Förhandsresultat. Metsäntutkimusl. Metsänvilj. koeas. tiedonant. 1.
- LEIKOLA, M. ja RAULO, J. 1973. Tutkimuksia taimityypiluokituksen laatimista varten III. Taimien morfologisten tunnusten muuttumisen kasvukauden aikana. Investigations on the basis for grading nursery stock III.

- Changes in morphological characteristics of nursery stock during the vegetation period. *Folia For.* 178.
- LIESE, J. 1926. Beiträge zur Kenntnis des Wurzelsystems der Kiefer. *Zeitschr. Forst- u. Jagdw.* 58: 129–179.
- LINDBERG, F. 1920. Sädd eller plantering? *Skogen* 4: 97–114.
- LYR, H. ja HOFFMANN, G. 1965. Untersuchungen über das Wurzel- und Sprosswachstum einiger Gehölze. *Silva Fenn.* 117.4.
- LYR, H. ja HOFFMANN, G. 1967. Growth rates and growth periodicity of tree roots. *Int. Rev. Forest Res.* 2: 181–206.
- LYR, H., POLSTER, H. ja FIEDLER, H.-J. 1968. *Gehölzphysiologie.* VEB Gustav Fischer Verlag. Jena.
- LÄHDE, E. 1966. Studies on the respiration rate in the different parts of the root systems of pine and spruce seedlings and its variation during the growing season. *Acta For. Fenn.* 81.8.
- LÄHDE, E. ja SILTANEN, S. 1973. Männyn taimien kunto ja juuriston rakenne Pohjois-Suomessa. The structure of the root system and the condition of the pine (*Pinus silvestris* L.) seedlings in northern Finland. *Commun. Inst. For. Fenn.* 78.7.
- MIKOLA, P. 1969. Comparative observations on the nursery technique in different parts of the world. *Acta For. Fenn.* 98.
- MOEN, H. 1968. Prikling og rotbeskjaering. Rusten, A. ja Landmark, L. (toim.) *Produksjon av skogplanter.* Nikolai Olsens Boktrykkeri. Oslo.
- MULLIN, R., E. 1966. Root pruning of nursery stock. *For. Chron.* 42: 256–264. (Ref Sutton, R., F. 1969).
- MÜNCH, E. 1938. Untersuchungen über die Harmonie der Baumgestalt. *Jahrb. Wissenschaft. Bot.* 86: 581–673.
- NEIL, L., C., O. 1962. Some effects of artificial defoliation on the growth of jack pine (*Pinus banksiana* Lamb.). *Canad. J. Bot.* 40: 273–280.
- NISULA, P. 1972. Rullataimien juurista. *Metsä ja Puu* 11: 17–19.
- ODIN, H. 1972. Studies of the increment rhythm of Scots pine and Norway spruce plants. *Stud. Forest. Suec.* 97.
- PAAVILAINEN, E. 1966. Istutettujen männyn taimien juuriston ensi kehityksestä tupasvillarämeillä. Initial development of root systems of Scots pine transplants in an *Eriophorum vaginatum* swamp. *Commun. Inst. For. Fenn.* 61.6.
- PARVIAINEN, J. 1974. Havupuiden latvakasvaimen ja neulasten vuotuisen kasvurytmin määrittäminen. Esimerkkisovellutus männyn jälkeläiskokeeseen. Determination of the annual growth rhythm of the terminal leader and needles of conifers. Application to a progeny test. *Commun. Inst. For. Fenn.* 84.4.
- PARVIAINEN, J. 1976 a. Männyn eri taimilajien juuristojen alkukehitys. Initial development of root systems of various types of nursery stock for Scots pine. *Folia For.* 268.
- PARVIAINEN, J. 1976 b. Taimien kasvustiheyden optimoinnista rivikylvöksiä käytettäessä. Käskirjoitus. Suonenjoen metsänviljelyn koasema.
- RAULO, J. ja LEIKOLA, M. 1974. Tutkimuksia puiden vuotuisen pituuskasvun ajoittumisesta. Studies on the annual height growth of trees. *Commun. Inst. For. Fenn.* 81.2.
- ROMELL, L.-G. 1925. Växttidundersökningar å tall och gran. Resume: Recherches sur la marche de l'accroissement chez la pin et la l'épicea durant la période de végétation. *Medd. Statens Skogsforskn. inst.* 22: 45–124.
- RUBTZOW, St. ja BINDAU, C. 1969. Die Forstpflanzenökologie und die Saatdichte-Hauptfaktoren der Produktivität in Forstpflanzgärten. *Beitr. Forstw.* I–II: 163–171.
