

ODC  
237.1  
480.9

# FOLIA FORESTALIA<sup>230</sup>

METSÄNTUTKIMUSLAITOS · INSTITUTUM FORESTALE FENNIAE · HELSINKI 1975

---

---

AULIKKI KAUPPILA JA ERKKI LÄHDE

KOETULOKSIA MAAN KÄSITTELYN VAIKUTUKSESTA METSÄMAAN OMINAISUUKSIIN  
POHJOIS-SUOMESSA

ON THE EFFECTS OF SOIL TREATMENTS  
ON FOREST SOIL PROPERTIES  
IN NORTH-FINLAND

- No 163 Ilkka Kohmo: Nykymetsiköiden kasvuprosentti Suomen pohjoispuoliskossa vuosina 1969—70. 1,50
- No 164 Jouko Laasasenaho & Yrjö Sevola: Havutukkien latvamuotolukujen vaihtelu. The variation in top form quotients of the coniferous logs. 2, —
- No 165 Metsätalostollinen vuosikirja 1971. Yearbook of forest statistics 1971. 10,—
- No 166 Terho Huttunen: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase vuosina 1970—72. Wood consumption, total drain and forest balance in Finland in 1970—72. 5,—
- No 167 Paavo Tiuhonen: Rinnankorkeuslöpimittaan ja pituuteen perustuvat uudet puutavaralajitaulukot. Auf Brusthöhendurchmesser und Höhe gestützte neue Sortimententafeln. 1,50
- No 168 Lorenzo Runeberg: The future for forest-industry products in the United Kingdom. Ison-Britannian metsäteollisuustuotteiden käytön tulevaisuus. 8,—
- No 169 Veijo Heiskanen: Pinon kehysmitan mittaus ja tyhjän tilan vähennys sekä niiden tarkkuus. Measurement of the gross volume of a pile and deduction for empty space and their accuracy. 5,—
- No 170 Veijo Heiskanen: Pinotiheyslunun ja pinotiheystekijäin arviointi ja sen tarkkuus. Evaluation of the solid content and the solid content factors and its accuracy. 3,—
- No 171 Veijo Heiskanen: Hylkypölkkyjen osuuden arviointi pinomittauksessa. Estimation of the share of waste bolts in pile measurements 2,—
- No 172 Metsäntutkimuslaitoksen päätös puutavaran mittauksessa käytettävistä muuntoluvuista ja kuutioimistaulukoista 2 päivänä toukokuuta 1969 annetun päätöksen muuttamisesta. Skogsforskningsinstitutets beslut angående ändring av beslutet av den 2 maj 1969 om omvandlingskoefficienter och kuberingstabeller för virkesmätning. 10,—
- No 173 Matti Palo & Esko Fälä: Markkinapuun alueittaiset hankintamäärät ja kulkuvirrat vuonna 1970 (1964, 1967). Removal and flow of commercial roundwood in Finland during 1970 (1964, 1967), by districts. 5,—
- No 174 Jorma Riikonen: Kuitupuun kuoren kutistuminen metsävarastoinnissa. The volumetric shrinkage of pulpwood bark. 1,50
- No 175 Lauri Heikinheimo, Matti Heikinheimo & Arne Reunala: Earnings of forest workers in Scandinavia, especially in Finland. Metsätyömiesten ansiot Suomessa ja muissa pohjoismaissa. 8,—
- No 176 Matti Palo & Mikko Tervo: Hakkuumäärien lyhytjaksoinen ennustaminen. Short-term forecasting of cut in Finland. 5,—
- No 177 Olavi Huuri: Taimitarhanoston suoritustavan vaikutus kuusen ja männyn taimien alkukehitykseen. The effect of nursery lifting methods on initial development of spruce and pine transplants.
- No 178 Matti Leikola & Jyrki Raulo: Tutkimuksia taimiyyppiluokituksen laatimista varten III. Taimien morfologisten tunnusten muuttuminen kasvukauden aikana. Investigations on the basis for grading nursery stock III. Changes in morphological characteristics of nursery stock during the vegetation period. 2,—
- No 179 Paavo Valonen & Matti Ahonen: Vajaakarsinta ja silmävarainen apteeraus kuusisaha-puun teossa. The partial limbing and ocular marking for crosscutting in the preparation of spruce sawlogs. 4,—
- No 180 Pentti Rikkinen: Havusahatukkien latvamuotoluvut erilaisia löpimittaluokituksia käytettäessä. 1,—
- No 181 Veijo Heiskanen: Havusahatukkien kapeneminen ja latvamuotoluku Kainuussa ja Pohjois-Pohjanmaalla. Taper and top form factor of coniferous sawlogs in Kainuu and North Ostrobothnia regions. 2,—
- No 182 Veijo Heiskanen & Jorma Riikonen: Kuitupuun kehysmitta ja pinotiheys autokuljetuksen eri vaiheissa. Piled measure and solid volume content of pulpwood piles in various phases of truck transportation. 2,50.
- No 183 Heikki Nikkilä: Kylkitiheysmenetelmä kuitupuupinon kiintomitan määrittämisessä. The pile face density method in measuring the solid volume of a pulpwood pile. 4,—
- No 184 Olavi Saikku: Lannoituksen vaikutuksesta männyn kuoren määrään kangasmaalla. The effect of fertilization on the amount of the bark of Scotch pine in forest land. 1,50
- No 185 Kaj Asplund, Erkki Lähde & Erkki Numminen: Vajaasti kypsyneen männyn siemenen kehitys käpyjen varastoinnin aikana. On the development of incompletely ripened seeds of Scots pine in cones under storage. 1,50.
- No 186 Esko Jaatinen: Recreational utilization of Helsinki's forests. 4,—
- No 187 Markku Mäkelä: Kanto- ja liekopuun korjuu polttoturvesoilta. Harvesting of stump and moor wood from fuel peat bogs. 2,—
- No 188 Pirkko Velling: Männyn (*Pinus silvestris* L.) puuaineen tiheyden fenotyyppisestä ja geneettisestä vaihtelusta. Phenotypic and genetic variation in the wood basic density of Scots pine (*Pinus silvestris* L.). 3,—

AULIKKI KAUPPILA ja ERKKI LÄHDE

KOETULOKSIA MAAN KÄSITTELYN VAIKUTUKSESTA METSÄMAAN  
OMINAISUUKSIIN Pohjois-Suomessa

On the effects of soil treatments on forest soil  
properties in North-Finland

ALKUSANAT

Tämä työ kuuluu osana metsäntutkimuslaitoksen Rovaniemen tutkimusaseman taimien elinympäristötutkimukseen. ERKKI LÄHDE on suunnitellut koejärjestelyn ja AULIKKI KAUPPILA on pääasiallisesti huolehtinut mittauksista sekä tulosten laskennasta. Aineiston pohjalta tekijät ovat yhteisvoimin laatineet käsikirjoituksen, jonka ovat lukeneet professorit PAAVO JUUTINEN ja KULLERVO KUUSELA. Aineiston keruussa ja myös työn viimeistelyssä on avustanut eniten metsäteknikko TAPANI VAR-

TIAINEN. Rovaniemen tutkimusaseman muu henkilökunta on myös ollut monin tavoin apuna työn edistymisessä. Kaikille edellä mainituille ja muille työn edistymiseen myönteisesti vaikuttaneille esitämme kiitoksemme. Metsähallituksen toimesta on sen ja metsäntutkimuslaitoksen yhteistyösopimuksen perusteella huolehdittu koekentän puuston hakkuusta ja maan käsittelystä, josta esitämme myös parhaat kiitoksemme.

Rovaniemellä lokakuussa 1974

Aulikki Kauppila      Erkki Lähde

## SISÄLLYSLUETTELO

	sivu
ALKUSANAT .....	1
1. JOHDANTO .....	3
2. TUTKIMUSAINEISTO JA -MENETELMÄT .....	3
21. Koealue .....	3
22. Maan ominaisuuksien mittaus ja tulosten laskenta .....	6
3. TUTKIMUKSEN TULOKSET .....	8
31. Maan käsittelyn vaikutus maan ominaisuuksiin .....	8
311. Humuspitoisuus .....	8
312. Lajitekoostumus .....	10
313. Rakenne .....	11
314. Vesi- ja ilmasuhteet .....	13
315. Lämpöolot .....	17
316. Hajotusaktiiviteetti .....	20
32. Maan ominaisuuksien väliset riippuvuudet .....	20
4. TULOSTEN TARKASTELU .....	22
5. YHDISTELMÄ .....	25
6. SUMMARY .....	26
7. KIRJALLISUUSLUETTELO .....	28

## 1. JOHDANTO

Useissa viime vuosina tehdyissä inventoinneissa on todettu metsänviljelyn epäonnistumisia Lapissa (SOLIN 1970, ETHOLÉN 1971, VALTANEN 1972). Monilla männyn viljelyaloilla taimiaines oli vähentynyt kolmanneksen alkuperäisestä muutamassa vuodessa. Kuusen viljely on NOROKORVEN (1972) mukaan onnistunut hieman paremmin: inventoiduilla alueilla taimista oli elossa n. 40 %. Perä-Pohjolan piirikunnan pohjoisosissa pahasti epäonnistuneita kuusen viljelyaloja oli 68 %, joten niidenkään inventointien tulokset eivät ole kovinkaan rohkaisevia.

Inventointien tekijät ovat arvioineet myös tuhojen todennäköisiä syitä. Aluskasvillisuuden kilpailu on ollut haitaksi useilla aloilla (SOLIN 1970, ETHOLÉN 1971). Routavaurioita on havaittu kaikissa inventoinneissa varsinkin hienolajitteisilla mailla. NOROKORPI ja ETHOLÉN ovat kiinnittäneet huomiota myös maan liiallisen tiiviyn aiheuttamaan vettymiseen ja veden jäämiseen viljelylaikkuihin. NOROKORPI arvioi peräti kolmen neljäsosan tuhoista johtuneen maan epäedullisista ominaisuuksista. Myös LÄHDE ja SILTANEN (1973) ovat korostaneet maan ominaisuuksien merkitystä tutkiessaan männyn taimistojen kehitystä Pohjois-Suomessa.

Pohjois-Suomen humidisessa ilmastossa muodostuu hienolajitteisilla mailla taimille vaaraksi maan vettyminen, kuten em. inventoinneissa on todettu. Jos maan ilmatila laskee alle 10 %:n

tilavuudesta, juurten hapen saanti vaikeutuu ja maahan kertyy hiilidioksidia juurten ja mikrobien hengitystuotteena, koska maan tiiviys estää tuuletusta (esim. LÄHDE 1973). Hapen puute on varsinkin juurten kasvukaudella tuhoisaa (ORLOV 1962).

Epäedullisten maan ominaisuuksien parantamiseksi on kiinnitetty suuria toiveita metsämaan auraukseen Pohjois-Suomen vajaatuottoisia alueita uudistettaessa. Aurattuja alueita on koko maassa jo yli 100000 ha, joista pääosa sijaitsee Pohjois-Suomessa. Aurattujen alueiden ominaisuuksista sekä niille soveltuvista metsänviljelymenetelmistä onkin kirjoitettu melko paljon (esim. AUTIO 1965, PUUKKO 1965, POHTILA 1968, 1970 a, 1972, LÄHDE 1971, 1973). Muiden käsittelytapojen ominaisuuksista on meillä esitetty vain muutamia tutkimuksia (esim. GYNTHNER 1969, POHTILA 1970 b, MÄLKÖNEN 1972, SOLISMAA 1973). Monissa muissa maissa eriasteinen maan käsittely on ollut jo kauan käytössä metsien uudistamisessa. Erilaisissa olosuhteissa saatujen tutkimustulosten soveltaminen on kuitenkin vaikeaa.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on alustavasti selvittää, missä määrin erilainen maan käsittely vaikuttaa maan ominaisuuksiin Pohjois-Suomessa. Vertailtavina olivat konelaukaus, palleauraus, piennarauraus, jyrshintä ja kaksi mätätyslajia sekä kontrollina käsittelemätön avohakattu ja käsittelemätön hakkaamaton ala.

## 2. TUTKIMUSAINEISTO JA -MENETELMÄT

### 21. Koealue

Tutkimuksen aineisto kerättiin kesällä 1973 alueella, joka sijaitsee metsähallituksen Rovaniemen hoitoalueessa Petäjäskoskella Rovaniemen maalaiskunnassa (N 60° 20'; E 25° 30', korkeus 165 mpy). Keväällä 1968 alueelle oli

levitetty ureaa 250–300 kg/ha. Avohakkuu tehtiin talvella 1971–72.

Alueen kasvipeitettä ennen hakkuuta kuvaa hakkuualueen rajoittuvassa metsässä tehty kasvipeiteanalyysi (taulukko 1). Koeruutuja oli reuna-metsässä kolme ja jokaisella tehtiin kasvipeiteanalyysi kahdeltatoista neliömetrin ruudulta.

Taulukko 1. Eri kasvilajien keskimääräiset frekvenssit ja peittävyudet koekentän hakkaamattomalla alalla.

*Table 1. Mean frequency and coverage for the various species in the vegetation of the uncut plot of the experimental area.*

Laji – Species	Frekvenssi Frequency	Peittävyys Coverage
Juniperus communis	3	1.3
Empetrum nigrum	15	2.5
Calluna vulgaris	1	0.1
Vaccinium vitis-idaea	34	5.8
Vaccinium myrtillus	36	40.6
Linnaea borealis	21	1.9
Lycopodium annotinum	2	0.1
Deschampsia flexuosa	32	8.5
Luzula pilosa	8	0.8
Melampyrum pratense	10	0.6
Trientalis europaea	8	1.3
Pyrola secunda	4	0.3
Polytrichum juniperinum	20	4.2
Dicranum maius	22	5.7
Dicranum undulatum	33	7.9
Pleurozium schreberi	36	40.7
Hylocomium proliferum	35	24.3
Ptilium crista-castrensis	16	1.8

Muita lajeja (suluissa frekvenssi):

*Other species (frequency in brackets):*

Populus tremula (1), Solidago virgaurea (3), Vaccinium uliginosum (8), Stereocaulon (1), Sphagnum sp. (1)

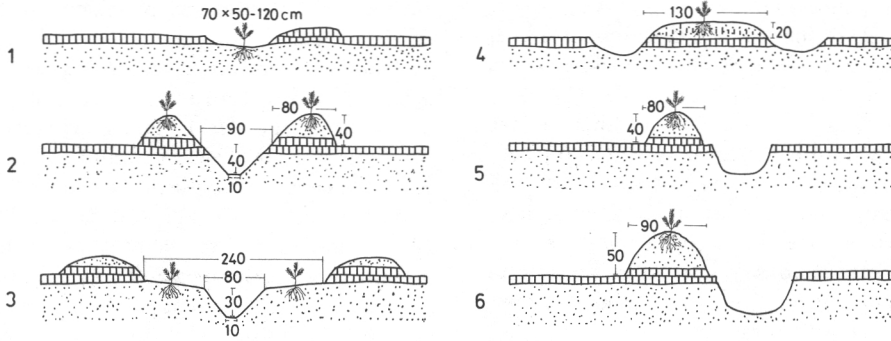
Lannoituksen vaikutus näkyy edelleen jossain määrin pintakasvillisuudessa. Keskipuutiomäärä alueella oli 142 m<sup>3</sup>/ha ja keskipituus 13.5 m sekä puuston pohjapinta-ala 20 m<sup>2</sup>. Puustosta n. 50 % oli kuusta, 30 % mäntyä ja 20 % lehtipuuta. Puuston ikä oli keskimäärin 150 v.

