

FOLIA FORESTALIA 518

METSÄNTUTKIMUSLAITOS · INSTITUTUM FORESTALE FENNIAE · HELSINKI 1982

EERO KUBIN JA JARMO POIKOLAINEN

HAKKAAMATTOMAN METSÄN SEKÄ
ERI TAVOIN MUOKATUN
AVOHAKKUUALAN ROUTA- JA
LUMISUHTEISTA

SNOW AND FROST CONDITIONS
IN AN UNCUT FOREST AND
OPEN CLEAR-CUT AREAS PREPARED
IN VARIOUS WAYS



METSÄNTUTKIMUSLAITOS
THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE

Osoite: Unioninkatu 40 A
Address: SF-00170 Helsinki 17, Finland

Puhelin: (90) 661 401
Phone:

Ylijohtaja: <i>Director:</i>	Professori <i>Professor</i>	Olavi Huikari
Yleisinformaatio: <i>General information:</i>	Tiedotuspäällikkö <i>Information Chief</i>	Tuomas Heiramo
Julkaisujen jakelu: <i>Distribution of publications:</i>	Kirjastonhoitaja <i>Librarian</i>	Liisa Ikävalko-Ahvonon
Julkaisujen toimitus: <i>Editorial office:</i>	Toimittaja <i>Editor</i>	Seppo Oja

Metsäntutkimuslaitos on maa- ja metsätalousministeriön alainen vuonna 1917 perustettu valtion tutkimuslaitos. Sen päätehtävänä on Suomen metsätaloutta sekä metsävarojen ja metsien tarkoituksenmukaista käyttöä edistävä tutkimus. Metsäntutkimustyötä tehdään lähes 800 hengen voimin yhdeksällä tutkimusosastolla ja yhdeksällä tutkimus- ja koemasella. Tutkimus- ja koetoimintaa varten laitoksella on hallinnassaan valtionmetsiä yhteensä n. 150 000 hehtaaria, jotka on jaettu 17 kokeilualueeseen ja joihin sisältyy kaksi kansallis- ja viisi luonnonpuistoa. Kenttäkokeita on käynnissä maan kaikissa osissa.

The Finnish Forest Research Institute, established in 1917, is a state research institution subordinated to the Ministry of Agriculture and Forestry. Its main task is to carry out research work to support the development of forestry and the expedient use of forest resources and forests. The work is carried out by means of 800 persons in nine research departments and nine research stations. The institute administers state-owned forests of over 150 000 hectares for research purposes, including two national parks and five strict nature reserves. Field experiments are in progress in all parts of the country.

FOLIA FORESTALIA 518

Metsäntutkimuslaitos. Institutum Forestale Fenniae. Helsinki 1982

Eero Kubin ja Jarmo Poikolainen

HAKKAAMATTOMAN METSÄN SEKÄ
ERI TAVOIN MUOKATUN
AVOHAKKUUALAN ROUTA- JA LUMISUHTEISTA

Snow and frost conditions in an uncut forest
and open clear-cut areas prepared in various ways

KUBIN, E. & POIKOLAINEN, J. 1982. Hakkaamattoman metsän sekä eri tavoin muokatun avohakkuu-
alan routa- ja lumisuhteista. Summary: Snow and frost conditions in an uncut forest and open clear-cut
areas prepared in various ways. *Folia For.* 518:1—24.

Tutkimuksessa selvitettiin lumi- ja routasuhteita kolmena peräkkäisenä talvikautena käsittelemättömällä ja eri tavoin muokatulla avohakkuualalla sekä hakkaamattomassa kuusimetsässä Kivesvaaran koekentällä (64°23'P ja 27°33'I), Paltamossa. Mittausvälineenä käytettiin metyleenisiniroutamittaria. Tulokset osoittivat, että roudan ja lumen syvyyksien välillä vallitsi selvä negatiivinen korrelaatio. Roudan muodostumiseen vaikutti osaltaan myös lumen tuloaika syksyllä. Lumipeite oli joka vuosi vahva, ja routa jäikin ensimmäistä mittausvuotta lukuun ottamatta metsässä, käsittelemättömällä avohakkuualalla ja laikutetulla alalla ohueksi. Metsässä oli sekä lunta että routaa vähemmän kuin käsittelemättömällä avohakkuualalla.

Piennarauraus ja täysmuokkaus muuttivat lumi- ja routasuhteita. Vähälumiset aurausalan palteet ja täysmuokkausalan kohoumat routaantuivat joka talvi kokonaan. Routa sulii niistä kuitenkin nopeasti aikaeron ollessa käsittelemättömään maahan verrattuna vain muutamia päiviä. Aurausalan palteiden ja täysmuokkausalan kohoumien lumi- ja routasuhteiden välillä ei ollut merkittävää eroa. Vakoja lukuun ottamatta myös muualla aurausalalla, so. pientareilla ja palteiden välissä, maa routaantui syvemmälle kuin käsittelemättömällä avohakkuualalla. Metsässä maa routaantui myöhemmin kuin avohakkuualalla, jossa puolestaan humuskerroksesta paljaat laikut, aurausalan pientareet ja palteet sekä täysmuokkausalan kohoumat routaantuivat aikaisemmin kuin käsittelemätön maa. Lumen sulamiskausi oli metsässä selvästi pitempi kuin avohakkuualueella.

Snow and frost conditions in three successive winters were assessed in an untreated clear-cut area, similar areas ploughed in various ways and an area of uncut spruce forest at Kivesvaara, Paltamo (64°28'N, 27°33'E). The results, obtained using a methylene blue frost tube, show that a clear negative correlation existed between the frost and snow depths, with frost formation in the ground also being affected by the timing of the first snow in the autumn. A thick snow cover formed every year, and with the exception of the first year, the frost in the ground remained slight in the forested, untreated and scalped areas. The uncut forest had both less snow and also less frost than did the untreated open area.

Shoulder ploughing and complete tilling led to changes in the snow and frost conditions. Here the tilts were frozen completely every winter, but they thawed quickly and were only a matter of days behind the untreated land in this respect. There was no significant difference between the tilts in the ploughed and completely tilled plots in respect of their snow and frost conditions. With the exception of the furrows, the other parts of the ploughed areas, i.e. the shoulders and the intervals between the tilts, froze to a greater depth than the untreated area. The areas without a raw humus cover, like the scalps, the ploughed tilts and shoulders and the tilts in the complete-tilling area, froze earlier than the untreated soil. The thawing period for the snow was much longer in the forest than in the open clear-cut area.

ODC 422.11/.14 + 111.24 + 237.1/.2
ISBN 951-40-0570-8
ISSN 0015-5543

Helsinki 1982. Valtion painatuskeskus

SISÄLLYS

1. JOHDANTO	4
2. TUTKIMUSAINEISTO JA -MENETELMÄT	5
21. Koekenttä ja koejärjestely	5
22. Menetelmät	6
3. TUTKIMUSKAUDEN SÄÄOLOT	7
4. TULOKSET	9
41. Roudan muodostuminen ja sulaminen hakkaamattomassa metsässä sekä käsittelemättömällä ja laikutetulla avohakkuualalla	9
42. Roudan muodostuminen ja sulaminen piennarauratulla avohakkuualalla	10
43. Roudan muodostuminen ja sulaminen täysmuokatulla avohakkuualalla	13
44. Roudan ja lumipeitteen välinen riippuvuus	14
45. Lumen sulamisen erityispiirteet	16
5. TULOSTEN TARKASTELU	19
KIRJALLISUUS — <i>REFERENCES</i>	22
SUMMARY	23

1. JOHDANTO

Itä- ja Pohjois-Suomessa maa on lumen peitossa ja routaantuneena lähes poikkeuksetta yli puoli vuotta. Keväällä sulamiskausi voi kestää aina kesäkuun puolelle saakka. Sulamiskauden pituus vaihtelee suuresti sekä vuosittain että myös maantieteellisen aseman ja maastotyyppin mukaan. Mitä pitempi sulamiskausi on, sitä kauemmin maa säilyy viileänä ja kosteana, josta on seurauksena mm. metsän kasvun hidastuminen. Sopivalla metsänkäsittelyllä, esimerkiksi tiheyttä, ikärakennetta tai puulajisuhteita muuttamalla, voidaan kuitenkin jossain määrin vaikuttaa lumi- ja routasuhteisiin metsässä.

Voimakas routiminen muuttaa myös maan rakennetta. Sen on todettu heikentävän kylvötaimien elinkykyä ja aikaansaavan vaurioita myös istutetuille taimille (Laitakari 1930, Valtanen 1970, Pohtila 1972). Maan routimisen aiheuttamat haitta-vaikutukset maanteille ja rakennuksille ovat johtaneet moniin rakennusteknisiin routaselvityksiin (esim. Soveri 1953, 1961, Keinonen 1955, Janson 1964, Soveri & Johansson 1966). Nämä tutkimukset ja nimenomaan tällä alalla kehittyneet roudantutkimusmenetelmät (esim. Gandahl 1956) ovat merkittävästi lisänneet tietoa routasuhteista myös luonnontilaisilla mailla. Rakennusteknisten routatutkimusten hyväksikäyttöä muihin tarkoituksiin heikentää kuitenkin se, ettei niissä tavallisesti ole otettu huomioon lumi- ja kasvipeitteen vaikutusta roudan syntyyn.

Maatalouden puolella lumen ja roudan esiintymistä on seurattu lähinnä viljelykasvien menestymisen kannalta (esim. Simola 1923, 1930, Juusela 1945, Andersson 1964, Vuorinen 1979). Samalla kuitenkin tämän alan ja varsinkin roudan alueellista esiintymistä ja roudan rakennetta selvittävillä tutkimuksilla (esim. Keränen 1923, 1951, Kokkonen 1926, 1944, Bay ym. 1952, Waldmann 1959, Sillanpää 1961, Soveri & Varjo 1977) on yleisempääkin merkitystä.

Metsämaan routa- ja lumisuhteita on tarkasteltu usein osana hydrologisia selvityksiä

(esim. Kaitera 1939, Seppänen 1961, Mustonen 1966, Kuusisto 1980), mutta myös puhtaammin metsäbiologisia lumi- ja routatutkimuksia on tehty. On tutkittu eri-ikäisten lehti- ja havumetsien kuin myös taimikoiden lumi- ja routasuhteita (esim. Teivainen 1952, Pierce ym. 1958, Striffler 1959, Yli-Vakkuri 1960, Fahey & Lang 1975), harvennuksen vaikutusta lumen ja roudan syvyyteen (esim. Ronge 1928, Weitzman & Bay 1963, Päivänen 1973), lumen kerääntymistä ja sulamista erisuuruissa hakkuukoissa (esim. Sartz & Trimble 1956, Seppänen 1965) ja edelleen maaperän jääntymistä ja sulamista avohakatulla alalla (esim. Soveršaev 1962, Patric 1967). Myös roudan vaikutus puiden kasvuun on ollut tarkastelun kohteena (Huikari 1961).

Metsämaan muokkaus muuttaa useita kasvutekijöitä tuntuvasti. Kasvukauden aikana tapahtuvista muutoksista ollaan monelta osin selvillä (esim. Turtiainen & Valtanen 1970, Leikola 1974, Kauppila & Lähde 1975, Lähde 1978), mutta talvien olosuhteiden tutkiminen on jäänyt paljon vähemmälle huomiolle. Esimerkiksi roudan paksuuden ja erityisesti sen sulamisen seuraaminen keväällä on tärkeä, mutta vielä vähän tutkittu osa taimien elinympäristöön kohdistuvassa selvitystyössä. Tässä tutkimuksessa kohdistetaan pääpaino eri tavoin muokatun ja käsittelemättömän avohakkuualan sekä hakkaamattoman kuusimetsän routa- ja lumisuhteiden kehitykseen kolmena peräkkäisenä talvikautena.

Esillä oleva tutkimus on osa Metsäntutkimuslaitoksen metsänhoidon tutkimusosaston taimien elinympäristöön kohdistuvasta selvitystyöstä. Tämän tutkimuksen koekenttä perustettiin MML Jukka Valtasen toimesta vuonna 1973 yhteistutkimuksena Kajaani Oy:n kanssa Oulujärven pohjoispuolelle, Kivesvaaralle, josta Kajaani Oy antoi käyttöömmme tarvittavan maa-alan sekä asuin- ja laboratoriotiloja. Useiden eri ympäristötunnusten mittaus aloitettiin kokeen perustamisvuonna. Avohakkuu tehtiin talvikautena 1973/74 ja maanmuokkaus syksyllä 1974, josta lähtien on seurattu eri tunnusten muuttumista ja taimien menestymistä.

Tutkimusaineisto on kerätty ja käsitelty Eero Kubinin johdolla. Jarmo Poikolainen on laatinut alustavan

käsikirjoituksen, jonka molemmat tekijät ovat yhteisesti viimeistelleet.

Mittaustyössä ovat avustaneet metsätietnikko Pentti Savilampi, työnjohtaja Jukka Pohjola ja monet kenttä-apulaiset. Kuvat on piirtänyt kartanpiirtäjä Irene Isokangas ja englanninkielisen tekstin on kääntänyt Mr. Malcolm Hicks. Puhtaaksikirjoituksen suoritti

yo-merkonomi Soile Huovinen. Käsikirjoituksen ovat lukeneet prof. Erkki Lähde, MMT Olavi Laiho ja MML Jukka Valtanen tehden monia varteenotettuja korjausehdotuksia.

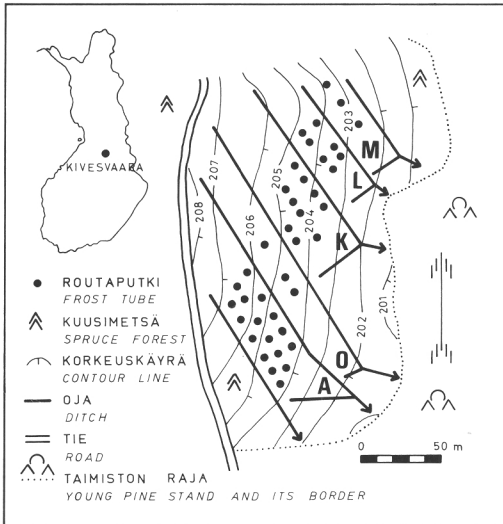
Esitämme parhaat kiitokset kaikille tutkimuksessa avustaneille.

