



FOLIA FORESTALIA

METSÄNTUTKIMUSLAITOS
THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE
HELSINKI 1988

721

Antti Uotila

ILMASTOTEKIJÖIDEN VAIKUTUS MÄNNYNVERSOSYÖPÄ-
TUHOIHIN

The effect of climatic factors on the occurrence of
Scleroderris canker

METSÄNTUTKIMUSLAITOS
THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE

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

Puhelin: (90) 661 401
Phone:

Telex: 121286 metla sf
Telefax: (90) 625 308

| | | |
|---|--------------------------------------|----------------------------|
| Ylijohtaja: <i>Director:</i> | Professori <i>Professor</i> | Eljas Pohtila |
| Julkaisujen jakelu: <i>Distribution of publications:</i> | Kirjastonhoitaja <i>Librarian</i> | Liisa Ikävalko-Ahvonon |
| Julkaisujen toimitus: <i>Editorial office:</i> | Toimittajat <i>Editors</i> | Seppo Oja Tommi Salonen |

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

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

Antti Uotila

ILMASTOTEKIJÖIDEN VAIKUTUS
MÄNNYNVERSOSYÖPÄTUHOIHIN

The effect of climatic factors on the occurrence of
Scleroderris canker

Approved on 16.9.1988

SISÄLLYS

| | |
|--|----|
| 1. JOHDANTO | 3 |
| 2. AINEISTO JA MENETELMÄT | 4 |
| 21. Kenttäkoe | 4 |
| 211. Lämpötilan, suhteellisen kosteuden ja kasteen mittaukset | 5 |
| 212. Neulasten kuivapaino- ja pitolujuusmittaukset | 5 |
| 213. Taimi-inventoinnit | 5 |
| 22. Säätilastot | 6 |
| 23. Versosyöpätuhojen määrän arviointi | 6 |
| 24. Aineistojen käsittely | 6 |
| 3. TULOKSET | 6 |
| 31. Kenttäkoe | 6 |
| 311. Lämpötila supassa | 6 |
| 312. Suhteellinen kosteus ja kaste supassa | 7 |
| 313. Versosyöpäisyys | 7 |
| 314. Neulasten kuiva-ainepitoisuus ja pitolujuus versosyöpäisyyden indikaattoreina | 8 |
| 32. Kasvukauden lämpötilan, sademäärän, kokonaissäteilyn ja kasvun vaihtelusta | 10 |
| 33. Versosyövän esiintyminen | 13 |
| 4. TULOSTEN TARKASTELU | 15 |
| 41. Kenttäkoe | 15 |
| 42. Kasvukauden sää ja altistuminen | 17 |
| 43. Versosyöpätuhoihin vaikuttavat tekijät | 18 |
| KIRJALLISUUS | 20 |
| SUMMARY | 22 |

UOTILA, A. 1988. Ilmastotekijöiden vaikutus männynversosyöpätuhoihin. Summary: The effect of climatic factors on the occurrence of Scleroderris canker. *Folia Forestalia* 721. 23 p.

Aihetta tutkittiin kenttäkokeena supassa eli harju-kuopassa ja vertaamalla säätilastoja versosyöpätuhojen määriin. Supassa mitattiin lämpötila, suhteellinen kosteus ja kaste. Neulasten kuivapainoa ja pitolujuutta testattiin tautialttiutta ennustavina ominaisuuksina. Säätilastoista kerättiin viiden sääaseman lämpösummat, kasvukauden sademäärät, hallat ja kokonaissäteilyn määrät ajalta 1916–1986. Niitä verrattiin latvanvaihtoihin v. 1974–86 ja pituuskasvuihin 1970–86. Taimet sairastuivat enemmän supan varjonpuoleisella kuin paisterinteellä. Saastutus versosyöpäsienen kotoiloitiolla lisäsi merkittävästi versosyöpäisyttä. Eteläinen alkuperä oli alttein. Neulasten kuivapainolla ei ollut yhteyttä versosyöpäänkestävyyteen, mutta neulasten pitolujuuden kasvaessa kestävyys parani. Vuonna 1982 oli erityisen voimakas versosyöpäepidemia. Tähän oli syynä edellisen kasvukauden pieni kokonaissäteily ja suuri sademäärä. Versosyöpäalttiutta lisäävät myös hallat ja pieni lämpösumma. Vuosittainen säävaihtelu ja kasvupaikkojen välinen pienilmastovaihtelu määräävät versosyöpätuhojen esiintymisen, jos mänty on paikallista alkuperää.

Temperature, relative humidity and dew were measured in a kettle hole during one growing season. By means of statistics climate was compared with outbreaks of Scleroderris canker. Scots pine seedlings were affected the most on the north-facing slope and at the bottom of the kettle hole. Inoculation with ascospores increased occurrence of the disease. The microclimate at the bottom of the kettle hole was cool and moist, but in this experiment only shading increased the incidence of the disease. The Scleroderris canker damages were preceded by growing seasons with a low temperature sum, high precipitation, a low total irradiation or summer frosts.