Avohakkuualan koko oli n. 200x300 m, johon rajattiin kolmena toistona 7 20x30 m:n koeruudun riviä. Ruutujen ja rivien välille ja ympäröivään metsän reunaan jätettiin n. 5–10 m:n levyinen käsittelemätön vaippa. Kullekin ruudulle arvottiin riveittäin maan käsittelytapa. Maan käsittely tehtiin syksyllä 1972. Laikutus tehtiin Sinkkilälaikkurilla, jota veti BMC-245-pyörätraktori. Laikun koko oli n. 70x120 cm. Palleoraus tehtiin Caterpillar D 66:n vetämällä KLM-240 P palleauralla. Aorausvakojen suunta oli koillisesta lounaaseen. Jyrsinnässä vetokoneena oli ryömintävaihteella varustettu Massey-Ferguson 178, ja muokkaus tapahtui ketjujyr-

sinperiaatteisella KLM-prototyyppijyrsimellä. Mätästykset tehtiin telavarusteisella International-kaivuri-kuormaajayhdistelmällä. Kuvassa 1 esitetään kaaviot käsittelyjäljistä ja kuvat 2–5 esimerkkeinä käsittelyistä luonnossa.

Palteen keskimääräinen korkeus oli 38.9 cm ja leveys 78.3 cm. Kivennäismaata palteessa oli keskimäärin 18.3 cm kääntyneen humuksen päällä. Pienempien mättäiden korkeus oli 38.7 cm ja leveys 82.7 cm sekä kivennäismaan paksuus 17.0 cm. Suuremmissa mätäissä vastaavat luvut olivat 45.1, 93.0 ja 28.7 cm. Jyrsintä osoittautui alueelle huonosti soveltuvaksi menetelmäksi, sillä jyrsin rikkoi paikoin ainoastaan kunnan pystyen vain heikosti kivien ja hakkuutahteiden vuoksi kivennäismaahan.

Koekentän kivisyys määritettiin 30 cm:n syvyyteen asti VIRON (1952) esittämällä menetelmällä. Mittaukset tehtiin joka koeruudusta kahden metrin välein kahdelta ruudun pidem-



Kuva 1. Kaavio maankäsittelyistä. 1 = laikutus, 2 = palleauraus, 3 = piennarauraus, 4 = jyrshintä, 5 = 40 cm:n mätästys ja 6 = 50 cm:n mätästys.  
 Fig. 1. Schematic diagram of soil treatments. 1 = scarifying, 2 = tilt ploughing, 3 = shoulder ploughing, 4 = rotary tilling, 5 = mounding, to 40 cm in height, and 6 = mounding, to 50 cm in height.



Kuva 2. Palleauraus  
 Fig. 2. Tilt ploughing



Kuva 4. Jyrshintä  
 Fig. 4. Rotary tilling



Kuva 3. Piennarauraus  
 Fig. 3. Shoulder ploughing



Kuva 5. 40 cm:n mätästys  
 Fig. 5. Mounding, to 40 cm in height

män sivun suuntaiselta suoralta, jotka olivat kumpikin viiden metrin päässä lähimmästä koeruudun sivusta. Tällä tavoin mittauspisteitä tuli ruutua kohti 30 ja hehtaarille 224, kun mittaukset tehtiin myös käsittelemättömästä maasta koeruutujen välistä. VIRON mukaan tieteelliseen tarkkuuteen pääsemiseksi tarvitaan n. 140 mittaus/ha. Mittaukset tehtiin joka koeruudussa käsittelemättömistä kohdista kunnan alta, jotta tulokset kuvaisivat koeluetta ennen muokkausta. Tulosten tulkitsemiseksi VIRO on esittänyt seuraavan luokituksen:

Luokka	Kivisyys %	Si ≤ 30 cm
I	0–30	21.1 +
II	30–60	12.1–21.0
III	60 +	0–12.0

Seuraavassa asetelmassa esitetään koelueelta saadut keskimääräiset syvyysindeksit (Si ≤ 30 cm) koeruuduittain.

	I	II	III
Laikutus	20.3	12.2	19.0
Palleoraus	12.1	12.1	20.3
Piennaroraus	17.0	28.5	18.2
Jyrsintä	10.7	16.3	26.0
Mätästys, 40 cm	25.5	12.5	26.3
Mätästys, 50 cm	12.0	13.7	15.3
Hakkaamaton	20.5	22.7	14.2
Käsittelemätön	11.7	12.0	19.5

Kuten indeksistä huomataan, suurin osa ruuduista oli varsin kivisiä, mikä vaikeutti jonkin verran sekä maan käsittelyä että mittauksia. Toiselta lyhyeltä sivultaan alue rajoittui suohon, joten reunimmaisissa koeruuduissa oli jonkin verran turvetta. Humuksen paksuus koelueella oli keskimäärin 3 cm, A-horisontin n. 20 cm ja B-horisontin n. 40 cm. Kahdessa kuudesta horisontinmääräyskohdasta oli paikoitain kovettunutta rautapodsolia n. 20 cm:n syvytydessä.

## 22. Maan ominaisuuksien mittaus

Maan ominaisuuksien mittauspisteiksi valittiin kustakin koeruudusta viisi kohtaa, yksi ruudun keskipisteestä ja loput neljä ruudun halkaisijoilta siten, että matka keskipisteeseen ja lähimpään koeruudun nurkkaan oli yhtä suuri. Mittaukset tehtiin ko. käsittelyä hyvin

edustavista kohdista em. pisteiden välittömässä läheisyydessä.

Lajitekoostumuksen määrittämistä varten näistä kohdista otettiin n. 1 dm<sup>3</sup>:n näyte 0–10 cm:n syvyydestä. Hakkaamattomalla alalla maan pinnaksi määritettiin kivennäismaan pinta. Lisäksi mätästysruuduista otettiin näytteet 10–20, 20–30, 30–50 ja yli 50 cm:n syvyydestä. Näytteistä määritettiin mekaanisella maa-analyysillä raekokoluokkien > 2 mm, 0.2–2 mm, 0.06–0.2 mm ja < 0.06 mm osuudet sekä humuspitoisuus.

Suurin piirtein samoista kohdista mitattiin maan kosteus ja kuivatilavuuspaino vesivolumetrillä, jonka tarkkuudeksi esitetään ± 3 % (LEHTINEN 1967). Huokostila määritettiin seuraavalla kaavalla (WILDE ym. 1964):

$$100 \times \frac{\text{Ominaispaino} - \text{Kuivatilavuuspaino}}{\text{Ominaispaino}}$$

Keskimääräisenä ominaispainona pidettiin 2.65 (AALTONEN 1940). Jyrsinjäljestä huokostilaa ei laskettu, koska runsaan humuspitoisuuden vaikutusta ominaispainoon oli vaikea arvioida.

Maan kivisyys vaikeuttaa ja hidastaa volymetrin käyttöä, koska näytekuoppia on vaikea saada niin säännöllisiksi, että kumipussi täyttää ne kokonaan. Mätäissä kuiva hiekka lisäksi valuu helposti laidoilta kuoppaan, jolloin tilavuus jää liian pieneksi. Kuopan epäonnistuessa näyte on otettava uudelleen. Vähäkivisillä, jossa määrin kosteilla mailla volymetri on nopeakäyttöinen ja suhteellisen tarkka.

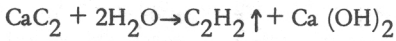
Mittauspisteiden välittömässä läheisyydestä mitattiin maan kosteus ja märkätilavuuspaino radiometrisesti neljä kertaa kesän aikana. Mittauslaitteisto koostuu pinta-anturista ja erillisestä laskentalaitteesta, jotka yhdistetään kaapelilla. Kosteus mitataan neutronien ja tilavuuspaino gammasaäteiden avulla.

Kosteus mitattiin 2–10 cm:n syvyydestä, ja märkätilavuuspaino lisäksi kerran 0–15 ja 0–25 cm:n syvyydestä. Koska mittauskohta jouduttiin tasoittamaan, jotta pinta-anturi olisi tiiviisti maan kanssa kosketuksissa, mittaus-syvyys ei käytännössä tullut samaksi kaikissa käsittelyjäljissä. Laikussa, pientareessa, jyrsinjäljessä ja hakkaamattomalla alalla tasoitukseen tarvittiin vain muutama cm, mutta palteissa ja mätäissä maan pinta laski keskimäärin 10 cm, joten tulokset katsottiin aiheelliseksi ryhmitellä tämän mukaan ja suorittaa vertailu vain ryh-



mien sisällä. Hakkaamattomalla alalla maan pintana pidettiin kivennäismaan pintaa, ja mitaus tehtiin joka kerran eri pisteestä, jotta olosuhteet olisivat olleet kunnan peittämälle maalle ominaiset. Menetelmä kaipaa kuitenkin edelleen kehittelyä, joten tulokset esitetään lähinnä suuntaa antavina.

Kosteuden muutoksia kesän aikana seurattiin karbidimittarin avulla. Karbidimittarissa karbidi reagoi maassa olevan veden kanssa seuraavasti:



Reaktiossa muodostuu asetyleeniä, joka aiheuttaa painetta. Mittauslaitteeseen kiinnitettyssä mittarissa paine on muunnettu vastaamaan kosteutta prosentteina märkäpainosta. Tulokset muutettiin kuivapainoprosenteiksi seuraavien kaavojen mukaan (maanäytteen märkäpaino oli 6 g):

$$\frac{\text{Kosteus \% märkäpainosta}}{100} \times 6 \text{ g} = \text{näytteen kosteus, g}$$

$$6 \text{ g} - \text{kosteus, g} = \text{kuivapaino}$$

$$\frac{100 \times \text{kosteus, g}}{\text{kuivapaino}} = \text{kosteus \% kuivapainosta}$$

Mittaukset tehtiin 5 cm:n syvyydestä noin kerran viikossa, syyskesällä hiukan harvemmin. Mittauspisteet olivat samat kuin edellä. Mittaus-tavan tarkkuuden arvioimiseksi yksi mitaus tehtiin yhtäaikaan volymetrimittauksen kanssa samoista kohdista. Maan ollessa kuivaa, kuten esim. palteessa, karbidimittari antoi systemaattisesti suurempia tuloksia kuin volymetri. Mikäli näytteessä ei ollut runsaasti humusta, poikkeamat olivat kuitenkin melko pieniä. Suuri humuspitoisuus aiheuttaa kosteuden määrittämiseen virhettä, koska karbidi reagoi myös orgaanisen aineen sisältämän kosteuden kanssa ja antaa hyvin suuria kosteusarvoja, vaikka maa olisi kasvien kannalta täysin kuivaa. Tämän vuoksi kosteuden mittaaminen jyrsinjäljestä karbidimittarilla ilman korjaustekijän määrittämistä ei ole mielekäästä.

Vesivolymetrinäytteen kuivapainon ja tilavuuden avulla karbidimittarilla saatu kosteus muutettiin prosenteiksi tilavuudesta. Ilmatila laskettiin vähentämällä vesitila huokostilasta.

Kesän sademäärä mitattiin Fuess-merkkisellä uimuriperiaatteisella piirturilla 4.6.–29.9. väliseltä ajalta.

Vedenläpäisevyys mitattiin heinäkuun puolessavälissä upottamalla em. mittauspisteisiin 10 cm:n syvyyteen teräslieriö, jonka pohja-pinta-ala oli 100 cm<sup>2</sup> ja korkeus 25 cm. Lieriön kaadettiin 1 l vettä ja mitattiin, miten kauan sen imeytyminen maahan kesti. Hakkaamattomalla alalla imeytyminen mitattiin sekä kasvipeitteen läpi että paljastetun kivennäismaan pinnasta.

Lämpötilat mitattiin digitaalisen EM 7264-tietojenkeruulaitteiston avulla. Mittausanturina laitteessa on kuparikonstantaanitermoelementti. Kuhunkin koeruutuun upotettiin termoelementti vaakasuoraan n. 5 m:n päähän lyhyemmän sivun keskipisteestä. Mittauskohdaksi valittiin ko. käsittelyä hyvin edustava paikka, ja elementti upotettiin 5 cm:n syvyyteen. Myös käsittelemättömällä alueella maan pintana pidettiin kivennäismaan pintaa. Lämpötilat mitattiin myös ilmasta 0.5 ja 2 m:n korkeudelta säteily-suojilla varustetuilla antureilla sekä aukealla että metsässä.

Periaatteessa mittauslaitteisto toimii automaattisesti lävistäen lämpötilat määrätyn väliajoin reikänauhalle, mutta koska laitteisto oli ensimmäistä kertaa käytössä koekentällä eikä paikalla ollut verkkovirran käyttömahdollisuutta, katsottiin parhaaksi seurata sen toimintaa koko kesän tekemällä havainnot seuraavasti:

maanantaisin ja torstaisin		tiistaisin ja perjantaisin	
klo	08.00	klo	00.00
	10.00		02.00
	12.00		04.00
	14.00		06.00

Tällä tavoin saatiin viikossa kahden vuorokauden keskilämpötilat, koska peräkkäisinä vuorokausina lämpötilat ainakin maassa harvoin vaihtelevat niin paljon, että mittauksen jakaminen kahdelle vuorokaudelle aiheuttaisi merkittävää virhettä. Viikon lämpösumma saatiin laskemalla vuorokautinen keskilämpöjen keskiarvo ja kertomalla se seitsemällä. Teknisten vaikeuksien vuoksi mittaukset saatiin ensimmäisellä ja toisella toistolla käyntiin vasta 18.6 ja kolmannella toistolla 25.7. Laitteessa ilmennneiden vikojen vuoksi myös keskikesällä tuli joitakin mitauskatkoja. Nämä täydennettiin ekstrapoloi-

malla Rovaniemen maalaiskunnan Kivalon koealueen lämpötilamittausten perusteella. Lämpötilat mitattiin Kivalossa käsipotentiometrillä. Kivalon koealueen sijainti on 66° 20' pohjoista leveyttä ja 26° 40' itäistä pituutta, ja korkeus merenpinnasta on n. 300 m.

Maan biologinen hajotusaktiiviteetti mitattiin ns. selluloosamenetelmän avulla (vrt. LÄHDE 1966, 1969, 1974 b, SOLISMAA 1973). Valkaistusta 1.5 mm:n paksuisesta selluloosalevystä, joka sisältää n. 95 %  $\alpha$ -selluloosaa, leikattiin 1.5x3 cm:n kokoisia paloja, joiden kuivapaino punnittiin. Tämän jälkeen 4 palasta kiinnitettiin niittien avulla nailonharsopussiin, joka upotettiin viistosti maahan siten, että ylimmän palan reuna oli maanpinnan tasalla ja alin 4.5–6 cm:n syvyydessä. Uputus tehtiin 1.-3.6. Joka koeruutuun upotettiin em. mittauspisteiden välitömään läheisyyteen kahdeksan pussia pistettä kohden. Näistä nostettiin joka 30 päivän kuluttua kaksi, jolloin edellisten kuukausien painohäviöt vähentämällä päästiin kunkin kuukauden prosenttiseen painohäviöön. Tulokset esitetään 0–3 ja 3–6 cm:n syvyyksiltä.

