

# ACTA FORESTALIA FENNICA

181

LEHVÄSTÖRUIKUTUKSEN AJOITUS  
KASVUKAUDEN AIKANA

*THE TIMING OF FOLIAGE SPRAYING DURING  
THE GROWING SEASON*

**Eljas Pohtila & Tapani Pohjola**



SUOMEN METSÄTIETEELLINEN SEURA 1983

ACTA FORESTALIA FENNICA  
181  
1983  
Suomen Metsätieteellisen Seuran julkaisusarjat  
Suomen metsätaloutta ja sen perusteita käsitteleviä tieteellisiä tutkimuksia. Ilmestyy epäsäännöllisin väliajoin niteinä, joista kukin käsittää yhden tutkimuksen.  
SILVA FENNICA. Sisältää etupäässä Suomen metsätaloutta ja sen perusteita käsitteleviä kirjoitelmia ja lyhyehköjä tutkimuksia. Ilmestyy neljästi vuodessa.  
Tilaukset ja julkaisuja koskevat tiedustelut osoitetaan seuran toimistoon, Unioninkatu 40 B, 00170 Helsinki 17.

### **Suomen Metsätieteellisen Seuran julkaisusarjat**

ACTA FORESTALIA FENNICA. Sisältää etupäässä Suomen metsätaloutta ja sen perusteita käsitteleviä tieteellisiä tutkimuksia. Ilmestyy epäsäännöllisin väliajoin niteinä, joista kukin käsittää yhden tutkimuksen.

SILVA FENNICA. Sisältää etupäässä Suomen metsätaloutta ja sen perusteita käsitteleviä kirjoitelmia ja lyhyehköjä tutkimuksia. Ilmestyy neljästi vuodessa.

Tilaukset ja julkaisuja koskevat tiedustelut osoitetaan seuran toimistoon, Unioninkatu 40 B, 00170 Helsinki 17.

### **Publications of the Society of Forestry in Finland**

ACTA FORESTALIA FENNICA. Contains scientific treatises mainly dealing with Finnish forestry and its foundations. The volumes, which appear at irregular intervals, contain one treatise each.

SILVA FENNICA. Contains essays and short investigations mainly on Finnish forestry and its foundations. Published four times annually.

Orders for back issues of the publications of the Society, and exchange inquiries can be addressed to the office: Unioninkatu 40 B, 00170 Helsinki 17, Finland. The subscriptions should be addressed to: Academic Bookstore, Keskuskatu 1, SF-00100 Helsinki 10, Finland.

## **LEHVÄSTÖRUISKUTUKSEN AJOITUS KASVUKAUDEN AIKANA**

Eljas Pohtila ja Tapani Pohjola

*Summary*

*THE TIMING OF FOLIAGE SPRAYING DURING THE GROWING SEASON*

Tutkimuksessa pyrittiin määrittämään lehvätöruiskutuksiin vuosittain käytettävissä oleva aika perattaessa mäntyvaltaisia taimikoita. Tutkimus tehtiin 9:llä eri puolille Suomea perustetulla koekentällä. Koeruiskutukset tehtiin läpi kasvukauden DM:illä, MCPA:lla ja ROUND-UPilla. Tulokset inventoitiin vuoden kuluttua ruiskutuksista. Päätulokset olivat seuraavat:

1. Sekä lehtipuukasvustojen tuhoutumisessa että männyn taimien säilymisessä oli suuria ruiskutusajankohdasta johtuvia eroja. Lehtipuukasvustojen tuhoutumista vältettiin yleensä myös männyn taimia.
2. DM:n ja MCPA:n tehon vaihtelussa havaittiin kynnyiskohtia, joiden avulla ruiskutukset on mahdollista ajoittaa siten, että vioitukset männynissä jäävät hyvin lieviksi, mutta lehtipuukasvustot tuhoutuvat lähes kokonaan. ROUND-UPilla tulokset vaihtelivat mm. saiteiden vaikutuksesta niin paljon, ettei tällaisia kynnyiskohtia voitu määrittää. Sekä teho lehtipuihin että vioitukset mäntyihin olivat viimeksi mainitulla valmisteella myös lievempiä kuin muilla.
3. Männyn saavuttivat hyvän torjunta-ainekestävyyden Sodankylässä kasvukauden tehoisan lämpösunnan ollessa 550, mutta Punkaharjulla vasta sen ollessa 850. Kestävyyteen vaikutti taimien siemenalkuperä. Männynsäilytyksen kynnyslämpösummat olivat keskimäärin 70–74 % siemenen kotipaikkakunnan kasvukauden lämpösunnan pitkän ajan keskiarvosta. Teho lehtipuihin heikkeni vastaavasti, kun 91–100 % paikkakunnan keskimääräisestä kasvukauden lämpösunnasta täyttyi.
4. Mäntynsäilytyksen seurasi tietyllä viiveellä kasvaimen puutumista ja neulasten pituuskasvun päättymistä. Ruskan tulo syksyllä lopetti tehon lehtipuihin.

An attempt was made in the study to determine the annual periods available for foliage spraying when cleaning pine-dominant seedling stands. The study was made in nine experimental fields which were established in different parts of Finland. The trial spraying treatments were applied throughout the growing season by DM, MCPA and ROUNDUP. The results were inventoried one year after the spraying treatments. The main results were the following:

1. There were big differences in both the destruction of hardwood sprouts and in the survival of pine seedlings due to the time period of the spraying treatment.
2. Threshold points were observed in the range of effect of DM and MCPA. By means of these it is possible to time the spraying treatments in such a way that there remains only very slight damage to pine, but hardwood sprouts are destroyed totally. The results varied with the ROUNDUP so much, among other things due to rain, so that such threshold points could not be determined. The last mentioned preparation both had a milder effect on hardwood seedlings and caused slighter damage to pine than the other preparations.
3. In Sodankylä the pines attained a good resistance to arboricides when the efficient temperature sum of the growing season was 550, but in Punkaharju only when it was 850. The seed provenance of the seedlings had an effect on the resistance. The threshold temperature sums of the resistance in pine were on the average 70–74 % from the long-term average number of degree days at the origin of the seed. The effect on the hardwood trees grew respectively weaker as 91–100 % of the long-term average was filled.
4. Resistance in pine followed with a specific lag the lignification of the shoot and the ceasing of the lignification of the shoot and the ceasing of the lengthening of the needles. The season of colourful leaves in the autumn checked the effect on the hardwood trees.

## SISÄLLYS

1. JOHDANTO .....	5
2. AINEISTO JA TUTKIMUSMENETELMÄT .....	6
21. Tutkimusalueet .....	6
22. Koelajastelyt .....	8
23. Koetulosten inventointi .....	8
24. Tulosten analysointi .....	9
25. Tutkimusvuosien sää ja kasvukauden eteneminen kokeen perustamiskesänä .....	9
3. LEHTIPUUKASVUSTOJEN TUHOUTUMINEN .....	12
31. Koivu .....	12
32. Haapa .....	12
33. Pihlaja .....	12
34. Lehtipuusto keskimäärin .....	13
4. VESAKONTORJUNTA-AINEIDEN VAIKUTUS MÄNNYNTAIMIIN .....	16
41. Taimien kunto ja pituuskasvu .....	16
42. Vikojen ilmeneminen .....	16
5. OPTIMIAJANKOHDAN MÄÄRITTÄMINEN .....	21
51. Suurin hyöty .....	21
52. Optimin määrittäminen kasvukauden ilmastollisen etenemisen perusteella .....	22
53. Optimin määrittäminen puista mitattujen tunnusten perusteella .....	24
6. TULOSSIIN VAIKUTTAVIA KONTROLLOIMATTOMIA TEKIJÖITÄ .....	26
61. Ruiskutushetken sää .....	26
62. Siemenen alkuperä .....	26
7. TULOJEN TARKASTELUA .....	28
KIRJALLISUUS .....	31
SUMMARY .....	32

## 1. JOHDANTO

Pyrittäessä havupuuvältaisten metsiköiden runkopuun tuotoksen nopeuttamiseen ja kohottamiseen on taimikkovaiheen aikainen etukasvuisten lehtipuiden perkaus tärkeä tehtävä, jonka laiminlyönti voi aiheuttaa suuria menetyksiä. Keskustelua on käyty siitä, kuinka perusteellinen perkauksen tulisi olla, ts. kuinka tyystin sekapuustoksi tarjolla oleva lehtipuuaines pitäisi taimikoista poistaa (Mielikäinen 1980). Kokeelliset tutkimukset eri periaateratkaisuista ovat vasta alussa (Jakkila & Pohtila 1978). Metsien uudistamistoiminnan tuloksena on syntynyt niin suuri määrä perkausta vaativia taimikoita, että mekaanisia, vesurilla tai raivaussahalla tehtäviä, puuyksilöittäin eteneviä perkausmenetelmiä ei ole pidetty käytännössä riittävinä, vaan on turvauduttu kemiallisiin lehvästöruiikutuksiin, jotka onnistuessaan johtavat lehtipuukasvustojen totaaliseen tuhoutumiseen. Perkaustarpeen kasvuun on vaikuttanut paljaaksihakkuiden ja maanmuokkauksen yleistyminen.

Taimikonhoitotöitä tehtiin Suomessa vuosina 1975–1979 n. 400 000 ha/v. Kemiallisia vesakontorjunta-aineita käytettiin kaikkiaan n. 15 %:lla ja vesakontorjunta-aineiden lentoruiikutusta n. 3–5 %:lla taimikonhoitopinta-alasta. Kemialliset vesakontorjuntamenetelmät ovat vaihdelleet eri aikoina ja eri omistajaryhmissä. Suurmetsätaloudessa on yleensä pyritty ilma-aluksista tapahtuviin lehvästöruiikutuksiin. Myös käytetyt kemikaalit ovat vaihdelleet. Alalla tapahtuneesta kehityksestä ovat tehneet selkoa mm. Rummukainen (1969, 1972, 1977), Ruokonen (1975), Etholén (1975, 1976) ja Meriluoto (1980). Perusteellisia tarkasteluja sisältyy myös eräisiin julkaisemattomiin opinnäytetöihin (Huitu 1970, Lampén 1974, Frölander-Ulf 1977, Helin 1977 ja Vesterinen 1979).

Lehvästöruiikutuksia on jouduttu rajoittamaan lähinnä niitä vastustavan yleisen mielipiteen vuoksi. Käytetyistä kemikaaleista on epäilty aiheutuvan terveydellisiä ja monenlaisia ympäristöhaittoja (ks. Lääkintöhallituk-

sen . . . 1980). Lentoruiikutusten yleistyessä on käynyt myös ilmi, että kemiallisia vesakontorjuntamenetelmiä ei vielä hallita riittävän hyvin, jotta haluttu taimikonhoitovaikutus aina varmasti saavutettaisiin. Etenkin vuosina 1976–1977 tehtyjen lentoruiikutusten jäljiltä havaittiin runsaasti havupuiden taimien vaurioitumista. Myöskään lehtipuu- kasvustojen tuhoutuminen ei ollut kaikissa tapauksissa toivotun kaltaista. Näitä tapauksia on selvitetty lähemmin Lyly (1979). Järjestelmällisten kokeellisten tutkimusten puuttuessa varmuutta parhaasta kemiallisen torjunnan käyttöajasta ei ole syntynyt.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli määrittää entistä luotettavammin kemialliseen lehvästöruiikutukseen normaalisti kasvukauden aikana käytettävissä oleva aika. Toisaalta pyrittiin määrittämään Suomen olosuhteissa se kynnyskohta, jossa männyn taimien kestävyys vesakontorjunta-aineita vastaan olennaisesti lisääntyy ja vahingot jäävät käytännön kannalta mahdollisimman pieniksi, toisaalta määrittämään takaraja, jonka jälkeen kemikaalit eivät enää riittävästi tehoa lehtipuu- kasvustoihin.

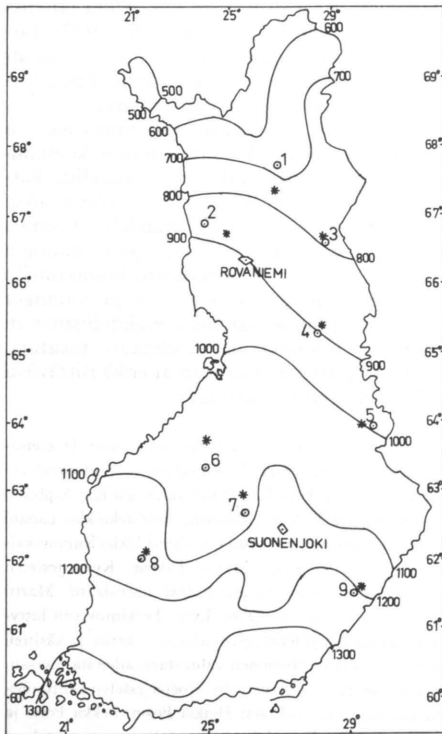
Tutkimus tehtiin Metsäntutkimuslaitoksen ja metsähallituksen yhteistyönä. Tutkimuksen suunnittelivat yhdessä seuraavat henkilöt: ylimetsänhoitaja Kaj Asplund, metsänhoitaja Kullervo Etholén, metsäteknikko Tapani Pohjola, tohtori Eljas Pohtila, maisteri Ukko Rummukainen ja metsänhoitaja Seppo Takoja. Koejärjestelyn suunnitteluun osallistuivat lisäksi lisensiaatti Martti Ryyänen ja maisteri Olavi Lyly. Tutkimukseen liittyvän säätilaston ja fenologisen aineiston keräsi ja käsittelevä vastasivat työnjohtajat Heikki Posio, Pekka Pullo ja Pekka Voipio. Koetulosten inventoinnin suunnittelivat Pohjola ja Pohtila. Inventointiryhmiä johtivat Pohjois-Suomessa Pullo ja Etelä-Suomessa Lyly. Tulosten analysoinnin ja käsikirjoituksen tekivät Pohjola ja Pohtila. Metsäntutkimuslaitoksen ja metsähallituksen välisinä yhdyshenkilöinä tutkimuksen aikana toimivat ylitarkastajat Björn Finne ja Paavo Hokka.



## 2. AINEISTO JA TUTKIMUSMENETELMÄT

### 21. Tutkimusalueet

Tutkimusalueet valittiin metsähallituksen vuonna 1979 lentoruiskutettavaksi tarkoitettua taimikonhoitokohteista. Alueita valittiin kaikkiaan yhdeksän eri puolilta Suomea mahdollisimman läheltä Ilmatieteen laitoksen säähavaintoasemia (kuva 1). Etäisyydet säähavaintoasemiin vaihtelivat 6 km:stä 48



Kuva 1. Tutkimusalueiden sijainti: 1. Sodankylä, 2. Salla, 3. Kolari, 4. Taivalkoski, 5. Kuhmo, 6. Lestijärvi, 7. Konginkangas, 8. Parkano, 9. Punkaharju. Lähimmät säähavaintoasemat on merkitty tähdellä.

Figure 1. Location of the research areas: 1. Sodankylä, 2. Salla, 3. Kolari, 4. Taivalkoski, 5. Kuhmo, 6. Lestijärvi, 7. Konginkangas, 8. Parkano, 9. Punkaharju. The nearest climatic stations are indicated by asterisks.

km:iin. Alueiden korkeus merenpinnasta vaihteli välillä 110–280 m ja keskimääräinen tehoisan lämpötilan summa välillä 742–1 233 d.d. (liite 1). Sallan ja Taivalkosken alueet sijaitsevat tyyppisissä pohjoissuomalaisessa vaaramaisemassa. Sodankylän, Pellon ja Kuhmon alueet ovat loivasti viettävää kangasta. Lestijärven alue sijaitsee Pohjanmaan karulla vedenjakajaseudulla. Konginkankaan, Parkanon ja Punkaharjun alueet ovat tyyppistä pienikuvioista etelä-suomalaista mäkimaisemaa, jossa pienet notkelmat ja kummut vaihtelevat tiheään.

Metsätyypiltään alueet kuuluvat keskimäärin tuoreisiin (HMT, VMT ja MT) ja kuivahkoihin (EVT ja VT) kankaisiin. Maapohjaltaan alueet kuuluvat moreenimaihiniin, joiden kivisyys vaihtelee suuresti. Sodankylän, Sallan, Taivalkosken, Kuhmon ja Parkanon alueet ovat vähäkivisiä, Pellon, Lestijärven, Konginkankaan ja Punkaharjun kivisiä tai erittäin kivisiä.

Ennen hakkuuta alueet olivat olleet kuusivaltaisia sekametsiä lukuunottamatta Konginkankaan aluetta, jossa oli ollut mäntyvaltainen sekametsä. Paljaasihakkuu oli tapahtunut vuosina 1961–1974. Alueet oli ennen viljelystä raivattu tyydyttävästi. Sodankylän alueelle oli jätetty verhopuustoksi ryhmittäin hieskoivuja n. 50 kpl/ha ja ainespuuksi kelpaamattomia kuusia n. 20 kpl/ha, joiden keskipituus vaihteli 4–10 metriin.

Viljely oli tapahtunut aurattuun tai laikutettuun maahan (kuva 2). Pohjois-Suomessa oli käytetty Taivalkoskea lukuunottamatta auruusta ja Etelä-Suomessa Parkanoa lukuunottamatta laikutusta. Männyt oli istutettu vuosina 1964–1975 käyttäen paljasjuurisia- ja paakkutaimia. Taivalkosken alue oli istutettu vuonna 1964 ja täydennetty vuonna 1972. Muilla alueilla taimien ikä vaihteli 5–11 vuoteen. Viljeltäessä oli käytetty sekä kotimaisia että ruotsalaisia alkuperiä. Viljelypaikan ja siemenen kotipaikan keskimääräiset tehoisan lämpötilan summat poikkesivat alueittain toisistaan  $-106$ – $+32$  d.d.