Key words: *Ascocalyx abietina*, *Pinus sylvestris*, climatic factors, fungal diseases, disease susceptibility, pine die-back ODC 111 + 443

Author's address: The Finnish Forest Research Institute, Department of Forest Protection, PL 18, SF-01301 Vantaa, Finland.

ISBN 951-40-1019-1

ISSN 0015-5543

Helsinki 1988. Valtion Painatuskeskus

1. JOHDANTO

Männynversosyövän aiheuttaja *Ascochyx abietina* (Lagerb.) Schläpfer-Bernhard -sieni on heikko patogeeni eli sairastuminen tähän tautiin edellyttää puun altistumista. Versosyöpäsienen kuroma- tai koteloitiöt tartuttavat touko-elokuussa silmusuomuja. Lepokauden aikana sieni tunkeutuu silmusuomujen ilmarakojen kautta männynverson kuorisolukkoon, mikäli mänty on altis. Silmusuomu on jo tässä vaiheessa kuollut, ja versosyöpäsieni valtaa kasvukauden aikana vain silmusuomun solukkoa. Kuolleen silmusuomun ja verson elävän kuorisolukon väliin mänty muodostaa sieni-infektioilta suojaavan korkisolukon, oli silmusuomu infektoitunut tai ei (Patton ym. 1984). Taudin oireet näkyvät vasta tartuntaa seuraavana keväänä. Sienen lämpötilaoptimi on 15–20 °C, mutta se kasvaa myös viileässä, jopa alle 0 °C:n lämpötiloissa (Dorworth ja Krywienzyk 1975, Uotila 1983).

Lauha talvi ja kasvukauden alun viivästyminen keväällä saattavat lisätä infektioiden määrään. Kasvukauden aikana sieni ei pysty kasvamaan elävässä männyn kuorossa (Sletten 1971, Kurkela ja Norokorpi 1979). Pahimmat tuhopesäkkeet sijaitsevat ilmastollisissa äärioloissa kuten supissa, puronotkoissa, ojitetuilla soilla ja yleensä hallanaroilla paikoilla sekä Pohjois-Suomen korkeiden alueiden paksusammaltyypin männynntaimikoissa. Niissäkin tautia esiintyy lähinnä epäedullisten kasvukausien jälkeen.

Kosteat kesät edistävät sienen leviämistä, koska sekä kotelo- että kuromaitiöt vaativat vapautuakseen tai itääkseen ainakin 90 % suhteellisen kosteuden tai vapaata vettä (Skilling 1969, Dorworth 1972).

Kasvukauden viileys saattaa altistaa männyn versosyöväälle (Donaubauer 1972, Norokorpi 1972). Kesäkuussa mänty on melko kestävä hallaa vastaan, mutta heinä-elokuussa alle –5 °C:n lämpötilat vaurioittavat männyn kasvaimia (Andersson 1968). Koroja aiheuttavat sienet voivat iskeytyä mäntyihin hallan aiheuttamien solukkovaurioiden kaut-

ta. Lievät kesäkuun hallavauriot käyristävät sekä versoista että neulasista niitä kohtia, jotka hallan aikana ovat arimmassa kasvuvaiheessa.

Pakkasvauriot, joihin ei liity patogeenisiä sieniä, ovat yleisiä Skandinavian pohjoisosissa (Eiche 1966, Venn 1970). Syyshallat vioittavat heikosti talveentuneita kasvaimia. Japanissa syyshalloja on pidetty merkittävämpänä sahalinipihtaa (*Abies sachalinensis* (Fr. Schmidt) Mast.) versosyöväälle altistavana tekijänä (Yokota 1975).

Englannissa Readin (1968) mukaan versosyöpätuhot olivat pahimmillaan pohjoisrinteillä, johon syynä oli varjostus eli pieni kokonaissäteily. Saastutuskokeissa varjostetuista taimista sairastui 88 %, kun varjostamattomista sairastui vain 22 %.

Heikinheimo (1920) on kuvannut Suomen lumituhoalueet. Erityisesti mänty on altis lumituhoille. Versosyövän laajentamia koroja on usein lumen murtamissa oksanhangoissa (Roll-Hansen ja Roll-Hansen 1973). Paksun lumipeitteen alla voi olla sienelle suotuisat olot, esim. Yokotan (1975) mukaan useita metrejä paksu lumipeite ja lumen viipyminen myöhään keväällä lisäsi versosyöpätuhoa Hokkaidolla pihtataimikoissa.

Neulasten kuivapainon ja kuiva-ainepitoisuuden on todettu nousevan versosyövänkestävyyden parantuessa (Dietrichson 1968, Teich 1968). Neulasten pitolujuutta on käytetty ilmaisemaan männynversojen puutumista vesakkoherbisidien sietokykyä tutkittaessa (Rummukainen 1982).