Aineistosta laskettiin aluksi keskiarvot ja hajonnat. Lajitekoostumuksesta testattiin ainoastaan hienoimpien lajitteiden osuuksien erot, koska muilla lajitteilla ei ole kasvien eikä kasveille tärkeiden ominaisuuksien kannalta kovin suurta merkitystä (vrt. WILDE 1958). Radiometrisesti mitattua märkätilavuuspainon ja kosteuden vaihtelua ei katsottu aiheelliseksi testata, koska vertailukelpoisia havaintoja oli varsin vähän. Selluloosan hajoaminen kuukausittain osoittautui niin vähäiseksi, ettei jakautuman vinoutta pystytty oikaisemaan. Siksi tulokset tältä osin esitetään pelkästään kuvaajan avulla. Vedenläpäisykyvyn tulokset laskettiin ainoastaan kolmen luvun keskiarvoina, koska

maan mikrovaihtelun vuoksi useimmissa koeruudussa oli yksi poikkeuksellisen suuri tai pieni arvo, joka vaikutti suhteettoman paljon keskiarvoon. Poistamalla kaikkien koeruutujen tuloksista pienin ja suurin hajontaa ruuduissa voitiin pienentää huomattavasti. Yhdessä pienaraurauksen ruudussa turpeen osuus oli niin suuri, että vedenläpäisykyvyn ei katsottu olevan kivennäismaasta saatuja tuloksia vastaavaa, joten toiston tulokset korvattiin tältä osin muiden toistojen keskiarvoilla. Muihin maan ominaisuuksiin turpeen määrä ei näyttänyt vaikuttavan yhtä paljon, joten tulosten korvaamista ei katsottu muualla tarpeelliseksi. Tuloksia tarkasteltaessa koeruudun poikkeavuus on kuitenkin syytä ottaa huomioon.

Radiometristen mittausten sekä hajotusaktiiviteetin tuloksia lukuun ottamatta maan ominaisuuksista laskettiin varianssianalyysit sekä Tukeyn testillä pienin merkitsevä ero 5 % riskillä. Koska kussakin vertailuryhmässä on vähemmän kuin 30 havaintoa, aineiston normaalista jakautumasta ei ole varmuutta. Tämä on otettava huomioon testin tuloksia tarkasteltaessa, koska parametriset testit edellyttävät normaalijakautumaa. Jyrsintäjäljestä saadut mittaustulokset on useimmiten jätetty testausten ulkopuolelle, koska muokkauksen osittainen epäonnistuminen aiheutti poikkeuksellisen suuren sisäisen hajonnan.

Maan ominaisuuksien keskinäisten suhteiden tutkimiseksi laskettiin korrelaatioanalyysi sekä osittaiskorrelaatiot poistamalla yhden tekijän vaikutus kerrallaan korrelaatioanalyysistä. Havaintojen vähälukuisuuden vuoksi yhdellä poikkeuksellisella havainnolla on melko suuri vaikutus korrelaatiokertoimen arvoon, mikä on syytä huomioida analyysin tuloksia tarkasteltaessa.

### 3. TUTKIMUKSEN TULOKSET

#### 31. Maan käsittelyn vaikutus maan ominaisuuksiin

##### 311. Humuspitoisuus

Maan pintakerroksen humuspitoisuudessa ei ollut merkitseviä eroja eri käsittelyjen välillä

(taulukko 2). Tämä on luonnollista, koska maan käsittely oli tehty edellisenä syksynä, ja kasvinjätteet aurauspalteissa ja mättäissä eivät vielä olleet hajonneet. Kivennäismaakerros nurin käännetyin kunnan päällä oli yleensä niin paksu, ettei kummaa tullut näytteeseen. Jyrsinjäljessä humuspitoisuus oli 44.0±19.8 %, koska humus-

Taulukko 2. Humuspitoisuus ( $\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$ , % kuivapainosta) 0–10 cm:n syvyydessä eri tavoin käsitellyssä maassa. Syvimmässä kerroksessa 40 cm:n mätästykseen arvo on vain kahden toiston keskiarvo, muut kolmen.

Table 2. Humus content ( $\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$ , % of dry weight in 0–10 cm layer of soils subjected to various treatments. At 50 + depth the figure for mounding is the mean for two repetitions; for the remainder, for three repetitions.

Maan käsittely Soil treatment	Syvyyskerros – cm – Depth of layer				
	0–10	10–20	20–30	30–50	50 +
Laikutus <i>Scarifying</i>	2.8±0.9				
Palleauraus <i>Tilt ploughing</i>	2.1±0.4				
Piennarauraus <i>Shoulder ploughing</i>	3.1±0.8				
Mätästys, 40 cm <i>Mounding, 40 cm</i>	2.2±0.4	1.4±0.4	2.3±1.4	2.5±1.0	3.8±1.1
Mätästys, 50 cm <i>Mounding, 50 cm</i>	2.6±0.2	2.1±0.3	3.0±0.5	3.1±0.5	2.5±0.6
Hakkaamaton <i>Uncut forest</i>	2.6±0.5				
V.a. – D.F.	5/12				
F	0.39				
HSD <sub>.05</sub>	28.54				

Taulukko 3. Lajitekoostumus ( $\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$ , % kuivapainosta) 0–10 cm:n syvyydessä eri tavoin käsitellyssä maassa.

Table 3. Particle-size class distribution ( $\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$ , % of dry weight), at 0–10 cm depth of soils subjected to various treatments.

Maan käsittely Soil treatment	Raekoko – mm – Particle size			
	>2.0	0.2–2.0	0.06–0.2	>0.06
Laikutus <i>Scarifying</i>	26.1±1.8	48.3± 3.7	16.4±3.1	9.2±1.0
Palleauraus <i>Tilt ploughing</i>	45.6±3.8	29.0± 2.9	16.4±2.2	9.0±1.6
Piennarauraus <i>Shoulder ploughing</i>	32.0±5.8	44.9± 6.4	14.6±1.5	8.5±1.5
Mätästys, 40 cm <i>Mounding, 40 cm</i>	27.6±9.8	52.7±11.4	14.7±2.3	5.0±1.4
Mätästys, 50 cm <i>Mounding, 50 cm</i>	43.6±5.4	27.5± 2.2	17.6±2.0	11.3±4.0
Hakkaamaton <i>Uncut forest</i>	19.7±6.5	57.5± 8.9	16.3±5.1	6.5±1.4
V.a. – D.F.				5/13
F				2.29
HSD <sub>.05</sub>				9.34

kerros muokkauksessa pyrittiin sekoittamaan kivennäismaahan. Todennäköisesti tällainen humuspitoisuus on jyrshintäjäljessä keskimääräistä korkeampi, koska jyrsin oli koealalla paikoitellen rikkonut vain humuskerroksen. Myöskään syvemmissä maakerroksissa eri puolilla koekenttää humuspitoisuudet eivät poikenneet toisistaan merkitsevästi (taulukko 2).

### 312. Lajitekoostumus

Kaikilla koeruuduilla maa oli suurimmaksi osaksi hiekkaa (taulukko 3). WILDEN (1958) mukaan hienoimpien lajitteiden (alle 0.06 mm) määrä on kasvien kannalta tärkein. Käsitellyn maan pintakerroksessa hienoimpien lajitteiden osuuksissa ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja käsittelytapojen välillä. Hajonnat ovat kuitenkin verrattain suuria, joten erojen saaminen esiin aineistosta on vaikeaa.

Tarkasteltaessa hienoimpien lajitteiden määrää koeruuduittain voidaan todeta, että 50 cm:n mätästyksessä hienoimpia lajitteita oli kahdessa ruudussa huomattavasti enemmän kuin kolmessa (taulukko 4). Myös erot useihin muihin koeruutuihin ovat tilastollisesti merkitseviä. Tämä johtunee siitä, että 50 cm:n mätästyksen ruudut

Taulukko 4. Hienoimpien lajitteiden (raekoko <0.06 mm) osuudet (% kuivapainosta) koeruuduittain 0–10 cm:n syvyydessä eri tavoin käsitellyssä maassa.

Table 4. Proportion (% of dry weight) of finest particle-size classes (diam. <0.06 mm) at 0–10 cm depth in soils subjected to various treatments.

Maan käsittely Soil treatment	Toisto – Repetition		
	I	II	III
Laikutus <i>Scarifying</i>	10.4	9.9	9.2
Palleauras <i>Tilt ploughing</i>	10.3	5.7	10.9
Piennaraoraus <i>Shoulder ploughing</i>	10.9	8.9	5.7
Mätästys, 40 cm <i>Mounding, 40 cm</i>	3.4	3.9	7.7
Mätästys, 50 cm <i>Mounding, 50 cm</i>	17.0	13.3	3.5
Hakkaamaton <i>Uncut forest</i>	6.0	4.5	9.2
V.a. – D.F. F HSD <sub>.05</sub>	17/72 3.39 *** 10.12		

Taulukko 5. Lajitekoostumus ( $\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$ , % kuivapainosta) eri syvyydessä eri puolilla koekenttää käsittelemättömässä maassa.

Table 5. Particle-size class distribution ( $\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$ , % of dry weight) at various depth within the experimental area in untreated soil.

Koeruutu ja toisto Sample plot and repetition	Syvyyskerros, cm Depth of layer, cm	Raekoko – mm – Particle size			
		>2.0	0.2–2.0	0.06–0.2	<0.06
Mätästys, 40 cm – <i>Mounding</i> I	10–20	21.3±4.5	66.7±4.1	6.9±1.0	5.1±0.5
	20–30	13.3±1.7	75.3±3.4	6.7±1.7	4.7±0.8
	30–50	25.9±5.5	67.7±6.2	3.7±0.7	2.7±0.5
	50+	33.1±4.4	56.4±5.2	6.4±1.5	4.1±0.8
Mätästys, 40 cm – <i>Mounding</i> II	10–20	38.0±5.3	32.8±4.5	20.0±3.1	9.2±2.6
	20–30	50.7±3.9	25.0±2.2	16.1±2.9	8.2±3.3
	30–50	52.8±5.8	28.4±3.9	15.9±3.3	2.9±1.0
	50+	44.6±5.7	28.5±2.4	16.5±4.1	10.4±4.5
Mätästys, 50 cm – <i>Mounding</i> I	10–20	44.1±5.6	29.7±3.1	14.8±2.1	11.4±2.1
	20–30	42.4±6.5	31.0±3.2	15.1±3.0	11.5±3.5
	30–50	27.3±9.2	36.2±2.5	20.8±4.6	15.7±4.2
	50+	26.4±4.2	30.2±1.3	23.4±2.4	20.0±1.4

Mätästys, 50 cm – Mounding II	10–20	55.1±4.6	22.9±2.7	11.1±1.7	11.0±3.7
	20–30	55.5±3.7	25.3±2.1	13.6±2.3	5.6±2.1
	30–50	51.6±5.6	27.2±3.7	13.2±2.2	8.0±1.8
	50+	37.5±8.0	30.9±2.3	18.3±4.0	13.3±3.4
Mätästys, 50 cm – Mounding III	10–20	48.0±6.6	25.3±3.2	23.4±3.5	3.3±0.8
	20–30	46.0±3.6	25.7±1.7	17.5±1.2	10.8±3.2
	30–50	50.0±6.2	27.1±0.9	13.4±2.0	9.5±4.4
	50+	50.0±3.0	26.1±1.6	13.8±4.1	10.1±4.7
V.a. – D.F. F HSD <sub>.05</sub>	10–20				4/22 4.01* 4.04

sattuivat ruutujen järjestyksen arvonnassa rinnakkain. Hienoimpien lajitteiden osuuden vaihtelu vaikuttanee mittaustuloksiin ja lisää hajontaa käsittelyn sisällä. Muiden koeruutujen välillä ei ollut merkitseviä eroja. Jyrsintäruuduista lajittekoostumusta ei katsottu aiheelliseksi määrittää suuren humuspitoisuuden vuoksi.

Syvämmälle mentäessä eri lajitteiden osuuksissa ei ollut havaittavissa systemaattista muutosta (taulukko 5). Koekentän voidaan todeta olevan jossain määrin heterogeeninen.

### 313. Rakenne

Maan kuivatilavuuspaino oli laikuissa selvästi suurempi kuin hakkaamattomalla alalla (taulukko 6). Ero oli myös tilastollisesti merkitsevä. Tämä johtunee siitä, että kunta on hakkaamattomalla alalla suojannut maata sateen ym. tekijöiden tiivistävältä vaikutukselta. 50 cm:n mätästykseen tilavuuspainoa puolestaan suurensi hienojen lajitteiden suurehko osuus (vrt. s. 8). Palteessa, pientareessa ja 40 cm:n mätäässä tilavuuspainot olivat likimain yhtä suuret. Jyrsinnan tilavuuspaino oli 0.58±0.24. Tulos on todennäköisesti keskimääräistä alhaisempi, koska muokkaus oli paikoin epäonnistunut. Jyrsintäjäljen epätasaisuutta osoittaa myös poikkeuksellisen suuri keskiarvon keskivirhe.

Radiometrisesti mitatussa märkätilavuuspainossa ei ryhmien sisällä ollut huomattavia eroja (taulukko 7). Jyrsintä luonnollisesti poikesei muista varsin selvästi. Laikutuksessa, piennaraurauksessa ja hakkaamattomalla alalla maa oli syvämmälle mentäessä selvästi tiiviimpää.

Jyrsinnässä 3–18 cm:n kerros on ulottunut humukseen ja sen tilavuuspaino on siten pienin. Seuraava, 3–38 cm:n syvyyskerros, ulottuu jo käsittelyjäljen alapuolelle. Palleaurauksessa ja mätästyksissä tilavuuspaino oli suurin pinta-kerroksessa ja pienin syvimmällä. Tämä johtuu syvimpien kerrosten ulottumisesta kaksinkertaiseen humukseen.

Taulukko 6. Vesivolymetrillä mitattu kuiva-tilavuuspaino ( $\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$ , g/cm<sup>3</sup>) 0–10 cm:n syvyydessä eri tavoin käsitellyssä maassa.  
Table 6. Dry bulk density ( $\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$ , g/cm<sup>3</sup>), determined volumetrically, at 0–10 cm depth for soils subjected to various treatments.

Maan käsittely Soil treatment	Tilavuuspaino Dry density
Laikutus Scarifying	1.62±0.04
Palleauraus Tilt ploughing	1.45±0.02
Piennarauraus Shoulder ploughing	1.46±0.05
Mätästys, 40 cm Mounding, 40 cm	1.38±0.09
Mätästys, 50 cm Mounding, 50 cm	1.55±0.09
Hakkaamaton Uncut forest	1.33±0.03
V.a. – D.F. F HSD <sub>.05</sub>	5/12 3.09 0.27

Märkätilavuuspaino vaihteli kesän kuluessa jonkin verran kosteuden mukaan (taulukko 8, vrt. taulukko 9). Sanottavaa tiivistymistä kesän aikana ei voitu todeta. Kuten edellä on todettu,

radiometrisen määrittämisen tulokset esitetään suhteellisina, eikä niitä sellaisinaan voida verrata muihin kosteus- ja tilavuuspainomääritysten tuloksiin.

Taulukko 7. Radiometrisesti mitattu märkätilavuuspaino ( $\bar{x} \pm s_{\bar{x}}, g/cm^3$ ) eri syvyydessä eri tavoin käsitellyssä maassa.