Taimien määrä puulajeittain vaihteli eri tutkimusalueilla suuresti (kuva 3). Sallan, Taivalkosken ja Punkaharjun alueilla män-

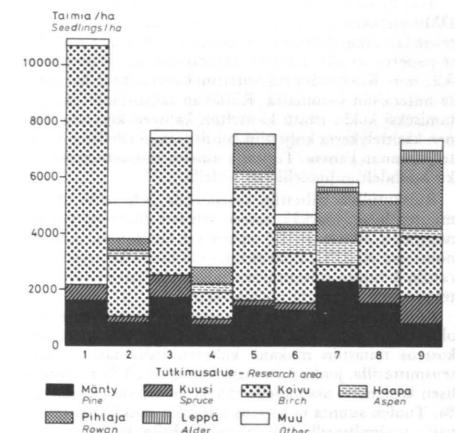


Kuva 2. Näkymä Sodankylän tutkimusalueelle.

Figure 2. A view to the Sodankylä research area.

nyntaimien määrä jäi alle 900 kpl/ha. Muilla tutkimusalueilla taimimäärät vaihtelivat 1 280–2 250 kpl/ha. Pienimpiä olivat taimet Sodankylässä, Kuhmassa, Lestijärvellä ja Parkanossa, jossa männyntaimien keskipituus vaihteli 0,6–1,1 metriin. Sallan, Kolarin, Taivalkosken, Konginkankaan ja Punkaharjun alueilla taimien keskipituus vaihteli 1,4–2,4 metrin välillä. Luontaisesti syntyneitä kuusentaimia oli kaikilla alueilla. Eniten niitä oli Punkaharjulla, yhteensä 960 kpl/ha. Kuusentaimet olivat yleensä mäntyjen kokoisia ja täydentäviksi taimiksi sopivia.

Poistettavien lehtipuiden määrä vaihteli välillä 3 000–8 000 kpl/ha. Vähiten lehtipuustoa oli Sallan, Taivalkosken ja Lestijärven alueilla. Kooltaan lehtipuut olivat havupuiden taimien kokoisia tai niitä suurempia. Puuston kokonaiskuutiomäärät vaihtelivat alueittain välillä 1–4 m<sup>3</sup>/ha.



Kuva 3. Puulajeittaiset taimimäärät eri tutkimusalueilla. Alueet nimetty kuvassa 1.

Figure 3. Average seedling numbers of the research areas. Research areas are named in Figure 1.

## 22. Koejärjestely

Kokeet perustettiin kesällä 1979 ja toistettiin eräiltä osiltaan seuraavana kesänä kolmella pohjoisimmalla alueella. Viiden pohjoisimman alueen perustamistyöt tehtiin Metsäntutkimuslaitoksen Rovaniemen tutkimus- asemalta käsin ja neljän eteläisimmän Suomenjoen tutkimus- asemalta.

Tutkimusalueet jaettiin 30 m × 90 m = 0,27 ha:n ruutuihin, joihin arvottiin ensin käsittelyajankohdat, käsittelemätön kontrolliruutu ja erilliskokeitten ruutu. Tämän jälkeen kukin käsittelyajankohdaruutu jaettiin arpoen kolmeksi 30 m × 30 m = 0,09 ha suuruisiksi ruuduksi eri torjunta-aineiden kesken.

Kokeissa käytettiin kolmea viime vuosina yleisimmin käytettyä kemiallista vesakontorjunta-ainetta: DM, MCPA ja ROUNDUP. DM:ssä oli tehoaineena 2,4-D:tä 333 g/l ja MCPA:ta 167 g/l. Vastaavasti MCPA:ssa oli MCPA:ta 500 g/l. Molemmat tehoaineet olivat iso-oktyyliesterinä. ROUNDUPin tehoaine oli glyfosaattia 360 g/l. DM:ää ja MCPA:ta käytettiin 4 litraa hehtaarille ja ROUNDUPia 1,5 litraa. Vettä käytettiin kaikilla alueilla 100 l/ha. Mitään lisäaineita ei käytetty.

Torjunta-aineita ruiskutettiin 14–15 kertaa kasvukauden eri aikoina kaikille tutkimusalueille seuraavina ajankohtina:

1. Kun koivun lehti oli puhjennut hiirenkorvalle.
2. Kun männyn pituuskasvu oli selvästi käynnissä, mutta vielä kuitenkin kesken.
3. Kun männyn pituuskasvu oli päättyneenä ja silmun muodostuminen alkamassa.
- 4.–15. Heinäkuun ensimmäisestä viikosta alkaen viikon välein syyskuun puoleenväliin asti.

Pohjois-Suomen tutkimusalueilla (1–5) käsittelykertoja oli neljätoista ja Etelä-Suomen tutkimusalueilla (6–9) viisitoista.

Torjunta-aineet levitettiin japanilaisilla KYORITSU DM9-merkkisillä moottoriselkäräiskävyillä, pyrkien jäljittelemään ilma-aloista tapahtuvaa levitystä. Kromekote-paperin avulla mitattu pisarakoko oli keskimäärin 0,22 mm. Koeruudut ruiskutettiin kauttaaltaan havupuita mitenkään varomatta. Riittävän tasaisuuden saavuttamiseksi kukin ruutu käsiteltiin kahteen kertaan. Toinen käsittelykerta kuljettiin kohtisuoraan edellisen käsittelysuunnan kanssa. Torjunta-aineita vaihdettaessa ruiskun huuhdeltiin huolellisesti vedellä.

Ruiskutuksia vältettiin vesisateella, lehvästön ollessa muuten hyvin märkää, sateen selvästi uhatessa, tuulen nopeuden ollessa yli 2,5 m/sek tai lämpötilan varjossa noustessa yli 25°C. Epävakaalla säällä sen kehitystä seurattiin 4 tuntia ruiskutuksen jälkeen ja sateen sattuessa tehtiin siitä merkintä pöytäkirjaan.

Ruiskutus hetken ilman lämpötila mitattiin varjossa olevasta tarkkuuslämpömittarista. Ilman suhteellinen kosteus mitattiin mukana kuljetettavalla tarkkuuskosteusmittarilla, jonka mittaus tarkkuus oli 25 %:n suhteellisen kosteuden alapuolella ±5 % ja sen yläpuolella ±3 %. Tuulen suunta ja nopeus mitattiin sähköisesti toimivalla tuulimittarilla. Havaintoja tehtiin 10 kpl puolen minuutin välein. Lisäksi kirjattiin havainto säätyypistä.

Käytettyä yleisruiskutusmenetelmää (KYORITSU DM-9) kontrolloitiin tekemällä jokaisen ruiskutuskerran yhteydessä puukohtainen ruiskutus eläinlääkärien käyttämällä injektoriruiskulla erilliskokeitten ruudussa. Sieltä

valittiin kolme havu- ja lehtipuuta, jotka merkittiin nimisäleillä. Puut ruiskutettiin kokeessa käytetyllä DM/vesiseoksella. Jokaiselle puulle, koosta riippumatta, annettiin 10 ml:n annos. Ruiskutus tehtiin neljästä eri suunnasta (2,5 ml) noin puolen metrin etäisyydeltä latvustosta.

Jokaisen ruiskutuskerran yhteydessä tehtiin fenologisia havaintoja kasvukauden etenemisestä. Tätä varten jokaiselta alueelta valittiin männystä, kuusista ja koivuista viisi koepuuta lajinsa edustajiksi. Kaikista puista mitattiin pituuskasvun kehitys 1 cm:n tasaavaa luokitusta käyttäen. Männyllä silmu mitattiin erikseen 1 mm:n tasaavaa luokitusta käyttäen. Paksuuskasvu mitattiin männystä ja kuusista työntötkillä 0,1 mm:n tarkkuudella puiden tyveen merkitystä mittauskohdasta. Neulasten pituus mitattiin kehitysvästä vuosikasvusta viidestä neulasparista viivaimella 1 mm:n tarkkuudella.

Neulasten pituutta (Rummukainen 1982) mitattiin kultakin alueelta 10 koepuusta jousiperiaatteella toimivalla Nisula-mittarilla. Jokaisella mittauskerralla vedettiin koepuista irti kolme neulasparia kehittyvän kasvainmen eteläpuolelta, yksi pari yläosasta kasvainta, yksi keskeltä ja yksi alaosasta. Mittaustarkkuutena oli 5 pondia.

Männyn vuosikasvaimen puutumisen seurantaan varren kultakin alueelta otettiin viikottain viidestä terveestä yksilöstä viimeinen vuosikasvain, joka toimitettiin jäädytettynä pikalähetyksenä Kolarin tutkimusasemalle, missä se välittömästi analysoidtiin. Kasvainet halkaistiin ja käsiteltiin ensin suolahapolla ja heti perään fluorogluonolilla. Tällöin solukot, joissa ligniiniä oli jo muodostunut, värjäytyivät punaisiksi. Kasvainen ja värjäytyneen osan pituus mitattiin 1 mm:n tarkkuudella. Mittaustuloksen perusteella laskettiin puutuneen osan (värjäytyneen) suhteellinen osuus kasvainen pituudesta.

Koivun lehtikannoista kerättiin näytteitä viikottain heinäkuun alusta lähtien. Värjätystä mikroskooppileikeistä pyrittiin määrittämään irtoamisvyöhykkeet (Pyykö 1975, s. 214) ja ajankohta, jolloin yhteys lehden ja puun välillä katkesi.

Noin 10 cm:n pituiset, kolmen lehdykän näytteet otettiin viiden koivun latvaosasta edellisen vuoden kasvaimista. Näytteet pantiin koeputkeen, joka täytettiin FAA-liuoksella.

## 23. Koetulosten inventointi

Vesakontorjunta-aineiden vaikutuksen selvittämiseksi koealat inventoitiin perustamista seuraavana kesänä. Jokaisen 30 m × 30 m suuruisen koeruudun keskelle sijoitettiin 2–3 aarin suuruinen ympyräkoela. Koealoilta luettiin kaikki puusto puulajittain ja syntytavoittain. Alle 0,5 m:n pituisia lehtipuita ja alle 0,1 m:n havupuita ei luettu.

Taimista mitattiin pituus 1 dm:n tarkkuudella, viimeinen vuosikasvain 1 cm:n tarkkuudella ja tyvläpimittä (d<sub>0</sub>) 1 mm:n tarkkuudella.

Puukohtaisesti arvioitiin taimien yleiskunto siten, että normaalien taimistotuhojen ja torjunta-ainekäsittelyjen aiheuttama kunnan aleneminen yhdistettiin. Torjunta-aineiden ja taimistotuhojen yhteisvaikutus arvioitiin käyttäen seuraavaa luokitusta:

- 0 terve taimi
- 1–2 vaikutus havaittavissa
- 3–4 heikentyneet
- 5–6 kituva
- 7–8 kuolemallaan
- 9 kuollut

Taimissa esiintyvät viat ja torjunta-aineiden vaikutus luokiteltiin ilmenemismuodon ja aiheuttajien mukaan.

## 24. Tulosten analysointi

Tutkimusalueiden puustosta laskettiin taksatoriset tunnukset jokaiselle puulajille alueittain ja ruuduittain. Taimet kuutiottiin kartioina.

Taimien kunto, viat ja niiden aiheuttajat laskettiin ruutukohtaisesti kpl/ha ja % taimimäärästä. Eräissä tarkasteluissa tutkimusalueet 1–5 ja 6–9 yhdistettiin ja näistä muodostettiin Pohjois- ja Etelä-Suomen alueistot.

Kasvukauden etenemistä kuvaavista havainnoista laskettiin puukohtaiset ja aluekohtaiset keskiarvot. Kasvainmen, neulasten ja silmun pituuskasvun alkamis- ja loppusajakohdat sekä kasvainmen puutumisen päättymisen määritettiin graafisesti. Koska päättymisajankohdan tarkka määrittäminen oli vaikeaa, käytettiin ”päättymisenä” neulasten pituuskasvussa ja kasvainmen puutumisessa sitä taitekohtaa, jonka jälkeen kasvu tai kehitys asymptoottisesti lähenee loppuaan. Kasvain oli tuolloin keskimäärin jo 90 %:sti puutunut ja neulasten kasvanut 98 % pituus- kasvustaan. Vastaavat standardipoiikkeamat olivat 3 ja 2 %-yksikköä.

Lämpösummat laskettiin ”degree days” -periaatteella Ilmatieteen laitoksen päivittäisistä havainnoista käyttäen kynnysarvoa +5°C. Ne siirrettiin sääasemilta tutkimusalueille tekemällä korkeuden ja etäisyyden huomioon ottava korjaus Järven esittämällä tavalla (Heikurainen 1973). Sade mitattiin sääasemilla, ruiskutus hetken kesto- ja lämpötila tutkimusalueilla.

Puista mitatuilla tunnuksilla ja säähavainnoilla pyrittiin selittämään männyntaimien elonjäämistä ja lehtipuiden kuolleisuutta käyttäen korrelaatio- ja regressio-analyysejä.

Optimiruiskutusajankohta, jolloin männyt kestävät torjunta-aineita ja lehtipuut eivät kestä, määritettiin alueittain graafisesti. Myös laskennallisia menetelmiä kokeiltiin.

## 25. Tutkimusvuosien sää ja kasvukauden eteneminen kokeen perustamisesä

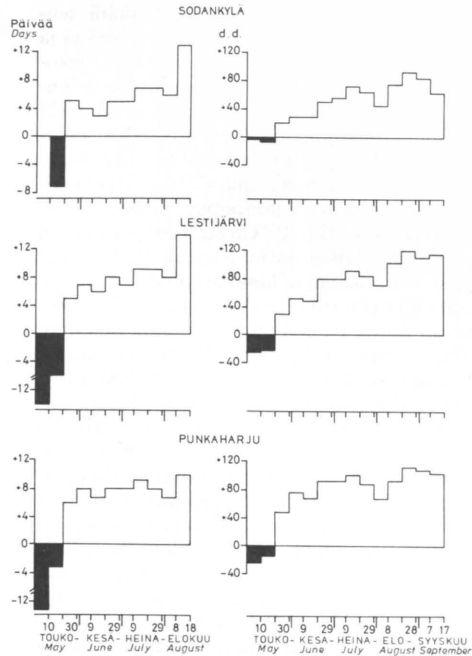
Kokeen perustaminen osui verrattain suotuisaan ilmastojaksoon. Kokeen perustamista edeltänyt kesä 1978, jonka olosuhteet saattoivat vaikuttaa taimien seuraavan kesän torjunta-ainekestävyyteen, oli keskimääräistä hieman viileämpi (taulukko 1). Seuraavat kaksi kesää olivat taas keskimääräistä lämpimämpiä. Kesä 1980 oli lisäksi poikkeuksellisen vähäsateinen.

Kokeen perustamisesä 1979 säää seurattiin yksityiskohtaisesti. Se alkoi viileänä ja sateisena koko maassa. 14. päivänä toukokuuta satoi Lapissa vielä runsaasti uutta lunta. Lunta oli toukokuun puolivälissä vielä Koillis-Pohjanmaallakin. Kuu-kauden päättyessä lunta oli enää tunteureilla. Toukokuun puolivälissä Suomeen saapui lämmin lounainen ilmavirtaus ja lämpötilat nousivat sisämaassa yleisesti n. 25°C:een. Lämpösumman kertyminen alkoi ensimmäisenä Parkanossa, jossa vuorokauden keskilämpötila ylitti ensimmäisen kerran +5°C 6. päivänä toukokuuta (kuva 4). Sodankylässä tämä raja-arvo ylityi vasta 30. 5., jolloin lämpösummaa oli Parkanossa kertynyt jo 160 d.d. Sää pysyi normaalia tuntuvasti lämpimämpänä ja selkeänä aina heinäkuun alkuun asti. Heinäkuussa vallitsi Etelä-Suomessa viileä ja epävakaainen sää. Sadekuuroja esiintyi lähes päivittäin. Pohjois-Suomessa sää jatkui selkeänä ja normaaliämpöisenä, ukkoskuuroja esiintyi ilta- ja yöaikaan jonkin verran. Elokuun alussa vallitsi koko maassa viileä ja epävakaainen sää. Yöt olivat selkeitä ja yöpakkasia esiintyi yleisesti Keski- ja Pohjois-Suomessa. Kuu-kauden puolivälissä saapui maahamme lämmintä ilmaa etelästä ja sää oli ajoittain helteistä aina Lappia myöten. Syyskuusta muodostui kokonaisuudessaan hieman normaalia

Taulukko 1. Kasvukausien lämpösummat tutkimusalueilla.

Table 1. Temperature sums of growing seasons in the research areas.

Tutkimusalue Research area	Lämpösumma d.d. - Temperature sum d.d. Keskiarvo Average			
	1941–1970	1978	1979	1980
1. Sodankylä	742	676	821	841
2. Salla	761	648	806	823
3. Kolari	846	816	917	990
4. Taivalkoski	852	769	904	..
5. Kuhmo	941	877	1040	..
6. Lestijärvi	1014	983	1109	1105
7. Konginkangas	1069	1064	1212	..
8. Parkano	1095	1062	1155	..
9. Punkaharju	1233	1165	1320	1319
Keskimäärin				
Average	950	896	1032	1016

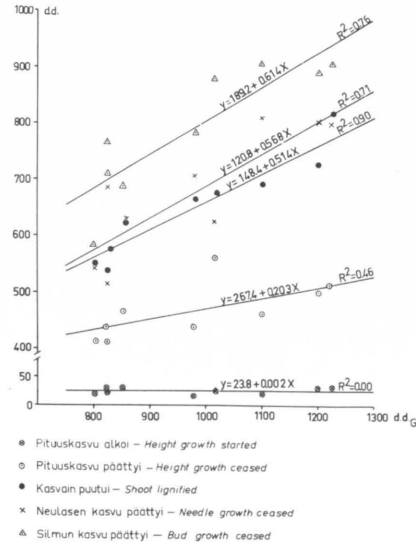


Kuva 4. Päivissä ja lämpösummayksiköissä (d.d.) ilmaistu kasvukauden eteneminen v. 1979 verrattuna normaaliin kolmella tutkimusalueella. Kynnysarvo = +5°C.