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää ilmastotekijöiden vaikutuksia versosyöpätuhoihin. Aihetta tutkittiin kenttäkokeella ja vertailemalla sääoloja versosyöpätuhojen määriin. Lisäksi kokeiltiin versosyöpäalltiutta ennustavia menetelmiä.

Kiitän lämpimästi tutkimuksen kuluessa minua auttaneita työtovereitani. MMT Risto Jalkanen auttoi kenttäkokeen järjestelyissä ja tarkasti käsikirjoituksen. Käsikirjoituksen tarkastivat myös prof. Eeva Tapio, prof. Timo Kurkela ja FT Lalli Laine. Julkaisun kuvat piirsi mtj Taina Hirvonen, ja englanninkieliset tekstit tarkasti MML John Derome.

2. AINEISTO JA MENETELMÄT

21. Kenttäkoe

Kenttäkokeena oli Rovaniemen mlk:ssa Metsäntutkimuslaitoksen Kivalon tutkimusalueen Hietaperänkankaalla sijaitseva suppa eli harjukuoppa ($66^{\circ} 15', 26^{\circ} 45', 125 \text{ m mpy}$) (kuva 1). Pohjoiseen viettävän rinteiden korkein kohta oli 14 m ja etelään viettävän rinteiden 16,5 m korkeammalla kuin supan pohja (kuva 3). Supan rinteet vaaittiin rinteenosien kaltevuuksien määrittämiseksi. Supan rinteet olivat suorita itä-länsisuunnassa, mutta aivan supan pohjalla koealueen laidat kallistuivat kohti supan keskustaa. Koepaikka sijaitsee Pohjanmaa-Kainuun ja Peräpohjolan kasvillisuusvyöhykkeiden rajalla. Metsätyyppi on EVT, maalaaji karkean hiedan ja hienon hiekan seosta.

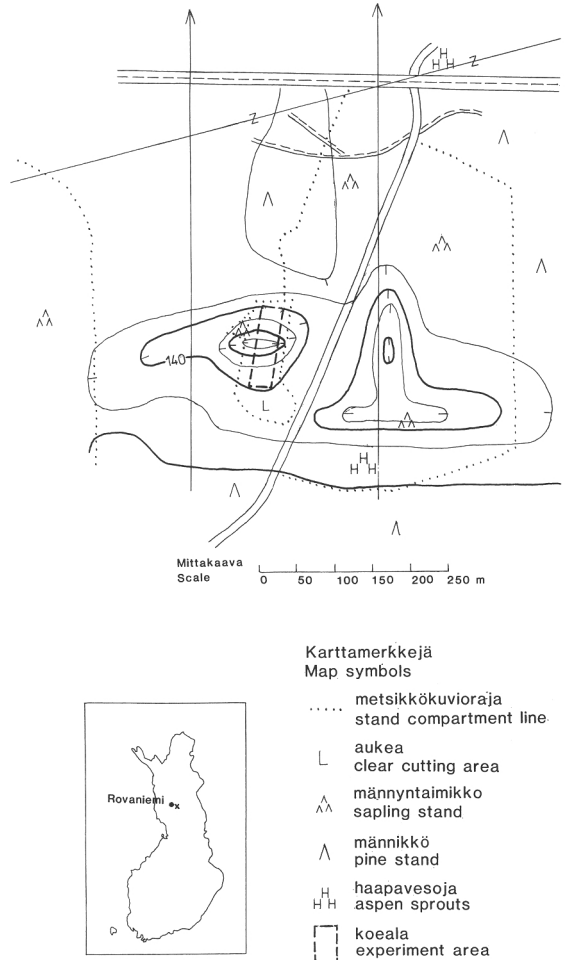
Koealue avohakattiin keväällä 1982. Rinteiden yläosat olivat 120 vuoden ikäistä männikköä. Muu osa supasta oli riukuvaiheen männikköä, mutta supan pohja oli puuton. Koealueelta poistettiin hakkuutähteet, ja istutustaimia haittaavat luonnontaimet kitettiin lumihomeen (*Phacidium infestans* Karst.) torjumiseksi. Varjonpuoleisella rinteellä oli paksu kunnakerros.