Table 7. Wet density ( $\bar{x} \pm s_{\bar{x}}, g/cm^3$ ), determined radiometrically, at different depth for soils subjected to various treatments.

Maan käsittely Soil treatment	Syvyysskerros – cm – Depth of layer		
	3–11	1–16	1–26
Laikutus Scarifying	1.33±0.08	1.69±0.05	1.87±0.12
Piennaraurausta Shoulder ploughing	1.45±0.06	1.71±0.05	1.82±0.05
Jyrsintä Rotary tilling	0.98±0.06	0.76±0.10	0.94±0.18
Hakkaamaton Uncut forest	1.26±0.04	1.57±0.11	1.67±0.13
	12–20	10–25	10–35
Palleauraus Tilt ploughing	1.46±0.04	1.09±0.13	0.93±0.18
Mätästys, 40 cm Mounding, 40 cm	1.54±0.06	1.13±0.11	0.84±0.11
Mätästys, 50 cm Mounding, 50 cm	1.53±0.13	1.36±0.07	1.25±0.10

Taulukko 8. Radiometrisesti mitatun märkätilavuuspainon ( $\bar{x} \pm s_{\bar{x}}, g/cm^3$ ) vaihtelu kesän kuluessa eri tavoin käsitellyssä maassa.

Table 8. Fluctuation in wet density ( $\bar{x} \pm s_{\bar{x}}, g/cm^3$ ), determined radiometrically, during the summer in soils subjected to various treatments.

Maan käsittely Soil treatment	Syvyysskerros, cm Depth of layer	Mittausaika – Time of measurement				Keskimäärin Average
		06–11 .. 15	07–20	08–16 .. 17	09–12 .. 13	
Laikutus Scarifying	3–11	1.42±0.03	1.22±0.07	1.33±0.08	1.47±0.08	1.36±0.06
Piennaraurausta Shoulder ploughing		1.59±0.03	1.34±0.08	1.44±0.06	1.49±0.05	1.46±0.05
Jyrsintä Rotary tilling		1.00±0.09	0.86±0.06	0.98±0.06	0.96±0.07	0.95±0.03
Hakkaamaton Uncut forest		1.22±0.04	0.99±0.11	1.26±0.04	1.33±0.07	1.20±0.07
Palleauraus Tilt ploughing	12–20	1.62±0.04	1.48±0.03	1.46±0.05	1.67±0.03	1.49±0.10
Mätästys, 40 cm Mounding, 40 cm		1.61±0.09	1.39±0.11	1.54±0.06	1.46±0.11	1.47±0.05
Mätästys, 50 cm Mounding, 50 cm		1.69±0.06	1.36±0.08	1.53±0.13	1.52±0.02	1.53±0.07

Taulukko 9. Radiometrisesti mitattu kosteuspitoisuuden vaihtelu ( $\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$ , % tilavuudesta) kesän kuluessa eri tavoin käsitellyssä maassa.  
 Table 9. Fluctuation in soil water content ( $\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$ , % of volume) determined radiometrically, during the summer for soils subjected to various treatments.

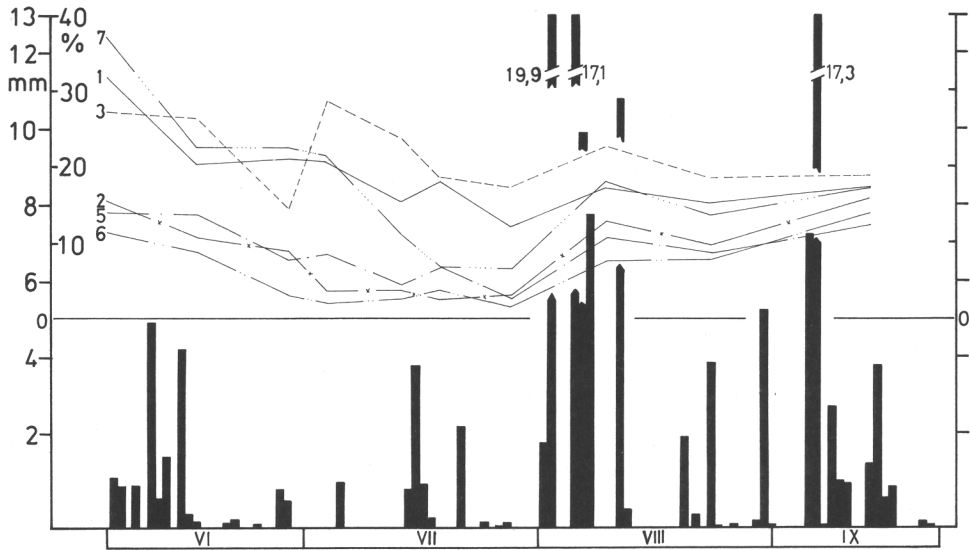
Maan käsittely Soil treatment	Syvyyskerros, cm Depth of layer	Mittausaika — Time of measurement				Keskimäärin Average
		06—11..15	17—20	08—16..17	09—12..13	
Laikutus Scarifying	3—11	31.0±7.7	19.3±5.3	22.7±6.2	23.6±5.7	24.2±3.0
Piennarauraus Shoulder ploughing		30.2±7.3	26.4±9.9	28.0±1.2	27.0±6.6	27.9±4.0
Jyrsintä Rotary tilling		29.7±3.6	15.4±0.6	18.3±1.5	24.3±0.6	21.9±1.9
Hakkaamaton Uncut forest		30.3±3.0	15.2±3.1	21.6±2.2	24.9±2.7	23.0±2.0
Palleauraus Tilt ploughing	12—20	13.7±2.5	7.8±1.3	10.4±1.2	14.3±2.1	11.5±1.1
Mätästys, 40 cm Mounding, 40 cm		19.8±7.5	10.5±3.0	10.3±2.3	15.8±4.0	14.1±2.3
Mätästys, 50 cm Mounding, 50 cm		11.7±0.2	7.7±0.4	7.4±0.8	10.7±0.7	9.4±0.6

#### 314. Vesi- ja ilmasuhteet

Kesän alussa radiometrisesti mitatussa vesitilassa ei ollut suuria eroja laikutuksen, piennaraurauksen, jyrsinnän ja hakkaamattoman alan välillä. Jyrsinnässä orgaanisen aineksen suuri osuus kuitenkin aiheuttaa virhettä radiometrisen mittaukseen, joten tuloksiin on tältä osin syytä suhtautua varauksella. Tarkasteltaessa kosteuden vaihtelua kesän kuluessa todetaan piennaraurauksen säilyneen tasaisimmin kosteana, kun taas muissa käsittelytavoissa sateet ja kuivat kaudet erottuvat melko selvästi. Piennaraurauksen vakoihin jäänyt vesi todennäköisesti tasoitti kosteuden vaihtelua pientareessa. Palleaurauksen ja mätästyksen välillä ei ollut koko kesänä selvää eroa. Keskimäärin 50 cm:n mätästys oli kuitenkin hiukan muita kuivempi, mikä johtunee maan hienolajitteisuudesta sekä mättään korkeudesta. Heinäkuun poutakausi vähensi sekä palteiden että mättäiden vesitilaa.

Tarkasteltaessa kosteuden vaihtelua kesän kuluessa (kuva 6) havaitaan humuksen kivennäismaata suurempi vedenpidätyskyky: hakkaamattomalla alalla pienet sateet ovat jääneet humukseen, eikä maan kosteus ole kohonnut lainkaan. Rankkojen ukkoskuurojen jälkeen

kivennäismaan kosteus on sen sijaan hakkaamattomalla alalla noussut enemmän kuin paljastetulla kivennäismaalla. Kosteus jyrsinnässä reagoi voimakkaimmin sateisiin, mikä myös johtunee humuksen vedenpidätyskyvystä. Jyrsinnän kosteustuloksia ei kuitenkaan ole esitetty, koska ne eivät humuksen aiheuttaman mittausvirheen vuoksi olleet vertailukelpoisia kivennäismaasta saatuihin tuloksiin (vrt. s. 6). Laikutuksessa ja piennaraurauksessa ilmeisesti kapillaarinen vedennousu on pitänyt kosteuden tasaisena, piennaraurauksessa jopa nostanut sitä kuivimpana kautena heinäkuun alussa. Palleaurauksessa ja mätästyksessä maa kuivui voimakkaasti ja reagoi heikosti sateisiin, koska rankat ukkoskuurot kastelivat sen vain aivan pinnasta. Alkukesällä käsittelytapojen väliset erot olivat melko selvät, mutta ne tasoittuivat syyskuun alkuun mennessä. Rovaniemen maalaiskunnan säähavaintoaseman tietojen mukaan kasvukauden sademäärä oli n. 80 mm keskimääräistä alhaisempi. Koalueella mitattua sademäärää ei voida suoraan verrata ko. havaintoaseman keskimääräislukuun, koska asema sijaitsee melko kaukana koekentästä. Todennäköisesti ero keskimääräiseen sademäärään oli kuitenkin koekentällä samaa suuruusluokkaa.



Kuva 6. Kosteuden (% kuivapainosta) vaihtelu kesän 1973 kuluessa 5 cm:n syvyydessä eri tavoin käsitellyssä maassa, sekä vuorokautiset sademäärät koalueella. Selitykset ks. kuva 1, s. 5. 7 = hakkaamaton ala.

Fig. 6. Fluctuation in soil water content (% of bulk density) during the summer of 1973 at 5 cm depth in soils subjected to various treatments. Also, daily (24 hrs) precipitation figures for the experimental area. For details, see fig. 1, p. 5. 7 = uncut forest.

Eri mittauskertojen tilastollisessa tarkastelussa (taulukko 10) merkitseviä eroja ilmeni kapillaarisen vedennousun katkeamisen vuoksi; laikussa ja pientareessa maa oli huomattavasti kosteampaa kuin palteessa ja mättäissä. Tämä näkyy erityisen selvästi koko kesän keskiarvosta. Palteen rikkonaisuuden kuivattava vaikutus näkyy siinä, että 40 cm:n mätästys oli keskimäärin hiukan kosteampi kuin palle, vaikka kapillaarinen vedennousu on kummassakin käsittelyssä katkaistu. Hienolajitteisin ja korkein 50 cm:n mätästys oli kuivin.

Ilmatila pysyi kaikissa käsittelyjäljissä aerobien organismien edellyttämän 10 %:n yläpuolella, lukuun ottamatta laikutusta kesäkuun alussa (taulukko 11). Laikutuksessa ilmatila oli koko kesän alhaisin ja pysyi alle 20 %:n, mitä yleensä pidetään juuriston toiminnalle vähäisenä. Useimmilla mittauskerroilla laikutuksen ilmatila poikkesi muista 1 %:n tai 5 %:n riskillä. Piennaraurauksessa ilmatila oli suurimman osan kesästä juurten toiminnalle optimin 25 %:n tuntumassa. Muissa käsittelyjäljissä il-

matila oli yleensä jonkin verran suurempi. 50 cm:n mätästyksen tuloksissa on kuitenkin näkyvissä maan hienolajitteisuus, joka on jonkin verran pienentänyt huokostilaa ja sitä kautta myös ilmatilaa.

Kesäkuun alussa, jolloin juuriston toiminta on vilkkainta, ilmatila oli juuriston toiminnalle riittämätön laikussa, pientareessa ja hakkaamattomalla alalla. Myös 50 cm:n mätästyksessä ilmatila oli melko alhainen ensimmäisellä mittauskerralla. Palleaurauksessa ja 40 cm:n mätästyksessä maa sen sijaan kuivui nopeasti, joten ilmatila niissä oli riittävä.

Ilma- ja vesitilan vaihtelussa kesän kuluessa (kuva 7) on myös selvästi todettavissa kapillaarisen vedennousun vaikutus: laikussa ja pientareessa vesitila on koko kesän pysynyt suhteellisen korkeana, kun se palteessa ja mättäissä on laskenut keskikesän poutakausina ilmeisesti taimien kannalta liian alas. Hakkaamattomalla alalla pintakasvillisuuden haihduttaminen on kuivimpana aikana vähentänyt kosteutta melko voimakkaasti, mutta maa oli kuitenkin

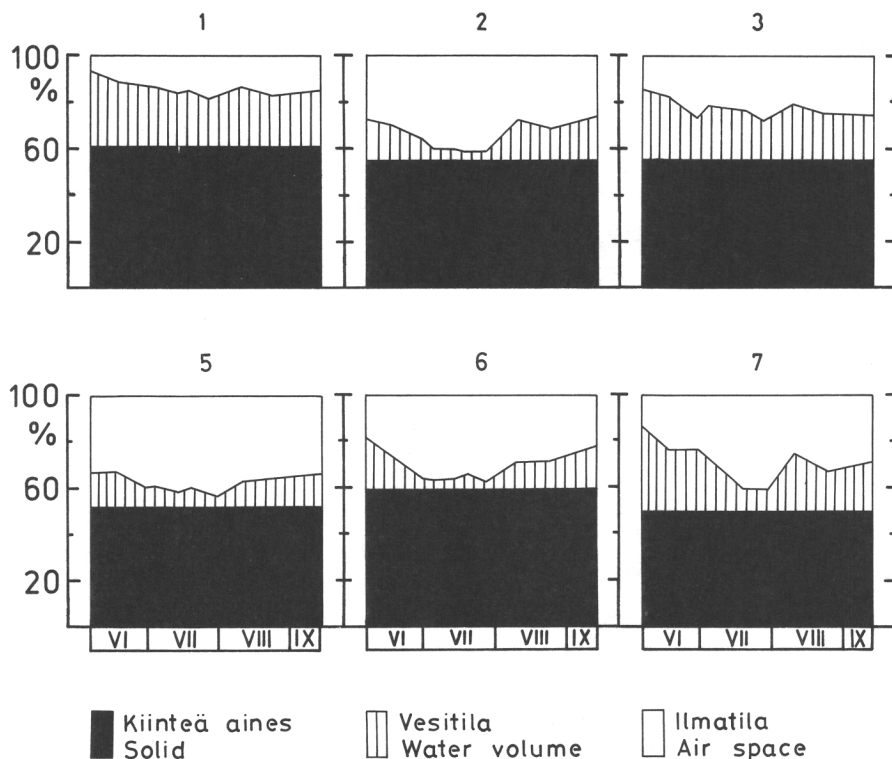


Taulukko 10. Kosteuden vaihtelu ( $\bar{x} \pm s_x$ , % kuivapainosta) kesän kuluessa 5 cm:n syvyydessä eri tavoin käsitellyssä maassa.  
 Table 10. Fluctuation in soil water content ( $\bar{x} \pm s_x$ , % of bulk density) at 5 cm depth during the summer for soils subjected to various treatments.