Figure 4. Progress of growing season measured in days and number of degree days (d.d.) in 1979 compared to the normal values. Threshold value = +5°C.

kylmempi ja sateisempi. Kuukauden lopulla satoi Lapissa paikoin räntää. Lämpösunnan kertyminen päättyi ensimmäiseksi Sodankylässä, Sallassa ja Kolarissa (26. 9.) ja viimeksi Punkaharjulla (17. 10.). Korkein lämpösomma kertyi Punkaharjulla (1 320 d.d.) ja alhaisin Sallassa (806 d.d.). Kasvukauden päättyessä korkein suhteellinen lämpösomma verrattuna pitkän ajan keskiarvoon saavutettiin Konginkankaalla (113 %) ja pienin Parkanossa (105 %). Koko maan suhteellinen arvo oli 109 %.

Männyn fenologisista kasvutapahtumista kirjattiin kesällä 1979 seuraavat: pituuskasvu alkoi, pituuskasvu päättyi, kasvain puutui, neulasen pituuskasvu päättyi ja silmun pituuskasvu päättyi. Paksuuskasvun alkamisen ja päätymisen täsmälliseen määrittämiseen



Kuva 5. Männyn kasvukauden eteneminen v. 1979. d.d.G = siemenen kotipaikan kasvukauden pitkän ajan keskimääräinen lämpösomma. d.d. = kasvukauden 1979 lämpösomma.

Figure 5. Progress of the growing season of Scots pine in 1979. d.d.G = long-term average number of degree days at the origin of seed. d.d. = number of degree days in the growing season of 1979.

käytetty mittaustarkkuus ei riittänyt. Männyn pituuskasvu alkoi sekä Pohjois- että Etelä-Suomessa lämpösommalla 26 d.d. (kuva 5). Raulo ja Leikola (1975) ovat todenneet männyn pituuskasvun Punkaharjulla alkavan, kun 5–10 d.d. on täytynyt. Ero merkitsee ajassa vain kahta keväistä päivää.

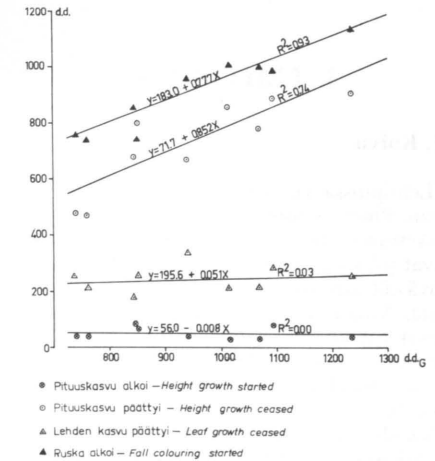
Pituuskasvu päättyi Pohjois-Suomessa selvästi pienemmällä lämpösommalla kuin Etelä-Suomessa. Ero Sodankylän ja Punkaharjun tutkimusalueiden välillä oli 101 d.d., ajassa 16 vrk. Suhteellinen lämpösomma siemenen kotipaikan pitkän ajan keskiarvosta oli pituuskasvun päättyessä Pohjois-Suomessa noin 10 % suurempi kuin Etelä-Suomessa.

Vastaava ero kasvaimen puutumisessa Sodankylän ja Punkaharjun välillä oli 268 d.d. ja 6 vrk. Suhteellinen lämpösomma siemenen kotipaikan pitkän ajan keskiarvosta oli kasvaimen puutuessa Sodankylässä 68 % ja Punkaharjulla 67 %, mikä oli myös kaikkien tutkimusalueiden keskiarvo.

Neulasten pituuskasvu loppui samoihin aikoihin kasvainten puutumisen kanssa. Kasvainten puutumisesta ja neulasten pituuskasvun päätymisestä kului keskimäärin kaksi viikkoa (n. 110 d.d.) silmun pituuskasvun havaittuun päätymiseen. Todennäköisesti silmu kasvoi vähän vielä tämänkin jälkeen, mutta se olisi pystytty toteamaan vain mikroskooppilla.

Männyn verson aktiivinen kasvukausi osoittautui kaikilla tutkimusalueilla lähes saman pituiseksi ollen keskimäärin 82 päivää. Lämpösommassa mitattuna kasvukausi kesti keskimäärin 765 d.d.:tä. Etelä-Suomessa kasvukausi oli kuitenkin noin 230 d.d.:tä pitempi kuin Pohjois-Suomessa. Siemenen kotipaikan pitkän ajan keskiarvoon suhteutettuna lämpösommassa ei Pohjois- ja Etelä-Suomen välillä ollut mainittavaa eroa.

Vastaavaa kasvuvaiheiden ajoittumista havaittiin myös lehtipuilla (kuva 6).



Kuva 6. Hieskoivun kasvukauden eteneminen v. 1979. d.d.G ja d.d. kuten kuvassa 5.

Figure 6. Progress of the growing season of pubescent birch in 1979. d.d.G and d.d. as in Figure 5.

### 3. LEHTIPUUKASVUSTOJEN TUHOAUTUMINEN

#### 31. Koivu

Lehtipuissa vesakontorjunta-aineiden vaikutus ilmeni ensimmäisenä syksynä lehtien ruskettumisena. Toisena kesänä samat puut olivat joko kuolleita tai eri asteisesti kituvia, lehvästöltään osittain tai kokonaan tuhoutuneita. Vaikutuksia laskennallisesti analysoitaessa tuhoutuneiksi luokiteltiin kuolleet ja pahasti vioittuneet yksilöt, joista ei arvioitu olevan enää haittaa havupuun taimien kehitykselle.

Vuoden kuluttua käsittelyistä havaittiin koivukasvustojen tuhoutuneen varsin perusteellisesti (kuva 7). Torjunta-aineiden teho oli parhaimmillaan koivun lehtien ohitettua hiirenkorvavaiheen ja siitä aina elokuun puoliväliin asti. Tänä aikana tehdyillä ruiskutuksilla pystyttiin DM:llä ja MCPA:lla hävittämään koivun kasvustoista 80–100 %. ROUNDUPin teho vastaavana aikana vaihteli 20–100 %:n välillä ollen parhaimmillaan 60–100 %.

Torjunta-aineet menettivät tehonsa koivuun lähes täydellisesti syyskuun puolivälistä lukien. Kun elokuun neljännellä viikolla DM:n torjuntatulos keskimäärin oli 98 %, MCPA:n 65 % ja ROUNDUPin 71 %, niin vastaavat luvut kaksi viikkoa myöhemmin olivat 42, 10 ja 28 %. MCPA:lla tehon aleneminen alkoi jo hieman ennen elokuun puoliväliä ja jatkui loivana aina viimeiseen käsitte-lykertaan asti, joka vielä lievästi vioitti koivun kasvustoja, mutta ei enää pystynyt niitä tuhoamaan. DM ja ROUNDUP säilyttivät maksimithehonsa keskimäärin noin kaksi viikkoa pitempään kuin MCPA. Niiden tehon aleneminen alkoi elo-syyskuun vaihteessa ja oli jyrkempi kuin MCPA:lla.

Vuoden kuluttua ruiskutuksista joissakin koivuissa esiintyi pieniä uusia vihreitä lehtiä, ns. "minilehtiä". Minilehtisyyttä havaittiin syyskuun ruiskutuksissa selvästi enemmän kuin keskellä kesää tehdyissä ruiskutuksissa ja ROUNDUPilla enemmän kuin DM:llä ja MCPA:lla (taulukko 2). Minilehtisyyden lisääntyminen kuvasteli torjunta-aineiden tehon alenemista.

Varsinainen vesominen koivulla oli yleensä

vähäistä vaihdellen alueesta ja ruiskutusajan kohdasta riippuen välillä 0–36 %. Heinä-lokuussa käsitellyt alueet vesottivat muita hieman enemmän ja ROUNDUPilla käsitellyt suhteellisesti vähemmän.

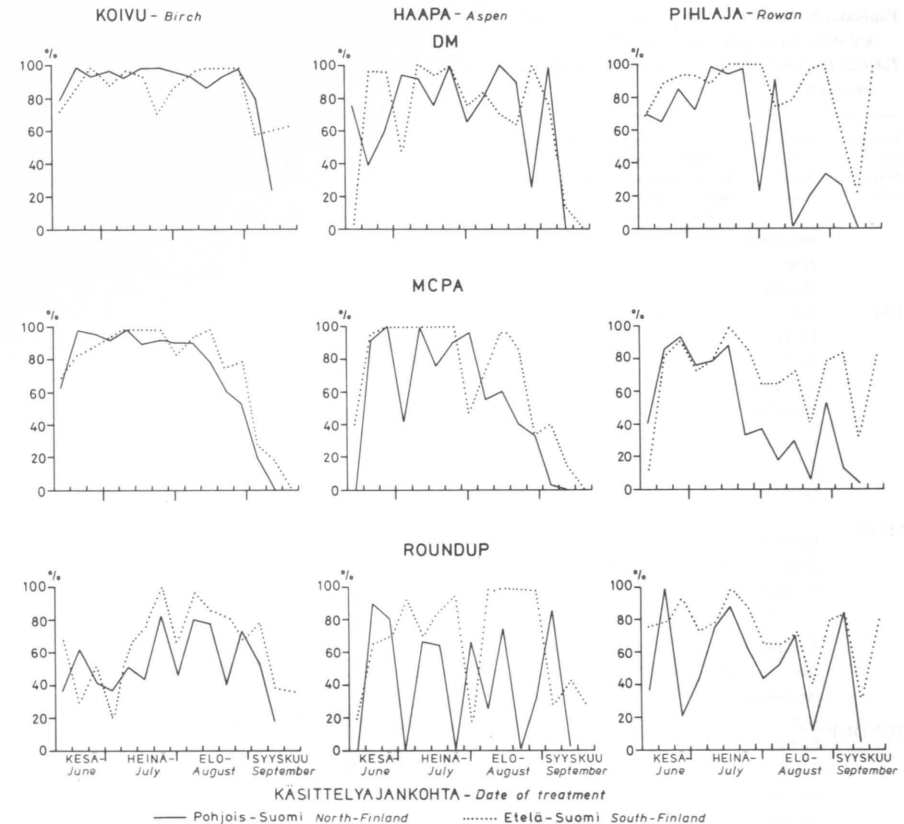
#### 32. Haapa

Haapaan torjunta-aineiden teho oli parhaimmillaan kesäkuun puolivälin ja syyskuun alun välisenä aikana, jolloin tehdyissä ruiskutuksissa maanpäällinen kasvusto tuhoutui yleensä perusteellisesti (kuva 7). Haavalla tulokset kuitenkin vaihtelivat kaikilla torjunta-aineilla enemmän kuin muilla puulajeilla. Haapaa on pidetty vaikeimmin torjuttavana puulajina, ja nyt saadot kokemukset vahvistivat tätä käsitystä. Erityisen huomiota herättävää oli ROUNDUPin tehon suuri vaihtelu, jota kontrolloiduista koelohduksista huolimatta ei pystytty selvittämään.

Torjunta-aineiden tehon aleneminen syksyä kohti oli haavalla keskimäärin samanlaisia kuin koivullakin. Minilehtisyyttä haavalla havaittiin koivua vähemmän (taulukko 2). Samoin kuin koivulla ROUNDUP aiheutti haavalla muita torjunta-aineita enemmän minilehtisyyttä. Torjunta-aineiden teho haavan maanpäälliseen osaan oli yleensä hyvä, mutta juuri- ja kantovesojen muodostumista ne eivät pystyneet estämään. Keskimäärin vesottuminen oli Etelä-Suomessa runsaampaa kuin Pohjois-Suomessa. Tämä saattaa selittyä kasvupaikkojen erilaisuudella ja sillä, että Etelä-Suomen tutkimusalueiden haavat olivat monin paikoin hirvien vioittamia, katojua ja vähälehtisiä.

#### 33. Pihlaja

Pihlaja on haavan tapaan vaikeasti torjuttava puulaji (kuva 7). Vaikeus johtunee pihlajan kyvystä kasvattaa runsaasti juurivesoja (taulukko 2). Torjunta-aineiden teho lehvä-



Kuva 7. Eri lehtipuulajien vesojen tuhoutuminen määritettynä vuoden kuluttua ruiskutuksista.  
Figure 7. Destruction of hardwood sprouts defined one year after the sprays.

töön ja muuhun maanpäälliseen osaan oli yleensä hyvä, mutta vesomista ne eivät ROUNDUPia lukuunottamatta pystyneet estämään.

Torjunta-aineet menettivät tehonsa pihlajaan koivua ja haapaa hieman aikaisemmin. Elo-syyskuulla tehdyissä käsitelyissä teho selvästi laski ja tulokset vaihtelivat suuresti, Pohjois-Suomessa enemmän kuin Etelä-Suomessa, jossa teho myös keskimäärin oli hieman parempi.

Hirvet olivat vioittaneet pihlajia kaikilla tutkimusalueilla.

#### 34. Lehtipuusto keskimäärin

Käytännössä perkaustarve arvioidaan yleensä eri lehtipuulajien yhdessä muodostaman kasvuston määrän perusteella. Tutkimusaineistossa hieskoivu oli dominoiva lehtipuulaji, minkä vuoksi torjunta-aineiden vaikutukset koko lehtipuukasvustoon (kuva 8) eivät olennaisesti poikenneet koivulla havaituista. Selvästi parhaiten torjunta-aineet tehosivat koko lehtipuukasvustoon heinä-elokuun aikana. Varhain keväällä, hiirenkorvavaiheen aikana ja elo-syyskuun vaihteesta



Taulukko 2. Minilehtisyyden ja uudelleen vesomisen esiintymis-% lehtipuilla Pohjois- ja Etelä-Suomessa vuoden kuluttua eri torjunta-ainekäsittelyistä.

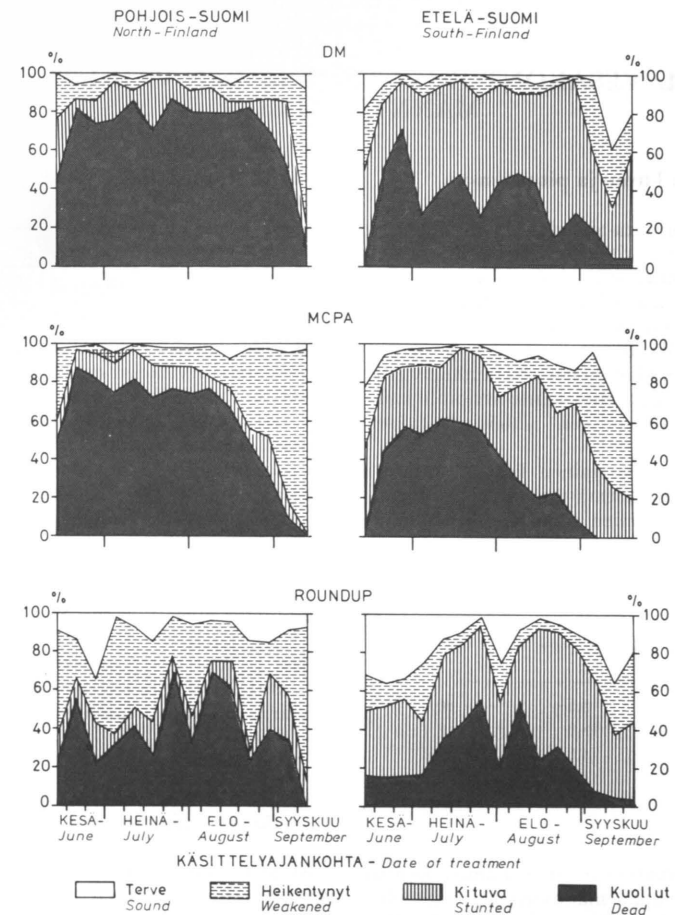
Table 2. Frequency (%) of minileaves and sprouting of hardwood trees in North- and South-Finland one year after the arboricid treatments.