Supan etelään viettävä rinne saa säteilyä enemmän kuin varjonpuoleinen rinne johtuen suoran auringonsäteilyn ja rinteiden välisestä kulmasta. Hajasäteilyä molemmat rinteet saavat yhtä paljon. Sodankylän observatorion säteilymittausten mukaan (Suomen Meteorologinen Vuosikirja 1971–1980) hajasäteilyn osuus kokonaissäteilystä kasvukauden aikana on keskimäärin 43,5 %. Selkeällä säällä hajasäteilyn osuus voi laskea 15 %:iin. Kesäkuun 20. päivänä auringon paistaessa suoraan etelästä supan varjonpuoleisen rinteiden jyrkin kohta saa vain 37 % siitä suoran auringon säteilyn määrästä, mikä tulee auringon puoleisen rinteiden jyrkimpään kohtaan. Heijastunutta auringon säteilyä ei ole otettu laskelmissa huomioon. Rinteiden välinen ero kasvaa auringon korkeuskulman pienetessä. Auringon paistaessa lännestä tai idästä etelä- ja pohjoisrinteiden välillä ei ole eroja. Auringon korkeuskulman ollessa pienempi kuin rinteiden kulma varjonpuoleinen rinne ja valonpuoleisen rinteiden alaosa jäävät ilman suoraa auringon säteilyä, joten supan pohjalla on ylärintettä huonommat säteilyolot kallistui rinne kumpaan suuntaan hyvänsä. Varhain aamulla ja myöhään illalla pohjoiseen viettävä rinne saa enemmän säteilyä kuin etelään viettävä rinne. Illan ja aamun suoran auringon säteily on kuitenkin niin pieni, ettei se riitä tasoittamaan keskipäivän säteilyeroja rinteiden välillä.

Istutustaimikokeessa oli kolmen eri alkuperän yksivuotisia männyn paperikennottaimia (siemenluokka B 3), jotka istutettiin kesäkuun alkupuolella 1982. Lisäksi ritilöissä kasvatettiin neljän eri alkuperän taimia. Siemensiirrot olivat alle 200 km (taulukko 1).

Kemijoen, Tuutsan ja Pellon alkuperien taimet saatiin Imarin taimitarhalta, Ylikiimingin taimet Nuojuan taimitarhalta. Ylikiimingin taimet olivat muita kookkaampia eteläisen alkuperän ja Nuojuan ilmastollisesti Imaria suotuisamman sijainnin takia. Ylikiimingin taimet olivat aloittaneet kasvunsa jo ennen istutusta. Taimet istutettiin kourukuokalla laikkuihin.

Koealueena oli 13 m leveä ja 100 m pitkä eteläpohjoissuuntainen kaista supan yli. Alue jaettiin vii-



Kuva 1. Koealueen sijainti ja topografia.

Figure 1. The location and topography of experiment area.

teen 20 m:n pituiseen lohkoon, joissa oli neljä lohkon pituussuuntaista ruutua. Ruutuun sisältyi yksi 20 taimen jono jokaista alkuperää. Istutuskokeessa oli siis yhteensä 1 200 tainta. Alkuperien järjestys arvottiin. Taimi- ja riviväli olivat 1 m ja ruutujen väli 1,5 m.

Taimiritilät sijoitettiin lohkojen keskelle hygrotermografien viereen. Ritilätainten neljä alkuperää arvottiin 4 ruutuun 10 taimen jonoihin eli ritiläkokeessa olisi täydellisenä ollut 800 tainta. Ylikiimingin taimia oli liian vähän ja lohkot 1 ja 2 jäivät vajaiksi. Taimiritilät upotettiin maahan ja taimijonojen väliin laitettiin hiekkakerros.

Puolet kotoaimista saastutettiin *Ascosabys abietina*-sienen koteloitiösuspensiolla. Saastutettavat taimijonot arvottiin lohkoittain. Saastutusajankohdan määrit-

Taulukko 1. Koetaimet ja siemensirrot lämpösomman ja etäisyyten pohjoisesta etelään.

Table 1. Test seedlings and seed transfer expressed as temperature sum and distance from north to south.

| Alkuperä Origin | Lämpösomman muutos Difference in temp. sum. | Siirto Transfer |
|--------------------|---|--------------------|
| Ylikiiminki | -100 dd | -150 km |
| Kemijoki | 0 | 0 |
| Tuntsa | +250 dd | 120 km |
| Pello | -50 dd | -40 km |

tämiseksi elokuun alussa ja puolessa välissä kerättiin sienien kotelomaljoja, joita pidettiin vesipisarassa petrimaljan kanssa objektilasin päällä, jolloin koteloitit vapautuivat objektilasille. Saastutussuspensio valmistettiin murskaamalla kotelomaljoja tislattuun veteen. Suspension koteloitipitoisuudeksi saatiin itiökammiolla laskettaessa $3,2 \times 10^4$ kpl/ml. Taimet saastutettiin 16.8. klo 18.–19.30.

Saastutushetkellä oli 15°C lämmintä ja suhteellinen kosteus oli 55 %. Taivas oli pilvessä ja tuuli kohtalaisesti. Seuraava yö oli kasteinen aina klo 9:ään asti.