2. TUTKIMUSAINEISTO JA -MENETELMÄT

21. Koekenttä ja koejärjestely

Koekenttä sijaitsee Paltamon Kivesvaarassa, Pohjanmaa—Kainuun metsäkasvillisuusvyöhykkeessä. Roudan paksuutta seurattiin koekentän I loholla, jonka korkeus oli 200—208 m (kuva 1). Sauramon (1926) mukaan ylimmän rannan asema Kivesvaaralla oli 178 m, joten koekenttä sijaitsee jääkauden jälkeisiin merivaiheisiin nähden vedenkoskemattomalla maalla. Tämän takia maaperällä on omat erityispiirteensä, mikä näkyy varsinkin selvärajaisen, vahvan huuhtoutumiskerroksen muodostumisena. Metsä on Kainuun alueen tuoreille kankailla luonteenomaista suhteellisen paksukunttaista *Vaccinium myrtillus*-tyypin kuusikkoa, jossa kuusen osuus hakkuukertymästä oli 95 % (taulukko 1).

Pinta-alaltaan 12,4 ha:n suuruinen koekenttä jaettiin tutkimusta varten 5 toistolohkoon. Jokaisella toistolla tehtiin seuraavat maankäsittelyt: laikutus Sinkkilän laikkurilla, auraus piennarauralla vetokoneena telaketjutraktori ja täysmuokkaus piennarauralla. Vertailuna näille aloille olivat hakkaamaton metsä ja avohakattu käsittelemätön ala (kuva 1).



Kuva 1. Kivesvaaran koekentän I lohko ja routamittarit eri maankäsittelyaloilla. M = hakkaamaton metsä, L = laikutus, K = täysmuokkaus, O = käsittelemätön avohakkuuala ja A = piennarauraus.
Fig. 1. Location of the experimental plots and frost tubes at Kivesvaara. M = uncut forest, L = scalping, K = complete tilling, O = untreated open area and A = shoulder ploughing.

Roudanmittausmenetelmän soveltuvuudesta tehtiin esikoe talvella 1977/78, ja varsinaiset routamittaukset aloitettiin syksyllä 1978. Mittaukset suoritettiin 40 routamittarilla, jotka sijoitettiin pientopografialtaan erilaisiin kohtiin (kuva 2) sattumanvaraisesti, mutta kuitenkin niin, että auraus- ja kyntöpalteissa mittarit tulivat tyypilliseen muokkausjälkeen. Metsäruudun routamittarit sijoitettiin puiden latvusaukkojen kohdalle siten, että pintakasvillisuus ja humus säilyivät mahdollisimman luonnonmukaisena. Kivennäismaan rajalla oleva 0-taso tarkistettiin vuosittain.

Taulukko 1. Koealueen sijainti, puuston ja maaperän ominaisuuksia sekä tutkimukseen liittyvien toimintojen ajoitus.

Table 1. Data on the location and tree stand of the area studied, soil properties and forestry measures carried out.

Sijainti — Location:

Koordinaatit — Co-ordinates	64°28'N, 27°33'E
Korkeus merenpinnasta — Elevation above sea level	200—208 m

Puusto — Tree stand:

Ikä — Age	140 v
Kuutiomäärä — Growing stock	116 m ³ /ha
Kuusi — Spruce (<i>Picea abies</i>)	95 %
Mänty — Scots pine (<i>Pinus sylvestris</i>)	4 %
Lehtipuut — Hardwoods (<i>Populus tremula</i> , <i>Betula pendula</i> , <i>B. pubescens</i>)	1 %

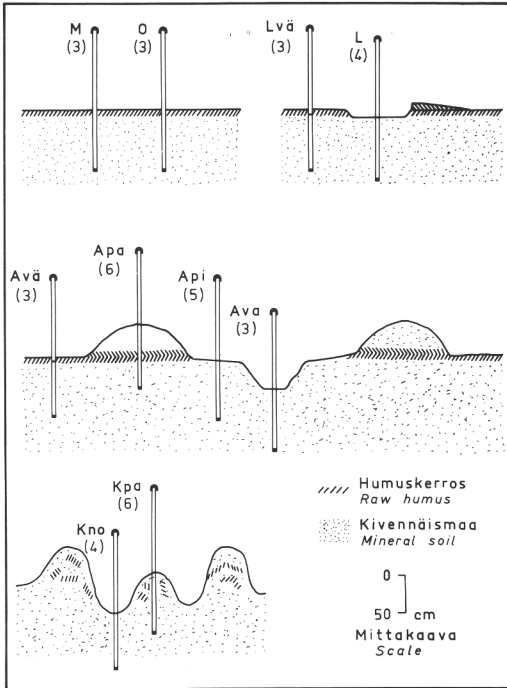
Maaperä — Soil:

Maalaji — Soil type	Hietamoreeni — Fine sandy till
Profiili — Profile	Kangashumuskerros — Raw humus
	7 cm
	Huuhtoutumiskerros — Eluvial horizon
	13 cm
	Rikastumiskerros — Illuvial horizon
	24 cm

Toimenpiteet alueella —

Forestry measures carried out:

Koealueen perustaminen — Marking out into blocks	1972
Avohakkuu — Clearcutting	1973—1974
Maanmuokkaus — Soil treatment	1974
Viljely — Planting	1976
Roudan ja lumen mittaus — Frost and snow measurements	1977—1981



Kuva 2. Roudan mittauskohteet kaavamaisesti sekä mittareiden lukumäärä. M = hakkaamaton metsä, O = avohakattu käsittelemätön ala, L = Sinkkilän laikkurilla tehty laikku ja Lvä = laikkujen väli. Avä = auraspalteiden väli, Apa = auraspalle, Api = auraspiennar ja Ava = aurasvako. Kpa = täysmuokatun alan kohouma ja Kno = vastaava notko.

Fig. 2. Schematic representation of the location of the frost tubes and their numbers. M = uncut forest, O = untreated open area, L = scalping with a Sinkkilä equipment, Lvä = interval between scalped patches. Avä = interval between tilts in ploughed area, Apa = tilt in ploughed area, Api = ploughing shoulder, Ava = ploughing furrow. Kpa = tilt in completely tilled area, Kno = furrow in completely tilled area.

22. Menetelmät

Roudan mittaukseen käytettiin metyleenisiniroutamittaria, jonka toiminta perustuu jäätyneen aikaansaamaan metyleenisiniliuoksen värinmuutokseen. Menetelmä on kehitetty Ruotsissa (Gandahl 1956) ja se on nykyisin käytössä sekä vesihallituksen hydrologisen toimiston routa-asemilla (Soveri ja Varjo 1977) että Maatalouden tutkimuskeskuksessa (Valmari ja Heikkinen 1971, MTTK, Kainuun koegasman koetuloksia vuosilta 1978, 1979, 1980). Tässä tutkimuk-

sessä käytetyn mittarin rakenne poikkesi Valmarin ja Heikkisen (1971) esittämästä siinä, että akryyli-muovin sijasta käytettiin sisäputkena PVC-muovi-letkua (kuva 3).

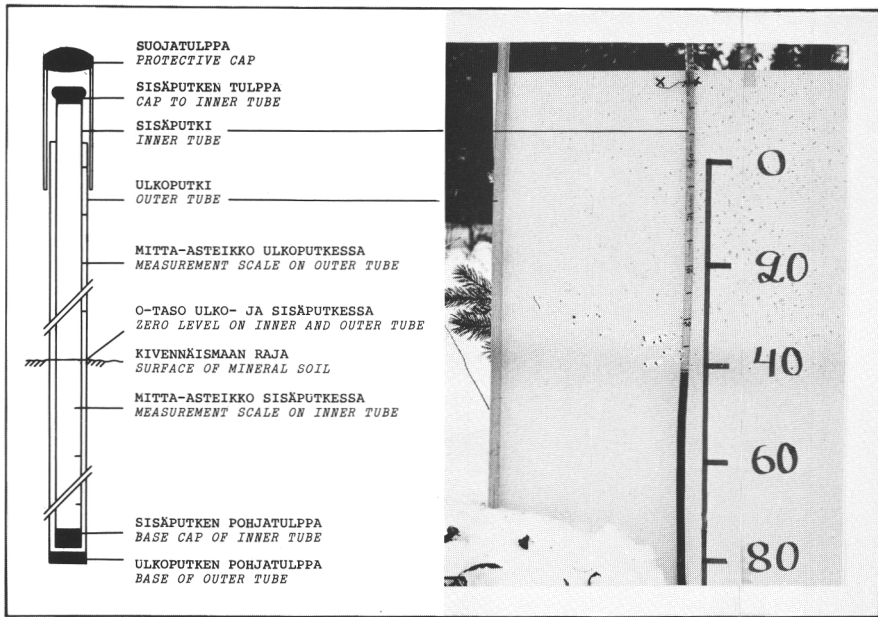
Materiaaliltaan mittari on yksinkertainen ja se on helppo valmistaa ja huoltaa. Mittarin etuna vanhempiin mittausmenetelmiin verrattuna on myös se, että routa voidaan mitata aina samalta paikalta maan rakennetta rikkomatta. Mittauksessa on kuitenkin otettava huomioon eräitä tärkeitä näkökohtia. Näitä ovat seuraavat:

- 1) Maan routimisen eli roudasta johtuvan maan liikkeen aiheuttama putkien nousu vaatii 0-tason tarkistamisen vuosittain. Maanmuokkausaloilla tapahtuu roudan aikaansaaman mittarin liikkeen lisäksi muokkausjäljen tasoittumista.
- 2) Mittaria luottaessa sisäputkea on liikuteltava varovasti. Varsinkin roudan sulamisen loppuvaiheessa routaa osoittava jäänyt liuoksen osa saattaa liikkua, mikä tekee mittaus tulokset epävarmoiksi tai voi jopa johtaa siihen, että mittauksia on tässä tapauksessa enää turha jatkaa.
- 3) Roudan sulamisen loppuvaiheessa saattavat myös routaa osoittavat liuoksen värirajat olla joskus epäselviä. Tällöin on aina syytä tarkistaa mittaus-tulos esim. routaraudalla mittarin läheltä (vrt. Valmari ja Heikkinen 1971, Eurola 1975, MTTK, Kainuun koegasman koetuloksia 1978, 1979, 1980).
- 4) Mittareiden sisäputket on syytä tyhjentää ja pestä sulan kauden ajaksi, jotta väriliuos ei tummentaisi putken seinämää ja siten vaikeuttaisi värirajojen lukemista seuraavana mittauskautena.

Tässä tutkimuksessa mittareiden toiminta osoittautui yleensä luotettavaksi. Joissakin tapauksissa värirajat olivat epäselviä. Tarkistukset routaraudalla roudan sulamisvaiheessa antoivat kuitenkin jokseenkin yhtenevän tuloksen mittarin kanssa.

Koekentällä roudan paksuus mitattiin siten, että sisäputki nostettiin ulos ja luettiin värinmuutosrajat. Lumen paksuus tarkastettiin samanaikaisesti ulkoputken asteikolta. Syys- ja keskitalvella havaintoja tehtiin epäsäännöllisin välein, mutta keväällä roudan sulamista eri muokkausjäljissä mitattiin päivittäin: vuonna 1979 toukokuun 15. päivästä, vuonna 1980 toukokuun 5. päivästä ja vuonna 1981 toukokuun 7. päivästä alkaen. Keväällä 1981 sulamiseen kiinnitettiin erityistä huomiota siten, että seurattiin ilman lämpötilan kehitystä 5 termografilla huhtikuun alusta alkaen. Samalla tehtiin myös aikaisempia vuosia tarkemmin havaintoja lumen sulamisesta eri maanmuokkausaloilla ja hakkaamattomassa metsässä.

Mittaus tulokset on esitetty keskiarvoina. Pysyvän lumen tulon ja roudan syntymisen tarkat ajankohdat kaikkina kolmena syksynä, samoin kuin roudan pinta-sulamisen alkaminen keväällä 1979 ja 1980, perustuvat kuitenkin arvioon. Arvioinnissa käytettiin hyväksi Ilmatieteen laitoksen Kajaanin säähavaintoaseman (n. 20 km kaakkoon) tietoja ja Maatalouden tutkimuskeskuksen Kainuun koegasman (n. 50 km länteen) routa- ja lumimittauksen tuloksia. Näin menetellen päästiin varsinkin syksyn osalta suhteellisen tarkkaan ajoitukseen.



Kuva 3. Routamittarin rakenne kaavamaisesti ja käytössä oleva routamittari.
Fig. 3. Diagram showing the structure of the frost tube and a tube in use.

3. TUTKIMUSKAUDEN SÄÄOLOT

Tärkeimmät roudan muodostumiseen vaikuttavat tekijät ovat ilman lämpötila ja lumipeite. Näiden suhteen tutkimusvuodet muodostivat vaihtelevan vertailusarjan: ensimmäinen talvi oli huomattavasti keskimääräistä kylmempi, toinen taas sekä lämpö- että lumisuhteiltaan jokseenkin normaali ja kolmas talvi poikkeuksellisen luminen. Lähimmällä säähavain- toasemalla Kajaanissa talven 1978/79 loka- ja huhti- kuun välisen ajan keskilämpötila oli yli 2 °C normaali- talven arvoja matalampi. Erityisesti joulukuu oli poikkeuksellisen kylmä. Seuraavana talvena vastaavan ajan keskilämpötila oli 0,5 °C ja kolmantena 1,8 °C normaaliarvoja matalampi (taulukko 2).

Kun tarkastellaan maaperän routautumisen ja ilman lämpötilan välisiä yhteyksiä, niin kuukausien keskilämpötiloja sopivamman vertailukohtaan antavat talven pakkasumma ja pakkaskauden pituus. Talven pakkasumman suhteen talvikaudet 1978/79 ja 1980/81

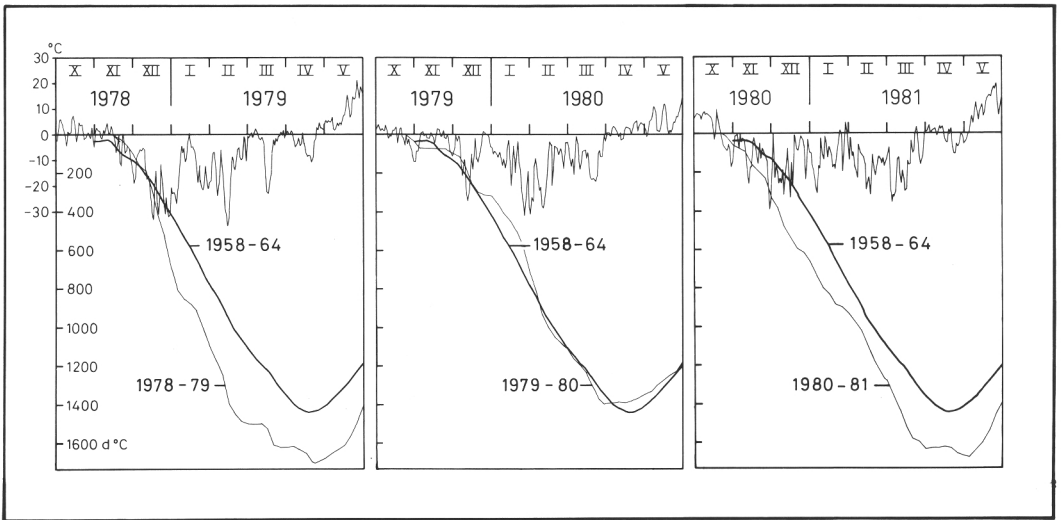
olivat pitkäaikaiskeskiarvoihin verrattuina kylmiä, talvikausi 1979/80 oli keskimääräinen (kuva 4). Ero Soverin ja Johanssonin (1966) esittämiin Kainuun ja Etelä-Lapin alueen keskiarvoihin vuosilta 1958—1964 oli ensimmäisen ja kolmannen talven osalta yli 200 °C. Pakkaskausi puolestaan kesti ensimmäisenä tutkimustalvena 159 vrk, toisena 170 vrk ja kolman- tena 195 vrk. Pakkaskaudeksi laskettiin se ajanjakso, jolloin lämpötila oli pysyvästi 0 °C-asteen alapuolella.