Torjunta- aine Prepa- ration	Käsittely- ajankohta Date of treatment	Pohjois-Suomi - North-Finland						Etelä-Suomi - South-Finland					
		Minilehtiä - Minileaves			Vesomista - Sprouting			Minilehtiä - Minileaves			Vesomista - Sprouting		
		Koivu Birch	Haapa Aspen	Pihlaja Rowan	Koivu Birch	Haapa Aspen	Pihlaja Rowan	Koivu Birch	Haapa Aspen	Pihlaja Rowan	Koivu Birch	Haapa Aspen	Pihlaja Rowan
DM	Kesäkuu June	1	1	13	11	32	23	0	0	1	9	25	55
	Heinäkuu July	2	4	1	13	11	17	0	1	0	15	72	77
	Elokuu August	9	9	36	2	3	8	0	0	7	28	53	49
	Syyskuu September	56	1	31	3	0	0	16	0	0	6	4	26
	Kesäkuu June	5	0	4	6	48	17	0	0	3	10	53	29
MCPA	Heinäkuu July	3	1	12	12	14	10	0	0	7	8	67	56
	Elokuu August	22	8	45	2	10	0	5	0	1	20	44	19
	Syyskuu September	82	1	50	0	0	0	42	0	14	5	16	24
	Kesäkuu June	24	6	48	2	15	0	8	4	46	7	4	38
	Heinäkuu July	36	11	54	1	1	0	15	13	63	4	5	7
ROUNDUP	Elokuu August	32	45	45	1	2	0	38	32	39	3	5	12
	Syyskuu September	67	42	48	0	1	0	45	17	50	0	3	10

eteenpäin teho oli heikompi. Kuolleen lehti-  
puukasvuston osuus oli Pohjois-Suomessa  
kaikilla torjunta-aineilla suurempi kuin Ete-  
lä-Suomessa. Kituvien osuus kasvustosta oli  
sitä vastoin Etelä-Suomen tutkimusalueilla  
suurempi. Syytä tähän vaikutuseroon saattaa  
olla useita. Tärkein lienee kuitenkin puulaji-

suhteiden erilaisuus Pohjois- ja Etelä-Suo-  
messa (kuva 3).

Lehtipuuston tiheys heikensi torjunta-ai-  
neiden tehoa. Tilastollisesti merkitsevää  
( $P < 0,01$ ) tämä oli kuitenkin vain ROUND-  
UPilla.



Kuva 8. Lehtipuuvosojen keskimääräinen kunto vuoden kuluttua ruiskutuksista.  
Figure 8. Average condition of hardwood sprouts one year after the sprays.

#### 4. VESAKONTORJUNTA-AINEIDEN VAIKUTUS MÄNNYNTAIMIIN

##### 41. Taimien kunto ja pituuskasvu

Vesakontorjunta-aineiden vaikutus männyn taimiin määriteltiin arvioimalla vuoden kuluttua käsittelystä taimien kunto, viat ja niiden aiheuttajat sekä mittaamalla viimeisen vuosikasvaimen pituus. Koska samassa taimessa voi olla torjunta-aineiden ja tavanomaisten taimikkotuhojen aiheuttamia vikoja samanaikaisesti, taimien kunto arvioitiin kaikkien vian aiheuttajien yhteisvaikutuksen summana.

Taimikoiden luontainen kunnon vaihtelu selvitettiin käsittelemättömiltä kontrolliruuduilta. Etelä-Suomen tutkimusalueilla männyn taimet olivat keskimäärin terveempiä kuin Pohjois-Suomessa:

Taimien kunto	Pohjois-Suomi %	Etelä-Suomi %
Terveitä	45,5	80,6
Heikentyneitä	48,9	18,4
Kituvia	4,0	0,6
Kuolleita	1,6	0,4
Yhteensä	100,0	100,0

Pohjois-Suomessa männyn taimien kuntoa alensivat varsinkin männynversoruoste (*Melampsora pinitorqua* (Braun) Rostr.) ja lumikariste (*Phacidium infestans* Karst.), jota esiintyi kaikilla tutkimusalueilla.

Vesakontorjunta-aineiden vaikutus männyn taimien kuolleisuuteen oli ilmeisen pieni (kuva 9). Eniten männyntaimia kuoli kesä-heinäkuun ruiskutuksissa. Pohjois-Suomessa kuolleisuus oli tällöin 0–10 % ja Etelä-Suomessa 0–6 % taimien kokonaismäärästä.

Kituvien taimien osuus oli myös suurimmillaan kesä-heinäkuun ruiskutuksissa, jolloin niiden osuus kokonaistaimimäärästä saattoi nousta 60 %:iin. Syyskesällä ja syksyllä tehdyissä ruiskutuksissa kituvien taimien osuudeksi saatiin yleensä alle 7 %. Kituvien taimien määrä oli Pohjois-Suomessa keskimäärin hieman suurempi kuin Etelä-Suomes-

sa, mikä vastasi myös ruiskuttamattomilla kontrolliruuduilla havaittua eroa.

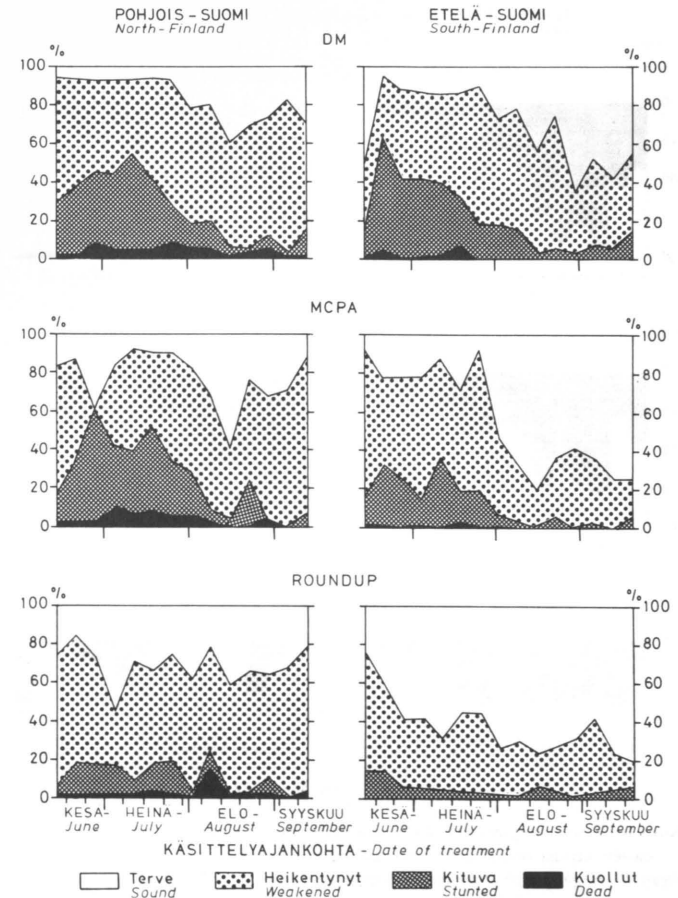
Kuolleiden ja kituvien männyntaimien yhteismäärä oli selvästi riippuvainen käytetystä vesakontorjunta-aineesta. DM:llä ja MCPA:lla oli kuolleiden ja kituvien taimien osuus kesä-heinäkuussa noin 25 %-yksikköä suurempi kuin ROUNDUPilla. Elokuun puoliväliin siirryttäessä erot kuitenkin tasoituivat. Kesä-heinäkuun ruiskutuksissa oli havaittavissa myös heikentyneiksi luokiteltujen taimien osuuden lisääntymistä.

Vuoden kuluttua kokeen perustamisesta männyn taimien keskimääräinen pituuskasvu oli Pohjois- ja Etelä-Suomen ruiskuttamattomilla kontrolliruuduilla sama, n. 26 cm. Tähän verrattuna vesakontorjunta-aineet aiheuttivat männynille huomattavia pituuskasvutappioita etenkin kesä-heinäkuun ruiskutuksissa, jolloin taimien pituuskasvu oli vielä kesken ja kasvaimet puutumattomia (kuva 10). ROUNDUPilla kasvutappiot jäivät keskimäärin muita pienemmiksi.

##### 42. Vikojen ilmeneminen

Männyn taimien vikaisuudessa havaittiin vesakontorjunta-aineiden vaikutusta samaan tapaan kuin taimien yleiskunnossa ja pituuskasvussakin. Vikojen ilmenemisestä muodotettiin neljä pääryhmää, joista useimmin esiintyvä oli neulastovaurio (kuva 11). Seuraavaksi eniten oli kasvainvaurioita ja erilaisia kasvuhäiriöitä. Ruiskutukset lisäsivät selvästi neulasto- ja kasvainvaurioita sekä kasvuhäiriöitä kesä-heinäkuussa. Syksyä kohti vioitusten määrä väheni lähes samalle tasolle kuin ruiskuttamattomillakin taimilla. Havaittavia neulastovaurioita ja kasvuhäiriöitä esiintyi kuitenkin ajoittain myös kasvukauden lopulla. "Muiden vikojen" esiintymistiheys ei ollut riippuvainen käsittelyajankohdasta eikä torjunta-aineesta.

Vian aiheuttajien täydellinen yksilöinti osoittautui ylivoimaisen vaikeaksi. Samassa

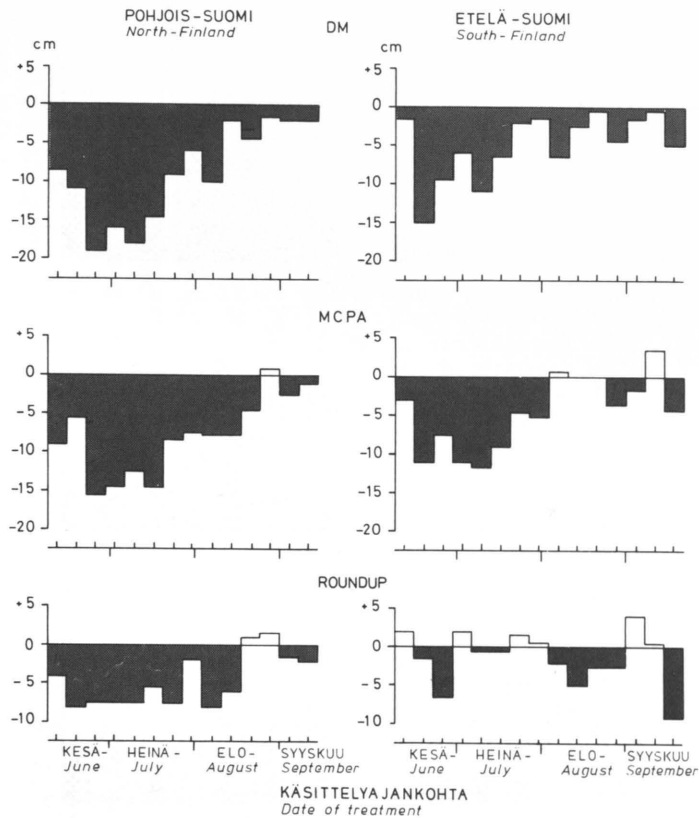


Kuva 9. Männyn taimien keskimääräinen kunto vuoden kuluttua ruiskutuksista.  
Figure 9. Average condition of pine seedlings one year after the sprays.

taimessa saattoi olla useita tunnistettuja tuhoonaiheuttajia samanaikaisesti osan jäädessä vielä tunnistamatta. Havaittoja tarkasteltaessa muodostettiin neljä toisistaan poikkeavaa tuhoonaiheuttajaryhmää: torjunta-aineet, sienet, hyönteiset ja selkärangaiset sekä muut ja tunnistamattomat (kuva 12). Tuhoonaiheuttajista selvästi muita yleisempiä olivat torjunta-aineet ja sienet. Hyönteistuhoja oli yleensä vähän, hirvituhoja paikoitellen runsaastikin.

Ruiskuttamattomissa, elävissä männyntaimissa eri tuhoonaiheuttajia kirjattiin seuraavasti:

Tuhoonaiheuttaja	Pohjois-Suomi %	Etelä-Suomi %
Sienet	46,8	14,5
Hyönteiset ja selkärangaiset	4,0	2,0
Muut ja tunnistamattomat	14,4	2,7



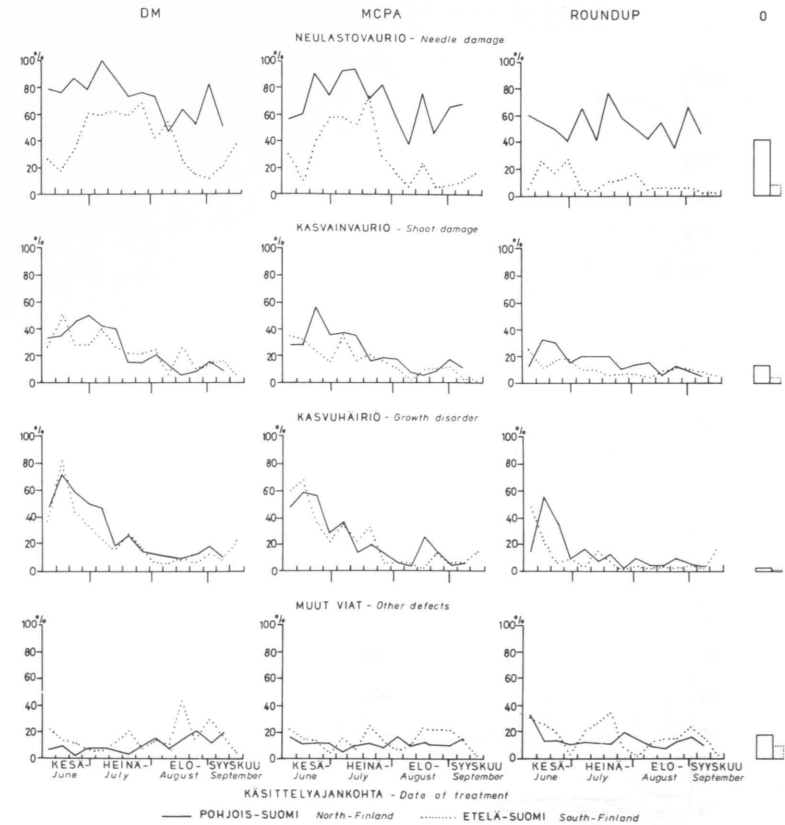
Kuva 10. Vesakontorjunta-aineilla ruiskutettujen männyn taimien pituuskasvu ruiskutettuna seuraavana kesänä verrattuna ruiskuttamattomien taimien pituuskasvuun.

Figure 10. Height growth of the sprayed pine seedlings compared to that of the unsprayed ones in the summer following the sprayings.

Vertaamalla ruiskutetuilla ruuduilla havaittuja luontaisia tuhoaiheuttajafrekvenssejä ruiskuttamattomilla kontrolliruuduilla havaittuihin saadaan käsitys vesakontorjunta-aineiden mahdollisesta piilovaikutuksesta. Torjunta-aineet eivät ilmeisesti edistäneet luontaisten tuhoaiheuttajien leviämistä. Torjunta-ainevoitukset olivat suunnilleen yhtä yleisiä Pohjois- ja Etelä-Suomessa; kuitenkin ROUNDUPin aiheuttamat voitukset olivat muita torjunta-aineita selvästi lievempiä.

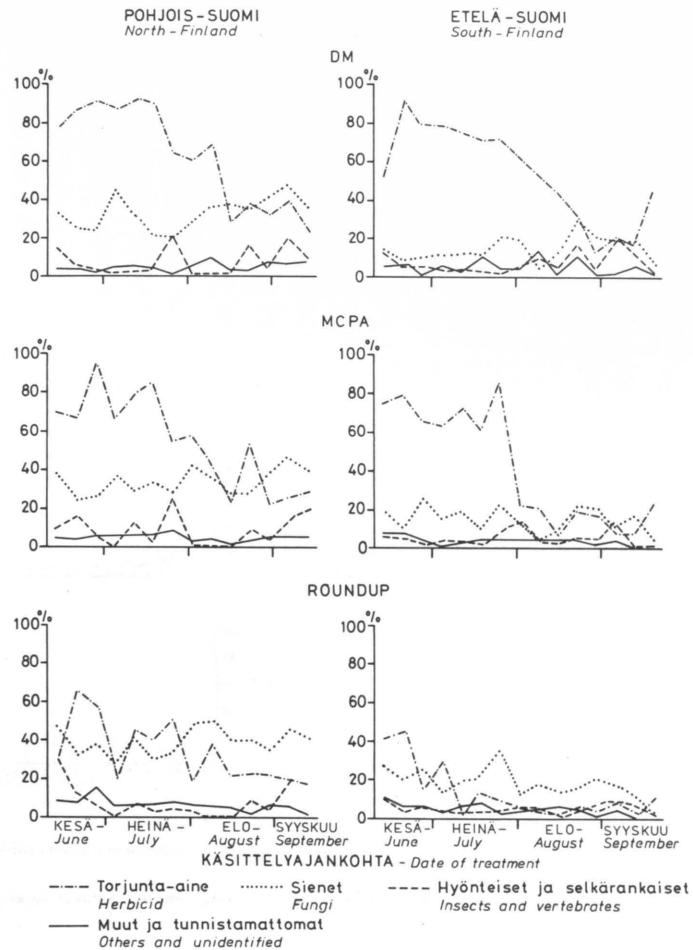
Järjestettäessä torjunta-aineiden voitta-

mat männyn taimet pituusluokkajakaumiksi kuntosuunnan mukaan saatiin viitteitä taimien koon vaikutuksesta voittamiseen. Keskipituudeltaan yli kahden metrin mittaisina taimikoissa torjunta-aineiden voittamat kituvat taimet olivat lyhyempiä kuin täysin terveet tai lievästi heikentyneet taimet. Matalammassa taimikoissa ei havaittu eri kuntoisten taimien pituusluokkajakaumien selvästi poikkeavan toisistaan, mikä saattaa johtua siitä, että heinät ja lehvästö suojasivat pieniä taimia torjunta-aineilta.



Kuva 11. Erilaisten vikojen yleisyys ruiskutetuissa, elävissä männyn taimissa verrattuna ruiskuttamattomiin (0) taimiin.

Figure 11. Frequency of different defects in the sprayed living pine seedlings compared to that of the unsprayed ones (0).



Kuva 12. Eri vianaiheuttajien yleisyys ruiskutetuissa männyn taimissa.  
Figure 12. Frequency of different defect causes in the sprayed pine seedlings.