Taimet saastutettiin kukkasumuttimella yksi painalus/taimi, jolloin tainta kohti tuli n. 1 ml suspensiota. Suihke suunnattiin latvasilmuun, josta suspensiota valui versoa pitkin alaspäin. Ritoläitäimiä saastutettaessa kontrollitaimet suojattiin asettamalla ritilän keskelle kovalevy saastutuksen ajaksi.

211. Lämpötilan, suhteellisen kosteuden ja kasteen mittaukset

Lämpötilaa ja suhteellista kosteutta mitattiin hygrotermografilla kunkin lohkon keskeltä (mittausaika 30.6.–27.9.1982) (kuva 3). Hygrotermografit sijoitettiin sääkojuihin n. 20 cm maanpinnan yläpuolelle. Rinteen kaltevuuden takia maata jouduttiin tasoittamaan sääkojun alta. Hygrotermografit kalibroitiin Ilmatieteen laitoksella ennen mittausta. Hygrotermografi mittaa suhteellisen kosteuden hiushygrometrillä, jonka mittausvirhe on alle 5 % (Franssila 1949). Elohopealämpömittarilla tarkistettiin, että hygrotermografien kaksoismetallilämpömittarit eivät tehneet yli 0,5 °C:n mittausvirheitä.

Piirturikäyrältä laskettiin lämpötilan ja suhteellisen kosteuden vuorokauden ääriarvot sekä keskiarvot klo 12, 16, 20, 24, 4 ja 8:n lukemista. Piirturikäyrästä laskettiin myös aika, jolloin suhteellinen kosteus oli yli 90 %.

Kastetta mitattiin vain elo-syyskuun aikana vuorokausittain kahdella kastevaa'alla, jotka asetettiin supan pohjalle ja etelään viettävään ylärinteeseen hygrotermografien viereen. Tällöin ne tulivat ääreviin kasteenmuodostusoloihin. Kastevaaka mittaa kasteen suhteellisen määrän ja kasteen kestoajan vapaalla pinnalla, johon sitä muodostuu säteily- ja tuuliloloista riippuen jo alle 100 %:n suhteellisessa ilman kosteudessa (Franssila 1949).

212. Neulasten kuivapaino- ja pitolujuusmittaukset

Neulasten kuiva-ainepitoisuusnäytteet kerättiin aamupäivisin 21.7., 25.8. ja 22.9. Näyte koostui 10 neulasparista, jotka suljettiin muovipussiin. Jokaisen lohkon kustakin alkuperästä määritettiin kahden taimen kuivapainot. Ritoläitäimistä tehtiin vastaavat mittaukset. Neulasten tuorepaino punnittiin milligramman tarkkuudella, minkä jälkeen neulasen kuivatettiin paperikoteloissa lämpökaapissa (48 h, 60 °C). Kuivapaino punnittiin, ja tuloksista laskettiin neulasten kuiva-ainepitoisuus.

Neulasten pitolujuus mitattiin Pesola-vaa'alla, jossa ei ollut asennettuna neulasen irtoamishetken lukitusta (Nisula 1980).

Pitolujuus mitattiin vetämällä neulasparia sen pituusakselin suunnassa tukien samalla versoa (Rummukainen 1982). Pitolujuus on se voima, jolla neulaspari irtoaa. Pitolujuudet mitattiin kaksi kertaa: 30.8. ja 26.9. Kummallakin kerralla mitattiin jokaisen lohkon yhden taimirivin pitolujuudet, jolloin tuli mitattua neljän taimen pitolujuus jokaisesta alkuperästä. Siis yhteensä mitattiin 60 tainta mittauskerralla. Mitattavista taimista nyhdettiin kolme neulasparia, joiden pitolujuuden keskiarvoa käytettiin laskennassa.

Pitolujuudet mitattiin myös kahdesta 2 metrin pituisesta taimikosta. Hietaperänkankaan terve taimikko oli luontaisesti syntynyt ja metsätyypiltään ECT sijaiten 150 m korkeudella. Lammasuoman taimikko oli kylvetty auratulle HMT-typille 300 metrin korkeuteen, jossa versosyöpä oli tuhonnut yli puolet taimista. Kummastakin taimikosta mitattiin 10 taimen pitolujuudet elokuun ja syyskuun lopussa vuonna 1982. Kustakin taimesta mitattiin 6 neulasparin pitolujuus latvakasvaimesta.

213. Taimi-inventoinnit

Taimien kuntoa ja kehitystä tarkkailtiin jatkuvasti sää- ym. mittausten yhteydessä. Heinäkuussa taimiin ilmestyi versoruosteen (*Melampsora pinitorqua* (Braun) Rostrup) helmi-itiöpesäkkeitä. Versoruosteisuus inventoitiin 14.7. ja 21.7. Kasvukauden loputtua taimista mitattiin viivoittimella keskipituus. Joka lohkoista mitattiin systemaattisella otannalla 8 tainta alkuperää kohti sekä istutus- että ritilätaimista. Syyskuussa taimet luokiteltiin silmävaraisesti kahteen kuntoluokkaan.