Maan käsittely Soil treatment	Mittausaika — Time of measurement											Keski- määrin Average
	06-05 .07	06-16	06-28...29	07-03...05	07-13	07-18	07-27	08-09	08-23	09-13...14		
Laikutus	31.8±3.2	20.5±3.1	21.1±7.4	20.8±3.4	15.5±3.3	18.2±3.3	12.2±2.7	17.3±4.0	15.2±3.0	17.5±3.6	19.0±1.4	
Scarifying												
Palleoraus	15.6±3.1	10.8±2.0	9.0±4.4	3.8±2.5	3.9±1.9	2.6±0.6	3.1±0.4	12.8±3.8	9.6±1.5	15.9±1.8	8.7±1.1	
Tilt ploughing												
Piennaroraus	27.4±6.4	26.5±6.4	14.7±7.3	28.8±7.4	24.0±7.0	18.9±3.4	17.4±4.8	22.7±3.3	18.5±4.9	18.7±2.3	21.7±1.7	
Shoulder												
ploughing												
Mätästys, 40 cm	14.0±2.7	13.8±5.6	7.9±3.6	8.8±4.6	4.8±3.4	7.0±4.2	2.8±1.2	10.6±3.1	8.9±3.7	12.5±2.0	9.1±1.2	
Mounding, 40 cm												
Mätästys, 50 cm	11.5±0.9	8.8±0.2	3.2±0.3	2.2±0.7	2.8±0.1	4.0±0.5	1.7±0.4	7.8±0.3	7.7±1.1	13.7±0.9	6.3±0.8	
Mounding, 50 cm												
Hakkaamatton Uncut forest	37.2±6.2	22.7±6.1	22.7±4.8	21.6±8.8	11.3±3.8	7.0±3.8	6.6±1.9	18.0±2.0	13.6±2.9	17.2±1.8	17.8±2.0	
V.a. — D.F.	5/12	5/12	5/12	5/12	5/12	5/12	5/12	5/12	5/12	5/12	5/12	
F	6.28*	2.46	2.20	4.12*	4.57*	5.40**	6.55**	3.28*	1.78	1.16	1.16	
HSD .05	20.15	21.45	24.82	25.49	18.38	14.56	11.57	14.30	14.90	10.48	10.48	

Taulukko 11. Ilmatilan vaihtelu ( $\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$ , % tilavuudesta) kesän kuluessa 0–10 cm:n syvyydessä eri tavoin käsitellyssä maassa.  
 Table 11. Fluctuation in air space ( $\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$ , % of volume) at 0–10 cm depth during the summer for soils subjected to various treatments.

Maan käsittely Soil treatment	Mittausaika – Time of measurement												Keski- määrin Average
	06–05..07	06–16	06–28..29	07–03..05	07–13	07–18	07–27	08–09	08–23	09–13..14			
Laikutus	6.8±3.5	10.6±5.4	13.5±6.8	13.9±5.9	16.0±7.0	14.5±6.0	18.4±6.2	13.0±6.2	16.8±6.9	14.2±6.7	13.8±1.7		
Scarifying													
Palleoraus	26.3±2.2	29.8±2.4	35.4±2.2	39.5±3.3	39.7±1.7	41.2±0.5	40.6±1.4	27.4±4.1	31.1±1.9	25.6±1.8	33.7±1.3		
Tilt ploughing													
Piennaroraus	14.3±5.4	17.3±6.1	26.6±9.5	21.6±9.1	22.6±7.8	23.2±6.7	24.2±8.6	20.3±5.8	23.9±7.6	24.3±5.6	21.8±2.0		
Shoulder ploughing													
Mätästys, 40 cm	32.9±2.4	32.6±3.1	40.0±2.9	38.7±4.5	41.3±4.6	39.3±4.6	43.7±3.5	36.4±1.8	35.7±4.1	33.8±3.5	37.4±1.2		
Mounding, 40 cm													
Mätästys, 50 cm	18.4±0.5	26.9±3.0	35.5±2.3	36.9±3.4	35.9±2.7	33.9±2.8	37.8±2.2	28.5±2.6	28.3±3.3	22.0±2.7	30.4±1.4		
Mounding, 50 cm													
Hakkaamatton Uncut forest	14.0±2.8	23.0±5.6	23.3±4.4	26.5±9.7	35.9±3.5	40.6±5.0	40.4±2.8	25.2±3.2	33.2±3.2	29.1±4.0	29.1±2.0		
V.a. – D.F.	5/12	5/12	5/12	5/12	5/12	5/12	5/12	5/12	5/12	5/12	5/12		
F	8.87**	3.33*	3.32*	2.60	3.68*	5.32**	4.59*	3.45*	1.96	1.90			
HSD .05	15.00	21.42	21.42	31.01	24.10	22.55	22.88	20.26	23.46	20.85			



Kuva 7. Ilma- ja vesitilan vaihtelu 0–10 cm:n syvyydessä kesän 1973 kuluessa eri tavoin käsitellyssä maassa. Selitykset ks. kuva 1 ja 6.

Fig. 7. Fluctuation in air- and water-content during the summer of 1973 in the 0–10 cm layer of soils subjected to various treatments. For details, see figs. 1 and 6.

koko ajan kosteampaa kuin palteessa ja mätätäissä. Laikutuksessa ja 50 cm:n mätästyksestä huokostila oli pienin. Suurta eroa huokostilassa ei kuitenkaan ollut käsittelytapojen välillä. Huokostilan määrittäminen jyrshintäjäjäljestä osoitautui suuren humuspitoisuuden vuoksi hankalaksi, joten tuloksia ei tältä osin saatu. Todennäköisesti ilmatilaa jyrshinnässä oli riittävästi koko kesän.

Veden läpäisykyky riippui suhteellisen voimakkaasti kuivatilavuuspainosta (taulukko 12, vrt. taulukkoon 6). Laikussa ja 50 cm:n mätätäissä läpäisy oli melko hidasta, kun taas jyrshinnässä vesi imeytyi nopeasti. Jyrshinnan vedenläpäisykykyyn kuitenkin vaikuttaa humuksen suuri vedenimemiskyky, joka on nähtävissä myös hakkaamattomalla alalla. Kun kivennäismaa paljastettiin, vedenläpäisy hidastui huo-

mattavasti. Orgaanisten horisonttien vaikutus näkyi myös palteen ja mätäiden vedenläpäisyssä. Myös maan kosteus vaikutti vedenläpäisykykyyn: palteessa ja pientareessa oli suunnilleen sama tilavuuspaino, mutta pientar oli mittaushetkellä huomattavasti kosteampi, ja se läpäisi vettä selvästi hitaammin. Tilastollisesti merkitseviä eroja ei muodostunut, koska hajonta oli melko suuri.

### 315. Lämpöolot

Lämpösumma kehittyi eri käsittelyissä selvästi erilaiseksi (kuva 8). Pääasiassa eroa alkoi muodostua kesäkuun puolenvälin paikkeilla. Suhteellinen ero oli kuitenkin suuri jo kesäkuun alussa. Palleaurauksessa lämpösumma pysyi

Taulukko 12. Vedenläpäisevyys ( $\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$ , min) 0–10 cm:n syvyydessä eri tavoin käsitellyssä maassa. Piennaraurauksen tulos on kahden toiston keskiarvo, muut kolmen (vrt. s. 8).

Table 12. Permeability to water ( $\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$ , min) at 0–10 cm depth for soils subjected to various treatments. Figure for shoulder ploughing is the mean for two repetitions; for the remainder, for three repetitions.

Maan käsittely Soil treatment	Vedenläpäisevyys Permeability to water
Laikutus Scarifying	10.92±4.94
Palleauraus Tilt ploughing	2.54±0.50
Piennarauraus Shoulder ploughing	5.79±1.51
Jyrsintä Rotary tilling	0.45±0.12
Mätästys, 40 cm Mounding, 40 cm	3.52±0.58
Mätästys, 50 cm Mounding, 50 cm	5.09±1.03
Hakkaamaton Uncut forest	3.47±1.37
Hakkaamaton kuntta poistettu Uncut forest raw-humus removed	14.10±7.61
V.a. – D.F.	7/16
F	1.89
HSD <sub>.05</sub>	16.23

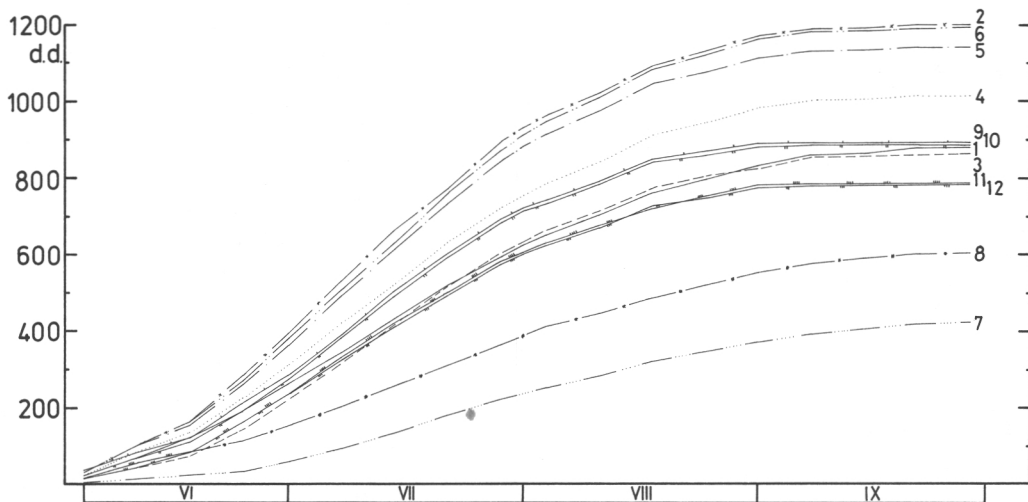
Taulukko 13. Lämpösumma ( $\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$ , kynnyksiarvo +5°C) ajalta 06–01 . . . 09–28 5 cm:n syvyydessä eri tavoin käsitellyssä maassa.

Table 13. Effective temperature sum ( $\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$ , threshold value +5°C) at 5 cm depth for the period 06–01 . . . 09–28 for soils subjected to various treatments.

Maan käsittely Soil treatment	Lämpösumma, d.d. Temperature sum, d.d.
Laikutus Scarifying	887.6±32.5
Palleauraus Tilt ploughing	1200.0±34.4
Piennarauraus Shoulder ploughing	865.2±35.3
Jyrsintä Rotary tilling	1018.1±16.1
Mätästys, 40 cm Mounding, 40 cm	1144.4±25.9
Mätästys, 50 cm Mounding, 50 cm	1191.9± 4.4
Hakkaamaton Uncut forest	426.1±20.3
V.a. – D.F.	6/14
F	107.91***
HSD <sub>.05</sub>	126.6

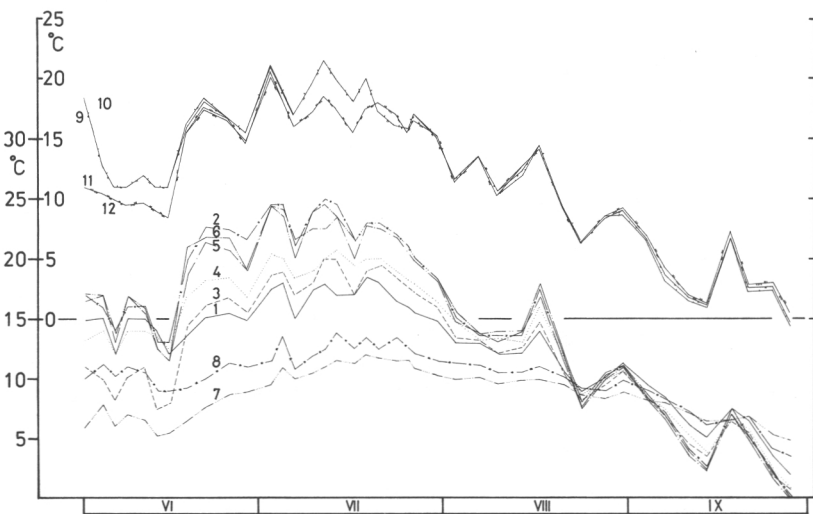
koko kesän suurimpana, joskaan se ei juuri poikennut 50 cm:n mätästykseen summakäyrästä. Myös ero 40 cm:n mätästykseen oli pieni. Ilman lämpösumma oli hakkuualalla sekä 0.5 m:n että 2 m:n korkeudella alempi kuin palteen ja mäntäiden lämpösumma. Metsässä ilma oli jonkin verran viileämpää kuin aukealla. Pienistä eroista huolimatta lämpösumman kehitys oli suunnilleen samanlaista ilmassa (sekä aukealla että metsässä), laikussa, pientareessa ja jyrsintäjäljessä. Jyrsintä oli kuitenkin loppukesästä muita lämpimämpää. Käsittelemättö-

mässä maassa aukealla ja metsässä lämpösumma jäi selvästi muita pienemmäksi. Kuntan eristävyys näkyi erityisesti lämpösumman hitaassa kertymisessä heinäkuun alussakin, jolloin lämpösumma käsitellyssä maassa kohosi voimakkaasti. Metsä vaikutti maan lämpötilaan selvästi enemmän kuin ilman. Kesän lämpösummassa ei tilastollisesti tarkasteltuna ollut merkittävää eroa laikutuksen ja piennaraurauksen välillä, eikä palleaurauksen ja mätästykseen välillä (taulukko 13). Muuten lämpösumma käsittelyjen välillä erosi vähintään 5 %:n riskillä.



Kuva 8. Lämpösumma (d.d. kynnyksarvo  $+5^{\circ}\text{C}$ ) 5 cm:n syvyydessä eri tavoin käsitellyssä maassa sekä ilmassa 0.5 (9) ja 2 m:n (10) korkeudessa aukealla ja ilmassa 0.5 (11) ja 2 m:n (12) korkeudessa metsässä. Selitykset ks. kuva 1 ja 6. 8 = käsittelemätön aukealla.

Fig. 8. Effective temperature sum (d.d. threshold value  $+5^{\circ}\text{C}$ ) at 5 cm depth in soils subjected to various treatments, in the air at 0.5 m (9) and 2 m (10) height in the open and at 0.5 m (11) and 2 m (12) height inside a forest. For details, see figs. 1 and 6. 8 = untreated plot in the open.



Kuva 9. Vuorokautinen keskilämpötila 5 cm:n syvyydessä eri tavoin käsitellyssä maassa. Selitykset ks. kuva 1, 6 ja 8.

Fig. 9. Mean daily (24 hrs) temperature at 5 cm depth in soils subjected to various treatments. For details, see figs. 1, 6 and 8.

Kesäkuun alussa, jolloin juurten toiminta on vilkkainta, olivat lämpimimpiä palle ja mättäät, joiden vuorokautinen keskilämpötila pysyi  $+12^{\circ}\text{C}$ :n yläpuolella (kuva 9). Jyrsintäjäljessä ja laikussa keskilämpötila oli hieman alempi. Pientareessa vuorokautinen keskilämpötila vaihteli kesäkuun alussa  $+10^{\circ}\text{C}$ :n molemmin puolin eroten selvästi edellämaituista. Aukealla käsittelemätön maa oli suunnilleen yhtä lämmintä kuin piennar. Metsässä maa oli selvästi viileintä. Missään mittaushetkellä lämpötila ei laskenut alle  $+5^{\circ}\text{C}$ :n.

Kesäkuun puolenvälin paikkeilla vuorokautinen keskilämpötila kohosi kaikissa mittauskohdissa, käsittelemättömässä kuitenkin muita hitaammin. Mättäissä ja palteessa lämpötila päivällä nousi toisinaan  $+30^{\circ}\text{C}$ :een. Niissä käsitteilyssä maa oli paikoin lämpimämpää kuin

ilma. Palteen ja mättäiden lämpötila seurasi selvimmin ilman lämpötilavaihtelua. Muista käsitteilyjäljistä laikku ja piennar olivat likimain yhtä lämpimiä ja jyrsintä hiukan niitä lämpimämpi. Käsittelemätön maa oli niitä huomattavasti viileämpää.