## 5. OPTIMIAJANKOHDAN MÄÄRITTÄMINEN

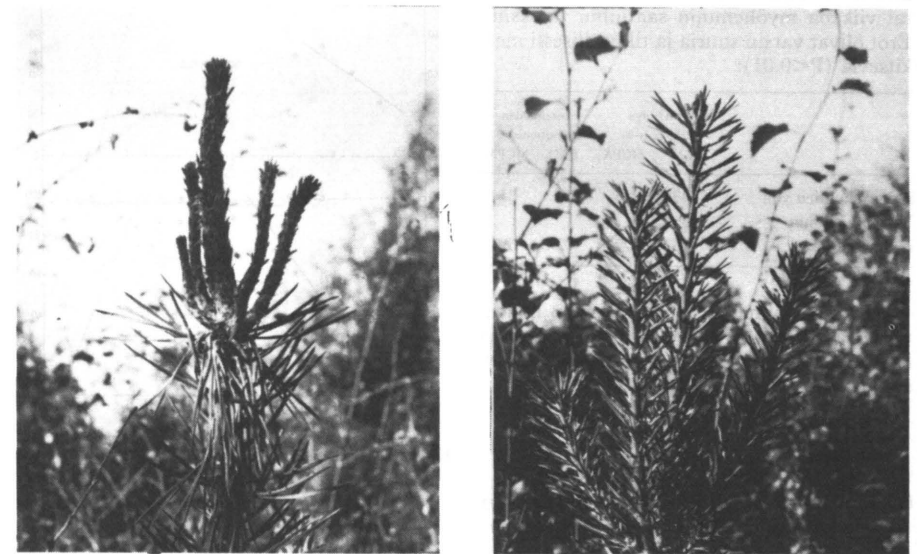
### 51. Suurin hyöty

Sellaisten ehtojen asettaminen vesakontorjunta-aineiden käytölle, että kaikkien lehti- puukasvustojen pitäisi torjunta-aineilla käsiteltynä kuolla ja kaikkien havupuiden säilyä täysin terveinä, on nykyisillä menetelmillä ilmeisen epärealistista. Edellä esitetyistä tuloksista voidaan havaita, että jos kohta lehti- puukasvustot täydellisesti tuhoutuisivatkin, saadaan samalla yleensä myös havupuihin jonkinasteisia voituksia. Parhaimmillaan voituksot ovat kuitenkin hyvin lieviä.

Sopivimman vesakontorjunta-aineiden käyttöajankohdan määrittäminen on näin ollen optimointitehtävä, joka voidaan ratkaista monella tavalla. Tässä tutkimuksessa torjunta-aineiden vaikutukset vaihtelivat taimikon koostumuksen, kunnan yms. mukaan, mutta

yleensä voitiin havaita kynnysajankohtia, joissa kestävyys torjunta-aineita vastaan olennaisesti parani (kuva 13, liitteet 2 ja 3). Männyllä kynnyskohdat tulivat aikaisemmin kuin lehtipuilla, jolloin väliin jäävä aika olisi sopivinta aikaa ruiskutuksille. Määrittäykset tehtiin graafisesti olettaen kestävyiden muutokset lineaarisiksi (kuva 14). Tasoituksissa otettiin huomioon vain keski- ja loppukesän tulokset. Kynnysajankohdat ja -arvot vaihtelivat alueittain (taulukko 3). Myös eri torjunta-aineiden kesken oli eroja. ROUNDUPilla saadut tulokset olivat niin vaihtelevia, ettei kynnyskohtia voitu luotettavasti määrittää.

Koeruisutukset tehtiin syyskesästä viikon välein, joten kynnyskohtien määrittäminen tarkkuus ei voi olla aluekohtaisesti olennaisesti tätä parempi. Ajankohdan interpoloinnissa yksikkönä käytettiin kuitenkin vuoro-



Kuva 13. Esimerkki männyn torjunta-ainekestävyyden paranemisesta Sodankylässä kesällä 1980. Vasemmalla ruiskutus DM:llä 31. 7., oikealla ruiskutus DM:llä 20. 8.

Figure 13. An example of the increased resistance to arboricides in Sodankylä during the summer of 1980. On the left spraying with DM on 31. 7., on the right spraying with DM on 20. 8.



Taulukko 3. Männyin taimien säilymisen ja lehtipuukasvustojen tuhoutumisen kynnysspäivämäärät ja -arvot DM:llä ja MCPA:lla kesällä 1979.

Table 3. The threshold dates and values for survival of pine seedlings and destruction of hardwood sprouts when using DM and MCPA during the summer of 1979.

Tutkimusalue Research area	Mänty - Pine		DM Lehtipuut - Hardwood Species			Mänty - Pine		MCPA Lehtipuut - Hardwood species		
	Kynnysspäivä- määrä Threshold date	Kynnyss- arvo, % Threshold value	Kynnysspäivä- määrä Threshold date	Kynnyss- arvo, % Threshold value	Aikaväli, vrk Interval, days	Kynnysspäivä- määrä Threshold date	Kynnyss- arvo, % Threshold value	Kynnysspäivä- määrä Threshold date	Kynnyss- arvo, % Threshold value	Aikaväli, vrk Interval, days
1	15.8.	90	2.9.	91	18	9.8.	88	16.8.	92	7
2	2.8.	91	30.8.	92	28	4.8.	90	20.8.	91	16
3	23.7.	94	26.8.	95	37	24.7.	97	16.8.	78	23
4	11.8.	96	27.8.	65	16	30.7.	89	24.8.	50	25
5	11.8.	87	4.9.	83	24	7.8.	91	17.8.	77	10
6	4.8.	95	3.9.	95	30	1.8.	95	18.8.	94	17
7	11.8.	94	30.8.	97	19	10.8.	97	8.9.	80	29
8	12.8.	97	15.9.	78	34	6.8.	99	25.8.	77	19
9	..	..	28.8.	95	..	23.7.	100	19.8.	85	27
Keskimäärin Average	7.8.	93	1.9.	88	26	2.8.	94	22.8.	80	19

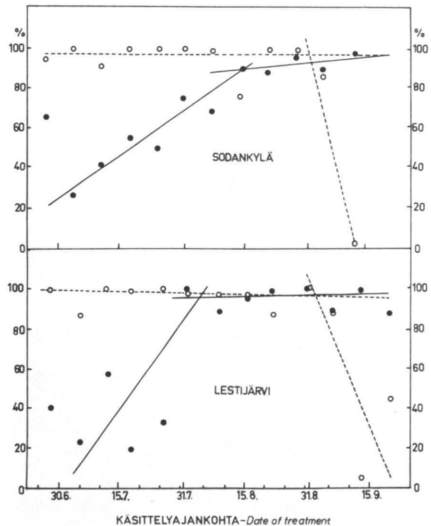
kautta. Määrittämisen kohdalleen osumista tutkittiin vertaamalla kynnysskohtien välisenä aikana saatuja tuloksia viikkoa aikaisemmin tai viikkoa myöhemmin saatuihin tuloksiin. Erot olivat varsin suuria ja tilastollisesti merkitseviä ( $P < 0,01$ ):

	Männyin säilymis-%		Lehtipuiden tuhoutumis-%	
	DM	MCPA	DM	MCPA
Kynnysskohtien väli	93	96	90	81
Viikko aiemmin/ myöhemmin	83	77	72	59

Kaikesta päätellen optimaikavälin määrittämisessä oli onnistuttu hyvin ja kynnyssarvoja käyttäen olisi vesakontorjunta-aineista saatu suurin hyöty myös käytännössä.

## 52. Optimin määrittäminen kasvukauden ilmastollisen etenemisen perusteella

Edellä määritettyjä kynnyssajankohtia pyrittiin ennustamaan erilaisilla kasvukauden etenemistä kuvaavilla tunnuksilla. Monista kokeiluista vaihtoehdoista käyttökelpoisim-



Kuva 14. Esimerkki DM:n vaikutuksen kynnysskohtien määrittämisestä Sodankylästä ja Lestijärveltä. Avonaiset ympyrät kuvaavat tuhoutunutta lehtipuukasvustoa, mustat ympyrät kasvatuskelpoisina säilyneitä mäntyjä.

Figure 14. Examples of definition of threshold points of DM effect from Sodankylä and Lestijärvi research areas. Open circles describe destroyed hardwood seedlings and black circles surviving vigorous pine seedlings.

maksi osoittautui ennustaminen kasvukauden tehoisan lämpösunnan perusteella. Mäntyjen torjunta-ainkestävyys, jota kuvasi kasvatuskelpoisten taimien määrä, lisääntyi heinäkuusta alkaen kynnyssajankohtaan saakka suoraviivaisesti lämpösunnan karttumisen kanssa. Korrelaatiokertoimet eri torjunta-aineilla olivat:

DM	MCPA	ROUNDUP
0,61***	0,50***	0,25*
-0,20	-0,30*	-0,14

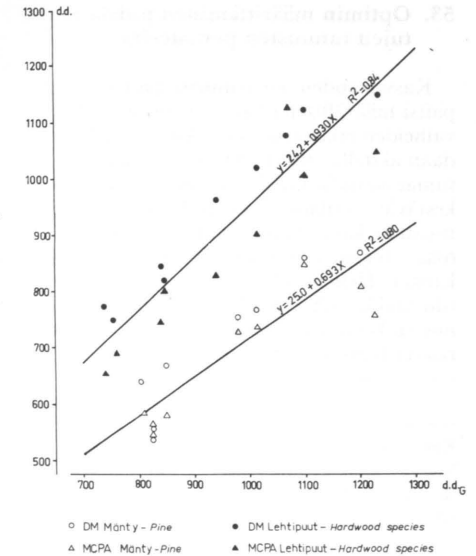
Vastaavasti torjunta-aineiden teho lehtipuuihin heikkeni syksyn tullessa lineaarisesti, mutta riippuvuus lämpösunnasta ei ollut yhtä kiinteä kuin männyllä:

Jos lämpösunta muunnetaan suhteelliseksi käyttäen vertailuna pitkän ajan keskiarvoja, riippuvuudet olivat myös lehtipuilla varsin kiinteitä:  $R = -0,43*** - 0,63***$ .

Kynnyslämpösunnat vuorostaan korreloivat DM:llä ja MCPA:lla voimakkaasti ( $R = 0,90*** - 0,98***$ ) siemenen kotipaikan pitkän ajan keskimääräisten lämpösunnien kanssa (kuva 15). Ruiskutusten aloittaminen ja lopettaminen voidaan ilmeisesti ajoittaa oikein, jos tiedossa on siemenen kotipaikkakunnan pitkän ajan keskimääräinen lämpösunta ja lämpösunnan kertymisen käsiteltävällä taimikonhoitoalueella kysymyksessä olevana kasvukautena. Menetelmä edellyttää lämpösunnan kertymisen seuraamista ja viljelyssä käytettyjen siemenalkuperien tarkkaa selvittämistä. Torjuttavilla lehtipuilla kysymys on luonnollisesti paikallisista alkuperistä. DM:n ja MCPA:n riippuvuuksissa näytti olevan jonkin verran eroa siten, että viimeksi mainitulla sekä aloittaminen että lopettaminen määräytyivät aikaisemmaksi.

Mahdollisia riippuvuuksia tutkittiin myös ns. muunnoslämpösunnalla (ks. Lyly 1980). Tässä aineistossa selitysasteet niillä olivat likimain samoja tai hieman alhaisempia kuin muuntamattomilla lämpösunnilla.

Kesällä 1980 kolmella pohjoisella tutkimusalueella (Sodankylä, Salla ja Kolari) toistuvissa ruiskutuksissa päädyttiin likimain sa-



Kuva 15. Vesakontorjunta-ainkestävyyden paranemisen kynnyslämpösunnan (d.d.) riippuvuus siemenen kotipaikan kasvukauden lämpösunnan pitkän ajan keskiarvoista (d.d.c).

Figure 15. Dependence of the threshold number of degree days (d.d.) of arboricidal resistance on the long-term average number of degree days at the origin of seed (d.d.c).

moihin männyin kestävyuden kynnyssarvoihin kuin edellisenäkin vuonna:

Tutkimusalue	Kynnysspäivämäärä		Kynnyslämpösunta (d.d.)	
	1979	1980	1979	1980
Sodankylä	15.8.	10.8.	639	664
Salla	2.8.	30.7.	536	566
Kolari	23.7.	23.7.	555	586

Päivämäärissä kynnyss tuli v. 1980 keskimäärin kolme päivää aikaisemmin, mutta lämpösunnissa mitaten 28 d.d.:tä myöhemmin kuin edellisenä kesänä. Havaintojen vähäisyys ja määrittämenetelmien tarkkuus huomioon ottaen kynnysskohdat osuivat kuitenkin varsin lähelle toisiaan. Lehtipuilla vastaavaa toistoa v. 1980 ei tehty.

### 53. Optimin määrittäminen puista mitattujen tunnusten perusteella

Kasvukauden eteneminen puilla ilmenee paitsi määrällisenä kasvuna, myös eri kasvuvaiheiden eriakaisuutena (kuvat 5 ja 6). Voidaan ajatella, että tietyt ns. kardinaalitapahtumat samalla ilmaisevat, missä tilassa puut kestävät erilaisia käsittelyitä. Männyllä useatkin kasvutapahtumat olivat korrelaatioissa torjunta-ainekestävyyden muutosten kanssa. Heinäkuulta alkaen kynnsajankohtiin saakka mäntyjen kestävyiden ja eri tunnusten kehityksen välillä havaittiin mm. seuraavia korrelaatiokertoimia:

	DM	MCPA	ROUNDUP
Kasvaimen puutuminen	0,59***	0,44***	0,28*
Neulasen pituuskasvu	0,59***	0,44***	0,22
Neulasen pitoluku	0,40***	0,18	-0,05
Silmun pituuskasvu	0,61***	0,49***	0,20

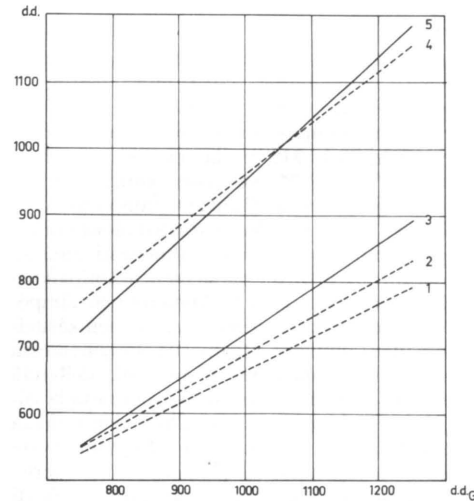
Sellaisia muuttujia, joiden avulla ruiskutusten aloittaminen on helposti hallittavissa myös käytännössä, olivat lähinnä kasvaimen puutuminen ja neulasen pituuskasvu, tarkemmin sanottuna sen päättymisen. Pian kasvaimen puutumisen jälkeen tulee kynnsakohta, jonka jälkeen mäntyjen kestävyys vesakontorjunta-aineita vastaan ei enää ole olennaisesti parane (kuva 16). Samankaltainen suhde, mutta lyhyemmällä viiveellä vallitsee männyllä neulasen pituuskasvun päättymisen ja torjunta-ainekestävyyden välillä. Käytännössä ei ole suinkaan aina helppoa sanoa, milloin neulasen pituuskasvu on päättynyt. Kasvaimen puutumisasteen määrittäminen floriglusiinilla (sivu 8) tulee kysymykseen myös käytännön menetelmänä.

Etsittiin myös tunnusta, joka ilmaisee, milloin torjunta-aineiden teho syksyllä lehtipuu-kasvustoihin ratkaisevasti heikkenee. Kun tehon heikkeneminen selvästi yhdistyi kasvukauden päättymiseen, kiinnitettiin huomio lehdissä tapahtuviin muutoksiin. Lehtien kellastuminen ja ruskan tulo osuivat jokseenkin tarkasti yksin torjunta-aineiden tehon alenemisen alkamisen kanssa (kuva 16). Lehtien kellastumista on helppo seurata myös käytännössä.

Ennen lehden varisemista kehittyi lehtikantaan varsinainen irtoamiskerros ja sen al-

le varren puolelle suojaava kerros, jotka ovat molemmat mikroskoopilla suhteellisen helposti identifioitavissa (Pyykkö 1975, s 214). Irtoamisvyöhykkeiden muodostumista yritettiin tutkia lähemmin Sodankylässä, Sallassa, Kuhmossa, Parkanossa ja Punkaharjulla. Ensimmäiset merkit irtoamisvyöhykkeiden syntymisestä havaittiin seuraavasti:

	Päivämäärä
Sodankylä	08. 08.
Salla	31. 07.
Kuhmo	31. 07.
Parkano	28. 08.
Punkaharju	23. 07.



Kuva 16. Männyllä kasvaimen puutumisen (1), neulasen pituuskasvun päättymisen (2) ja männyllä taimien vesakontorjunta-ainekestävyyden kynnyksen (3) väliset viiveet sekä ruskan alkamisen (4) ja lehtipuiden torjunta-ainekestävyyden kynnyksen (5) samanaikaisuus. d.d. ja d.d.G kuten kuvassa 15.

Figure 16. Lag times between the shoot lignification (1), the height growth termination (2) and the arboricide resistance threshold (3) of pine seedlings and the coincidence of the fall colouring beginning (4) and the arboricide resistance threshold of hardwood spurts (5). d.d. and d.d.G as in Figure 15.

Kuhmossa ja Parkanossa ilmiön edelleen kehittymisessä ei voitu havaita johdonmukaista järjestystä. Muilla alueilla irtoamisvyöhykkeet havaittiin ensimmäisen kerran täysin muodostuneiksi seuraavasti:

	Päivämäärä
Sodankylä	22. 08.
Salla	07. 08.
Punkaharju	27. 08.