Lumipeitteen keston suhteen mittausvuodet poikke- sivat myös toisistaan. Talvikautena 1978/79 lumi tuli normaaliin aikaan (15.11.) ja suli seuraavana keväänä myös normaalisti, toukokuun 10. päivän seutuvilla (vrt. Simojoki 1960). Syksyllä 1979 ja 1980 lumi tuli maahan noin kolme viikkoa aikaisemmin ja suli kevääl- lä 1980 jo toukokuun alkupäivinä, mutta keväällä 1981 vasta noin 20. toukokuuta.

Taulukko 2. Kuukausikohtainen keskilämpötila ja sademäärä Kajaanissa (Ilmatieteen laitoksen kuukausikatsaukset vuosilta 1978—1981) sekä vastaavat pitkäaikaiskeskiarvot vuosilta 1961—1975 (Heino 1976).

Table 2. Monthly mean temperature and precipitation figures as recorded at Kajaani (Monthly reports of the Meteorological Office 1978—1981) and corresponding long-term means for 1961—1975 (Heino 1976).

Kuukausi Month	Keskilämpötila (°C) — Mean temperature				Sademäärä kuukaudessa (mm) — Precipitation			
	1961—75	1978—79	1979—80	1980—81	1961—75	1978—79	1979—80	1980—81
VI	13.5	13.0	14.1	16.5	50	38	60	57
VII	15.6	14.8	15.3	15.7	64	41	30	41
VIII	13.5	11.6	14.3	12.9	89	81	121	67
IX	8.1	6.7	8.2	7.8	70	53	98	51
X	2.5	1.0	- 0.5	1.9	43	27	73	93
XI	- 3.5	- 2.5	- 1.8	- 9.0	39	55	44	30
XII	- 8.6	- 19.3	- 7.3	- 10.7	34	10	31	48
I	- 11.5	- 13.6	- 13.1	- 8.6	29	21	21	40
II	- 11.1	- 13.8	- 13.1	- 12.1	23	30	18	13
III	- 7.0	- 3.9	- 9.2	- 11.8	24	19	14	8
IV	- 0.2	- 2.0	1.6	- 1.2	30	24	23	14
V	7.0	9.2	6.0	9.1	38	44	37	7
Vuosi Year	1.6	0.1	1.2	0.9	533	442	568	467
X—IV	- 5.6	- 7.7	- 6.2	- 7.4	222	185	223	244



Kuva 4. Tutkimusjakson keskilämpötilakäyrät ja pakkassummakäyrät Kajaanissa verrattuna keskiarvokäyrään vuosilta 1958—1964 (Soveri ja Johansson 1966).

Fig. 4. Mean temperatures and frost sums for the period of the experiment, measured at Kajaani, compared with the means for 1958—64 (Soveri & Johansson 1966).

4. TULOKSET

41. Roudan muodostuminen ja sulaminen hakkaamattomassa metsässä sekä käsittelemättömällä ja laikutetulla avohakkuualalla

Talvikausi 1978—79. Metsässä ei vielä marraskuun alussa todettu routaa (kuva 5). Pysyvä lumipeite tuli marraskuun puolivälissä. Alkutila oli vähäluminen, mutta vuodenvaihteen jälkeen lunta satoi siinä määrin, että maksimisyvytydessään maaliskuussa sitä oli runsaat 80 cm. Routakerros vahvistui puolestaan tasaisesti marraskuusta lähtien saavuttaen helmikuun lopulla 21 cm:n paksuuden. Tämän jälkeen routakerros oheni vähitellen alhaalta päin, mutta hävisi lopullisesti vasta lumen sulamisen jälkeen toukokuun lopussa.

Käsittelemättömällä alalla maa jäätynä jo parisen viikkoa ennen pysyvän lumipeitteen tuloa ja selvästi aikaisemmin kuin metsässä. Talven kuluessa sinne myös kertyi lunta enemmän kuin metsään. Maaliskuussa lumen vahvuusero oli noin 15 cm. Tästä huolimatta myös roudan syvyys oli avohakkuualalla keskitalvella vajaat 10 cm suurempi. Keväällä kuitenkin lumi sulsi sieltä 2—3 päivää ja routa runsaan viikon aikaisemmin kuin metsästä.

Laikkujen välisellä alalla lumen ja roudan tulo- ja sulamisajat eivät olennaisesti poikenneet käsittelemättömästä alasta. Lunta oli vain hieman vähemmän ja routaa noin kolmanneksen vähemmän kuin 0-ruudulla. Ero saattoi johtua pikemminkin ruudun sijainnista metsän reunalla tai muista routaantumiseen vaikuttavista seikoista kuin laikutuksesta. Roudan maksimisyvyys oli helmi- ja maaliskuun vaihteessa alle 20 cm. Laikuissa sen sijaan oli jonkin verran enemmän lunta kuin käsittelemättömällä alalla. Myös maan routaantumisessa oli eroa. Alkutilasta maa laikuissa nimittäin jäätynä nopeasti, sillä jo marraskuun alussa niissä todettiin lähes 10 cm:n routakerros. Roudan paksuus ei kuitenkaan tämän jälkeen koko talven aikana merkittävästi lisääntynyt. Helmi- ja maaliskuun vaihteessa

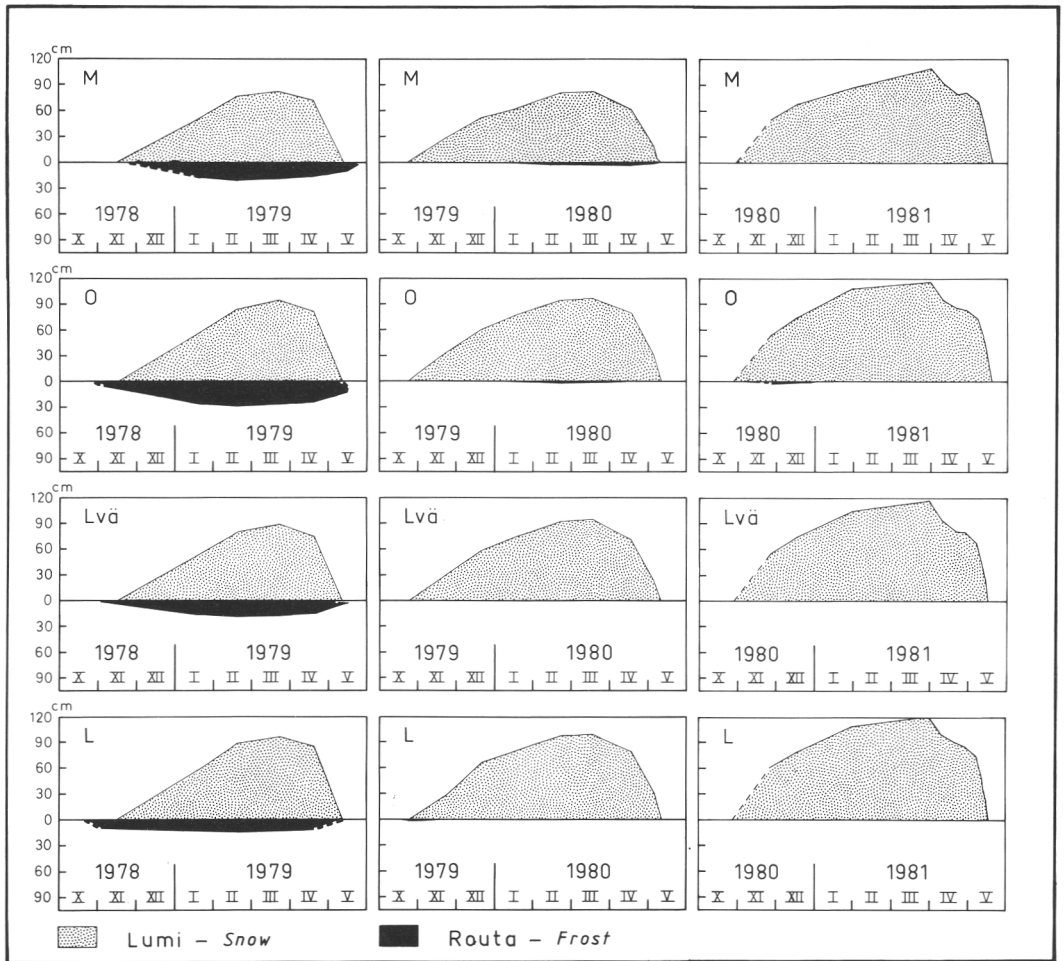
routakerros jäi alle 15 cm:n. Routa sulsi myös hieman varhaisemmin kuin laikkujen välillä.

Talvikausi 1979—80. Metsän, käsittelemättömän alan ja laikutetun alan väliset lumisuhteet olivat edellisen vuoden kaltaiset. Pysyvä lumi tuli kuitenkin noin kolme viikkoa aikaisemmin ja lumipeite vahvistui alkutilasta nopeammin, mutta maaliskuun lopussa sitä oli keskimäärin yhtä paljon kuin edellisenä vuonna. Aikaisesta lumen tulosta johtuen metsässä tavattiin routaa ensimmäisen kerran vasta helmikuun mittauksissa. Routaa oli paksuimmillaankin alle 5 cm ja se sulsi jo ennen lumipeitteen lopullista sulamista (10.5.1980).

Käsittelemättömällä alalla maa sekä routaantui että sulsi aikaisemmin kuin metsässä, mutta routakerros jäi ohueksi. Laikutetulla alalla maa jäätynä lyhytaikaisesti lokakuussa ainoastaan kahdessa laikon mitauspisteessä.

Talvikausi 1980—81. Lumipeite kasvoi alkutilasta nopeasti, ja jo marraskuun lopussa lunta oli koko alueella yli puoli metriä. Metsään lunta kertyi maaliskuun loppuun mennessä lähes 30 cm enemmän kuin aikaisempina mittausvuosina. Maa ei routaantunut siellä lainkaan koko talvena. Lumen sulaminen alkoi metsässä jo huhtikuun alussa, mutta saman kuun loppupuolen kylmä sää aiheutti sulamisessa noin kahden viikon pituisen viiveen. Toukokuun puolenvälin tienoille sattunut aurinkoinen ja lämmin sääjakso sulatti lumet nopeasti, mutta kuitenkin lumi katosi metsän mittauspisteistä runsasta viikkoa myöhemmin kuin kahtena edellisenä keväänä.

Käsittelemättömän avohakkuualan ja laikutetun alan lumisuhteet metsään verrattuna olivat edellisten talvien lumisuhteiden kaltaiset, mutta suhteelliset erot olivat pienemmät. Käsittelemättömällä avohakkuualalla ja laikutetulla alalla alkutilasta todettu vähäinen routakerros sulsi vuodenvaihteeseen mennessä pois. Nopeasta lumen sulamisesta johtuen näiden alojen ja metsäruudun välillä ei ollut suurta eroa viimeisten lumien lähtöajoissa.



Kuva 5. Lumi- ja roudasuhteet hakkaamattomassa metsässä (M), avohakatulla käsittelemättömällä alalla (O), laikkujen välissä (Lvä) ja laikuissa (L).
 Fig. 5. Snow and frost conditions in uncut forest (M), untreated open land (O), unpatched areas (Lvä) and scalped patches (L).

42. Roudan muodostuminen ja sulaminen piennarauratulla avohakkuualalla

Talvikausi 1978–79. Maa routaantui auratulla alalla vakoja lukuun ottamatta selvästi syvemmälle kuin käsittelemättömällä avohakkuualalla (kuva 6). Lumisuhteet palteiden välisellä muokkaamattomalla alalla ja aurauspientareilla olivat likipitään käsittelemättömään avohakkuuunaan verrattavissa, mutta roudan syvyys oli niissä läpi talven tuntuvasti suurempi. Tämä johtui ilmeisesti aurauksen vaikutuksesta siten, että alkutalven kylmyys pääsi tunkeutumaan myös palteiden väliin muokkaamatto-

maan maahan. Maaliskuussa palteiden välissä oli routaa 10 cm enemmän ja keväällä sen sulaminen kesti muutamia päiviä kauemmin kuin käsittelemättömällä alalla. Pientareet jäätyivät alkutalvesta nopeammin kuin palteiden välit. Samoin routakerros oli niissä pitkin talvea hieman vahvempi ja routa sulii niiltä vähän aikaisemmin kuin palteiden välistä.