Elokuun alussa ero käsitteilytapojen välillä alkoi hävitä, ja kuun puolivälissä käsittelemätön maakin oli jo yhtä lämmintä kuin käsitelty. Syyskuun lopulla järjestys kääntyi päinvastaiseksi: käsittelemätön maa metsässä oli lämpimintä, kun taas mättäissä lämpö öisin laski hiukan alle  $0^{\circ}\text{C}$ :n.

Ilman lämpösummaksi kertyi 2 m:n korkeudella kesäkuussa  $428.7^{\circ}\text{C}$  ja heinäkuussa  $597.3^{\circ}\text{C}$ , kun vastaavat keskimääräiset luvut vuosilta 1931–60 olivat Rovaniemen mlk:n sääaseman havaintojen mukaan  $360.0^{\circ}\text{C}$  ja  $468.1^{\circ}\text{C}$  (KOLKKI 1966). Kesä 1973 oli siis huomattavasti keskimääräistä lämpimämpi kuukausina. Elokuussa lämpösumma oli kuitenkin vain  $326.8^{\circ}\text{C}$  keskiarvon ollessa  $403.0^{\circ}\text{C}$ . Syyskuu oli poikkeuksellisen kylmä.

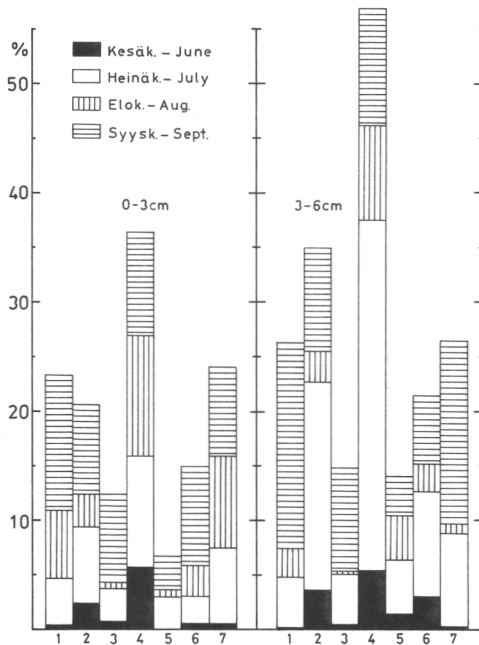
### 316. Hajotusaktiiviteetti

Selluloosan hajoamisnopeus eri käsitteilyjäljissä ja eri syvytydessä esitetään kuvassa 10. Jyrsintäjäljessä hajotus oli selvästi nopeinta sekä 0–3 cm:n että 3–6 cm:n syvytydessä. Pientareessa ja mättäissä hajoaminen sen sijaan jäi melko vähäiseksi. Palteessa hajotus oli suhteellisen intensiivistä, etenkin 3–6 cm:n syvytydessä, jossa hajoaminen oli lähes kaksinkertainen 0–3 cm:n syvytyteen verrattuna. Kaikissa käsitteilyjäljissä selluloosa hajosi nopeammin 3–6 cm:n syvytydessä kuin pintakerroksessa, joskaan ero kaikissa tapauksissa ei ollut kovin suuri. Laikutuksessa ja hakkaamattomalla alalla hajotus oli suunnilleen yhtä nopeaa.

Yhden kuukauden maassaoloaika osoittautui selluloosan hajoamiselle liian lyhyeksi: hajotus jäi kaikissa käsitteilyjäljissä niin vähäiseksi, ettei eroa ehtinyt muodostua. Siten voidaan todeta menetelmän edellyttävän vähintään kasvukauden pituista hajoamisaikaa sekä useita toistoja, koska hajonta on hyvin suuri.

### 32. Maan ominaisuuksien väliset riippuvuudet

Mitatuista maan ominaisuuksista kosteudella oli eniten riippuvuussuhteita (taulukko 14). Niistä voimakkain oli korrelaatio ilmatilan kans-



Kuva 10. Hajotusaktiiviteetti (selluloosan painohäviö, % kuivapainosta) eri kuukausina 0–3 ja 3–6 cm:n syvytydessä eri tavoin käsitellyssä maassa. Selitykset ks. kuva 1 ja 6. Fig. 10. Intensity of decomposition activity (i.e. loss of cellulose as percentage of bulk density) over a period of months at 0–3 cm and 3–6 depths in soils subjected to various treatments. For details, see figs. 1 and 6.

Taulukko 14. Maan eri ominaisuuksien väliset korrelaatiot sekä osittaiskorrelaatiot, kun yhden ominaisuuden vaikutus kerrallaan on eliminoitu.

Table 14. Inter-correlations and partial correlations concerning soil properties, one property at a time being eliminated.

Ominaisuus – Property		2	3	4	5	6
Vedenläpäisykyky <i>Water permeability</i>	1	0.17	−0.46°	0.53*	−0.44°	0.57
Kuivatilavuuspaino <i>Dry bulk density</i>	2		0.27	0.06	−0.58*	0.29
Lämpösumma <i>Temperature sum</i>	3			−0.62**	0.35	−0.15
Kosteus <i>Water content</i>	4				−0.76***	0.63**
Ilmatila <i>Air space</i>	5					−0.49*
Humuspitoisuus <i>Humus content</i>	6					
Kuivatilavuuspaino <i>Dry bulk density</i>	2		0.40	−0.03	−0.56*	0.24
Lämpösumma <i>Temperature sum</i>	3			−0.50*	0.19	0.16
Kosteus <i>Water content</i>	4				−0.69**	0.47*
Ilmatila <i>Air space</i>	5					−0.33
Humuspitoisuus <i>Humus content</i>	6					
Vedenläpäisykyky <i>Water permeability</i>	1	0.35		0.35	−0.34	0.57*
Kuivatilavuuspaino <i>Dry bulk density</i>	2			0.31	−0.74***	0.35
Kosteus <i>Water content</i>	4				−0.74***	0.70**
Ilmatila <i>Air space</i>	5					−0.48*
Humuspitoisuus <i>Humus content</i>	6					
Vedenläpäisykyky <i>Water permeability</i>	1	0.16	−0.19		−0.07	0.36
Kuivatilavuuspaino <i>Dry bulk density</i>	2		0.40		−0.81***	0.33
Lämpösumma <i>Temperature sum</i>	3				−0.24	0.40
Ilmatila <i>Air space</i>	5					−0.03
Humuspitoisuus <i>Humus content</i>	6					
Vedenläpäisykyky <i>Water permeability</i>	1	−0.11	−0.36	0.34		0.45°
Kuivatilavuuspaino <i>Dry bulk density</i>	2		0.62**	−0.70**		0.01

Ominaisuus – Property		2	3	4	5	6
Lämpösumma <i>Temperature sum</i>	3			-0.58*		0.03
Kosteus <i>Water content</i>	4					0.45 <sup>p</sup>
Humuspitoisuus <i>Humus content</i>	6					
Vedenläpäisykyky <i>Water permeability</i>	1	0.01	-0.46 <sup>o</sup>	0.27	-0.22	
Kuiva-tilavuuspaino <i>Dry bulk density</i>	2		0.33	-0.16	-0.52*	
Lämpösumma <i>Temperature sum</i>	3			-0.69**	0.32	
Kosteus <i>Water content</i>	4				-0.66**	
Ilmatila <i>Air space</i>	5					

sa, mikä olikin ilmatilan mittausten menetelmän vuoksi odotettavissa (vrt. s. 7). Humuspitoisuuden ja kosteuden välinen melko selvä korrelaatio johtunee suurelta osalta siitä, että kosteusmittari määrittäi myös humuksen ja kasvinosien sisältämän veden (vrt. s. 7). Lämpötilan ja kosteuden välinen riippuvuus vaihteli merkittävyydeltään 5 %:n ja 1 %:n riskitasolla. Vaihtelu eri tekijöiden vaikutuksia poistettaessa vaikutti satunnaiselta, joten riippuvuutta ei

voida pitää näennäisenä. Ilmatilan tilastollisesti merkitsevä korrelaatio humuspitoisuuden kanssa on sen sijaan kosteuspitoisuuden aiheuttama kiertokorrelaatio, kuten niistä korrelaatiokertoimista, joista kosteuden vaikutus on eliminoitu, voidaan todeta. Vedenläpäisykyvyn ja kuiva-tilavuuspainon heikko riippuvuus luultavasti aiheutui maan suuresta mikrovaihtelusta, koska mittausten tekeminen täsmälleen samasta kohdasta ei ollut mahdollista.

#### 4. TULOSTEN TARKASTELU

Runsas humuspitoisuus maassa pienentää tilavuuspainoa (ERVIÖ 1970), parantaa vedenläpäisykykyä (TISDALE ja NELSON 1966) ja lisää maan vaihtokapasiteettia (LAIHO 1967). Palteessa ja mättäessä humuspitoisuus kohoaa kasvinosien lahotessa (STRATONOVITSH 1966). Lahoamisnopeus riippuu paikan maantieteellisen sijainnin ohella kasvupaikan viljavuudesta (vrt. LÄHDE 1974 b). Tämän tutkimuksen koealalla kasvinosat eivät vielä olleet

lahonneet, koska maan käsittely oli tehty vasta edellisenä syksynä. Jyrsintäjäljessä orgaanista ainesta oli niin paljon, että se kuivui poudalla nopeasti ja pidätti vettä heikosti. Humuspitoisuuden suhdetta muihin maan ominaisuuksiin ei tässä työssä voitu riittävästi selvittää.

Maan tilavuuspaino on yksi tärkeimmistä fysikaalisten olosuhteiden osoittajista (ATAMANYUK 1970). Maan liiallinen tiiviys vaikeuttaa ilmanvaihtoa, mikä puolestaan hidastaa aéro-



bisia prosesseja ja heikentää maan ravinnetaloutta (ZRAZHEVSKIY ja NAZARENKO 1969). Riittävä tuuletus on myös välttämätön mykorritsojen kehitykselle (ZAK 1961). Myös lämmönjohto- ja vedenläpäisykyky ovat löyhässä maassa suurempia kuin tiiviissä (ATAMANYUK 1970). Maan suuri tiiviys heikentää myös itävyyttä (BEZDENEZHNYKH 1970). KURYNDINAN ja PRIDOROGININ (1969) mukaan karkearakenteisen maan tilavuuspaino ei saisi olla yli  $1.5 \text{ g/cm}^3$ , jotta juurilla olisi riittävästi vettä käytettävissä. Löyhässä maassa kosteuden pidättyminen on heikkoa (ZRAZHEVSKIY ja NAZARENKO 1969). Maan tilavuuspaino vaihtelee kosteuspitoisuuden ja orgaanisen aineen määrän mukaan (MILLER 1966), joten eri kokeissa mainitut tilavuuspainot eivät ole läheskään aina vertailukelpoisia. MILLER suosittelee tilavuuspainon mittaamista kenttäkapasiteeteissa, mikä ei kuitenkaan ole aina mahdollista. Tässä tutkimuksessa maan tiiviys on ilmoitettu kuivatilavuuspainon avulla, joten tulokset eivät ole vertailtavissa suoraan em. optimeihin, jotka on ilmoitettu märkätilavuuspainon avulla. Koska kuivatilavuuspaino on suurempi kuin märkätilavuuspaino, maa ei ilmeisesti koealueella ollut missään käsittelyjäljessä liian tiivistä.

Kuten edellä on todettu, riittävä maan ilmanvaihto on juurten toiminnalle tärkeää. Jos maa on veden kyllästämä, juuret kärsivät hapen puutteesta, varsinkin jos vesi on seisovaa (vrt. HOTYANOVITSH 1959). Männyn, kuusen ja koivun juuret kestävät kuitenkin kauan upoksisaoloa, jos tulva ei satu juurten kasvun aikaan (ORLOV 1962). Siten syystulvat ja keväällä ennen kasvukauden alkua päättävät tulvat eivät ole yhtä tuhoisia kuin kasvukaudelle sattuvat tulvat. Tulvan aikana ravinteet kulkeutuvat hitaasti. Jos hapenpuutetta on hellekausina, kuusen ja koivun juurten nuorimmat osat kuolevat herkästi, ja ravinteiden kulku häiriytyy (ORLOV 1962). Jos maassa taas on liian vähän vettä, ravinteiden saanti on kasveille vaikeaa.

Aurauspalle ja mätäs olivat koko kesän kuivempia kuin laikku tai piennar. Ero oli etenkin kesän alussa ja poutakausina selvä. Poutakausina palle ja mätäs olivat sekä itämiselle että taimien menestymiselle liian kuivia. Palteen nopean kuivumisen ovat todenneet myös mm. BEZDENEZHNYKH (1970), POHTILA (1972) ja STRATONOVITSH (1966). Palteen kuivumisnopeus riippuu aurauksen onnistumisesta.

SUVOROVIN (1969) mukaan palteiden pitäisi olla tasaisesti kääntyneitä, ja kivennäismaata humuskerroksen päällä pitäisi olla 25–30 cm. POHTILA (1972) totesi ohuiden palteiden kuivuvan erityisen nopeasti, koska ne yleensä ovat pelkkää humusta. Tämän tutkimuksen koealalla palteissa oli keskimäärin 18 cm kivennäismaata. Neuvostoliitossa ja viime aikoina myös Pohjois-Suomessa aurauksen työpäälkeä on pyritty parantamaan siirtymällä käyttämään palleauraa, jossa palleita tiivistetään vetokoneen teloilla tai erillisillä pyöriillä. Palteen humuskerroksen rikkoutumista ei kuitenkaan voida tällä tavoin estää, ja rikkinaiset palteet kuivuvat herkemmin kuin ehjät (STRATONOVITSH 1966). Kuivumisvaara on suurin heti aurauksen jälkeen ja vähenee palteiden painuessa. Tämän tutkimuksen koealalla lumi oli ehtinyt painaa palteita jonkin verran, mutta todennäköisesti painuminen jatkuu edelleen. Tutkimuksessa oli poikkeuksellisen kuiva ja helteinen, joten maan kuivuminen oli poikkeuksellisen voimakasta.

Mätästystä ei ole tutkittu yhtä paljon kuin aurausta. Tämän tutkimuksen perusteella vesiolot mätäässä ovat samankaltaiset kuin palteessa. Orgaanisen kerroksen rikkoutuminen ei kuitenkaan ole yhtä suurta kuin aurauksen palteessa. LÄHDE (1973) suosittelee kohoutuman korkeudeksi kivennäismaan osalta 25–30 cm ja läpimitaksi 0.6–0.8 m. Tämän tutkimuksen koealalla kohoutumien korkeudet olivat n. 38 ja 45 cm sekä läpimitat 0.8 ja 0.9 m. SHUBININ ja POPOVIN (1959) mukaan ylimmän kivennäismaakerroksen sekoittaminen kunnan kanssa heikentää voimakkaasti kapillaarista vedennousua. Vedennousun heikkeneminen on sitä voimakkaampaa, mitä löyhempi sekoitettu kerros on ja mitä suurempi humuksen osuus on. Tässä tutkimuksessa jyrshintäjäljestä ei mitattu kosteutta, mutta jälki oli ilmeisesti varsin kuivaa, koska humuksen osuus oli suuri ja maan tilavuuspaino pieni.