Torjunta-aineen tehon heikkenemisen kynnsakohtien määrittämiseen irtoamisvyöhykkeistä ei ollut apua. Vaihtelu puuyksilöiden ja saman puun eri osienkin välillä osoittautui liian suureksi. Luotettavien raja-arvojen määrittämiseksi tarvitaan niin paljon näytteitä, että menetelmä tuskin käytännössä tulee kysymykseen.

## 6. TULOKSIIN VAIKUTTAVIA KONTROLLOIMATTOMIA TEKIJÖITÄ

### 61. Ruiskutushetken sää

Satunnaisen säänvaihtelun vaikutusta vesakontorjuntaruiskutusten tuloksiin on korostettu monissa aikaisemmissa tutkimuksissa (ks. Ruokonen 1975). Kun tässä tutkimuksessa aineistoa oli eri puolilta Suomea ja kasvukauden eri ajankohdilta, oli mahdollista tutkia säätekijöiden merkitystä. Tarkastelu rajattiin koskemaan torjunta-aineiden parasta tehoaikaa heinä-elokuussa. Säällä ei havaittu olevan sanottavaa merkitystä silloin, kun ruiskutukset tehtiin DM:llä tai MCPA:lla (taulukko 4). Viimeksimainitun aineen teho lehtipuuihin kuitenkin jonkin verran parani, mitä lämpimämpää ruiskutuksen jälkeen oli. Sama havaittiin myös ROUNDUPilla, joka muista poiketen oli myös herkkä sateiden vaikutukselle. Mitä enemmän satoi, sitä huonompi oli ROUNDUPin teho lehtipuuihin. Kysymys oli arvatenkin ROUNDUPin suojen huuhtoutumisesta lehvästöstä.

Vesakontorjunta-aineiden vaikutus mäntyihin näytti olevan säätekijöistä riippumaton.

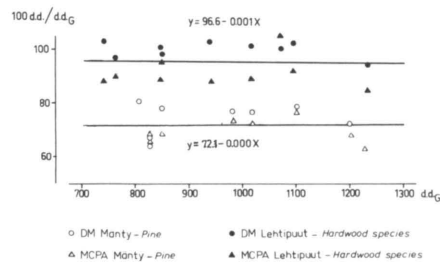
### 62. Siemenen alkuperä

Koejärjestelyssä ei etukäteen otettu huomioon taimien siemenalkuperän mahdollista vaikutusta. Lehtipuiden alkuperät olivat luonnollisesti paikallisia, mutta viljeltyjen mäntyjen alkuperät edustivat sattumanvaraisesti niitä alkuperiä, joita viljelyssä tuolloin yleisesti käytettiin. Alkuperällä oli ilmeisen suuri vaikutus torjunta-ainekestävyyden ajoittumiseen. Tutkitussa aineistossa kynnyslämpösummien riippuvuudet siemenen kotipaikkakunnan lämpösunnan pitkän ajan keskiarvoista olivat jokseenkin suoraviivaisia (kuva 15). Puupopulaatioissa on tapahtunut sopeutumista nimenomaan kasvukauden pituuteen, jota lämpösunnakin kuvaa (Sarvas 1965).

Torjunta-ainekestävyyden kynnys saavutettiin läpi aineiston likimain samalla suhteel-

lisella arvolla siemenen kotipaikkakunnan lämpösunnan pitkän ajan keskiarvosta (kuva 17). DM:llä se oli  $74 \pm 2$  % ja MCPA:lla  $70 \pm 2$  %. Säännönmukaisuutta eri alkupevien kesken on vaikea selittää muista kuin geneettisistä tekijöistä johtuvaksi. Torjunta-aineisiin puut eivät tietenkään ole sopeutuneet, vaan luontaisiin kasvuolosuhteisiin, josta välillisesti aiheutuu eroja myös torjunta-ainekestävyyteen. Aineistosta puuttuivat männyn pohjoisimmat alkuperät.

Lehtipuilla torjunta-aineen tehon heikkenemisen kynnyslämpösomma osui jokseenkin tarkasti yhteen kasvukauden keskimääräisen, lämpösunnissa ilmaistun pituuden kanssa (kuva 15), mikä viittaa geneettisten tekijöiden merkitykseen myös lehtipuilla. Aineisto oli etupäässä hieskoivua. DM:llä suhteellinen kynnysarvo oli keskimäärin  $100 \pm 1$  % ja MCPA:lla  $91 \pm 2$  % paikkakunnan lämpösunnan pitkän ajan keskiarvosta. Silloin kun kasvukausi on keskimääräistä pitempi, kuten koekeksänä, torjunta-aineruiskutukset pitäisi lopettaa viimeistään pitkän ajan keskimääräisen lämpösunnan tullessa täyteen. Muutoin aikaa on suunnilleen kasvukauden loppuun, so. lehtien kellastumiseen.



Kuva 17. Kuvassa 15 esitetyt kynnyslämpösunnat muutettuna suhteelliseksi arvoiksi siemenen kotipaikkakunnan lämpösunnan pitkän ajan keskiarvoista (d.d.<sub>G</sub>).

Figure 17. Threshold numbers of degree days from Figure 15 in proportion to the long-term average number of degree days at the origin of seed (d.d.<sub>G</sub>).

Taulukko 4. Kasvatuskelpoisina säilyneiden männyn taimien ja tuhoutuneiden lehtipuutaimien määrän (%) korrelaatio ruiskutushetkellä ja sen jälkeen vallinneeseen säähän.

Table 4. Correlation coefficients between the percentage of vigorous pine seedlings or destroyed hardwood sprouts and the weather prevailing at the time of spraying time and thereafter.

Säätekijät - Weather factor	Puulaji ja torjunta-aine - Tree species and preparation					
	Mänty - Pines			Lehtipuut - Hardwood species		
	DM	MCPA	ROUNDUP	DM	MCPA	ROUNDUP
<b>Ruiskutushetken Moment</b>						
ilman lämpötila, C° air temperature, C°	0,03	-0,02	-0,02	-0,15	-0,09	0,17
ilman suhteellinen kosteus, % relative moisture of the air, %	0,11	-0,02	-0,01	0,18	-0,07	-0,28*
tuulen nopeus, m/s wind velocity, m/s	0,11	-0,06	-0,04	0,06	-0,18	-0,00
<b>2 vuorokauden 2 days</b>						
lämpösomma, d.d. temperature sum, d.d.	0,04	0,01	0,22	-0,10	-0,03	-0,03
sadesomma, mm precipitation, mm	-0,00	-0,02	0,21	0,16	-0,11	-0,53***
<b>5 vuorokauden 5 days</b>						
lämpösomma, d.d. temperature sum, d.d.	-0,00	0,01	0,07	-0,19	0,11	0,28*
sadesomma, mm precipitation, mm	-0,10	-0,05	0,22	0,04	-0,01	-0,41***
<b>10 vuorokauden 10 days</b>						
lämpösomma, d.d. temperature sum, d.d.	-0,14	0,01	0,03	-0,13	0,31**	0,30*
sadesomma, mm precipitation, mm	-0,14	-0,12	0,03	-0,09	0,07	-0,21

## 7. TULOSTEN TARKASTELUA

Tutkimuksen tarkoitus oli määrittää lehvästöruiskutuksiin vuosittain käytettävissä oleva aika perattaessa mäntyvaltaisia taimikoita. Tarvittavat kokeet tehtiin alueilla, jotka käytännössä oli suunniteltu käsitellä vesakontorjuntaruiskutuksilla. Tutkimusalueita oli yhteensä ykdeksän, jotka maan eri osiin sijoitettuna muodostavat ehkä riittävän minimikehikon asian tutkimiselle. Vesakon tiheys vaihteli tutkimusalueilla välillä 3 000–8 000 kpl/ha, mikä on vähemmän kuin vesakontorjuntaruiskutuksia koskevissa ohjeissa yleensä edellytetään. Myös männyn taimien määrä jäi erällä alueilla niin alhaiseksi, ettei niistä yksinään muodostu täystiheää taimikkoa. Vesakontorjunta-aineiden vaikutusten tutkimiseen sekä lehtipuukasvustoa että männyn taimia oli kaikilla alueilla kuitenkin riittävästi.

Kokesäät olivat keskimääräistä pitempiä ja samalla lämpimämpiä, mikä antoi hyvät mahdollisuudet kokeilla ruiskutuksia läpi kasvukauden. Jos kesät olisivat olleet lyhyitä ja viileitä, määrittäykset etenkin loppukesästä olisivat saattaneet jäädä epäluotettavammiksi. Se, että kokeiltiin vain kolmea valmistetta ilman pinta-aktiivisia lisäaineita ja ilman väkyyden vaihtelua, oli kokeen hallittavuuden vuoksi välttämätöntä. Todennäköisesti näillä aineilla saadut tulokset antavat kuitenkin suuntaa myös muiden vastaavanlaisten aineiden käyttöajankohtien määrittämiselle. Kun koeruiskutukset tehtiin moottoriselkäruiskulla maasta, tulokset eivät välttämättä samalla tavalla päde ilma-aluksista tehtäviin ruiskutuksiin. On kuitenkin vaikea kuvitella, että tietyn aineen sopivin käyttöaika olisi maasta levitettyinä olennaisesti eri kuin ilmastalevitettynä.

Koejärjestelyltään tutkimus oli kaiken kaikkiaan varsin työläs, mutta se onnistuttiin viemään läpi ilman suurempia vastoinkäymisiä. Tiedossa ei ole mitään sellaisia koejärjestelyyn liittyviä puutteita tai epäonnistumisia, jotka heikentäisivät tulosten luotettavuutta.

Kuten odottaa saattoikin, vesakontorjunta-aineiden vaikutukset olivat suuresti riippuvaisia kasvukauden ajankohdasta. Tehon vaihtelua voidaan selittää lehdissä ja neula-

sissa tapahtuvilla fysikaalisilla ja kemiallisilla muutoksilla, jotka vaikuttavat torjunta-aineiden tunkeutumiseen kasvusolukkaan. Kutikulan paksuus yleensä lisääntyy kasvin tai sen osan vanhetessa. Tärkeä tekijä saattaa olla myös vahojen määrä, joka lisääntynee samoin iän myötä (Ruokonen 1975).

Eri torjunta-aineiden vaikutusmekanismi on tunnetusti erilainen. Klooratut fenoksiherbisidit aikaansaavat yleensä säätelemätöntä kasvua, joskin niillä on myös kosketusmyrkyttöpiirteitä. Glyfosaatti (ROUNDUP) taas vaikuttaa suoraan kasvien aineenvaihduntaan. Se, että männyn kestitävät MCPA:ta aikaisemmin kuin DM:ää, joka taas tehoi lehtipuihin vastaavasti kauemmin, perustuneen voimakkuuseron, tuskin niinkään erilaisen vaikutusmekanismiin.

Ongelmaan joka aiheutuu siitä, että lehtipuukasvustojen tuhoutuessa vioittuu yleensä myös havupuuntaimia, ei löydetty mitään yksinkertaista ratkaisua. Sopivin aika jouduttiin määrittämään harkinnanvaraisesti. Tehtävää kuitenkin helpotti se, että toisaalta männyn taimien vesakontorjunta-ainekestävyydessä, toisaalta lehtipuukasvustojen tuhoutumisessa ilmeni jokseenkin selviä kynnyiskohtia, joihin muutokset erityisesti ajoittuivat. ROUNDUPilla tulokset vaihtelivat niin paljon, ettei kynnyiskohtien määrittäminen onnistunut. Ajoittamalla DM:n ja MCPA:n levitykset sopivasti kynnyiskohtien väliin, olisi ollut mahdollista päästä toivottuihin vaikutuksiin: haitallisten lehtipuukasvustojen tuhoutumiseen ja havupuuntaimien säästämiseen. Neulasten vioittumisia saattaa sattua myös optimiaikana tehdyissä ruiskutuksissa, mutta verrattuna vesakosta aiheutuvaan haittaan niiden merkitys on pieni. Torjunta-ainemääriä vaihtelemalla olisi todennäköisesti mahdollista jonkin verran pidentää ruiskutusaikaa. Asia vaatisi kuitenkin erillistutkimuksia.

Kalenteripäivinä ilmaistu käyttökelpoinen aika ruiskutuksille oli koko maassa suunnilleen sama, joskin alueitten välillä oli huomattavia erojakin. Koska kesä ja kasvukausi eivät etene joka vuosi suinkaan samalla tavalla, kalenteripäiviin tässä asiassa ei ole luottamista. Määrittäykset pyrittiin irrottamaan kalente-

rista vertaamalla vesakontorjunta-aineiden vaikutuksia eri ajankohtina kasvukauden ilmastolliseen ja fenologiseen etenemiseen. Käyttökelpoisimmaksi tunnuksiksi osoittautui kasvukauden lämpösomma. Koetulosten mukaan, jos tunnetaan taimien kotipaikkakunnan lämpösomman pitkän ajan keskiarvo ja lämpösomman kertyminen ruiskutettavalla alueella kyseessä olevana kasvukautena, saadaan sekä ruiskutusten aloitus- että lopettamisajankohta varsin luotettavasti määritettyä. Käytännön kannalta on merkitystä etenkin sillä, että kynnyslämpösomma ei ole koko maassa sama, vaan vaihtelee siemenalkuperän mukaan. Tutkitussa aineistossa se vaihteli DM:llä 536:sta 870 d.d.:een ja MCPA:lla 543:sta 849 d.d.:een (vrt. Rummukainen 1969, Lyly 1980). Ruiskutusten aloittamisen kynnyslämpösomma suhteellisen siemenen kotipaikkakunnan kasvukauden lämpösomman pitkän ajan keskiarvosta oli kuitenkin kaikilla alkuperillä likimain sama, DM:llä 74 % ja MCPA:lla 70 %. Tämä säännönmukaisuus on sopusoinnussa ns. Linsserin periaatteen kanssa, jota mm. Sarvas (1965) käytti metsäpuitten vuotuista sykliä koskevien tutkimustensa hypoteesina. Linsserin mukaanhan samat ilmiöt kasveissa tapahtuvat eri alueilla samalla suhteellisella lämpösommalla.

Kun suhteellinen kynnyslämpösomma on sama, tästä seuraa, että ruiskutusten aloituspäivämäärä voi usein osua samaksi eri osissa maata. Aikaväli, joka ruiskutuksiin on käytettävissä, voi kylminä kesinä varsinkin Pohjois-Suomessa olla hyvin lyhyt, minkä vuoksi pitäisi olla valmius toimia eri osissa maata samanaikaisesti.

Myös ruiskutusten ajankohdan takaraja on mahdollista määrätä lämpösomman perusteella. Kysymykseen tulee tällöin alueen kasvukauden pitkän ajan keskimääräinen lämpösomma. Keskimääräistä lyhyempinä ja viileimpinä kesinä tästä ei kuitenkaan ole apua. Lehtikantaan muodostuvien irtoamisvyöhykkeiden tutkiminen osoittautui niin vaikeaksi ja tuloksiltaan epäluotettavaksi, että se käytännön menetelmänä ruiskutuskauden takarajan määrittämisessä tuskin tulee kysymykseen. Ainoaksi ja ilmeisen käyttökelpoiseksi puista mitattavaksi tunnukseksi syksyllä jää lehtien kellastuminen ja yleensä ruskan tulo.

Ruiskutusten lopettaminen oikeaan aikaan ei ole yhtä suuri ongelma kuin niiden oikea-

aikainen aloittaminen. Jos ruiskutuksia tehdään liian myöhään, siitä seuraa vain, että teho lehtipuihin ei ole halutun kaltainen ja toimenpide joudutaan ehkä toistamaan. Jos ruiskutukset aloitetaan liian aikaisin, aiheutetaan pahimmassa tapauksessa pahoja vaurioita myös kasvatettaville taimille. Lämpösomman lisäksi kasvaimen puutuminen ja neulasten pituuskasvun päättymisen ennakoivat tietyllä viiveellä männyn taimien vesakontorjunta-ainekestävyyden lähestymistä. Puutumisen seuraaminen esim. värjäysmenetelmillä on käytännössä mahdollista. Neulasten pituuskasvun päättymisen tarkka osoittaminen voi olla joskus vaikeaa, mutta on kuitenkin myös käytännössä mahdollista. Neulasten pitolujuus, jota myös on ehdotettu torjunta-ainekestävyyden indeksiksi, ei tässä tutkimuksessa antanut luotettavaa pohjaa ruiskutusten aloitukselle. Mittauslaitteita ja -menetelmiä ei ilmeisesti ole vielä riittävästi standardoitu. Myös itse ilmiö, neulasten pitolujuuden kehittyminen kaipaisi lisää tutkimista.

Ruiskutusten kynnyiskohtien määrittämiseen vuoden kuluttua ruiskutuksista tehty kertaintentointi sopi hyvin, mutta vaikutusten pysyvyydestä ei näin saada varmaa käsitystä. Mitä lehtipuihin tulee, uudelleenvesomista oli jo vuoden kuluttua havaittavissa. Männyillä vesakontorjunta-aineiden aiheuttamat vauriot luultavasti vuosien mittaan korjaantuvat, mutta mahdotonta ei ole, että ne joissakin tapauksissa myös pahenevat. Taimikoissa on tietenkin aina myös luontaisia tuhoja, jolloin erilaiset yhteisvaikutukset ovat mahdollisia. Tarvittaisiin pitempiaikaisia seurantatutkimuksia, ennen kuin tästä voidaan sanoa mitään varmaa (Kurkela 1978).