Aurausvaot routaantuivat myös varhain, mutta roudan vahvuus jäi huomattavasti pienemmäksi kuin muualla auratulla alalla. Vakoihin kertyi lunta paljon, ja maaliskuussa sitä oli keskimäärin 116 cm. Lumen sulaminen kesti noin viikkoa pitempään

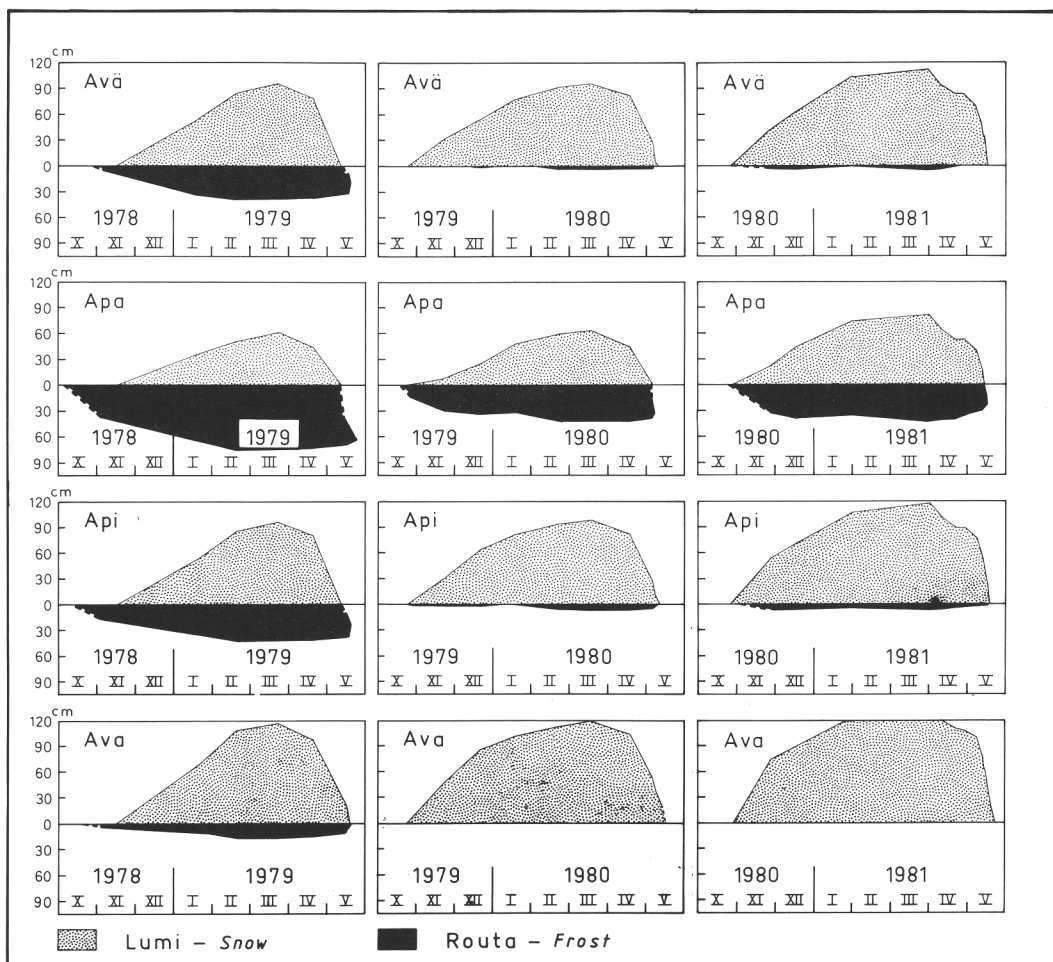
kuin palteiden välissä, mutta routa suli samanaikaisesti lumen kanssa.

Palteet jäätivät niiden väliseen muokkaamattomaan alaan verrattuna syvälle jo varhain alkutalvesta, sillä marraskuun alussa muutamissa palteissa mitattiin yli 40 cm:n routakerros. Palteet pysyivät pitkään vähälumisina ja vielä maaliskuun lopussa niissä oli keskimäärin 35 cm vähemmän lunta kuin palteiden väleissä. Maksimisyydyeltään routaa oli palteissa lähes kaksi kertaa niin paljon kuin niiden välisessä muokkaamattomassa maassa ja noin neljä kertaa niin paljon kuin metsässä. Roudan katoaminen palteista oli kuitenkin nopeaa, sillä ne olivat sulia vain muutamaa päivää myöhemmin

kuin palteiden välit ja lähes samaan aikaan kuin metsä.

Talvikausi 1979—80. Lumisuhteet auras-alan pienmuotojen välillä poikkesivat edellisestä vuodesta siinä, että lunta tuli alkutalvesta enemmän. Auraspalteiden välissä ei ollut routaa paksuimmillaankaan kuin vajaat 5 cm, mutta jälleen kuitenkin enemmän kuin käsittelemättömällä alalla (ks. kuva 5). Vähäisyydestään johtuen routa suli suurin piirtein yhtäaikaan lumen kanssa toukokuun 5.—7. päivinä eli noin kaksi viikkoa edellistä kevättä aikaisemmin.

Palteiden jäätyminen oli pääpiirteiltään muutoin edellisen vuoden kaltainen, mutta roudan syvyys jäi lähes puolta pienemmäksi.



Kuva 6. Lumi- ja roudasuhteet auratulla alalla auraspalteiden välissä (Avä), palteissa (Apa), pientareilla (Api) ja vaossa (Ava).

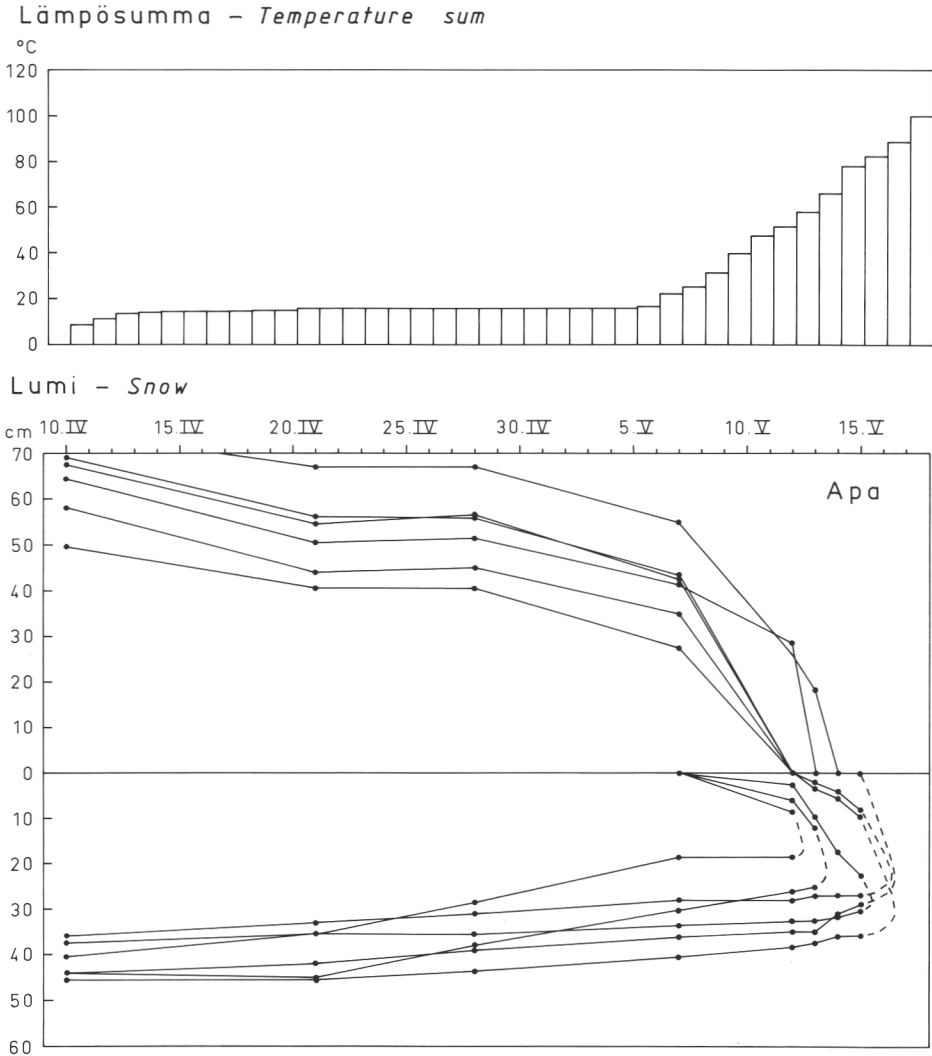
Fig. 6. Snow and frost conditions in the ploughed areas between the tilts (Avä), tilts on ploughed land (Apa), shoulders (Api) and furrows (Ava).

Routa suli miltei samaan aikaan kuin palteiden välistä. Pientareet routaantuivat aurasväljejä aikaisemmin, mutta routa ulottui maksimissaan vain noin 7 cm:n syvyyteen. Vaoissa ei routaa tavattu lainkaan.

Talvikausi 1980—81. Talven lumisuhteet poikkesivat myös aurasalalla huomattavasti kahdesta aikaisemmasta talvesta, mitä osoittavat esimerkiksi maaliskuun lumihavainnot: auraspalteella n. 80 cm, aurasvaossa yli 140 cm sekä pientareella ja palteiden välissä n. 120 cm.

Routasuhteet olivat edellisen talven kaltaiset. Palteita lukuun ottamatta roudan vahvuus jäi alle 10 cm:n. Pientareessa tavattiin aikaisempien talvien tavoin routaa hieman enemmän kuin auraspalteiden välissä. Vaoista routa suli jo vuodenvaihteeseen mennessä, palteiden välistä ennen lumen lopullista sulamista ja pientareilta samaan aikaan viimeisten lumien kanssa.

Lumi suli aurasalan eri pienmuodoilta aikaisempia talvia myöhemmin, mutta samassa järjestyksessä: ensin palteilta, sen



Kuva 7. Lumen ja roudan sulaminen auraspalteissa 10.4.1981 jälkeen sekä lämpösumman ($> 0\text{ }^{\circ}\text{C}$) kertyminen huhtikuun alusta alkaen.

Fig. 7. Melting of the snow and frost on tilts in the ploughed area from 10.IV.1981 onwards and cumulative temperature sum ($> 0\text{ }^{\circ}\text{C}$) from the beginning of April.

jälkeen pientareilta ja välialueilta sekä viimeksi vaoista. Palteet olivat lumettomia keskimäärin 14.—15.5. ja vaot 21.5. Erot paikkojen välisessä lumen sulamisnopeudessa jäivät edellisiä vuosia pienemmiksi.

Palteet routaantuivat voimakkaammin alkutalvesta kuin edellisenä vuonna, sillä jo marraskuun lopussa routa ulottui keskimäärin 37 cm:n syvyyteen (vrt. kuva 6). Niiden routamaksimi maaliskuun lopussa oli kuitenkin lähes sama kuin talvella 1979/80 eli keskimäärin 45 cm. Routa sulii huomattavalla osin pintasulamisa, kuten tapahtui myös aiemmin. Edellisiä vuosia tiheämpään tehtyjen havaintojen perusteella nähtiin, että roudan alaraja nousi palteissa vähäisessä määrin jo huhtikuun puolelta lähtien, samalla kun lumen pinta laski nopeasti (kuva 7). Kahdessa auraspalteessa sulaminen oli erityisen voimakasta.

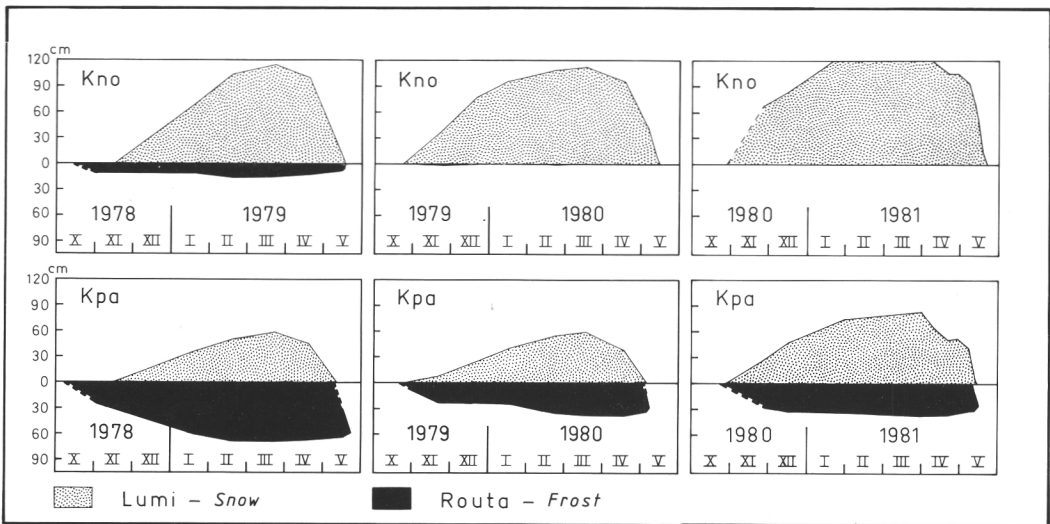
Pintasulamisa alkoi useimmissa mittauspisteissä vasta sen jälkeen, kun palteen pinta oli paljastunut lumesta tai eräissä tapauksissa hieman ennen lumen lopullista sulamista. Alkuun päästyään pintasulamisa eteni nopeasti siten, että toukokuun 18. päivään mennessä kaikki palteet olivat mittauspisteiden kohdalla jo sulia. Aikaa pintasulamisa alkamisesta ehti kulua keskimäärin vain noin runsas viikko. Sulamisvaiheen lopussa routa sulii parhaimmillaan yli 5 cm vuorokaudessa.

Sulamisa myöhemmässä vaiheessa routa-raudalla mitatut sulan maan syvyydet vaihtelivat samassakin palteessa suuresti, koska palteet sulivat hyvin epätasaisesti. Muutamien palteiden paksuimmista osista löydettiin routa-raudalla ohuita routalinssejä senkin jälkeen, kun routamittarit ja routa-automittaukset osoittivat roudan sulaneen mitareiden välittömässä läheisyydessä. Roudan päällä sijaitseva sulanut maakerros oli aluksi hyvin kostea, mutta routarajan painuessa alemmaksi se kuivui pian. Koska ilman lämpötila pysytteli palteiden sulamisa aikoihin yölläkin 0 C-asteen yläpuolella, ei pintaosien uudelleenjäätymistä esiintynyt.

43. Roudan muodostumisa ja sulamisa täysmuokatulla avohakkuualalla

Täysmuokatulla alalla kohoumat ovat rinastettavissa auratun alan palteisiin, notkot vastaavasti vakoihin. Myös routa- ja lumisuhteet (kuva 8) olivat pääpiirteittäin samansuuntaiset (ks. kuva 6).