Laikussa ja pientareessa veden kapillaariselle nousulle ei ole esteitä ja kosteus ei niissä laskenut kesän kuivuudesta huolimatta kovin alas. Mm. BEZDENEZHNYKH (1970) on tehnyt saman havainnon. AALTOSEN (1937) mukaan humuskerros pitää maan pintaosat tasaisemmin kosteina ja kosteampina kuin paljastettu kivennäismaa. Tämän tutkimuksen mukaan maa hakaamattomalla alalla olikin kesän alussa kosteampaa kuin käsitellyillä aloilla, mutta kosteus

laski jyrkästi poutakaudella, kun taas laikussa ja pientareessa lasku oli hidasta. Maan kuivuminen hakkaamattomalla alalla johtui todennäköisesti pintakasvillisuuden haihduttavasta vaikutuksesta. Piennar oli suurimman osan kasvukaudesta kostein, mikä johtui osittain siitä, että vaoissa oli vettä miltei koko kesän.

Esim. SHUBININ ja POPOVIN (1959) mukaan männyn ja kuusen siemenen itämiselle optimikosteus on hiekassa ja hiedassa n. 25 % ja kuntassa n. 45 % tilavuudesta. Tässä tutkimuksessa laikussa ja pientareessa vesitila oli lähes optimaalinen itämisen kannalta koko kesän. Palteessa ja mättäissä vesitila oli koko kesän varsin pieni. Hakkaamattomalla alalla vesitila vaihteli voimakkaasti. Missään käsittelyjäljessä vesitila ei ollut itämisen kannalta liian suuri, mikä kuivana kesänä ei ollutkaan odotettavissa.

Runsas vesitila rajoittaa ilmatilaa, kuten edellä on todettu. Useimpien puulajien juuret tarvitsevat 25–30 %:n ilmatilan tullakseen hyvin toimeen (BUCKMAN ja BRADY 1960). Kesäkuun alussa, jolloin juurten kasvu on vilkkainta, ilmatila oli selvästi tämän rajan alapuolella kaikissa niissä käsittelyjäljissä, joissa kapillaarista veden nousua ei oltu katkaistu. Kosteana kesänä ilmatila niissä olisi todennäköisesti pysynyt riittämättömänä koko kesän (vrt. LÄHDE 1974 a). Nopeasti kuivuvassa käsittelyjäljessä, kuten palteessa ja mättäissä, ilmatilaa oli riittävästi. Ilmasuhteita palteessa parantaa huokoisuuden lisääntyminen kasvinjätteiden lahotessa (STRATONOVITSH 1966). Mättään huokoisuuden muutoksia ei liene mitattu, mutta kasvinjätteiden lahoaminen todennäköisesti lisää huokostilaa myös mättäissä.

Ilmatilaan vaikuttaa myös maan vedenläpäisykyky: heikosti vettä läpäisevällä maalla vesi jää laikkuihin täyttyen pintakerroksen ilmatilan kokonaan (LÄHDE 1974 a). Maan vedenpidätyskyky riippuu TISDALEN ja NELSONIN (1966) mukaan rakenteesta, lajitekoostumuksesta ja orgaanisen aineksen määrästä. Palteessa on hyvä vedenläpäisykyky, jos orgaanisia horisontteja on paljon (STRATONOVITSH 1966). Tässä tutkimuksessa vedenläpäisy oli hitainta laikussa ja pientareessa, joten orgaanisten horisonttien vaikutus oli todettavissa. Heikko vedenläpäisykyky aiheuttaa pintakerroksen ilmatilan vähene-  
misen lisäksi maan routimista, joten laikku ja piennar eivät ole hienolajitteisilla mailla erityisen edullisia viljelykohtia.

Maan lämpötila kuvastaa hyvin alueen metsänkasvuominaisuuksia (LITVAK 1970). Verson kasvuun maan alhainen lämpötila ei tosin vaikuta ratkaisevasti (BUSAROVA 1961), mutta juuriston kehityksen kannalta lämpötila on tärkeä tekijä. Optimi juurille on  $+2^{\circ}$ ...  $+35^{\circ}$ C puulajista riippuen (LYR ja HOFFMAN 1967). Veden viskositeetti, soluseinän läpäisevyys ja juurisolujen aktiivisuus muuttuvat maan jäähtyessä, minkä vuoksi juurten vedenottokyky heikkenee. Kylmässä myös ravinteiden ottaminen on vaikeaa, koska hengitys on vähäistä (TISDALE ja NELSON 1966). LADEFOGED (1939) on esittänyt juurten kasvun minimiksi  $+5^{\circ}$  ja optimiksi  $+20^{\circ}$ C. Myös liian korkealla lämpötilalla on haittavaikutuksia: LADEFOGEDIN mukaan  $+30^{\circ}$ C on jo liian korkea lämpötila. Varsinkin hapen puute lämpimässä maassa on tuhoisa juurten nuorille osille (ORLOV 1962). Haihduntaan maan lämpötila vaikuttaa enemmän kuin ilman lämpötila tai humidisuus (LYR ja HOFFMAN 1967). Lämpimässä maassa myös pieneliöstön toiminta on vilkasta, mikä puolestaan vaikuttaa ravinteiden vapautumiseen ja maan ilman koostumukseen (TISDALE ja NELSON 1966).

Sekä vuorokautiset keskilämpötilat että maksimilämpötilat olivat palteessa ja mättäissä korkeimpia. Samansuuntaisia tuloksia ovat esittäneet KURAYEV ja SHESTAKOVA (1970), POHTILA (1970), LEIKOLA (1971), MÄLKÖNEN (1972), SOLISMAA (1973) sekä LÄHDE (1974 a). Lämpötilanvaihtelu vuorokauden kuluessa oli jyrkempi kuin muissa käsittelyjäljissä kuten em. tutkijat myös ovat todenneet. Kosteassa maassa lämpötilan nousu on hitaampaa kuin kuivassa (KURAYEV ja SHESTAKOVA 1970, LITVAK 1970, LEIKOLA 1971), mistä osittain johtuu, että laikku ja piennar ovat viileämpiä kuin palle ja reagoivat heikommin ilman lämpötilan muutoksiin. Ilman lämpötila vaihteli eniten. Palteessa ja mättäissä maan lämpötila saattoi kuitenkin helteisenä päivänä kohota ilman lämpötilaa korkeammaksi ja ylittää  $30^{\circ}$ C, mitä on jo pidettävä liian korkeana juurille (MÄLKÖNEN 1972). Itämiselle suuret lämpötilanvaihtelut ovat haitallisia (SHUBIN ja POPOV 1959), joten palle ja mätäs eivät ole parhaita mahdollisia kylvökohtia. Piennar oli suurimman osan kesästä hiukan lämpimämpi kuin laikku, kuten myös LEIKOLA (1971) ja SOLISMAA (1973) ovat todenneet. Humuksen peittämä maa oli viileintä, ja lämpötilavaihtelu oli pienin. Myös AALTONEN (1937)

on esittänyt saman havainnon. Puusto vaikutti maan lämpötilaan enemmän kuin ilman. Alkua keskikesällä ero käsittelytapojen välillä oli melko selvä, kuten myös LITVAK (1970), POHTILA (1970 b), LEIKOLA (1971) ja MÄLKÖNEN (1972) ovat todenneet. Elokuussa ero alkoi tasoittua, ja syyskuussa humuksen peittävä maa oli lämpimintä ja palle sekä mätäs kylmimpiä.

Ravinteiden mobilisaation kannalta maan hajotusaktiiviteetti on tärkeä tekijä. Hajottajat tarvitsevat ennen kaikkea lämpöä ja kosteutta. Useimmille mikrobeille optimilämpötila on  $+25 \dots +30^{\circ}\text{C}$  (AALTONEN 1940). Kosteus on kuitenkin lämpötilaa tärkeämpi (WAKSMAN 1931). MIKOLAN (1954) mukaan liiallinen kosteus kuitenkin hidastaa hajotustoimintaa, koska aerobeja hajottajia on metsämaassa huomattavasti enemmän kuin anaerobeja. KURAYEV ja SHESTAKOVA (1970) taas totesivat selluloosan hajoavan intensiivisimmin ylikosteilla mailla. SOLISMAA (1973) on esittänyt samansuuntaisia tuloksia. Muokatun maan edulliset lämpöolot edistävät pieneliöstön kehitystä. Toisaalta muokkaus nostaa maan happamuutta,

mikä haittaa mikrobien kehitystä ja toimintaa (PEREVERZEV ja GOLOVKO 1968). Jos kapillaarinen vedennousu on muokkauksella katkaistu, myös kuivuus saattaa haitata hajottajien toimintaa. Tässä tutkimuksessa selluloosan todettiin hajonneen intensiivisimmin jyrshintäjäljessä, jossa maan suuri humuspitoisuus ilmeisesti helpotti mikrobien typensaantia. Mätäs oli hajottajille liian kuiva, samoin palteen pintakerros. Pientareessa olot ilmeisesti olivat osan kesästä lähes anaerobiset seisovan veden vuoksi, joten hajotus oli verrattain hidasta. LÄHTEEN (1966, 1974b) mukaan hajotus on nopeinta pintakerroksessa, kun mittaukset tehdään käsittelemättömässä maassa humuksen alta. Tässä tutkimuksessa selluloosa hajosi kaikissa muokausjäljissä 3–6 cm:n kerroksessa nopeammin kuin 0–3 cm:n kerroksessa mutta on huomattava, että mittaus tehtiin paljastetusta maan pinnasta. Maan pintakerros oli tutkimuskesänä erittäin kuiva. Tulosten hajonta oli kuitenkin varsin suuri, joten tämän tutkimuksen tuloksia hajotusaktiiviteetista voidaan pitää lähinnä suuntaa antavina.

## 5. YHDISTELMÄ

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää erilaisten maan käsittelytapojen vaikutusta käsittelyn jälkeisenä kesänä taimien kannalta eräisiin tärkeisiin maan ominaisuuksiin. Aineisto kerättiin Rovaniemen maalaiskunnan Petäjäs-koskelle perustetulla koekentällä (N  $60^{\circ} 20'$ ; E  $25^{\circ} 30'$ , korkeus 165 mpy). Tutkittavina käsittelyinä olivat laikutus, palleauraus, piennarauraus, jyrshintä, 40 ja 50 cm:n mätästyksen sekä hakkaamaton ja hakattu käsittelemätön alue kontrollina. Maan käsittely tehtiin syksyllä 1972, ja aineisto kerättiin seuraavana kesänä ja syksynä. Sääsuhteiltaan kesä 1973 oli poikkeuksellisen kuiva ja lämmin. Maan ominaisuuksista mitattiin humuspitoisuus, lajitekoostumus, tilavuuspaino, kosteuden ja ilmatilan sekä lämpötilan vaihtelu kesän kuluessa ja biologinen hajotusaktiiviteetti.

Tutkimuksen päätulokset olivat seuraavat:

1. Maa oli laikussa huomattavasti tiiviimpää kuin käsittelemättömällä alalla, joten humus ja

pintakasvillisuus suojaavat maata esim. sateen tiivistävältä vaikutukselta. Jyrshintässä maan tilavuuspaino oli huomattavasti pienempi kuin muissa käsittelyjäljissä, mikä osittain johtui suuresta humuspitoisuudesta. Palteessa, pientareessa ja mätäissä tilavuuspainossa ei ollut sanottavasti eroa. Laikussa, jyrshintässä, pientareessa ja hakkaamattomalla alalla maa oli syvemmällä tiiviimpää kuin pintakerroksessa. Muissa käsittelyjäljissä mittaukset eivät ulottuneet käsittelyjälkeä syvemmälle.

2. Laikku ja piennar olivat poutakausina melko kosteita, mikä ilmeisesti johtui kapillaarisesta vedennoususta. Hakkaamattomalla alalla maa kuivui poutakausina voimakkaasti, minkä todennäköisesti aiheutti pintakasvillisuuden haihduttava vaikutus. Palle ja mätäät kuivuivat nopeasti, samoin jyrshintä, josta kosteutta ei kuitenkaan mitattu suuren humuspitoisuuden vuoksi. Sateisinakin kausina palle ja mätäät olivat kuivempia kuin laikut, piennar ja käsittelemätön maa. Alkukesällä kosteuserot

olivat suurimmat ja syksyllä, sateisen kauden jälkeen, pienimmät.

3. Ilmatilaa oli kaikissa käsittelyjäljissä yli 10 %:n, jota pidetään aerobien mikrobien toiminnan alarajana. Kesäkuun alussa, jolloin juuriston toiminta on vilkkainta, ilmatila oli juurien toiminnan kannalta riittämätön laikussa, pientareessa ja käsittelemättömässä maassa. Laikussa ilmatila oli koko kesän alle juuristolle edullisena pidetyn 25 %:n. Muissa käsittelyjäljissä ja käsittelemättömässä maassa ilmatila oli suurimman osan kesästä riittävä.

4. Vedenläpäisykyky oli heikoin laikussa sekä käsittelemättömässä maassa humuksen poistamisen jälkeen. Myös pientareessa vedenläpäisy oli suhteellisen hidasta. Jyrsinnässä vedenläpäisykyky oli paras, koska humuksen vedenimemiskyky on suuri. Palteessa ja mättäissä vedenläpäisy oli myös melko nopeaa, samoin hakkaamattomalla alalla, kun pintakasvillisuutta ei poistettu.

5. Palteessa ja mättäissä kasvukauden lämpösumma oli suurin ja käsittelemättömässä maassa pienin. Ilman lämpösumma oli jonkin verran pienempi kuin palteen ja mättäiden. Laikussa ja pientareessa lämpösumma oli suunnilleen yhtä suuri kuin ilmassa. Jyrsintäjäljessä lämpösumma oli hiukan niitä suurempi.

6. Alkukesällä ero vuorokautisessa keskilämpötilassa oli suurin ja tasottui loppukesällä vähitellen. Palteessa ja mättäissä maan lämpötila reagoi herkimmin ilman lämpötilavaihteluihin. Laikussa ja pientareessa reaktiot olivat hiukan hitaampia, samoin jyrsintäjäljessä. Käsittelemättömässä maassa ilman lämpötilavaihtelu vaikutti varsin hitaasti maan lämpötilaan. Syksyllä käsittelemätön maa metsässä oli lämpimin ja palle sekä mättäät kylmimpiä.

7. Biologinen hajotusaktiiviteetti oli jyrsintäjäljessä suurin. Kaikissa käsittelyjäljissä sekä käsittelemättömässä maassa hajotus oli intensiivisempää 3–6 cm:n syvyydessä kuin 0–3 cm:n.

## 6. SUMMARY

The purpose of the study was to enquire into the effects of certain soil treatment methods upon some soil properties of significance to the well-being of forest tree seedlings. The data was collected in 1973, during the summer subsequent to treatments. The experimental area is located in the rural district of Rovaniemi (N 60° 20'; E 25° 30', 165 m above sea level). The soil treatments studied were: scarifying, tilt ploughing, shoulder ploughing, rotary tilling, and mounding (to depths of 40 and 50 cm) (see figs. 1–5), with uncut forest and cut-untreated plots as control plots. The summer of 1973, when the field work was carried out, was exceptionally dry and hot. The following soil properties were included in the study: humus content, particle-size class distribution, bulk density, wet density, fluctuations in water- and air-content and in temperature during the summer, and the intensity of biological decomposition activity.