Toukokuun lopulla 1983 koetaimien terveys tutkittiin taimikohtaisesti. Versosyöpä tunnistettiin oireista; taimen latvan neulasen olivat taipuneet alaspäin ja ruskettuneet tyveltä. Versosyöpäinen taimi ei välttämättä ollut vielä kuollut verson tyveltä tai juuristosta. Tuhoaiheuttajan varmistamiseksi otettiin 26 versosyöpäiseksi epäillyn taimen näyte. Versosyöpäsiemen eristämiseksi verso halkaistiin aseptisesti ja sitten verson ytimeä otettiin pala puuta elävän ja kuolleen solukon rajalta. Pala siirrostettiin petrimaljaan, jossa oli 1 % mallasagaria ja neulasuutetta.

Elokuun alussa 1983 tarkastettiin toukokuun lopun inventoinnin tulokset taimien kuolleisuuden osalta. Toukokuun lopussa ei vielä pystynyt arvioimaan jokaisesta taimesta, oliko se kuollut vai vain saastunut. Kuolleitten istutustainten kohdalle syntyneet aukot täydennettiin ritilätaimilla kokeen jatkamista varten. Kesäkuussa 1985 koe inventoitiin uudelleen.

22. Säätilastot

Vuosien 1916–1986 säätilastoja koottiin viideltä Ilmatieteen laitoksen sääasemalta: Helsinki Ilmala, Jokioisten observatorio, Ähtäri Myllymäki, Jyväskylä Luonetjärvi ja Sodankylän Observatorio (Suomen Meteorologinen Vuosikirja 1916–1980, Kuukausikatsaus... 1981–1986). Tutkittavat sääasemat valittiin siksi, että niistä oli Ähtäriä lukuunottamatta saatavissa myös säteilyhavainnot. Ähtäri edustaa ilmastoltaan Suomenselän versosyöpäalueita ja on samalla leveysasteella kuin Jyväskylä, jonka läheisyydessä vakavia versosyöpäalueita ei ollut. Jos joltakin sääasemalta puuttui tietyn vuoden havainnot, ne otettiin lähimmän sääaseman havainnoista.

Tilastoista tutkittiin kasvukauden lämpösomma, kasvukauden sademäärä, hallapäivät, touko-syyskuun minimilämpötilat ja kasvukauden kokonaissäteilyn määrä. Ne lämpösommatiedot, joita Ilmatieteen laitoksella ei ollut valmiina, laskettiin sääasemien päivittäisten havaintojen ja kuukauden keskilämpötilojen perusteella. Lämpösummat laskettiin kevästä, kun vuorokauden keskilämpötila oli ollut vähintään 5 vrk $> 5^{\circ}\text{C}$ maan ollessa lumeton, syyskuun loppuun.

23. Versosyöpätuhojen määrän arviointi

Tässä tutkimuksessa esitetyt versosyöpätuhojen pinta-alatiedot on arvioitu Metsähallituksen ja metsäteollisuuden omista metsistään tekemien selvitysten, kolmen piirimetsälautakunnan alueen metsänhoitoyhdistyksille suuntautuneen kyselyn, tuhoilmoitusten ja omien havaintojen perusteella. Versosyöpätartuntojen määrä eri vuosina selvitettiin latvanvaihtotutkimuksin. Versosyöpäisistä männikoistä harvennuksessa poistettujen puiden latvoista tutkittiin, minä vuosina oli sattunut latvanvaihtoja. Vuosien 1975–79 tiedot saatiin aiemmin julkaistusta tutkimusaineistosta (Aalto-Kallonen ja Kurkela 1985). Vuosien 1980–1986 latvanvaihtotiedot kerättiin samoilta alueilta, mutta eri metsiköistä kuin edelliseltä, koska kyseiset männiköt kuolivat kokonaan viimeistään keväällä 1982. Kurusta, Multialta ja Juupajoelta tutkittiin kahdelta metsikkökuviolta 100 latvusta, joko hakkuutähteistä tai kaatamalla koepuut. Latvat tutkittiin järjestyksessä ajouran varresta. Jos latva oli kokonaan kuollut, eikä siitä

enää nähty itiöpesäkkeiden perusteella kuolinvuotta, sitä ei otettu mukaan aineistoon, ei myöskään muita kuin versosyövän aiheuttamia latvanvaihdoksia. Latvanvaihdot, korot ja arvet tutkittiin vuosikasvaimittain päärangasta.