Samoin kuin aurasvaoissa, myös täysmuokatun alan notkoissa lumipeite oli joka vuosi paksu ja routaantumisa vähäistä. Sen sijaan täysmuokatun alan kohoumat jäättyivät alkutalvesta hitaammin ja niissä oli keskitalvella hieman vähemmän routaa kuin auratun alan palteissa. Roudan sula-



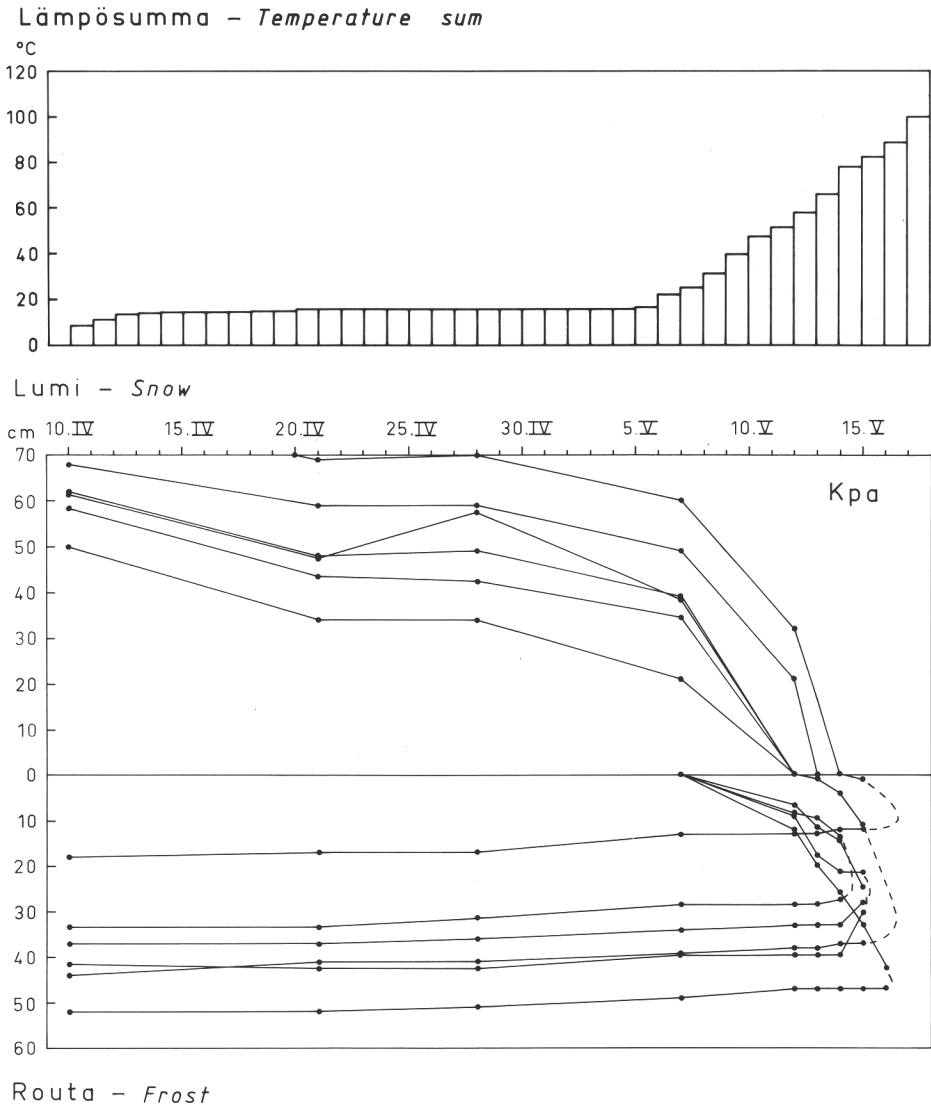
Kuva 8. Lumi- ja routasuhteet täysmuokatun alan kohoumissa (Kpa) ja notkoissa (Kno).
Fig. 8. Snow and frost conditions on the tilts (Kpa) and furrows (Kno) of the completely tilled area.

minen kesti täysmuokatulla alalla myös hie-
man pitempään kuin auratun alan palteissa.

Keväällä 1981 tehdyn tiheän seurannan
perusteella kävi ilmi, että altapäin tapah-
tuva sulaminen ei täysmuokatun alan kohou-
missa (kuva 9) ollut niin voimakasta kuin
auratun alan palteissa. Myös tulosten hajon-
ta oli täysmuokatun alan kohoumissa suu-
rempi kuin auratun alan palteissa. Tämä
johtui ensisijaisesti palteiden koon vaihte-
lusta.

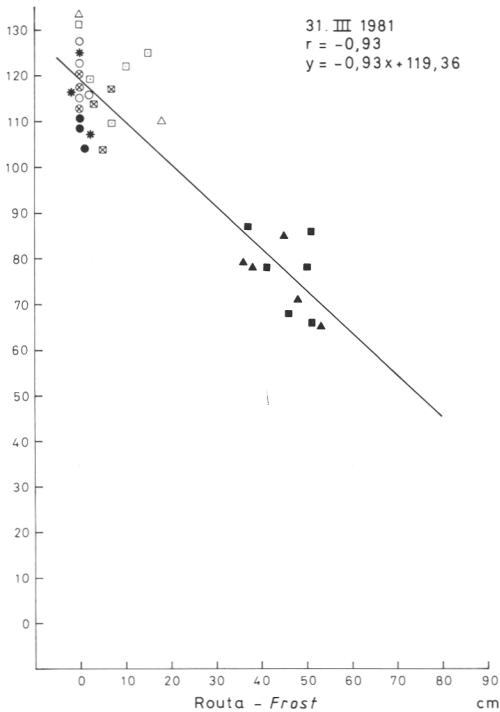
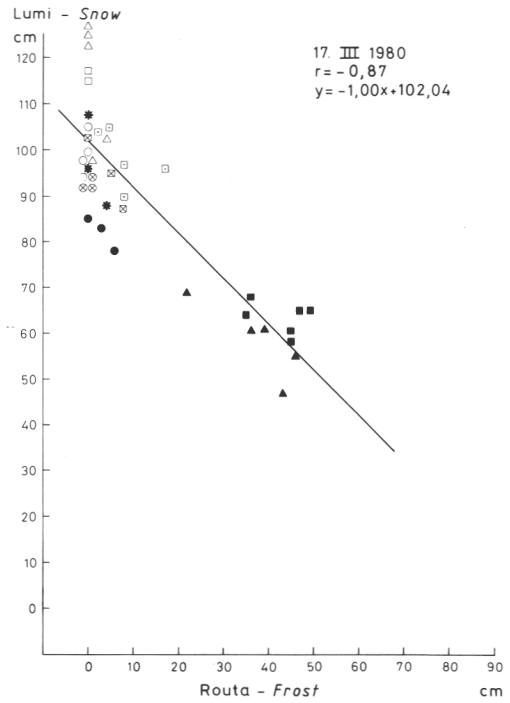
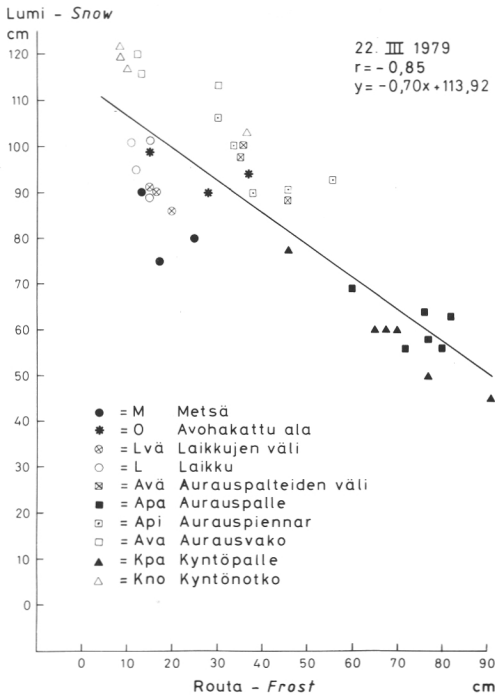
44. Roudan ja lumipeitteen välinen riippuvuus

Mitä paksumpi lumipeite on, sitä tehok-
kaammin se eristää maaperää jäätymiseltä.
Tämä näkyy erityisen selvästi tarkasteltaes-
sa paksuimman lumipeitteen suhdetta rou-
taan (kuva 10). Roudan ja lumen syvyyksien
välillä vallitsi kaikkina vuosina selvä neg-
atiivinen korrelaatio ($r = -0,85^{***}$,
 $-0,87^{***}$ ja $-0,93^{***}$): mitä vähemmän



Kuva 9. Lumen ja roudan sulaminen täysmuokatun alan kohoumilla 10.4.1981 jälkeen sekä lämpö-
summan ($> 0^{\circ}\text{C}$) kertyminen huhtikuun alusta alkaen.

Fig. 9. Melting of the snow and frost on tilts in the completely tilled area from 10.IV.1981 onwards and
cumulative temperature sum ($> 0^{\circ}\text{C}$) from the beginning of April.



Kuva 10. Roudan ja lumipeitteen välinen riippuvuus maaliskuussa kolmena mittaustalvena.

Fig. 10. Correlation between frost and snow depths in March in three winters of the experiment.

M = uncut forest, O = untreated open area, Lvä = interval between scalped patches, L = scalped patch, Avä = interval between tilts in ploughed area, Apa = tilt in ploughed area, Api = ploughing shoulder, Ava = ploughing furrow, Kpa = tilt in completely tilled area, Kno = furrow in completely tilled area.

lunta, sitä enemmän routaa. Olennaista roudan muodostumisen kannalta oli myös pakkassumman kehittyminen syystalvesta. Jos pakkassäät tulivat lumettomana aikana, kuten tapahtui syksyllä 1978 (kuvat 5—8), maa routaantui nopeasti ja routa säilyi lumipeitteen paksuuntumisesta huolimatta.

Seuraavat talvet poikkesivat lumipeitteen tulon suhteen. Lunta tuli suhteellisen paljon varhain syystalvesta, eikä pakkasia juuri esiintynyt ennen lumen tuloa. Tämän seurauksena routaa oli pääasiassa vain auratun alan palteissa ja täysmuokatun alan kohoumilla, joissa lumipeite oli ohuempi. Lumipeitteen merkitys näkyi erityisesti ennätysmäisenä lumitalvena 1980/81, jolloin routaa oli huomattavasti vähemmän kuin ensimmäisenä talvena, vaikka molempien talvien pakkassummat olivat likipitään samat (kuva 4).

45. Lumen sulamisen erityispiirteet

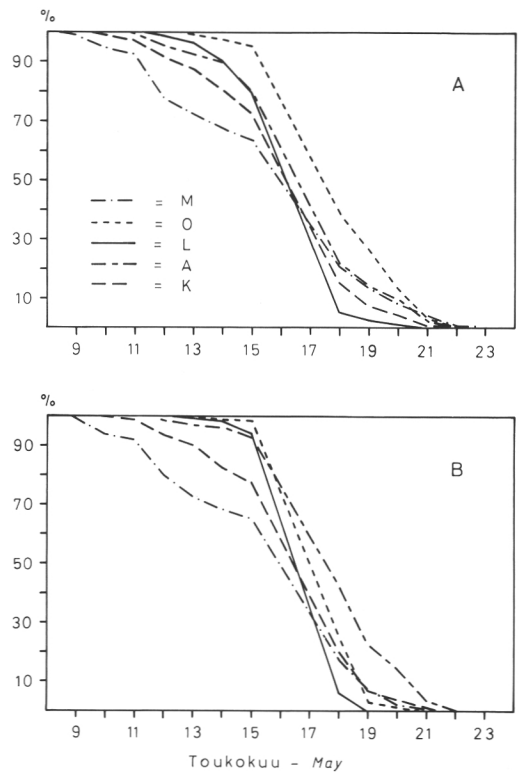
Keväällä 1981 lumen sulamista seurattiin koelohkon pysyvien mittauspisteiden ohella myös koekentän neljällä muulla lohkolla (vrt. 21., Tutkimusalueen kuvaus). Jokaisen lohkon eri ruuduilta arvioitiin päivittäin sulan maan osuus prosentteina (kuva 11). Lumen sulamisnopeudessa esiintyi selviä eroja eri lohkoilla sijaitsevien samoin käsiteltyjen alojen välillä. Siihen vaikuttivat mm. paikan sijainti ympäröivään metsään nähden ja paikan kaltevuussuhteet. Suurimmat erot todettiin metsäruuduilla, koska kolme metsäruuduista sijaitsi avohakkuualueen auringonpaisteisella ja kaksi varjoisella reunalla. Joka tapauksessa maa paljastui lumen alta jokaisen avohakatun osan ruuduilla suurin piirtein samassa järjestyksessä.

Ensimmäiset pälvät ilmaantuivat toukokuun 7. päivän jälkeen päiväpaistesivulla olevien metsäruutujen reunaan. Avohakkuu- alalla ensimmäisenä lumesta paljastuivat auratun ja täysmuokatun alan palteet päivää tai paria myöhemmin kuin metsiköiden reumat. Täysmuokatulla alalla sulan maan osuus kasvoi aluksi nopeammin kuin auratulla ruudulla.

Käsittelemättömillä ruuduilla puolestaan sulan maan osuudet pysyivät maanpinnan tasaisuudesta johtuen pitkään pieninä (kuva 12). Samoin laikutetuilla ruuduilla ensimmäisten pälvipaikkojen ilmestyminen kesti metsäruutuja ja muita muokattuja aloja kauemmin. Myöhemmin laikutetulla alalla sulan maan osuus kasvoi keskimäärin nopeammin kuin muilla aloilla, mikä johtui pääasiassa kuitenkin siitä, että laikutetut ruudut sijaitsivat keskimäärin auringonpaisteisemmillä paikoilla kuin muut ruudut.

Täysmuokatun ja auratun alan ruutujen lumi hävisi viimeiseksi notkoista ja vaoista. Viimeiset lumilaukut tavattiin metsäruuduilta. Eri ruutujen viimeisten lumien häviämisen erot eivät olleet suuret, sillä metsäruuduilla maa oli keskimäärin täysin lumeton toukokuun 23. päivänä ja avohakkuualueen ruuduilla keskimäärin vain 1—2 vuorokautta aikaisemmin.

Metsäruutujen sulamista nopeutti niiden sijainti avohakkuualueiden reunalla. Vertailun vuoksi sulamista tarkkailtiin myös ulompaa avohakkuun reunasta huhtikuun 23. päivästä lähtien. Mittauspaikka sijaitsi



Kuva 11. Lumen viipymä keskimäärin koko koekentällä (A) ja erikseen roudan mittauslohkolla (B). M = hakkaamaton metsä, O = avohakattu käsittelemätön ala, L = laikutus, A = piennarauraus ja K = täysmuokkaus piennarauralla.

Fig. 11. Mean date of snow melting from the plots as a whole (A) and at the frost tube sites (B). For key, see Fig. 1.

noin 200 m roudanmittausalueesta länteen edustaen alueen keskivertometsää, jonka puuston tunnuukset olivat seuraavat:

Metsikkötunnuukset	
Runkoluku	750 kpl/ha
Pohjapinta-ala	17 m ² /ha
Valtapuiden pituus	16 m
Runkotilavuus/Kuutiomäärä	120 m ³ /ha
Rinnankorkeusläpimitta	16 cm
Havaintopuut (kuva 13)	
1) Pituus	7 m
Rinnankorkeusläpimitta	9 cm
2) Pituus	16 m
Rinnankorkeusläpimitta	22 cm
3) Pituus	18 m
Rinnankorkeusläpimitta	23 cm
4) Pituus	13 m
Rinnankorkeusläpimitta	18 cm

Sulamista mitattiin siten, että neljän vie-rekkäisen puun väliin pingotettiin mitta-



Kuva 12. Lumitilanne 19.5.1981 käsittelemättömällä avohakkuualalla ja auratulla alalla.
Fig. 12. Snow conditions in the untreated open area and the ploughed area on 19.V.1981.