- RUMMUKAINEN, U. 1970. Alginaatit estävät taimien kuivumisen. *Metsälehti* 44: 7.
- RUPF, H. SCHÖNHAR, S. ja ZEYHER, M. 1961. *Der Forstpflanzgarten.* BVL Verlagsgesellschaft. München, Bonn ja Wien.
- RUSTEN, A. ja LANDMARK, L. (toim.). 1968. *Produksjon av skogplanter.* Nikolai Olsens Boktrykkeri. Oslo.
- RÄSÄNEN, P., K. 1966. Metsänviljelyä varten kasvatettujen havupuiden taimien arvostelu-perusteista ja luokitusmenetelmistä. *Metsätal. Aikakausl.* 83: 188–199.
- SARVAS, R. 1972. Investigations on the annual cycle of development of forest trees. Active period. Tiivistelmä: Tutkimuksia metsäpuiden kehityksen vuotuisesta sykluksesta. Aktiivi periodi. *Commun. Inst. For. Fenn.* 76.3.
- SCHMIDT-VOGT, H. 1966. Wachstum und Qualität von Forstpflanzen. Bayerischer Landwirtschaftsverlag. München, Basel, Wien.

- SCHUBERT, J. 1969. Saatkichte und Gebrauchswert der Sämlinge bei *Picea abies*, *Pinus sylvestris* und *Pseudotsuga Menziesii*. Beitr. Forstw. I–II: 156–162.
- SHOULDERS, E. 1963. Root-pruning southern pines in the nursery. U.S. For. Serv., Res. Pap. S0–5.
- SPITZENBERG, G., K. 1908. Über Missgestaltung des Wurzelsystems der Kiefer und über Kulturmethoden. Neudamm.
- STEFANSSON, E. 1965. Ny form av rotbeskärning – en metod att framställa goda plantor till moderat pris. Årsskr. Norske Skogplantesk. 1964: 27–30.
- STEFANSSON, E. ja JAKABFFY, E. 1966. Ny metod ger bättre plantor. Skogen 53: 282–284.
- STEIN, W. 1969. Weiterentwicklung der bestehenden RS 09- Gerätereihe in bezug auf senkrechten und waagerechten Wurzelschnitt. Beitr. Forstw. I–II: 256–258.
- STOECKELER, J., H. ja JONES, G. W. 1957. Forest nursery practice in the Lake States. U.S.D.A. For. Serv., Agric. Handb. 110.
- SUTTON, R., F. 1969. Form and development of conifer root systems. Can. Dep. Fish. For., Techn. Comm. 7.
- TAKALA, P. 1975. Metsäpuiden siemen- ja taimituotanto. Tapion Taskukirja. Kirjayhtymä. Tapiola.
- TANAKA, Y. ja TIMMIS, R. 1974. Effects of container density on growth and cold hardiness of douglas-fir seedlings. Proc. North American Containerized Forest Tree Seedling Symp., Denver, Colorado, August 26–29, 1974. Great Plains Agr. Counc. Publ. 68: 181–186.
- WIBECK, E. 1923. Om missbildning av tallens rotsystem vid spettplantering. Medd. Stat. Skogsforskn.anst. 20: 261–303.
- WILCOX, H. 1954. Primary organisation of active and dormant roots of noble fir, *Abies procera*. Amer. J. Bot. 41: 812–821.

- No 218 Pentti Nisula: Makroilmaston vaikutus varastoidun pinotavaran painoon.
Effect of macroclimate on the weight of stored cordwood. 2,50
- No 219 Terho Huttunen: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase vuosina 1972—74.
Wood consumption, total drain and forest balance in Finland in 1972—74. 6,—
- No 220 Pentti Nisula: Eräs herbisidien levityslaite.
An apparatus for the application of herbisides. 2,50
- No 221 Simo Penttilä ja Jouko Hämäläinen: Päiväansio ja työn tuotos urakkapalkkaisessa istutustyössä 1972.
Daily earnings and work output in piece rate planting in Finland 1972. 4,—
- No 222 Veli-Pekka Jarveläinen: Yksityismetsänomistajien metsätaloudellinen käyttäytyminen.
Forestry behaviour of private forest owners in Finland. 20,—
- No 223 Jan Heino: Finlands stadsägda skogar betraktade speciellt ur friluftssynvinkel. 5,—
- No 224 Pentti Hakkila: Kanto- ja juuripuun kuoriprosentti, puuaineen tiheys ja asetoniuutteitten määrä.