Männyn vuosittaista kasvun vaihtelua selvitettiin mittaamalla pituus- ja sädekasvut kolmesta 30-vuotiaasta terveestä männiköstä: Kuru ($62^{\circ} 10'$, $23^{\circ} 34'$), Multia ($62^{\circ} 29'$, $24^{\circ} 43'$ ja Vilppula ($62^{\circ} 05'$, $24^{\circ} 20'$). Joka metsiköstä valittiin 50 kpl koepuita kasvunvaihteluaineiston keruuohjeiden mukaisesti (Timonen 1987a). Kurun ja Multian metsiköt kasvoivat puolukatyypillä, Vilppulan metsikkö oli mustikkatyypillä. Kasvut mitattiin ennen esiharvennusta. Pituuskasvut mitattiin kaadetuista puista mittanauhalla ja sädekasvut lustomikroskoopilla kairanlastuista. Tarvittaessa kasvaimen syntyyvuosi tarkistettiin laskemalla vuosikasvaimet alapuolisista oksista tai laskemalla vuosilustot kasvaimen kohdalta.

24. Aineistojen käsittely

Kenttäkokeen tuloksista laskettiin kaksisuuntaisella varianssianalyysillä BMDP 2V -ohjelmalla (BMDP 1983), oliko saastutuksella tai alkuperällä vaikutusta ja oliko versosyövän määrässä supan eri osissa merkittäviä eroja. Versosyöpäisyyden riippuvuutta muista muuttujista tutkittiin regressioanalyysillä, kun ensin oli graafisen tarkastelun jälkeen päätelty, millä muuttujilla saattaisi olla merkitystä. Kuiva-ainepitoisuutta ja pitolujuutta verrattiin joko mitatun taimirivin tai koko lohkon versosyöpäisyyteen. Kuiva-ainepitoisuuden ja pitolujuuden vaihtelu eri alkuperien ja lohkojen välillä testattiin kaksisuuntaisella varianssianalyysillä.

Latvanvaihdosten ja edellisen kesän säätekijöiden yhteyttä tutkittiin regressioanalyysillä ja graafisesti. Lisäksi kasvukausien lämpösummista, sademääristä ja kokonaissäteilyistä muodostettiin jakaumat ja tutkittiin ankaraa tuhovuotta 1982 edeltäneen kesän 1981 säätunnusten sijoittuminen jakaumissa.

Pituuskasvuaineistosta laskettiin vuosittaiset keskiarvot (1970–1986) kasvuindeksien laskentaohjelmalla (Timonen 1987b). Kasvuindeksejä ei käytetty, koska metsiköt olivat samanikäisiä, eikä iän vaikutusta pituuskasvuun voitu ottaa huomioon.

3. TULOKSET

31. Kenttäkoe

311. Lämpötila supassa

Tyynellä säällä supan pohjalla oli viileämpää kuin rinteillä, mutta tuulisella säällä ei vaihdon takia ollut lämpötilaeroja. Vuorokauden maksimilämpötilojen erot supan pohjan ja etelään viettävän ylärinteen välillä

olivat keskimäärin $0,9^{\circ}\text{C}$ heinäkuussa, $1,2^{\circ}\text{C}$ elokuussa ja $1,3^{\circ}\text{C}$ syyskuussa. Suurin ero ($3,0^{\circ}\text{C}$) mitattiin 24.9. Vuorokauden minimilämpötilat olivat heinäkuussa keskimäärin $2,6^{\circ}\text{C}$, elokuussa $2,4^{\circ}\text{C}$ ja syyskuussa $1,2^{\circ}\text{C}$ alemmat supan pohjalla kuin etelään viettävän rinteiden yläosassa. Suurimmaksi minimilämpötilaeroksi supan pohjan ja ylärinteen välille mitattiin $4,6^{\circ}\text{C}$ 1.7. Minimilämpötilaerot olivat suurempia kesällä kuin syyskuus-

Taulukko 2. Kuukauden minimilämpötilat ja hallapäivien määrät supan eri osissa.

Table 2. The monthly minimum temperatures and the number of frost days in different parts of the kettle hole.

| | Lohko - Block | | | | |
|--|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Minimilämpötila °C - Minimum temperature °C | | | | | |
| (Hallapäivien lukumäärät) - (Number of frost days) | | | | | |
| Heinäkuu July | -0.8 (1) | -1.6 (1) | -2.8 (2) | -1.0 (1) | +0.2 (0) |
| Elokuu August | -3.0 (4) | -3.2 (4) | -4.6 (4) | -2.8 (3) | -2.0 (3) |
| Syyskuu September | -5.2 (12) | -6.0 (13) | -7.4 (13) | -6.0 (13) | -5.2 (13) |

sa. Hallaa oli useammin ja ankarampana supan pohjalla kuin ylärinteessä (taulukko 2). Hallan kesto aika oli myös pidempi supan pohjalla kuin ylärinteillä. Heinäkuun (-3,0 °C) ja elokuun alun (-5,0 °C) hallat eivät vielä vioittaneet taimia näkyvästi.