Vaikka tutkimus rajoitettiin koskemaan vain lehvästöruiskutuksen ajoituksen ongelmaa, sitä ei voida kokonaan irrottaa taimikon hoidon yleisemmistä kysymyksistä ja tavoitteista. Tavoitteena pidetään yleensä puhtaan tai ainakin havupuuvallaisen kasvatusmetsikön aikaansaamista. Vesakon perkaamatta jättäminen aiheuttaa vähintään tuotos- ja kasvutappioita, joskus täydellisen tuhoutumisenkin kasvatettaviksi tarkoitetuille havupuille. Vesakontorjunta-aineiden havupuille mahdollisesti aiheuttamia kasvutappioita on silloin verrattava vesakon aiheuttamiin kasvutappioihin (Jakkila & Pohtila 1978). Tur-

vauduttaessa totaaliisiin lehtipuiden hävitys-menetelmiin olisi kuitenkin oltava varmuus siitä, että hyväkuntoisia havupuuntaimia on riittävästi muodostamaan täystiheän metsikön, muuten voidaan aiheuttaa tuotostappioita. Tämä ehto ei ilmeisesti ole käytännössä suinkaan aina täyttynyt. Tapauksissa, joissa havupuun taimia ei ole riittävästi, pitäisi turvautua puukohtaisiin menetelmiin, jolloin voidaan varmistaa se, että metsikköön jää riittävästi kasvatuskelpoisia taimia.

Jos tavoitteita voidaan metsikön perustamisen jälkeen muuttaa siten, että kasvatettavaksi otetaan metsikön lehtipuuosite, koko asetelma tietenkin muuttuu. Totaaliset lehvästöruiuskutukset eivät silloin tule kysymykseen. Mitä kasvatetaan ja mitä poistetaan, on viime kädessä metsätaloudellinen optimointikysymys.

Tutkimuksessa ei tarkasteltu vesakontorjunta-aineiden ns. ympäristövaikutuksia. Nekin epäilemättä ansaitsisivat lisää tutkimista.

## KIRJALLISUUS

- ETHOLÉN, K. 1974. Kaatoajankohdan vaikutus koi-vun ja haavan vesomiseen taimistonhoitoaloilla Pohjois-Suomessa. Summary: The effect of felling time on the sprouting of *Betula pubescens* and *Populus tremula* in the seedling stands in Northern Finland. *Folia For.* 213: 1–16.
- 1975. Myönteisiä tuloksia kemiallisesta vesakontorjunnasta Neuvostoliitossa. *Metsä ja Puu* 1: 11–12.
- 1976. Vesakontorjuntakokeita MCPA-esterillä. *Kasvinsuojelulehti* 2: 22–27.
- 1976. Vaahtokäsittelyn käyttömahdollisuudet ja vesakkojen paljasversoruiuskutus. *Metsäntutkimuslaitos Rovaniemen tutkimusaseman tiedonantoja* 14: 1–12.
- 1977. Lähitulevaisuuden näkymiä kemiallisen torjunnan suorittamisessa. *Vesakontorjunta-ainesymposiumi*. Jyväskylän yliopiston biologian laitoksen tiedonantoja 7: 68–70.
- 1981. Vesakontorjunnan metsänhoidolliset kysymykset. *Metsä ja Puu* 3: 2.
- FRÖLANDER-ULF, O. 1977. Yhteenveto erilaisten vesakontorjuntamenetelmien metsätaloudellisesta käyttökelpoisuudesta. Helsingin yliopiston metsänhoitotieteen laitos. *Konekirjoite*, 135 s.
- HEIKURAINEN, L. 1973. Soiden metsäkasvatuskelpoisuuden laskentamenetelmä. Summary: A method for calculation of the suitability of peatlands for forest drainage. *Acta For. Fenn.* 131: 1–35.
- HEINONEN, P. 1980. Kasvukauden alueellinen vaihtelu Suomessa vuonna 1979. Helsingin yliopiston metsänhoitotieteen laitos. *Konekirjoite*, 62 s.
- HELIN, H. 1977. Haapavesakon kemiallisesta yksilökäsittelystä. Helsingin yliopiston metsänhoitotieteen laitos. *Konekirjoite*, 43 s.
- HUITU, P. 1970. Lentovesakontorjunnasta ja sen onnistumisesta eräissä metsähallinnon hoitoalueissa vuosina 1961–1966. Helsingin yliopiston metsänhoitotieteen laitos. *Konekirjoite*.
- JAKKILA, J. & POHTILA, E. 1978. Perkauksen vaikutus taimiston kehitykseen Lapissa. Summary: Effect of cleaning on development of sapling stands in Lapland. *Folia For.* 360: 1–27.
- KURKELA, T. 1978. MCPA ja männyn versoruoste. *Metsä ja Puu* 5.
- LAMPÉN, T. 1974. Kemisk slybekämpning av asp i tallbestånd. Helsingin yliopiston metsänhoitotieteen laitos. *Konekirjoite*.
- LYLY, O. 1979. Vesakontorjunta-aineiden lentolevityksen ajoittaminen ja käyttökohteet. *Metsähallitus, kehittämisjaosto*. Tutkimusselostus 130: 1–40.
- 1980. Tietämisen arvoinen asia. H-hetki ruiskutuksissa. *Metsä ja Puu* 5: 11–12.
- LÄÄKINTÖHALLITUS. 1980. Työryhmän mietintö n:o 4, vesakontorjunta-aineet. 40 s.
- MERILUOTO, J. 1980. MCPA- ja 2,4,5-T-herbisidien käyttökelpoisuus taimiston hoidossa. Summary: Applicability of MCPA- and 2,4,5-T-herbicides in sapling stand management. *Silva Fenn.* 14(4): 319–331.
- MIELIKÄINEN, K. 1980. Mänty-koivusekametsiköiden rakenne ja kehitys. Summary: Structure and development of mixed pine and birch stands. *Commun. Inst. For. Fenn.* 99(3): 1–82.
- PYYKKÖ, M. 1975. Kasvianatomian perusteet. Hämeenlinna. 248 s.
- RUMMUKAINEN, U. 1969. Vesakoiden lentoruiskutusajankohdasta. Summary: On the optimum time of spraying coppices from the air. *Commun. Inst. For. Fenn.* 69(1): 1–33.
- 1972. Vesakontorjunta-aineiden ja rikkakasvihävitteiden käytöstä metsänviljelyalalla Suomessa vuosina 1969–1970. Summary: On the use of brush and weed killers on forest regeneration sites in Finland 1969–1970. *Folia For.* 136: 1–36.
- 1982. Die Haftfähigkeit von Kiefernadeln. *Allg. Forstzeitschr.* 14: 416–418.
- RUOKONEN, M. 1975. Lehtien kautta annetun fenoksiherbisidin käyttäytyminen kasvissa. Kirjallisuuteen perustuva tarkastelu. Summary: The behaviour of leaf-applied phenoxy-herbicides in plants. A study based on literature. *Folia For.* 238: 1–23.
- SARVAS, R. 1965. Metsäpuiden vuotuinen periodi. *Suomal. tiedeakatemian esitelmät ja pöytäk.* 1965: 239–259.
- VESTERINEN, T. 1979. Eri vesakontorjunta-aineiden havupuita vahingoittava vaikutus ja sen riippuvuus käsittelyn aloittamisajankohdasta. Helsingin yliopiston metsänhoitotieteen laitos. *Konekirjoite*, 55 s.



## SUMMARY

### *THE TIMING OF FOLIAGE SPRAYING DURING THE GROWING SEASON*

The purpose of the study was to determine the annual periods which could be used for foliage spraying when cleaning pine-dominant seedling stands. On one hand the objective was to determine the threshold point at which the resistance of pine seedlings to arboricides is essentially increased, and on the other hand to determine the final point after which the chemicals are not efficient enough in destroying hardwood trees.

The needed trials were made in areas which were in practice planned to be treated with arboricide spraying. There were nine areas altogether, and they are situated in different parts of Finland (Figures 1–2). The density of the coppice forest in the research areas ranged from 3000 to 8000 sprouts/hectare, and the amount of pine seedlings ranged from 900 to 2250/hectare (Figure 3). The average height of the seedling stands ranged according to territory from 0,6 to 2,4 meters. Other information about the research areas can be seen from appendix 1.

The summers during the trial were longer and also warmer than the average (Figure 4, Table 1). The trials were made using three preparations: DM, MCPA, and ROUNDUP. The former two were used 4 liters/hectare, and the latter 1,5 liters/hectare. Water without additional ingredients was used with each arboricide 100 liters/hectare. The size of one trial plot was 30 meters × 30 meters. The spraying was applied by powersprayer (KY-ORITSU DM-9). The size of the drop measured by Cromecote paper was 0,22 mm on the average.

The spraying treatments were started when the birch had burst into leaf. The second spraying was applied during the height growth of the pine, and the third one when the growth had just ceased (Figures 5–6). Spraying treatments were applied with weekly intervals from the first week of July up till mid-September.

The results were inventoried one year after the spraying treatments. The effect of the arboricides was greatly dependent on the

phase of the growing season (Figures 7–13, Table 2). The range of the effect can be explained by the physical and chemical changes occurring in the leaves and needles. These changes have an effect on the penetrating of arboricides into the meristematic tissue. The cuticle usually thickens as the plant or part of the plant gets older. An important factor may also be the amount of waxes which may increase with age. The effect mechanism of different arboricides is known to be different. Chlorinated phenoxyherbicides usually cause unregulated growth, although they have contact poison features also. On the other hand glyphosate (ROUNDUP) has a direct effect on the metabolism of plants.

No simple solution was found to the problem due to the fact that when sprouts of hardwood species are destroyed, some conifer seedlings are also damaged or destroyed. The optimal time for spraying treatments had to be determined after consideration. The task was made easier, however, by the fact that on one hand in the resistance of pine seedlings to arboricides, and on the other hand in the destruction of hardwood sprouts there were quite clear threshold points at which the changes were especially timed (Figure 14).

However, results with the ROUNDUP varied so much that determining threshold points didn't succeed. Timing the spreading of DM and MCPA appropriately between the threshold points would make it possible to attain the wanted effects: the destruction of the coppice forest and the sparing of conifer seedlings. Needle damage can also occur due to spraying treatments applied during the optimal time period (Figure 11) but compared with the harm due to the coppice forest the significance of the former is evidently small.

The time available for spraying treatments, expressed in calendar dates was about the same in the whole country, although there were also considerable differences between the areas (Table 3–4). Calendar dates are not dependable in this regard because sum-

mer and growing season don't proceed in the same way every year. An effort was made to free the determinations from the calendar by comparing the effects of arboricides during different time periods to the climatical and phenological proceeding of the growing season (Figures 4–6). The number of degree days of the growing season turned out to be the most practical signal (Figures 15–16). According to the results of the trial the initial and final time period of the spraying treatments can be determined fairly dependably if the long-term average of the number of degree days at the origin of the seed is known, and also the accumulation of the temperature sum in the area which is to be sprayed during the growing season in question. As to practice it is especially significant that the threshold number of degree days is not the same in the whole country, but varies according to seed origin. In the studied material it ranged from 536 to 870 d.d. with DM, and from 543 to 849 d.d. with MCPA. However, the relative threshold number of degree days that marked the commencement of spraying treatments was nearly the same in all the provenances, 74 % for DM and 70 % for MCPA. These relative numbers were counted from the long-term average number of degree days of growing season at the origin of the seeds (Figure 17). This regularity is in accord with the so called Linsser's principle which was among others used by Sarvas as the hypothesis for his studies concerning the annual cycle of forest trees. According to Linsser the same phenomena in plants occur in different regions by the same relative number of degree days.

When the relative threshold number of degree days is the same, from hence it follows, that the date for commencing the spraying treatments can often happen to be the same in different parts of the country. The time period available for the spraying treatments can be very short during cold summers, especially in northern Finland, wherefore there should be readiness to act synchronously in different parts of the country.

It is also possible to determine the final time period for the spraying treatments by the number of degree days. Then the long-term average number of degree days at the

locality during the growing season comes into question (Figures 15). However, during summers shorter and cooler than the average this is of no avail. Studying the abscission zones forming at the leaf base turned out to be so difficult, and the results so independent that this method hardly comes into question when determining the final period of the spraying season in practice. The only and evidently practical sign which can be measured from the trees in the autumn stays the turning of leaves into yellow, and generally the coming of the season of colourful leaves (Figures 6 and 16).

The terminating of the spraying treatments at the right time is not as big a problem as the rightly timed commencing. If the spraying treatments are done too late, the only result is that the effect to hardwood trees is not the kind wanted, and the measures may be compelled to be repeated. If the spraying treatments are started too early, in the worst case, considerable damage can be caused also to the seedlings grown. In addition to the number of degree days, the lignification of the shoot, and the ceasing of the lengthening of the needles precede with a specific lag the nearing of the resistance of pine seedlings to arboricides (Figures 16). In practice it is also possible to observe the lignification for example by dyeing methods. Sometimes it may be difficult to define precisely the ceasing of the height growth of the needle, but still it is also possible in practice.

The temporary inventory following one year after the spraying treatments suited well for determining the threshold periods for spraying treatments, but no sure comprehension can thus be got about the permanence of the effects. As to hardwood trees new sprouting could be seen after one year already (Table 2). In pine the damage caused by arboricides may be repaired in the course of years, but it is also possible that in some cases the damage gets worse. Of course there is natural damage in seedling stands too (Figures 12) and in such cases different combined effects are possible. Observations of research of longer duration would be needed before anything certain can be said concerning these things.

Liite 1. Tutkimusalueiden yleiskuvaus.

Appendix 1. General description of the research areas.

Havainnon laatu Type of observation	Tutkimusalue – Research area								
	1. Sodankylä	2. Salla	3. Kolari	4. Taivalkoski	5. Kuhmo	6. Lestijärvi	7. Konginkangas	8. Parkano	9. Punkaharju
Sijainti Location	67°47'N, 26°51'E	66°48'N, 28°48'E	66°58'N, 24°45'E	65°33'N, 29°6'E	63°52'N, 30°6'E	63°34'N, 24°45'E	62°50'N, 25°42'E	62°2'N, 23°6'E	61°36'N, 28°57'E
Korkeus merenpinnasta, m Elevation, m	240	280	165	260	220	147	175	165	110
Keskimääräinen lämpösumma, d.d. Average number of degree days, d.d.	742	761	846	852	941	1014	1069	1095	1233
Metsätyyppi <sup>1)</sup> Forest site type	HMT	HMT	VMT	VMT	EVT	EVT	VT	MT	MT
Humus, cm Humus layer, cm	2,7	4,0	4,2	4,7	4,0	3,0	2,7	3,0	3,7
A-horisontti, cm A-horizon, cm	3,3	9,7	7,7	6,2	7,0	12,7	4,7	17,0	6,7
B-horisontti, cm B-horizon, cm	14,5	15,5	14,2	23,7	10,0	14,7	12,2	17,2	16,7
Kivisyys, % Stoniness, %	30,0	23,2	56,6	16,6	23,3	56,6	76,6	20,0	40,0
Maalaji <sup>2)</sup> Soil class	HtMr	HtMr	HkMr	HtMr	HtMr	HkMr	HtMr	HkMr	HtMr
Hakkuuvuosi Cutting year	1966	1966	1966	1961	1970	1974	1969	1973	1970
Maankäsittely Soil treatment	Aurus Ploughing	Aurus Ploughing	Aurus Ploughing	Laikutus Scalping	Aurus Ploughing	Laikutus Scalping	Laikutus Scalping	Aurus Ploughing	Laikutus Scalping
Viljelyvuosi Planting year	1971	1969	1969	1964 ja	1972	1975 1972	1970	1975	1971
Taimilaji Type of nursery stock	1Mk	1M	1M	2A	1M	2A+1A	1M+1A	1Mt	1A+1A
Siemenen alkuperä Seed provenance	Arvidsjaur	Älvsbyn	Älvsbyn	Taivalkoski	Nurmes	Uljärvi	Saarijärvi	Korpilahti	Joroinen
Siemenen kotipaikan keskimääräinen lämpösumma, d.d. Average number of degree days of seed origin, d.d.	803	823	823	852	1017	982	1098	1201	1224

<sup>1)</sup> Metsätyypit: HMT – Hyloconium Myrtilius  
Forest site types: VMT – Vaccinium – Myrtilius  
VT – Vaccinium  
EVT – Empetrum – Vaccinium

<sup>2)</sup> Maalaji: HtMr = Fine-sand moraine  
Soil classes: HkMr = Sandy moraine

Liite 2. Eri ruiskutuskerroilla tuhoutuneiden lehtipuiden määrä (%) tutkimusalueittain. Mukaan on laskettu kuolleet ja kituvat taimet.

Appendix 2. Dead and stunted hardwood sprouts (%) at various spraying times in the research areas.