Bark percentage, basic density, and amount of acetone extractives in stump and root wood. 1,50
- No 225 Metsätalastollinen vuosikirja 1973.
Yearbook of forest statistics 1973.
- No 226 Bo Långström: Eräiden insektisidien testaus tukkimiehentäin, *Hylobius abietis* L. (Col., Curculionidae), tuhojen torjumiseksi.
Testing of some insecticides for the control of damages caused by the large pine weevil, *Hylobius abietis* L. (Col., Curculionidae). 1,50
- No 227 Veijo Heiskanen: Kuitupuun latvaläpimitaan perustuva työmittausten menetelmä ("pölkky-menetelmä").
A wage- payment measuring method based on pulpwood top diameter (Bolt method). 4,—
- No 228 Pentti Nisula: Liikkuva sadetuslaitteisto.
Revolving Sprinkler. 3,—
- No 229 Veijo Heiskanen ja Pentti Rikonen: Sahatukkien todellisen kiintomitan määrittämismenetelmät.
Methods for the measurement of softwood sawlogs. 3,—
- No 230 Aulikki Kauppi ja Erkki Lähde: Koetuloksia maan käsittelyn vaikutuksesta metsämaan ominaisuuksiin Pohjois-Suomessa.
On the effects of soil treatments on forest soil properties in North-Finland. 3,—
- No 231 Olli Uusvaara ja Kari Löyttyniemi: Tikaskuoriaisen (*Trypodendron lineatum* Oliv., Col., Scolytidae) aiheuttaman vioituksen vaikutus sahatavaran laatuun ja arvoon.
Effect of injury caused by the ambrosia beetle (*Trypodendron lineatum* Oliv., Col., Scolytidae) on sawn timber quality and value. 1,50
- No 232 Seppo Ervasti ja Kullervo Kuusela: Suomen metsätase vuosina 1965—72 ja metsäteollisuuden raaka-ainenäkömät vuoteen 2000.
Forest balance of Finland in 1965—72 and the prospects of industrial wood until 2000. 1,50
- No 233 Jouko Laasasenaho: Runkopuun saannon riippuvuus kannon korkeudesta ja latvan katkaisuläpimitasta.
Dependence of the amount of harvestable timber upon the stump height and the top-logging diameter. 2,—
- No 234 Olli Uusvaara ja Veijo Heiskanen: Sahanhakkeen valmistus, käsittely, mittaus ja laadunmäärittäminen Suomessa.
Preparation, handling, measurement and quality determination of sawmill chips in Finland. 3,—
- No 235 Seppo Kaunisto: Jyrsintämuokkaus ja lannoitus männyn ja kuusen kylvön yhteydessä turvemaalla.
Rotavation and fertilization in connection with direct seeding of Scots pine and Norway spruce on peat greenhouse experiments. 1,50
- No 236 Veijo Heiskanen ja Juhani Salmi: Kuitupuupinon kiintotilavuuden määrittästä koskevia tutkimuksia. Mutkainen lehtikuitupuun, järeä kuitupuun sekä likipituinen havukuitupuun. Studies on the determination of the solid volume of a pulpwood pile. Crooked broadleaved pulpwood, large-sized pulpwood and coniferous pulpwood of approximate length. 3,—
- No 237 Markku Mäkelä: Oksaraaka-aineen kasaus ja kuljetus.
Bunching and transportation of branch raw material. 2,—
- No 238 Mirja Ruokonen: Lehtien kautta annetun fenoksiherbisidin käyttäytyminen kasvilla. Kirjallisuuteen perustuva tarkastelu.
The behaviour of leaf-applied phenoxy-herbicides in plants. A study based on literature. 2,50
- No 239 Eero Paavilainen: Koetuloksia lannoituksen vaikutuksesta korpikuusikossa.
On the response to fertilizer application of Norway spruce growing on peat. 1,—
- No 240 Pentti Hakkila, Hannu Kalaja ja Markku Mäkelä: Kokopuunkäyttö pienpuuongelman ratkaisuna.
Full-tree utilization as a solution to the problem of small-sized trees. 8,—

- No 241 Victor Ipatiev & Eero Paavilainen: Lannoituksen vaikutuksen kesto aika vanhassa tupasvillarämeen männikössä.
Duration of the effect of fertilization in an old pine stand on a cottongrass pine swamp. 1,50.
- No 242 Pertti Harstela: Työn tuotos ja työntekijän kuormittuminen vyöhykekasausten menetelmää käytettäessä.