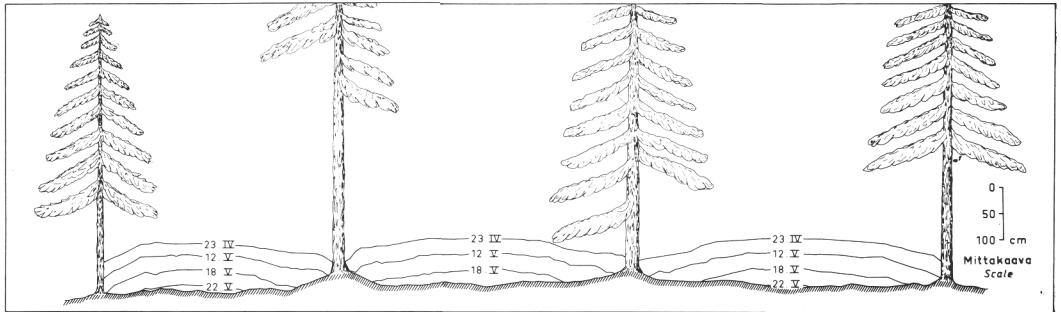
asteikolla varustettu lanka, josta kymmenen senttimetrin välein mitattiin lumen pinnan etäisyys (kuva 13). Kuvassa puut on esitetty samassa linjassa, mutta todellisuudessa ne sijaitsivat toisiinsa nähden noin 90 °C:n kulmassa neliömäisessä muodossa niin, että ensimmäisen ja toisen puun välinen suunta oli suunnilleen luoteesta kaakkoon.

Huhtikuussa tyven ympärillä oli syvennys, jonka leveys vaihteli muutamista senttimetreistä useisiin metreihin. Syvennyksen leveyteen ja muotoon vaikuttivat mm. puun koko, oksien pituus ja oksien sijainti puussa. Mikäli oksat alkoivat korkealta, syvennys oli yleensä pieni ja jyrkkäreunainen. Suurilla kuusilla, joiden oksat alkoivat alhaalta, syvennys oli useimmiten laaja ja muodoltaan patamainen. Lähellä toisiaan sijaitsevilla kuusilla oli tavallisesti laaja, yhteinen syvennys. Tuuheaoksisilla, pienillä kuusennäreillä, joiden oksat ulottuivat maahan saakka, oli tyvellä puolestaan leveä ja patamainen syvennys. Syvennykset olivat laajimmat yleensä puiden etelä- ja lounais-sivuilla.

Huhtikuun 23. päivänä mittauspaikan kuusimetsässä oli yleisesti puiden väleissä lunta noin metrin verran. Lumen pinta oli laskenut talven maksimiarvosta jo noin 20—30 cm. Samanaikaisesti koelohkon metsäruudun lumen mittauspisteissä lunta oli keskimäärin noin 80 cm (kuva 5).

Kahden ensimmäisen viikon kuluessa lumen pinta laski vain 5—10 cm, mutta seuraavan viikon aikana (7.5.—14.5.), jolloin myös lämpösumman voimakas kertyminen alkoi (kuva 7), lumi sulii keskimäärin yli 30 cm ja neljännellä mittausviikolla jo noin 40 cm. Lumi sulii puiden välistä aivan puiden tyviosia lukuun ottamatta jokseenkin tasaisesti.

Maa paljastui ensiksi puiden tyviltä 10.—15.5. (kuva 14) ja viimeiseksi puiden latvusten välisiltä aukkopakoilta 23.—24.5. eli lähes samaan aikaan kuin koelohkon reunametsässä. Mittauspaikan läheisyydessä muutamia lumilaikkuja säilyi kuitenkin varjoisimmilla notkopakoilla vielä 28.5. saakka.



Kuva 13. Lumen sulaminen 23.4.—22.5.1981 hakkaamattomassa metsässä koalueen ulkopuolella.
Fig. 13. Course of melting of the snow cover in uncut forest outside the present experimental plots.



Kuva 14. Lumitilanne koekentän ulkopuolisessa hakkaamattomassa metsässä 19.5.1981.
Fig. 14. Snow conditions in uncut forest outside the experimental plots on 19.V.1981.

5. TULOSTEN TARKASTELU

Kangasmailla roudan syvyyden määräävät ensisijaisesti ilman lämpötila ja lumipeite. Lumi toimii tehokkaana eristeenä. Sen määrä, laatu ja tuloaika vaikuttavat olennaisesti muodostuvan roudan paksuuteen. Roudan syvyys vaihtelee myös riippuen maalajista ja siihen liittyvistä fysikaalisista tekijöistä. Karkearakeiset kivennäismaat routaantuvat syvemmälle kuin pienirakeiset maalajit ja eloperäiset maat (esim. Kokkonen 1926, Janson 1964, Soveri & Johansson 1966). Kosteussuhteiden erilaisuus tasoittaa kuitenkin osittain routaeroja eri raakoostumuksen omaavissa maissa (Soveri & Varjo 1977). Mainittujen tekijöiden lisäksi roudan muodostumiseen ja sen rakenteeseen vaikuttavat mm. humuskerros ja kasvipeite, maaston kaltevuussuhteet, pohjaveden korkeus ja maan lämpövaraston suuruus. Vastakaisten vaikutustensa vuoksi eri tekijöiden osuutta on usein vaikea erottaa toisistaan.

Lumipeitteettömillä mailla roudan syvyys kasvaa tasaisesti pohjoiseen mentäessä (Soveri & Johansson 1966). Itä-Suomen ja Kainuun alueella, missä tämän tutkimuksen koekenttä sijaitsee, roudan syvyys jää kuitenkin yleensä runsaan ja aikaisin maahan satavan lumen vuoksi vähäiseksi. Alue on Suomen vähäroutaisinta (vrt. Keränen 1923, Soveri & Varjo 1977).

Kuusimetsillä on huomattava lumenpidätyskyky mänty- ja lehtimetsiin verrattuna, mikä etenkin keväällä lumen sulamisvaiheessa näkyy kuusten tyvien vähälumisuuksena (Teivainen 1952, Sirén 1966, Yli-Vakkuri 1960). Seppäsen (1961) mukaan oksiston ohella tyvien lumipeitettä vähentävät tällöin puista tippuva karike ja rungoista tuleva lämpösäteily. Kuusen vaikutus lumen paksuuteen heijastuu myös routasuhteisiin siten, että kuusimetsissä maa routaantuu syvemmälle ja roudan sulaminen kestää kauemmin

kuin mäntymetsissä (Yli-Vakkuri 1960). Mustosen (1966) mukaan tämä ero johtuu pelkäästään lumipeitteestä. Kuusi- ja mäntymetsien väliset routaerot todennäköisesti tasoittuvat siirryttäessä maan eteläosista pohjoiseen, sillä puiden kapeamman latvuksen ja heikomman oksiston vuoksi puiden tyvien ja välien lumieron on todettu olevan Pohjois-Suomessa pienempi kuin maan eteläosissa (Soveri & Varjo 1977).

Puuston lumenpidätyskyky ilmenee havumetsissä myös siten, että metsän tiheyden kasvaessa maahan tulevan lumen määrä pienenee ja tämän seurauksena roudan syvyys lisääntyy. Mustosen (1966) mukaan esimerkiksi havumetsässä, jossa puuston määrä oli alle 30 m³/ha, oli keskimäärin 30 % enemmän lunta kuin metsissä, joissa puuston määrä oli 150 m³/ha tai suurempi. Metsän tiheyden vaikutus lumen syvyyteen on selvin kuusivaltaisissa metsissä (esim. Seppänen 1961). Harvennushakkuut puolestaan lisäävät maan lumisuojausta ja vähentävät roudan vahvuutta (Ronge 1928, Yli-Vakkuri 1960, Weitzman & Bay 1963). Päiväsen (1973) mukaan nuorena turve- maan männikössä kuitenkin vasta voimakas harvennus lisäsi merkittävästi lumen vahvuutta. Paksummasta lumipeitteestä johtuen harvennetussa kuusikossa lumen on todettu viipyvän pitempään kuin luonnontilaisessa kuusimetsässä (Ronge 1928, Yli-Vakkuri 1960). Kuusikoista lumi sulaa siten, että ensimmäiset pälvät ilmestyvät puiden tyville ja sulaminen etenee sitten kohti puiden välejä (Sirén 1955, Yli-Vakkuri 1960).

Tässä tutkimuksessa saadut tulokset kuusimetsän lumi- ja routasuhteista vastaavat suurelta osin aikaisemmin saatuja tuloksia. Metsän vähäroutauudesta johtuen maan roudassaoloaika lumen sulamisen jälkeen jäi kuitenkin lyhyemmäksi kuin mitä esimerkiksi Sirén (1955) Pelkosenniemiellä ja Yli-Vakkuri (1960) Etelä-Suomessa ovat vastaavatyypisistä metsistä todenneet. Routa myös suli tutkittuna ajanjaksona hieman aikaisemmin kuin Kainuussa on mitattu keskimääräiseksi sulamisajaksi luonnontilaisilla mailla (Soveri & Varjo 1977). Samoin lumen sulamisaika ensimmäisten puun tyvien paljastumisesta viimeisten lumi-laikkujen lähtöön oli keskimäärin noin viikkoa lyhyempi kuin mitä Yli-Vakkuri (1960) on havainnut Etelä-Suomessa.

Lehtimetsissä ja havupuutaimikoissa ti-

lanne on erilainen kuin varttuneissa havupuumetsissä. Ne eivät juuri pidätä lunta ja koska lumen siirtyminen tuulen mukana on niissä vähäistä, seurauksena on tavallisesti vahvempi lumipeite (Kaitera 1939, Sartz & Trimble 1956, Striffler 1959) ja ohuempi routakerros kuin havumetsissä (Pierce ym. 1958, Yli-Vakkuri 1960, Weitzman & Bay 1963). Lehtimetsän ohuemman routakerroksen on joissakin olosuhteissa katsottu olevan osaksi seurausta karikke- ja humuskerroksen paremmasta eristyskyvystä havumetsiin verrattuna (esim. Striffler 1959, Fahey & Lang 1975), mutta olennaisin merkitys on kuitenkin lumipeitteellä.

Hakkuuaukkojen lumenvahvuus viereiseen metsään verrattuna vaihtelee aukon koon mukaan. Yleensä niissä on enemmän lunta kuin metsässä ja ero on suurimmillaan pienissä, suojaisissa metsänaukoissa (esim. Keränen 1923, Kaitera 1939, Sartz & Trimble 1956, Seppänen 1961, 1965, Patric 1967). Syyksi eroon on esitetty puiden lumenpidätyskyvyn lisäksi metsän ja avoalan välisiä ilmanpaine-eroja (Seppänen 1961). Laajoilla avohakkuualoilla lumipeite jää kuitenkin ohuemmaksi kuin pienillä hakkuualoilla johtuen ensisijaisesti tuulen vaikutuksesta (Valtanan 1967).

Puuston puuttuminen näkyy lumi- ja routasuhteissa myös siten, että avoalan maa pääsee jäätymään heti ensimmäisten riittävän voimakkaiden pakkasten tultua, kun taas metsissä puusto ja paksu humuskerros suojaavat kivennäismaata pitkään routautumiselta. Tämä suoja pysyvän lumipeitteen myöhemmästä tulosta huolimatta aiheuttaa sen, että metsissä on tavallisesti vähemmän routaa suhteessa lumen paksuuteen kuin metsänaukoissa (esim. Teivainen 1952, Pierce ym. 1958, Soveršev 1962, Mustonen 1966, Patric 1967). Valtasen (1966) mukaan hakkuuaukon koko vaikuttaa siten, että suurilla aukeilla on vähemmän lunta ja enemmän routaa kuin pienillä aukeilla. Metsän suojaava vaikutus on selvin pienillä lumensyvyyksillä ja pakkassummilla (Soveri & Varjo 1977).

Keväällä sekä lumi (esim. Kaitera 1939, Keränen & Korhonen 1951) että routa (esim. Keränen 1930, Yli-Vakkuri 1960) sulavat avomailta maan pintakerroksen nopeamman lämpenemisen vuoksi aikaisemmin kuin metsästä. Suuremman säteilymäärän johdosta lumen sulamisnopeus suhteessa ilman

lämpötilaan on aukealla suurempi kuin metsässä (Kuusisto 1980). Sulamiskauden pituus vaihtelee vuosittain ja paikan mukaan. Varsinkin viileänä, aurinkoisena keväänä lumen sulamisero aukean ja metsän välillä on suuri (Seppänen 1961). Soverin ja Varjon (1977) mukaan metsän ja avomaan lumi- ja routasuhteiden välinen ero ei ole Pohjois-Suomessa niin selvä kuin Etelä-Suomessa.

Tämän tutkimuksen tulokset avohakatun käsittelemättömän alan ja hakkaamattoman metsän lumisuhteista olivat pääpiirtein yhteneviä aiemman tietämyksen kanssa (esim. Keränen 1923, Kaitera 1939, Seppänen 1961, 1965). Avohakatun alan lumipeite oli lumen maksimisyyvyyden aikaan noin 10—18 % vahvempi kuin metsässä. Tulos roudan myöhemmästä sulamisesta ja vähäisemmästä määrästä metsässä avohakkuu-alaan verrattuna vastasi myös aiempia selvityksiä (esim. Teivainen 1952, Pierce ym. 1958, Soveršaev 1962, Weitzman & Bay 1963, Mustonen 1966, Patric 1967, Soveri & Varjo 1977). Sen sijaan ero viimeisten lumien lähtöajoissa oli metsän ja avohakkuun välillä pienempi kuin mitä Sirénin (1955) ja Yli-Vakkurin (1960) saamat tulokset osoittivat. Osittain tämä johtuu tutkimusvuosien sulamiselle edullisista sääoloista.

Metsämaan muokkaus muuttaa fysikaalisia ja biologisia tekijöitä, mm. maan lämpötilaa, kosteussuhteita, tiivyyttä, veden läpäisykykyä, lämmönjohtokykyä ja maan hajotusaktiiviteettia (esim. Leikola 1974, Kauppila & Lähde 1975, Pohtila 1977, Lähde 1978, Ritari & Lähde 1978). Myös maan routaantuminen oli erilaista muokatuilla aloilla käsittelemättömään avohakkuu-alaan ja hakkaamattomaan metsään verrattuna. Selvimät muutokset olivat auratun alan palteissa ja täysmuokkausalan kohoumissa.