Ruiskutuskerro – Spraying time	Tutkimusalue – Research area								
	1. Sodankylä	2. Salla	3. Kolari	4. Taivalkoski	5. Kuhmo	6. Lestijärvi	7. Konginkangas	8. Parkano	9. Punkaharju
	DM								
1	64,8	94,0	100,0	73,1	83,5	60,9	94,5	64,3	5,1
2	99,2	70,4	93,6	62,6	100,0	83,3	99,4	67,6	77,8
3	94,6	72,9	82,7	97,1	94,0	98,4	87,4	100,0	100,0
4	100,0	100,0	99,3	96,1	89,1	85,3	100,0	80,7	87,6
5	90,5	100,0	100,0	100,0	82,6	100,0	95,4	90,5	86,8
6	98,9	97,6	89,3	80,7	96,3	96,9	89,3	100,0	100,0
7	100,0	97,4	99,0	100,0	99,4	100,0	78,9	95,2	89,9
8	100,0	94,8	100,0	86,6	81,9	96,6	100,0	80,0	62,5
9	98,8	91,6	94,2	80,8	88,5	96,4	71,7	83,3	100,0
10	74,6	48,2	92,7	63,7	97,0	96,1	100,0	93,7	87,0
11	100,0	95,8	100,0	78,3	76,0	85,4	100,0	70,6	98,4
12	100,0	66,6	82,1	39,8	88,9	100,0	97,5	100,0	98,2
13	86,1	100,0	8,5	60,2	83,0	86,9	85,4	65,3	41,0
14	0,0	38,8	18,3	4,2	48,5	4,5	68,5	83,8	36,5
15	..	..	..	..	..	44,1	52,2	76,7	37,0
	MCPA								
1	45,6	64,4	89,3	50,2	80,9	31,7	75,0	17,8	61,2
2	98,8	100,0	96,2	86,5	92,1	85,2	93,4	83,6	61,8
3	93,2	96,3	99,5	89,4	92,7	87,2	67,3	91,5	100,0
4	100,0	100,0	96,2	84,4	76,4	92,9	100,0	97,1	84,2
5	94,8	98,5	100,0	80,5	96,7	88,9	100,0	100,0	75,7
6	82,0	100,0	85,7	79,1	91,9	97,6	100,0	100,0	95,3
7	90,7	94,1	81,5	60,6	84,5	91,3	100,0	94,4	98,1
8	92,6	87,8	82,7	35,7	90,4	90,9	81,8	40,0	70,3
9	98,0	95,4	83,6	43,9	72,4	89,5	82,4	50,0	68,1
10	92,7	89,4	37,1	56,3	74,5	100,0	100,0	36,1	99,1
11	58,8	31,6	80,3	37,3	47,2	73,8	74,0	78,9	39,7
12	53,1	67,9	6,6	71,8	52,4	66,7	54,8	86,7	64,1
13	19,8	29,3	0,0	8,4	19,2	43,9	70,5	29,5	23,2
14	1,4	0,0	0,0	15,6	0,6	10,8	82,4	5,6	4,8
15	..	..	..	..	..	0,8	26,1	0,0	56,2
	ROUNDUP								
1	34,5	70,9	41,5	9,9	36,2	54,7	42,7	71,2	27,4
2	43,2	84,2	67,8	74,2	82,5	25,7	89,5	82,1	46,4
3	37,3	33,1	44,2	31,8	66,6	40,7	100,0	39,7	97,7
4	61,9	70,0	76,2	50,0	15,3	40,8	70,8	18,0	69,7
5	51,4	55,0	39,0	56,0	84,8	74,3	76,0	50,7	82,5
6	54,4	14,4	27,7	96,4	66,5	97,0	63,3	98,3	72,4
7	90,1	76,0	100,0	78,1	50,0	98,5	95,3	87,5	93,6
8	37,6	72,4	34,5	58,6	69,2	60,2	10,0	80,4	41,5
9	82,7	92,5	67,1	96,4	67,8	100,0	100,0	75,0	14,6
10	80,3	79,4	64,7	90,0	76,5	100,0	100,0	100,0	87,4
11	52,4	0,0	60,9	34,9	7,6	80,1	97,4	100,0	91,9
12	90,8	77,3	79,3	52,0	42,2	75,0	95,9	67,9	75,0
13	60,4	30,0	34,9	89,3	28,2	87,2	52,4	82,3	47,5
14	24,2	5,7	0,5	49,1	6,5	3,8	84,4	49,3	8,2
15	..	..	..	..	..	54,2	85,4	73,5	18,0

Liite 3. Eri ruiskutuskerroilla kasvatuskelpoisina säilyneiden männyn taimien määrä (%) tutkimusalueittain.  
Appendix 3. Survived vigorous pine seedlings (%) at various spraying times in the research areas.

Ruiskutus- kerta – Spraying time	Tutkimusalue – Research area								
	1. Sodan- kylä	2. Salla	3. Kolari	4. Taival- koski	5. Kuhmo	6. Lesti- järvi	7. Kongin- kangas	8. Parkano	9. Punka- harju
	DM								
1	77,3	90,4	92,3	100,0	10,7	86,6	84,2	76,9	88,0
2	29,6	69,2	92,9	83,3	36,8	30,3	47,0	16,7	71,4
3	64,7	71,4	67,6	29,4	4,5	39,0	71,4	70,6	50,0
4	25,7	33,3	78,1	40,0	77,3	21,9	74,0	53,6	87,5
5	40,7	72,2	54,6	46,2	17,3	56,5	50,0	47,1	81,2
6	54,5	75,0	87,1	66,7	24,9	18,7	94,3	49,9	100,0
7	48,6	80,0	94,3	47,1	61,9	32,1	100,0	51,7	87,5
8	76,7	90,5	91,4	82,4	66,6	100,0	56,8	85,3	100,0
9	67,9	92,3	94,7	88,9	68,6	87,3	78,1	83,9	85,7
10	88,5	92,3	97,8	93,7	91,5	94,7	94,9	100,0	100,0
11	87,1	100,0	96,8	100,0	88,9	96,7	93,3	94,1	88,2
12	94,7	100,0	94,7	100,0	76,1	100,0	93,8	100,0	85,7
13	89,4	100,0	100,0	100,0	88,2	87,5	97,8	96,4	78,6
14	97,5	78,6	95,5	100,0	80,7	98,4	87,8	92,5	100,0
15	..	..	..	..	..	86,6	68,5	88,4	100,0
	MCPA								
1	91,1	95,2	89,7	50,0	61,7	75,0	85,5	91,7	60,0
2	29,2	84,6	89,8	87,5	41,6	64,3	63,9	77,8	62,4
3	35,3	90,5	40,6	84,9	17,1	77,5	70,3	85,0	50,0
4	16,7	100,0	88,0	90,9	65,5	69,5	95,5	76,7	72,7
5	42,1	61,5	95,8	100,0	25,0	57,6	80,0	51,5	50,0
6	51,7	54,1	82,0	8,3	7,9	76,2	78,1	86,2	100,0
7	42,4	88,2	97,8	37,5	75,0	72,2	86,7	88,9	73,2
8	63,2	88,9	100,0	93,3	72,4	93,8	88,6	94,1	100,0
9	79,1	100,0	96,7	85,7	82,8	100,0	94,1	97,3	100,0
10	100,0	99,9	100,0	96,3	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
11	48,4	100,0	97,5	92,8	90,9	100,0	82,0	100,0	100,0
12	100,0	100,0	100,0	100,0	87,0	96,6	97,3	100,0	100,0
13	92,9	100,0	100,0	100,0	100,0	94,8	97,3	100,0	100,0
14	100,0	100,0	85,8	100,0	100,0	100,0	97,7	100,0	100,0
15	..	..	..	..	..	100,0	92,0	100,0	100,0
	ROUNDUP								
1	83,3	100,0	97,6	100,0	87,9	100,0	86,5	68,5	100,0
2	84,4	95,3	92,1	62,1	47,8	100,0	75,0	68,7	98,2
3	80,0	94,7	100,0	74,9	52,0	100,0	81,6	100,0	84,3
4	74,4	70,0	95,4	93,4	89,6	94,8	91,2	100,0	100,0
5	90,9	100,0	100,0	80,0	76,4	100,0	100,0	93,1	100,0
6	96,6	100,0	100,0	92,0	50,0	87,6	100,0	100,0	100,0
7	52,9	93,9	80,7	87,4	93,7	98,2	95,5	100,0	100,0
8	96,8	100,0	100,0	100,0	92,7	98,2	98,5	100,0	91,6
9	79,3	81,2	64,3	100,0	83,9	92,9	100,0	100,0	100,0
10	94,1	100,0	100,0	100,0	97,5	83,4	91,8	96,0	100,0
11	95,7	95,8	100,0	100,0	93,1	100,0	77,5	97,6	100,0
12	100,0	93,3	100,0	100,0	75,0	90,9	100,0	100,0	100,0
13	100,0	100,0	100,0	86,7	92,0	100,0	95,8	100,0	100,0
14	90,4	100,0	100,0	88,9	86,9	100,0	82,1	100,0	100,0
15	..	..	..	..	..	100,0	82,3	100,0	100,0

ODC 249+414+181.65

POHTILA, E. & POHJOLA, T. 1983. Lehvästöröiskutuksen ajoitus kasvukauden aikana. Summary: The timing of foliage spraying during the growing season. Acta For. Fenn. 181: 1–36.

The study was made in nine experimental fields which were established in different parts of Finland. The trial spraying treatments were applied throughout the growing season by DM, MCPA and ROUNDUP.

The threshold temperature sums of the resistance in pine were 70–74 % from the long-term average number of degree days. Resistance in pine followed with a specific lag the lignification of the shoot and the ceasing of the lengthening of the needles. The effect on the hardwood trees grew respectively weaker as 91–100 % of the long-term average of the number of degree days was filled. The season of colourful leaves in the autumn checked the effect on the hardwood trees.

Authors' address: The Finnish Forest Research Institute, Rovaniemi Research Station, Eteläranta 55, SF-96300 Rovaniemi 30, Finland.

ODC 249+414+181.65

POHTILA, E. & POHJOLA, T. 1983. Lehvästöröiskutuksen ajoitus kasvukauden aikana. Summary: The timing of foliage spraying during the growing season. Acta For. Fenn. 181: 1–36.

The study was made in nine experimental fields which were established in different parts of Finland. The trial spraying treatments were applied throughout the growing season by DM, MCPA and ROUNDUP.

The threshold temperature sums of the resistance in pine were 70–74 % from the long-term average number of degree days. Resistance in pine followed with a specific lag the lignification of the shoot and the ceasing of the lengthening of the needles. The effect on the hardwood trees grew respectively weaker as 91–100 % of the long-term average of the number of degree days was filled. The season of colourful leaves in the autumn checked the effect on the hardwood trees.

Authors' address: The Finnish Forest Research Institute, Rovaniemi Research Station, Eteläranta 55, SF-96300 Rovaniemi 30, Finland.

ISBN 951-651-056-6

ODC 249+414+181.65

POHTILA, E. & POHJOLA, T. 1983. Lehvästöröiskutuksen ajoitus kasvukauden aikana. Summary: The timing of foliage spraying during the growing season. Acta For. Fenn. 181: 1–36.

The study was made in nine experimental fields which were established in different parts of Finland. The trial spraying treatments were applied throughout the growing season by DM, MCPA and ROUNDUP.

The threshold temperature sums of the resistance in pine were 70–74 % from the long-term average number of degree days. Resistance in pine followed with a specific lag the lignification of the shoot and the ceasing of the lengthening of the needles. The effect on the hardwood trees grew respectively weaker as 91–100 % of the long-term average of the number of degree days was filled. The season of colourful leaves in the autumn checked the effect on the hardwood trees.

Authors' address: The Finnish Forest Research Institute, Rovaniemi Research Station, Eteläranta 55, SF-96300 Rovaniemi 30, Finland.

ODC 249+414+181.65

POHTILA, E. & POHJOLA, T. 1983. Lehvästöröiskutuksen ajoitus kasvukauden aikana. Summary: The timing of foliage spraying during the growing season. Acta For. Fenn. 181: 1–36.

The study was made in nine experimental fields which were established in different parts of Finland. The trial spraying treatments were applied throughout the growing season by DM, MCPA and ROUNDUP.

The threshold temperature sums of the resistance in pine were 70–74 % from the long-term average number of degree days. Resistance in pine followed with a specific lag the lignification of the shoot and the ceasing of the lengthening of the needles. The effect on the hardwood trees grew respectively weaker as 91–100 % of the long-term average of the number of degree days was filled. The season of colourful leaves in the autumn checked the effect on the hardwood trees.

Authors' address: The Finnish Forest Research Institute, Rovaniemi Research Station, Eteläranta 55, SF-96300 Rovaniemi 30, Finland.

ISBN 951-651-056-6



## ACTA FORESTALIA FENNICA

- 168 Wuolijoki, E. 1981. Effects of simulated tractor vibration on the psychophysiological and mechanical functions of the driver: Comparison of some excitatory frequencies. Seloste: Traktorin simuloitujen värähtelöiden vaikutukset kuljettajan psykofysiologisiin ja mekaanisiin toimintoihin: Eräiden herätetaajuuksien vertailu.
- 169 Chung, M.-S. 1981. Flowering characteristics of *Pinus sylvestris* L. with special emphasis on the reproductive adaptation to local temperature factor. Seloste: Männyn (*Pinus sylvestris* L.) kukkimisominaisuuksista, erityisesti kukkimisen sopeutumisesta paikalliseen lämpöilmastoon.
- 170 Savolainen, R. & Kellomäki, S. 1981. Metsän maisemallinen arvostus. Summary: Scenic value of forest landscape.
- 171 Thammincha, S. 1981. Climatic variation in radial growth of Scots pine and Norway spruce and its importance to growth estimation. Seloste: Männyn ja kuusen sädekasvun ilmastollinen vaihtelu ja sen merkitys kasvun arvioinnissa.
- 172 Westman, C. J. 1981. Fertility of surface peat in relation to the site type class and potential stand growth. Seloste: Pintaturpeen viljavuuden tunnuksat suhteessa kasvupaikkatyyppiin ja puuston kasvupotentiaaliin.
- 173 Chung, M.-S. 1981. Biochemical methods for determining population structure in *Pinus sylvestris* L. Seloste: Männyn (*Pinus sylvestris* L.) populaatiorakenteesta biokemiallisten tutkimusten valossa.
- 174 Kilkki, P. & Varmola, M. 1981. Taper curve models for Scots pine and their applications. Seloste: Männyn runkokäyrämalleja ja niiden sovellutuksia.
- 175 Leikola, M. 1981. Suomen metsätieteellisen julkaisu toiminnan rakenne ja määrällinen kehitys vv. 1909–1978. Summary: Structure and development of publishing activity in Finnish forest sciences in 1909–1978.
- 176 Saarilahti, M. 1982. Tutkimuksia radioaalto menetelmien soveltuvuudesta turvemaiden kulkukelpoisuuden arvioimiseen. Summary: Studies on the possibilities of using radar techniques in detecting the trafficability of peatlands.
- 177 Hari, P., Kellomäki, S., Mäkelä, A., Ilonen, P., Kanninen, M., Korpilahti, E. & Nygrén, M. 1982. Metsikön varhaiskehityksen dynamiikkaa. Summary: Dynamics of early development of tree stand.
- 178 Turakka, A., Luukkanen, O. & Bhumibhamon, S. 1982. Notes on *Pinus kesiya* and *P. merkusii* and their natural regeneration in watershed areas of northern Thailand. Seloste: Havaintoja männystä (*Pinus kesiya* ja *P. merkusii*) ja mäntyjen luontaisesta uudistumisesta Pohjois-Thaimaan vedenjakaja-alueilla.
- 179 Nyssönen, A. & Ojansuu, R. 1982. Metsikön puutavaralajirakenteen, arvon ja arvokasvun arviointi. Summary: Assessment of timber assortments, value and value increment of tree stands.
- 180 Simula, M. 1983. Productivity differentials in the Finnish forest industries. Seloste: Tuottavuuden vaihtelu Suomen metsäteollisuudessa.
- 181 Pohtila, E. & Pohjola, T. 1983. Lehvästörusituksen ajoitus kasvukauden aikana. Summary: The timing of foliage spraying during the growing season.
- 182 Kilkki, P. 1983. Sample trees in timber volume estimation. Seloste: Koepuut puuston tilavuuden estimoinnissa.

## KANNATAJAJÄSENET – SUPPORTING MEMBERS

CENTRALSKOGSNÄMNDEN SKOGSKULTUR	VEITSILUOTO OSAKEYHTIÖ
SUOMEN METSÄTEOLLISUUDEN KESKUSLIITTO	OSUUSPANKKIEN KESKUSPANKKI OY
OSUUSKUNTA METSÄLIITTO	SUOMEN SAHANOMISTAJAYHDISTYS
KESKUSOSUUSLIIKE HANKKIJÄ	OY HACKMAN AB
SUNILA OSAKEYHTIÖ	YHTYNEET PAPERITEHTAAT OSAKEYHTIÖ
OY WILH. SCHAUMAN AB	RAUMA REPOLA OY
OY KAUHAS AB	OY NOKIA AB, PUUNJALOSTUS
KEMIRA OY	JAAKKO PÖYRY CONSULTING OY
G. A. SERLACHIUS OY	KANSALLIS-OSAKE-PANKKI
KYMI KYMMENE	SOTKA OY
KESKUSMETSÄLAUTAKUNTA TAPIO	THOMESTO OY
KOIVUKESKUS	SAASTAMOINEN YHTYMÄ OY
A. AHLSTRÖM OSAKEYHTIÖ	OY KESKUSLABORATORIO
TEOLLISUUDEN PUUYHDISTYS	METSÄNJALOSTUSSÄÄTIÖ
OY TAMPELLA AB	SUOMEN METSÄNHOITAJALIITTO
JOUTSENO-PULP OSAKEYHTIÖ	SUOMEN 4H-LIITTO
KAJAANI OY	SUOMEN PUULEVYTEOLLISUUSLIITTO R.Y.
KEMI OY	OULU OY
MAATALOUSTUOTTAJAIN KESKUSLIITTO	OY W. ROSENLEW AB
VAKUUTUSOSAKEYHTIÖ POHJOLA	METSÄMIESTEN SÄÄTIÖ

ISBN 951-651-056-6

Arvi A. Karisto Oy:n kirjapaino  
Hämeenlinna 1983