The major results of the study are the following:

1. The soil in the scarified spots was noticeably more compact than in untreated plot; i.e., the humus and ground vegetation layers shield

the underlying mineral soil, for example from the compacting influence of rain. In soil subjected to rotary tilling soil density was notably lower than in soils treated in other ways; this was partly due to the high humus content in the former. There was no mentionable difference in bulk density for the tilt, shoulder and mound formations. The soil was noted to be more compact deeper down than at the surface for scarified spots, rotary tilled plots, shoulders and the uncut forest plot. For the other methods, measurements were not extended beyond the depth of disturbed soil.

2. The scarified spots and the shoulders of furrows remained quite moist during periods of no rain; this was apparently caused by capillary upward movement of water. The reverse situation (lack of water) was noted in the soil of the uncut forest plot and was apparently due to transpiration loss from ground vegetation. The tilt and mound formations tended to dry out quickly as did also the rotary tilled strips (water content from the latter was not determined because of the high humus content). Even during periods of rain, tilts and mounds remained drier than scarified

spots, shoulders and the untreated plot. At the outset of summer the differences in water content were at their maximum and in the autumn, after the rainy period, at their minimum.

3. For all methods employed the air content in the disturbed soil zone was above 10 % (the level taken to be the minimum for the activity of aerobic microbes). At the beginning of June, when root functions are at a peak, the air space for such functions was insufficient in the soil of scarified spots, shoulders and the untreated plot. Furthermore, throughout the summer the air space in scarified spots remained below 25 %, the level considered favourable for root functions. For the rest of the treatments and the untreated soil air space was recorded as being sufficient during most of the summer.

4. Permeability to water was poorest for the scarifying treatment and the untreated soil (after the removal of the humus layer). The shoulder was also found to be relatively poorly permeable. Rotary tilled soil had the highest permeability due to the great absorptivity of the contained humus. Tilts and mounds were similarly quite permeable as was the uncut forest plot (with ground vegetation intact).

5. The effective temperature sum maximum was recorded in the tilt and mound formations; the minimum occurred in the untreated soil. The effective temperature sum for air was a little less than that for the tilt and mound, but about the same as for scarified spots and shoulders. For rotary tilled zones the temperature sum was somewhat higher.

6. The mean daily (24 hrs) temperature was at its maximum at the beginning of summer, levelling out gradually towards the end of the summer. The responsiveness of soil temperature to fluctuations in air temperature was at its height in the tilt and mound formations. In scarified spots and shoulders the reaction was slightly slower. The untreated soil responded quite slowly to temperature fluctuations in the air. In the autumn the untreated soil under forest cover was the warmest of those studied; tilts and mounds were the coldest.

7. Biological decomposition activity was most intense in the rotary tilled soil. For all methods, including the untreated plot, decomposition was more intense at the depth of 3–6 cm than at 0–3 cm.

## 7. KIRJALLISUUSLUETTELO

- AALTONEN, V.T. 1937. Maa ja metsän uudistuminen. Metsänhoitajien jatkokurssit 3.
- AALTONEN, V.T. 1940. Metsämaa. Metsämaantieteen oppi- ja käsikirja. Porvoo.
- ATAMANYUK, A.K. 1970. A method for determining soil density. *Pochvovedeniye* 4:120–124.
- AUTIO, K. 1965. Metsänviljelyaura ase metsänuudistajan kädessä. Laajat kehitysnäkömät. *Metsätaloudellinen aikakauslehti* 82:129.
- BEZDENEZHNYKH, E.M. 1970. Agrofizicheskiye svoystva pochvy v pluzhnykh plastakh i ikh znacheniye dlja posevov i posadok lesa. *Lesnoi Zhurnal* 5.
- BUCKMAN, H.O. & BRADY, N.C. 1960. The nature and properties of soils. A college text of edaphology. Sixth edition. New York.
- BUSAROVA, E.I. 1961. Vliyaniye nekotorykh faktorov sredy na rost yeli i sosny v zabolochennykh tipakh lesa. *Lesnoje Hozyaistvo* 5.
- ERVIO, R. 1970. The importance of soil bulk density in soil testing. *Annales Agriculturae Fenniae* 9:278–289.
- ETHOLÉN, K. 1971. Metsänviljelyalojen inventointien tuloksia Lapissa. Metsäntutkimuslaitoksen Rovaniemen tutkimusaseman tiedonantoja n:o 2.
- GYNTHNER, M. 1969. Maan muokkauksen ja lannoituksen yhteisvaikutus männyn taimien kasvuun istutuksen jälkeisenä kesänä. Konekirjoite. Helsingin yliopiston metsänhoitotieteen laitos. Helsinki.
- HOTYANOVITSH, A.V. 1959. O kharaktere vliyaniya zastoinykh pochvenno gruntovykh vod na obmen veshshestvo sosny. *Lesnoi Zhurnal* 3.
- KOLKKI, O. 1966. Taulukoita ja karttoja Suomen lämpöoloista kaudelta 1931–1960. Suomen meteorologinen vuosikirja 65. Helsinki.
- KURAYEV, V.N. & SHESTAKOVA, V.A. 1970. Izmeneniye svoystv pochv pri razlichnykh sposobakh podgotovki ikh k lesnym kulturam. *Lesovedeniye* 1.
- KURYNDINA, T.J. & PRIDOROGIN, V.K. 1969. Effect of machine cultivation on soil compaction in orchards. *Soviet Soil Science* n:o 12.
- LADEFOGED, K. 1939. Untersuchungen über die Periodizität im Ausbruch und Längenwachstum der Wurzeln bei Einigen Unserer Gewöhnlichsten Waldbäume. Kopenhagen.
- LAIHO, O. 1967. Muokkauksen vaikutus metsämaan tuottokykyyn. Esitelmä Suomen Säästöpankkiliiton XIII metsäpäivillä.
- LEHTINEN, E. 1967. Tienrakennuksen tiivistystarkkailumenetelmiä. Valtion teknillinen tutkimuslaitos. Tiedotus. Sarja III – Rakennus III.
- LEIKOLA, M. 1971. Maan ja maanläheisen ilmakehän lämpöoloista. Metsäntutkimuslaitoksen Rovaniemen tutkimusaseman tiedonantoja n:o 2.
- LITVAK, P.V. 1970. Results on many year observations of soil temperature in pine stands of the Ukrainian woodlands. *Lesovedeniye* 6.
- LYR, H. & HOFFMANN, G. 1967. Growth rates and growth periodicity of the roots. *International Review of Forestry Research* 2.
- LÄHDE, E. 1966. Kokeita selluloosan hajoantumisnopeudesta erilaisissa metsiköissä. *Silva Fennica* 119.
- LÄHDE, E. 1969. Biological activity in some natural and drained peat soils with special reference to oxidation - reduction conditions. *Acta Forestalia Fennica* 94.
- LÄHDE, E. 1971. Maan fysikaaliset ominaisuudet ja männyn taimistojen kehitys Pohjois-Suomessa. Metsäntutkimuslaitoksen Rovaniemen tutkimusaseman tiedonantoja n:o 2.
- LÄHDE, E. 1973. Metsämaan ominaisuudet ja männyntaimistojen kunto Pohjois-Suomessa. Lapin tutkimusseuran XIV vuosikirja.
- LÄHDE, E. 1974 a. Maan käsittely Pohjois-Suomessa. *Metsä ja Puu* n:o 6–7.
- LÄHDE, E. 1974b. Rate of decomposition of cellulose in forest soils in various parts of the Nordic countries. *Rep. Kevo Subarctic Res. Stat. II*, 72–78.
- LÄHDE, E. & SILTANEN, S. 1973. Männyn

- taimien kunto ja juuriston rakenne Pohjois-Suomessa. Summary: The structure of the root system and the condition of the pine (*Pinus silvestris* L.) seedlings in northern Finland. Comm. Inst. For. Fenn. 78.7.
- MIKOLA, P. 1954. Kokeellisia tutkimuksia metsäkarikkeiden hajaantumisnopeudesta. Comm. Inst. For. Fenn. 43.1.
- MILLER, F.W. 1966. Volume changes in bulk density samples. Soil Science 101 n:o 5.
- MÄLKÖNEN, E. 1972. Näkökohtia metsämaan muokkauksesta. Folia Forestalia 137.
- NOROKORPI, Y. 1972. Nuorten kuusentaimistojen nykyisestä tilasta ja kehityksestä Perä-Pohjolan valtionmailla. Metsäntutkimuslaitoksen Rovaniemen tutkimusaseman tiedonantoja n:o 3.
- ORLOV, A.J. 1962. Rost i otmiraniye kornei sosny, berezy i yeli pri periodicheskom zatoplenii pochvenno-gruntovymi vodami. Soobshsheniya laboratoriya lesovedeniya, vyp. 6.
- PEREVERZEV, V.N. & GOLOVKO, A. 1968. Effect of cultivation on the physicochemical properties and biological activity of peat-bog soils. Soviet Soil Science 3.
- POHTILA, E. 1968. Sallan metsäauraus- ja viljelykoe. Metsälehti 16–17.
- POHTILA, E. 1970 a. Aurattujen alueiden metsänviljelymenetelmä. Metsä ja Puu n:o 2.
- POHTILA, E. 1970 b. Tutkimustuloksia aurauksen, jyrsinän ja äestyksen vaikutuksesta viljelytaimien menestymiseen. Työtehoseuran metsätiedotus 166.
- POHTILA, E. 1972. Tutkimuksia aurattujen alueiden metsänviljelymenetelmistä Koillis-Suomessa. Tulokset vuosina 1967–68 tehdyistä männyn kylvö- ja istutuskokeista. Helsingin yliopiston metsänhoitotieteen laitos. Tiedonantoja n:o 6.
- PUUKKO, O. 1965. Metsänviljelyaura - ase metsänuodistajan kädessä. Vesitalous voitava järjestää otolliseksi. Metsätaloudellinen aikakauslehti 82. 132.
- SHUBIN, V.I. & POPOV, L.V. 1959. Issledovaniye po voprosy agrotekhniki lesnykh kultur na kontsentrirrovannykh vyrubkakh v yuzhnoi Karelii. Trudy Karelskogo filiala AN SSSR. vyp. XVI.
- SOLIN, P. 1970. Männyn istutuksen antamista tuloksista Lapin piirimetsälautakunnan alueen eteläosissa. Helsingin yliopiston metsänhoitotieteen laitos. Tiedonantoja n:o 3.
- SOLISMAA, J. 1973. Männyn ja kuusen istutustaaimien alkukehitys eri tavoin käsitellyssä maassa Pohjois-Suomessa. Konekirjoite. Helsingin yliopiston metsänhoitotieteen laitos. Helsinki.
- STRATONOVITSH, A.I. 1966. Lesnye kultury tayezhnoi zony. Moskva.
- SUVOROV, V.I. 1969. Vliyaniye sposoba chastichnoi obrabotki pochvy na rost i obmen veshshestv v sosny i yeli v kulturakh na vyrubkakh. Petrozavodsk.
- TISDALE, S. & NELSON, W. 1966. Soil fertility and fertilizers. The Macmillan Company. New York.
- WAKSMAN, S.A. 1931. Principles of soil microbiology.
- VALTANEN, J. 1972. Paakkutaimien käyttökelpoisuudesta metsänviljelyssä. Metsäntutkimuslaitoksen Pyhäkosken tutkimusaseman tiedonantoja n:o 2.
- WILDE, S.A. 1958. Forest soils, their properties and relation to silviculture. New York.
- WILDE, S.A., VOIGT, G.K. & IYER, I.G. 1964. Soil and plant analysis for tree culture. 3rd edition. New Delhi, Kharagpur and Calcutta.
- VIRO, P. 1952. Kivisyyden määrittämisestä. Comm. Inst. For. Fenn. 40.3.
- ZAK, B. 1961. Aeration and other soil factors affecting southern pines as related to littleleaf disease. Technical bulletin n:o 1248. V.S. Department of Agriculture, Forest Service.
- ZRAZHEVSKIY, A.I. & NAZARENKO, G.V. 1969. The effect of the physical state of the plow layer of the soil on the growth of crop plants. Pochvovedeniye n:o 11.









- No 189 Risto Seppälä: Yksityismetsänomistajien hakkuukäyttäytyminen Suomen itäosissa. Cutting behaviour of private forest owners in eastern Finland. 4,—
- No 190 Risto Seppälä: Raakapuun tarjonnasta Suomessa. On the supply of roundwood in Finland. 4,—
- No 191 Kullervo Kuusela & Alli Salovaara: Ahvenanmaan maakunnan, Helsingin, Lounais-Suomen, Satakunnan, Uudenmaan-Hämeen, Pirkka-Hämeen, Itä-Hämeen, Etelä-Savon ja Etelä-Karjalan piirimetsälautakunnan metsävarat vuosina 1971—72. Forest resources in the District of Ahvenanmaa, and the Forestry Board Districts of Helsinki, Lounais-Suomi, Satakunta, Uusimaa-Häme, Pirkka-Häme, Itä-Häme, Etelä-Savo and Etelä-Karjala in 1971—72. 7,—
- No 192 Paavo Tiihonen: Puutavaralajirakenteen likimääräisarvioinnissa käytettäviä menetelmiä. Methoden für die annähernde Schätzung des Holzsortenstruktur. 2,—
- No 193 Terho Huttunen: Suomen sahateollisuus vuonna 1972. The sawmill industry in Finland in 1972. 4,—
- No 194 Ukko Rummukainen: Herbisidirakeiden männyn- ja kuusentaimille aiheuttamista kuori-vioituksista. On bark damages caused to Scots pine and Norway spruce plantations by granular herbicides. 2,—
- No 195 Metsätilastollinen 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 alku-kehitykseen 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. 2,—
- 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 kuberingsstabeller 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: Harvennumetsien 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 Hakkuutähteiden 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 taimiston-hoitoaloilla 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 Pentti Harstela ja Sauli Takalo: Kokeita oksaraaka-aineen kuormauksesta ja kuljetuksesta.  
Experiments on loading and transportation of branch raw material. 1,50
- No 216 Gunnar Wilhelmsen: Puutavaran käsittely. 7,—
- No 217 Pentti Rikkinen: Koivuvaneritukkien kuutiointi. 1,50.  
Calculation of the volume of birch veneer logs.
- 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 levityslaitte.  
An apparatus for the application of herbisides. 2,50
- 1975 No 221 Simo Penttilä ja Jouko Hämäläinen: Päiväänsio ja työn tuotos urakkapalkkaisessa istutustyössä 1972.  
Daily earnings and work output in piece rate planting in Finland 1972. 4,—
- No 222 Veli-Pekka Järveläinen: 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 Hakki: 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 työmittausmenetelmä ("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 Rikkinen: Sahatukkien todellisen kiintomitan määrittämismenetelmät.  
Methods for the measurement of softwood sawlogs. 3,—
- No 230 Aulikki Kauppila 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-ainenäköymät 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 laadunmääritys Suomessa.  
Preparation, handling, measurement and quality determination of sawmill chips in Finland. 3,—
- No 235 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 237 Markku Mäkelä: Oksaraaka-aineen kasaus ja kuljetus.  
Bunching and transportation of branch raw material. 2,—