Auratun alan palteet routaantuivat joka talvi kokonaan vähintään pientareen tasolle saakka riippumatta talven lumitilanteesta. Täysmuokatusalan kohoumien jäätyminen oli samankaltaista. Pääasiallisin syy palteiden ja kohoumien roudan paksuuteen on niiden, varsinkin alkutalvesta ohut lumipeite. Lumen niukkuus ei kuitenkaan yksistään selitä voimakasta routaantumista, sillä niissä todettiin jo ennen lumen tuloa suurempia roudan syvyyksiä kuin muualla aurasalalla. Eristävän humuskerroksen puuttuminen, palteiden korkeus ja laaja

pinta-ala ilmeisesti edistävät lämpövirtausten kulkua. Vaikka palteiden kasvukauden aikainen lämpötila on korkeampi kuin muokkaamattomalla alalla (esim. Turtiainen ja Valtanen 1970, Leikola 1974, Lähde 1978), niin syksyllä palteiden lämpötila alenee nopeammin kuin käsittelemättömällä avohakkuu-alaalla ja metsässä (Kauppila & Lähde 1975). Tutkimusvuosina palteiden ja kohoumien jäätyminen eteni nopeasti heti ensimmäisten kovien pakkasten tullessa. Kevättalvella auraspalteiden ja täysmuokkausalan kohoumien roudan syvyydet suhteessa lumen vahvuuteen eivät olennaisesti poikenneet muiden maankäsittelymuotojen roudan syvyyksistä (vrt. kuva 10). On kuitenkin otettava huomioon, että routa lisääntyessään myös muodostaa eristävän kerroksen. Sama pakkasmäärä ei enää silloin, kun routa on vahva, lisää sitä yhtä paljon kuin routaantuminen alkuvaiheessa (Mustonen 1966).

Muissa auratun alan ja täysmuokatusalan kohdissa sekä laikutetulla alalla maan routaantuminen oli selvästi vähäisempää kuin palteissa ja kohoumissa. Sellaisilla paikoilla, joissa humuskerros puuttui, kuten auraspientareilla, aurasvaoissa, laikuissa ja täysmuokkausalan notkoissa routaa ilmeni heti ensimmäisten pakkasten jälkeen, mutta lumipeitteen vahvistuessa routaantuminen hidastui. Keskitalvella roudan syvyys oli näilläkin paikoilla voimakkaasti sidoksissa lumen vahvuuteen. Palteiden välinen koskematon maa jäätynyt syvemmälle kuin käsittelemätön avohakkuu-ala tai laikujen väli huolimatta siitä, että molemmissa lumitilanne oli samankaltainen.

Muokatusalan metsämaan routa- ja lumisuhteita selvittäviä tutkimuksia ei Suomessa ole aikaisemmin julkaistu. Ainoat tiedot ovat Pohtilan (1977) aurattujen alueiden metsänviljelyä Lapissa käsittelevän tutkimuksen yhteydessä tekemät sulamisvaiheen aikaiset havainnot piennarauratulta ja kuokkalaikutetulta alalta. Kivesvaaran tulokset vastaavat Pohtilan (1977) saamaa tulosta, että piennarauratulta ja kuokkalaikutetulta alalta routa sulii keskimääräisesti aikaisemmin kuin metsästä. Lapissa routa kuitenkin viipyi pitemmälle kesään.

Soveršaev (1962) on esittänyt tuloksia laikutuksen vaikutuksesta metsämaan routaantumiseen ja roudan sulamiseen Arkan-gelin seudulla. Verrattuna näihin mittauk-

siin Kivesvaaralla oli samasta maantieteellisestä leveydestä huolimatta vähemmän rou-
taa, mikä selittyy Arkangelin alueen mante-
reisemmalla ilmastolla. Tulokset Kivesvaa-
ralta erosivat Soveršaevin (1962) saamista
tuloksista myös siten, että keskitalvella

lumen vahvistuessa ei tapahtunut voima-
kasta roudan ohenemista eikä kevättalvella
lumen vähetessä roudan uudelleen vahvistu-
mista. Sen sijaan molemmissa paikoissa
routa suli suhteellisen nopeasti suurin piir-
tein samaan aikaan.

KIRJALLISUUS

- ANDERSSON, S. 1964. Markfysikaliska under-
sökningar i odlad jord XV. Undersökningar av
tjälbildning, tjäldjup och tjälavsmätning i olika
åkermarker med och utan naturligt snötäckte.
Grundförbättring 17(3):187—216.
- BAY, C., WUNNECKE, G. & HAYS, O. 1952. Frost
penetration into soils as influenced by depth of
snow, vegetative cover, and air temperatures.
Amer. Geophys. Union Trans. 33(4):541—546.
- EUROLA, S. 1975. Snow and ground frost conditions
of some Finnish mire types. Ann. Bot. Fennici
12:1—16.
- FAHEY, T.J. & LANG, G.E. 1975. Concrete frost
along an elevational gradient in New Hampshire.
Can. J. For. Res. 5:700—705.
- GANDAHL, R. 1956. Tjälgränsmätare. Svenska Väg-
fören. Tidsk. 2.
- HEINO, R. 1976. Taulukoita Suomen ilmasto-oloista
kaudelta 1961—1975. Summary: Climatological
tables in Finland, 1961—1975. Liite Suomen
meteorologiseen vuosikirjaan 1975 (75, 1a) 117.
Helsinki. Ilmatieteen laitos.
- HUKARI, O. 1961. Roudasta puiden kasvutekijänä.
Zusammenfassung: Über den Bodenfrost als Wach-
stumsfaktor (173—174). Terra 73(4):166—174.
- JANSON, L.-E. 1964. Frost penetration in sandy soil.
Kungl. Tekn. Högsk. Handl. 231:1—167.
- JUUSELA, T. 1945. Untersuchungen über den Einfluss
des Entwässerungsverfahrens und den Wassergehalt
des Bodens, den Bodenfrost und die Bodentempera-
tur. Acta Agr. Fenn. 59:1—212.
- KAITERA, P. 1939. Lumen kevätulamisesta ja sen vai-
kutuksesta vesiväylien purkautumissuhteisiin Suo-
messa. Maatal. hall. kultt. tekn. tutk. 2:1—255.
- KAUPPILA, A. & LÄHDE, E. 1975. Koetuloksia
maan käsittelyn vaikutuksesta metsämaan omi-
naisuuksiin Pohjois-Suomessa. Summary: On the
effects of soil treatments on forest soil properties
in North-Finland. Folia For. 230:1—29.
- KEINONEN, L. 1955. Routaantumisolosuhteita valai-
sevia tietoja maamme ilmastosta. Rak.ins. 11(10):
154—156.
- KERÄNEN, J. 1923. Über den Bodenfrost in Finnland.
Suomen Valtion Meteorologisen Keskuslaitoksen
toimituksia n:o 12:1—59.
- 1930. Metsäilmastosta. Sauli, J.O. ym. (toim.).
Maa ja Metsä IV. s. 540—550.
- 1951. On frost formation in soil. Fennia 73(1):1—14.
- & KORHONEN, V.V. 1951. Ilmasto. Eripainos
teoksesta: Suomen maantieteen käsikirja. Helsinki.
- KOKKONEN, P. 1926. Beobachtungen über die Struk-
tur des Bodenfrostes. Acta For. Fenn. 30(3):1—56.
- 1944. Roudasta ja sen merkityksestä. Suomalaisen
Tiedeakatemian esitelmät ja pöytäkirjat 1944—45:
135—158.
- KUUSISTO, E. 1980. On the values and variability
of degree-day melting factor in Finland. Nordic
Hydrology 11:235—242.
- LAITAKARI E. 1930. Metsän ilmastolliset vaarat.
Sauli, J.O. (toim.). Maa ja Metsä IV. s. 551—565.
- LEIKOLA, M. 1974. Muokkauksen vaikutus metsä-
maan lämpösuhteisiin Pohjois-Suomessa. Summary:
Effect of soil preparation on soil temperature
conditions of forest regeneration areas in Northern
Finland. Commun. Inst. For. Fenn. 84(2):1—64.
- LÄHDE, E. 1978. Maan käsittelyn vaikutus maan fysi-
kaalisiin ominaisuuksiin sekä männyn ja kuusen
taimien kehitykseen. Summary: Effect of soil treat-
ment on physical properties of the soil and on
development of Scots pine and Norway spruce
seedlings. Commun. Inst. For. Fenn. 94(5):1—59.
- MUSTONEN, S. 1966. Ilmasto- ja maastotekijöiden
vaikutuksesta lumen vesiarvoon ja roudan syvyy-
teen. Summary: Effect of meteorologic and terrain
factors on water equivalent of snow cover and
frost depth. Acta For. Fenn. 79(1):1—40.
- PATRIC, J.H. 1967. Frost depth in forest soils near
Juneau, Alaska. U.S. For. Serv. Res. Note PNW-60:
1—7.
- PIERCE, R.S., LULL, H.W. & STOREY, H.C. 1958.
Influence of land use and forest condition on
soil freezing and snow depth. For. Sci. 4(3):
246—263.
- POHTILA, E. 1972. Tutkimuksia aurattujen alueiden
metsänviljelymenetelmistä Koillis-Suomessa. Tulok-
set vuosina 1967—68 tehdyistä männyn kylvö- ja
istutuskokeista. Helsingin yliopiston metsänhoito-
tieteen laitos. Tiedonantoja n:o 6:1—97.
- 1977. Reforestation of ploughed sites in Finnish
Lapland. Seloste: Aurattujen alueiden metsän-
viljely Lapissa. Commun. Inst. For. Fenn. 91(4):
1—98.
- PÄIVÄNEN, J. 1973. Harvennuksen vaikutus lumi- ja
routasuhteisiin nuorena turvemaan männikössä.
Summary: The effect of thinning on the snow
cover and soil frost conditions in a young Scots
pine stand on drained peat. Silva Fenn. 7(2):
114—128.
- RITARI, A. & LÄHDE, E. 1978. Effect of site
preparation on physical properties of the soil in a
thick-humus spruce stand. Seloste: Muokkauksen
vaikutus paksusammalkuusikon maan fysikaalisiin
ominaisuuksiin. Commun. Inst. For. Fenn. 92(7):
1—37.
- RONGE, E.W. 1928. Kort redogörelse för vissa skog-
liga försök, verkställda under åren 1914—1928 å
Kramfors Aktiebolags skogar, och resultatens
praktiska tillämpning i skogsbruket. Norrl.
Skogsv. Förb. Tidskr. för år 1928:308—356.

- SARTZ, R.S. & TRIMBLE, G.R. Jr. 1956. Snow storage and melt in a northern hardwoods forest. *J. For.* 54(8):499—502.
- SAURAMO, M. 1926. Suomen geologinen yleiskartta. Maalajikartan selitys. Lehti C 4. Kajaani.
- SEPPÄNEN, M. 1961. On the accumulation and the decreasing of snow in pine dominated forest in Finland. *Fennia* 86(1):1—51.
- 1965. Snötäcket i skogsgläntor av olika storlek. Den 4. nordiske hydrologkonferanse. Reykjavik 10.—15. august 1964.
- SILLANPÄÄ, M. 1961. Soil freezing and thawing as affected by soil moisture content and air temperature. Seloste: Maan kosteuden ja ilman lämpötilan vaikutus maan routaantumiseen ja sulamiseen. Maataloust. Aikak. 33(4):232—239.
- SIMOJOKI, H. 1960. Pysyvän lumipeitteen tulon ajan-kohta ja häviäminen. Suomen kartasto. Helsinki.
- SIMOLA, E. 1923. Huomioita viljellyn hieta-, savi- ja mutamaan kirren sulamisesta Maanviljelystaloudellisella koelaitoksella vuosina 1922 ja 1923. Suomen Maanviljelystaloudellisen koelaitoksen julkaisuja 21:1—15.
- SIMOLA, E. 1930. Kirsi- ja vajovesisuhteiden tutkimuksia Maatalouskoelaitoksella ja osittain myös muualla Suomessa vuosina 1926—1929. Referat: Bodenfrost- und Senkwasseruntersuchungen (59—61). *Valt. maatalouskoet. julk.* 30:1—61.
- SIRÉN, G. 1955. The development of spruce forest on raw humus sites in northern Finland and its ecology. Selustus: Pohjois-Suomen paksusammalkankaiden kuusimetsien kehityksestä ja sen ekologiasta. *Acta For. Fenn.* 62(4):1—408.
- SOVERI, U. 1953. Roudasta ja routivuusluokituksista. *Rak.ins.* 5—6:75—77.
- 1961. Näkökohtia roudan vaikutuksesta teiden rakentamiseen. *Terra* 73(4):183—185.
- & JOHANSSON, S. 1966. Havainnot lumesta raivatun maan routaantumisesta ja sulamisesta Suomessa vuosina 1958—1964. Summary: Observations on freezing and thawing of soil cleared of snow in Finland in 1958—1964. *Valt. Tekn. Tutkimusl. Julk.* 107:1—56.
- SOVERI, J. & VARJO, M. 1977. Roudan muodostumisesta ja esiintymisestä Suomessa vuosina 1955—1975. Summary: On the formation and occurrence of soil frost in Finland 1955 to 1975. *Vesientutkimuslaitoksen julkaisuja* 20:1—66.
- SOVERSAEV, P.F. 1962. The freezing and thawing of the soils on felled areas in the ALTI teaching and experimental forest. (Summary in English). *Lesn. Z., Arhangel'sk* 5(3):24—30 (Russ.).
- STRIFFLER, W.D. 1959. Effects of forest cover on soil freezing in northern Lower Michigan. *U.S. For. Serv. LS. Sta. Pap.* 76:1—16.
- TEIVAINEN, L. 1952. Pohjois-Suomen tuoreiden kangasmetsien kasvillisuudesta. Zusammenfassung: Über die Vegetation der frischen Heidewälder in Nordfinland. *Ann. Bot. Soc. Vanamo* 25(2): 1—168.
- TURTIAINEN, M. & VALTANEN, J. 1970. Metsäaurauksen vaikutus maan lämpötilaan. *Metsä ja Puu* 88(12):10—14.
- WALDMANN, G. 1959. Schnee und Bodenfrost als Standortsfaktoren am Gr. Falkenstein (Bayer. Wald). *Forstwiss. Cbl.* 78:98—108.
- VALMARI, A. & HEIKKINEN, K. 1971. Roudanmittausvälineitä. Maatalouden tutkimuskeskuksen Pelsonsuon hallakoeaseman toimintakertomus 1970, liite 4.
- VALTANEN, J. 1967. Metsähallinnon männynviljelytutkimus. Selustus vuodelta 1966. Moniste.
- 1970. Versosyöpä Lapin taimistojen kimpussa. *Metsä ja Puu* 88(4):7—10.
- WEITZMAN, S. & BAY, R.R. 1963. Forest soil freezing and the influence of management practices, northern Minnesota. *U.S. For. Serv. Res. Pap.* LS-2:1—8.
- VUORINEN, M. 1979. Lumipeitteen vaikutus timotein talvehtimiseen. Maatalouden tutkimuskeskus. Kainuun koeaseman tiedote 4:1—11.
- YLI-VAKKURI, P. 1960. Metsiköiden routa- ja lumisuhteista. Summary: Snow and frozen soil conditions in the forest. *Acta For. Fenn.* 71(5): 1—48.