The effect of bunching into zones on productivity and strain of the worker cutting pulpwood. 2,—
- No 243 Paavo Valonen: Tekomiehen fyysinen kuormitus kehittyneissä työvaltaisissa kuitupuun tekomenetelmissä.
The physical strain on the logger in advanced labour intensive pulpwood preparation methods. 4,—
- No 244 Eero Lehtonen: Kourakuormauksen oppiminen.
Learning of grapple loading. 4,—
- No 245 Pentti Nisula: Kantoloukku.
Stump Crusher. 3,—
- No 246 Hans G. Gustavsen ja Erkki Lipas: Lannoituksella saatavan kasvunlisäyksen riippuvuus annetusta typpimäärästä.
Effect of nitrogen dosage on fertilizer response. 2,—
- No 247 Yrjö Vuokila: Nuoren istutuskuusikon harvennus puuntuotannollisena ongelmana.
Thinning of young spruce plantations as a problem of timber production. 2,50
- No 248 Timo Kurkela ja Yrjö Norokorpi: Kuusen lumikaristesienen (*Lophophacidium hyperboreum* Lagerb.) esiintyminen Suomessa.
Occurrence of spruce snow blight fungus, *Lophophacidium hyperboreum* Lagerb. in Finland. 1,—
- No 249 Pentti Hakkila ja Markku Mäkelä: Pallarin vesakkoharvesteri.
Pallari Bushharvester. 2,—
- No 250 Veijo Heiskanen ja Pentti Rikkonen: Havusahatukien kuoren määrä ja siihen vaikuttavat tekijät.
Bark amount in coniferous sawlogs and factors affecting it. 7,—
- No 251 Veijo Heiskanen: Havusahatukkeja koskevia arvolaskelmia vuosina 1974—1975.
Value calculations for softwood sawlogs in 1974—1975. 7,—
- No 252 Jyrki Raulo ja Eino Mälkönen: Koivun luontainen uudistuminen muokatulla kangasmaalla.
Natural regeneration of birch (*Betula verrucosa* Ehrh. and *B. pubescens* Ehrh.) on tilled mineral soil. 1,50
- No 253 S.-E. Appelroth: Työntutkimus Lamu-kylvökoneesta.
Work Study of the Lamu Seeding Machine. 2,50
- No 254 Matti Kärkkäinen: Havutukien kiintomittausmenetelmän seurantajärjestelmä.
A control method for the measurement of pine and spruce logs. 2,—
- No 256 Pentti Hakkila, Hannu Kalaja ja Yrjö Schildt: Bobcat M-721 kaatokasauskone männikön ensiharvennuksessa.
Bobcat M-721 feller-buncher in early thinning of Scots pine. 2,—
- No 257 Pirkko Velling: Mänty- ja kuusiprovenienssien puuaineen tiheyden vaihtelusta.
The wood basic density variation of pine and spruce provenances. 4,—
- No 258 Nisula Pentti: Muovihuoneen sadetuskone.
A sprinkler for a plastic greenhouse. 1,50
- No 259 Matti Uusitalo: Puun kasvatuksen kulut vuosina 1972 ja 1973.
Costs of timber production in Finland in 1972 and 1973. 5,—
- No 260 Harstela Pertti: Työn tuotos ja työntekijän kuormittuminen tehtäessä kuitupuuta liuku-puomikuormausta varten.
Work output and the worker's strain in cutting pulpwood for slide-boom loading. 2,50
- No 261 Eero Lehtonen: Pienpuun kaato moottori- ja raivaussahoihin perustuvilla laitteilla.
Felling of small-size trees with felling devices based the chain saw and clearing saw. 3,—
- No 262 Olli Saikku ja Pentti Rikkonen: Kuitupuun kuoren määrä ja siihen vaikuttavat tekijät.
Bark amount of pulpwood and factors affecting it. 2,—
- No 263 Reino Saarnio: Viljeltyjen visakoivikoiden laatu ja kehitys Etelä-Suomessa.
The quality and development of cultivated curly-birch (*Betula verrucosa* f. *carelica* Sok.) stands in southern Finland. 3,—
- No 264 Yrjö Vuokila: Ensiharvennuskertymä.
Yield from the first thinning. 1,50
- No 267 Jari Parviainen: Taimien juurten leikkaaminen kasvatukseen ja istutukseen yhteydessä.
Kirjallisuuteen perustuva tarkastelu.
Root pruning in the nursery and at planting. A Study based on literature. 3,—
- No 268 Jari Parviainen: Männyn eri taimilajien juuriston alkukehitys.
Initial development of root systems of various types of nursery stock for Scots pine. 2,50