SUMMARY

The purpose of this research was to examine snow and frost conditions in areas of clear-cut forest land ploughed in various ways or left untreated and in uncut forest. The area studied is on the hill of Kivesvaara in the commune of Paltamo (64°28' N, 27°33' E, height 200—208 m a.s.l.). The land preparation methods comprised scalping with a Sinkkilä cultivator, shoulder ploughing powered by a caterpillar tractor and complete tilling with a shoulder plough, control measurements for comparison being made in an open untreated area and an area of uncut old spruce forest (Fig. 1). The clear-cutting took place in the winter of 1973—74, ploughing in autumn 1974 and planting in spring 1976. Frost and snow readings were obtained during three successive winters beginning in autumn 1978, using a total of 40 methylene blue tubes (Fig. 3), located so as to be suitably representative of the small-scale topography of the sites concerned (Fig. 2). The tubes placed in the forest were located between the trees.

Readings were obtained at irregular intervals during the early and middle parts of the winter, but practically every day in the spring. More exact data on the melting of the snow and frost were compiled in spring 1981, including monitoring of the air temperature on two thermographs from the beginning of April onwards. The three winters differed markedly in their weather conditions. The winter of 1978—79 was very much colder than average, but normal in terms of snowfall except at the early stages, that of 1979—80 was normal in both temperature and snow conditions, and that of 1980—81 had an exceptionally high snowfall and was colder than normal.

A deep snow cover formed in all three winters, and this generally appeared before the ground had had time to freeze to any great depth. With the exception of the winter of 1978—79, frost depths in the uncut forest, untreated open area and scalped area were not very great (Fig. 5).

The amounts of snow in the forest area were some-

what smaller every year than in the untreated open area, although the difference was least pronounced in relative terms in the last winter studied, when the snowfall was greatest. Where frost occurred in the ground, this was less severe in relation to the depth of snow in the forest than it was in the untreated open area, and the ground frost both set in and thawed later in the forest area. Snow and frost conditions in the scalped areas did not differ very markedly from those in the untreated area over the period as a whole, although the scalped patches tended to suffer from more severe frost in the ground in the early winter than the ground in between.

Ploughing caused major changes in the frost and snow conditions. With the exception of the furrows, the frost extended deeper into the ground in the ploughed area than in the untreated area (Fig. 6). A clear negative correlation was found between frost depth and snow depth both in the ploughed area and in the other plots (Fig. 11).

The shoulders and unploughed areas between the tilts showed practically the same snow conditions as the untreated area, but a greater depth of frost especially on the shoulders, which also froze earlier in the autumn than the intervening ground. Even so, the frost in the ground did not attain any great depth even in these areas in the latter two winters studied. The tilts, on the other hand, possessing only a shallow snow cover, had a deep frost layer in the ground from the early winter onwards, and the frost limit extended down at least to the level of the

shoulders every winter (Fig. 7). The frost in the tilts was almost twice as deep in 1978—79 as in the other winters (max. over 70 cm). Conversely, it also thawed faster in relation to its depth in the tilts, this thawing taking place primarily from the surface (Fig. 8), an effect which generally began only after the ground was clear of snow. The difference in speed of thawing compared with the remainder of the ploughed forest land was nevertheless only a matter of a few days.

No significant differences in frost and snow conditions were found between the tilts on the completely tilled and ploughed plots and the corresponding furrows (Figs. 9 and 10), the greater scatter in the values for the complete tilling plots being due principally to the larger variation in the size of the tilts concerned.

The emergence of the ground from the snow also varied in its timing from one year to another (Fig. 12), the first bare patches to appear being on the southern margin of the forest bordering onto the open, clear-cut area. Here the first parts to be free of snow in this open area were the tilts of the ploughed and completely tilled plots. In the untreated and scalped areas the proportions of the ground lying free of snow remained low for some time, as a consequence of the flatness of the surface, whereas the last parts of the ploughed area to lose their snow cover were the furrows. The last snow of all to disappear each year was in the forest plot, where it began to melt first around the trunks of the trees and advanced towards the clearings between the foliage cover (Figs. 14 and 15).

ODC 422.11/.14+111.24+237.1/.2
ISBN 951-40-0570-8
ISSN 0015-5543

KUBIN, E. & POIKOLAINEN, J. 1982. Hakkaamattoman metsän sekä eri tavoin muokatus avohakkuualan routa- ja lumisuhteista. Summary: Snow and frost conditions in an uncut forest and open clear-cut areas prepared in various ways. *Folia For.* 518:1—24.

Snow and frost conditions in three successive winters were assessed in an untreated clear-cut area, similar areas ploughed in various ways and an area of uncut spruce forest at Kivesvaara, Paltamo (64°28'N, 27°33'E). The results, obtained using a methylene blue frost tube, show that a clear negative correlation existed between the frost and snow depths, with frost formation in the ground also being affected by the timing of the first snow in the autumn.

The uncut forest had both less snow and also less frost than did the untreated open area. Shoulder ploughing and complete tilling led to changes in the snow and frost conditions. The tilts were frozen completely every winter. With the exception of the furrows, the other parts of the ploughed areas froze to a greater depth than the untreated area.

Authors' address: The Finnish Forest Research Institute, Muhos Research Station, 91500 Muhos, Finland.

ODC 422.11/.14+111.24+237.1/.2
ISBN 951-40-0570-8
ISSN 0015-5543

KUBIN, E. & POIKOLAINEN, J. 1982. Hakkaamattoman metsän sekä eri tavoin muokatus avohakkuualan routa- ja lumisuhteista. Summary: Snow and frost conditions in an uncut forest and open clear-cut areas prepared in various ways. *Folia For.* 518:1—24.

Snow and frost conditions in three successive winters were assessed in an untreated clear-cut area, similar areas ploughed in various ways and an area of uncut spruce forest at Kivesvaara, Paltamo (64°28'N, 27°33'E). The results, obtained using a methylene blue frost tube, show that a clear negative correlation existed between the frost and snow depths, with frost formation in the ground also being affected by the timing of the first snow in the autumn.

The uncut forest had both less snow and also less frost than did the untreated open area. Shoulder ploughing and complete tilling led to changes in the snow and frost conditions. The tilts were frozen completely every winter. With the exception of the furrows, the other parts of the ploughed areas froze to a greater depth than the untreated area.

Authors' address: The Finnish Forest Research Institute, Muhos Research Station, 91500 Muhos, Finland.

Tilaan kortin kääntöpuolelle merkitsemäni julkaisut (julkaisun numero mainittava).

Please send me the following publications (put number of the publication on the back of the card).

Nimi
Name _____

Osoite
Address _____

Metsäntutkimuslaitos
Kirjasto/Library
Unioninkatu 40 A
SF-00170 Helsinki 17
FINLAND



Folia Forestalia _____

Communicationes Instituti Forestalis Fenniae _____

Huomautuksia

Remarks _____

METSÄNTUTKIMUSLAITOS

THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE

Tutkimusosastot — *Research Departments*

Maantutkimusosasto
Department of Soil Science

Suontutkimusosasto
Department of Peatland Forestry

Metsänhoidon tutkimusosasto
Department of Silviculture

Metsänjalostuksen tutkimusosasto
Department of Forest Genetics

Metsänsuojelun tutkimusosasto
Department of Forest Protection

Metsäteknologian tutkimusosasto
Department of Forest Technology

Metsänarvioimisen tutkimusosasto
Department of Forest Inventory and Yield

Metsäekonomian tutkimusosasto
Department of Forest Economics

Matemaattinen osasto
Department of Mathematics

Metsäntutkimusasemat — *Research Stations*

Parkanon tutkimusasema
Parkano Research Station
Os. — *Address:* 39700 Parkano, Finland
Puh. — *Phone:* (933) 2912

Muhoksen tutkimusasema
Muhos Research Station
Os. — *Address:* 91500 Muhos, 1 kp, Finland
Puh. — *Phone:* (981) 431 404

Suonenjoen tutkimusasema
Suonenjoki Research Station
Os. — *Address:* 77600 Suonenjoki, Finland
Puh. — *Phone:* (979) 11 741

Punkaharjun jalostuskoeasema
Punkaharju Tree Breeding Station
Os. — *Address:* 58450 Punkaharju, Finland
Puh. — *Phone:* (957) 314 142

Ojajoen koeasema
Ojajoki Experimental Station
Os. — *Address:* 12700 Loppi, Finland
Puh. — *Phone:* (914) 40 356

Kolarin tutkimusasema
Kolari Research Station
Os. — *Address:* 95900 Kolari, Finland
Puh. — *Phone:* (995) 61 401

Rovaniemen tutkimusasema
Rovaniemi Research Station
Os. — *Address:* Eteläranta 55
96300 Rovaniemi 30, Finland
Puh. — *Phone:* (991) 15 721

Joensuun tutkimusasema
Joensuu Research Station
Os. — *Address:* PL 68
80101 Joensuu 10, Finland
Puh. — *Phone:* (973) 28 311

Ruotsinkylän jalostuskoeasema
Ruotsinkylä Tree Breeding Station
Os. — *Address:* 01590 Maisala, Finland
Puh. — *Phone:* (90) 824 420

Kannuksen energiametsätoimipiste
Kannus Energy Forest Station
Os. — *Address:* 69100 Kannus, Finland
Puh. — *Phone:* (968) 71 161

- No 494 Vanhanen, Heidi & Pajunen, Leevi: Metsurin työvälinekustannukset 1980.
Forest workers' equipment costs in Finland in 1980.
- No 495 Huttunen, Terho: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase 1979—81.
Wood consumption, total drain and forest balance in Finland, 1979—81.
- No 496 Heikka, Timo & Piirainen, Kimmo: Pienhakkureiden voimankäyttö.
Power consumption of small chippers.
- No 497 Heikkilä, Risto: Männyn istutustaimikkojen tuhot Pohjois-Suomessa.
Damage in Scots pine plantations in northern Finland.
- No 498 Rantamaula, Jari: Hakkuutähteiden haketus kevyellä kalustolla.
Chipping logging residues with light-weight equipment.
- No 499 Järveläinen, Veli-Pekka: Hakkuukäyttäytyminen yksityismetsälöillä.
Cutting behaviour in Finnish private woodlots.
- 1982
- No 500 Puu energiaraaka-aineena. Kokoussitelmät.
Wood as a raw material for energy production. Symposium papers.
- No 501 Kärkkäinen, Matti: Pölkyittäinen kuitupuun mittaaminen.
Measurement of pulpwood by the bolt.
- No 502 Etholén, Kullervo & Huuri, Leena: Visakoivua käsittelevä kirjallisuus.
Bibliography on curly birch, *Betula pendula* var. *carelica* (Mercklin).
- No 503 Löyttyniemi, Kari: Männyntaimikkojen hirtävahingot 1950-luvun alussa.
Moose (*Alces alces*) damage in young pine stands in Finland at the beginning of the 1950's.
- No 504 Valsta, Lauri: Istutuskuusikon kasvustiheyksien liiketaloudellinen vertailu.
Profitability comparison of growing densities in spruce plantations.
- No 505 Pētāstō, Raija-Liisa: Juurten leikkaamisen jälkeinen sienitautiriski havupuun taimilla taimitarhalla.
Risk of fungal infection on coniferous seedlings after root pruning in forest nurseries.
- No 506 Eeronheimo, Olli: Tapio-kuormainharvesteri maataloustraktorissa.
Farm tractor mounted Tapio tree harvesting head.
- No 507 Puro, Tiina: Lannoitusajan kohdan merkitys eri puulajien kasvureaktiossa.
Effect of fertilization time on growth reaction of different tree species.
- No 508 Jokinen, Pekka & Kellomäki, Seppo: Havaintoja metsikön kasvutiheyden vaikutuksesta runkojen oksaisuuteen varttuneissa männyn taimikoissa.
Observations on the effect of spacing on branchiness of Scots pine stems at pole stage.
- No 509 Oker-Blom, Pauline & Kellomäki, Seppo: Metsikön tiheyden vaikutus latvuksen sisäiseen valoilmastoon ja oksien kuolemiseen. Teoreettinen tutkimus.
Effect of stand density on the within-crown light regime and dying-off of branches. Theoretical study.
- No 510 Metsätalastollinen vuosikirja 1981.
Yearbook of Forest Statistics 1981.
- No 511 Pelkonen, Heikki, Tuomi Pertti & Valtanen, Jukka: Männyn viljelytaimikoiden kunto 10 vuoden iällä Taivalkoskella.
Survival of pine on reforested sites in northern Finland.
- No 512 Annala, Erkki: Landaanin käyttö männyn paperikenttöimien suojaamiseksi tukkimiehentäin tuhoilta.
Lindane treatment against *Hyllobius* damage on Paper pot seedlings of Scots pine.
- No 513 Kalaja, Hannu & Rantamaula, Jari: Junkkari laikkahakkurit.
Junkkari disc chippers.
- No 514 Kärkkäinen, Matti & Salmi, Juhani: Kuitupuupinojen painuminen.
Shrinkage of pulpwood piles.
- No 515 Kärkkäinen, Matti & Uusvaara, Olli: Nuorten mäntyjen laatuun vaikuttavia tekijöitä.
Factors affecting the quality of young pine stands.
- No 516 Päivänen, Juhani: Hakkuun ja lannoituksen vaikutus vanhan metsäojitusalueen vesitalouteen.
The effect of cutting and fertilization on the hydrology of an old forest drainage area.
- No 517 Sepponen, Pentti, Laine, Lalli, Linnilä, Kimmo, Lähde, Erkki & Roiko-Jokela, Pentti: Metsätyypit ja niiden kasvillisuus Pohjois-Suomessa. Valtakunnan metsien III inventoinnin (1951—1953) aineistoon perustuva tutkimus.
The forest site types of North Finland and their floristic composition. A study based on the III National Forest Inventory (1951—1953).
- No 518 Kubin, Eero & Poikolainen, Jarmo: Hakkaamattoman metsän sekä eri tavoin muokatun avohakkuualan routa- ja lumisuhteista.
Snow and frost conditions in an uncut forest and open clear-cut areas prepared in various ways.

Metsäntutkimuslaitoksen julkaisusarjoja, *Communications Instituti Forestalis Fenniae* ja *Folia Forestalia*, koskevat yksittäiskappaletilaukset ja vaihtotarjoukset osoitetaan laitoksen kirjastolle. Tiedonantomonisteita koskevat pyynnöt osoitetaan ao. tutkimusosastolle tai -asemalle.

Subscriptions concerning single copies of the publications, as well as exchange offers, can be addressed to the Library of the Institute.

Myynti: Valtion painatuskeskus, Annankatu 44, 00100 Helsinki 10, puh. (90) 17 341

ISBN 951-40-0570-8
ISSN 0015-5543