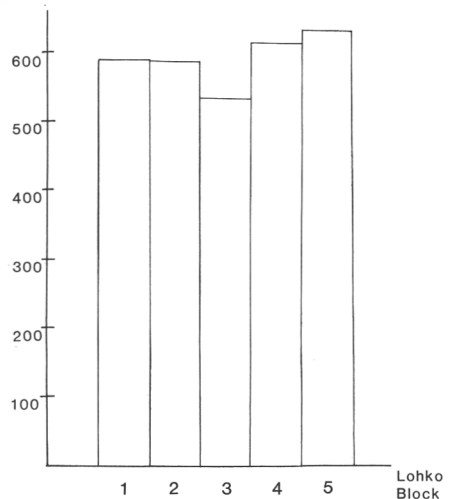
Supan pohjalla oli 98 dd pienempi lämpösumma kuin etelään viettävällä ylärinteellä (kuva 2). Keskirinteiden ja rinteiden yläosien välillä ei näyttänyt olevan merkittäviä lämpösummaeroja.

312. Suhteellinen kosteus ja kaste supassa

Keskimääräinen suhteellinen kosteus nousi syyskuun heinäkuun 65 %:sta syyskuun yli 80 %:iin. Supan pohjalla oli kosteampaa kuin rinteillä. Muiden lohkojen välillä ei ollut eroja. Suhteellinen kosteus oli yli 90 % sitä lyhyemmän aikaa, mitä ylempi rinteellä supan pohjalta nousi. Elokuussa supan pohjalla suhteellinen kosteus oli suurempi kuin 90 % noin 30 h kauemmin kuin ylärinteessä. Heinäkuussa ja syyskuussa ero oli pieni.

Supan pohjalla oli kastettakin useammin ja pidempään kuin etelään viettävässä ylärinteessä; elokuussa ero oli 16 tuntia 9 mitatun vuorokauden aikana ja syyskuussa 25 tuntia 10 mitatun vuorokauden aikana. Kastetta alkoi muodostua, kun ilman suhteellinen kosteus nousi supan pohjalla keskimäärin 87,5 %:iin ja ylärinteessä 91,8 %:iin.

Lämpösumma, dd
Temperature sum



Kuva 2. Mittausjakson (3.6. - 27.9.1982) lämpösummat lohkoittain.

Figure 2. The temperature sum of the different blocks, (measured 30.6. - 27.9.1982).

313. Versosyöpäisyys

Versosyöpäsieni saatiin eristetyksi 54 %:sta näytetäimistä. Eristyksistä kasvoi myös saprofyttisiä sieniä kuten *Aureobasidium pullulans* (de Bary) Arnaud. Elokuun 1983 tarkastuksessa kahdesta kuolleesta taimesta löytyi versosyöpäsienen kuromapullo. Kesän 1985 tarkastuksessa kuolleissa taimissa todettiin runsaasti versosyöpäsienen kotelomaljoja.

Saastutuksen vaikutus versosyöpäisyyteen oli tilastollisesti erittäin merkitsevä (virhettömyys $P < 0,001$), vaikka saastutetuista istutustaimista sairastui vain 18,5 % ja rilitäimistä 16,5 %. Vertailutaimista sairastui 6 % (taulukko 3). Toukokuun lopulla versosyöpäisiksi todetuista taimista 75 % kuoli elokuun alkuun mennessä. Eloönjääneet versosyöpäiset taimet muodostivat uuden latvan taimen tyvelle adventiivisilmusta.

Versosyövän lisäksi taimissa esiintyi versoruostetta, lumihometta ja muita tuhoja (taulukko 4). Versoruostetta oli enemmän koelueen eteläpuoliskolla kuin pohjoispuoliskolla. Ympäröivillä alueilla versoruostetta esiintyi kesällä 1982 kohtalaisesti. Lumihome tuhosi taimia laikuittain etelään viettävällä rinteellä, jonka läheisyydessä luonnontaimia kasvoi tiheinä ryhminä. Kuolinsyöjä jäi selvittämättä 50 taimesta.

Taulukko 3. Saastutuksen vaikutus versosyöpäisyyteen istutus- ja ritilätaimilla.

Table 3. The effect of inoculation on the state of health of the seedlings.

| | Versosyöpäisiä taimia % <i>Sclerotinia canker</i> % | |
|---|--|-----------------------------|
| | Saastutus <i>Inoculation</i> | Kontrolli <i>Control</i> |
| Istutustaimet <i>Planted seedlings</i> | 18,5 | 5,8 |
| Ritilätaimien <i>Containerized seedlings</i> | 16,1 | 6,3 |

Lohkojen väliset erot versosyöpäisyydessä olivat ritilätaimilla erittäin merkitseviä ($P < 0,001$) ja istutustaimilla merkitseviä ($P < 0,01$). Varjonpuoleisen rinteiden yläosan ja supan pohjan taimet sairastuivat pahiten (kuva 3). Taimiriveittäin versosyöpäisin kohta oli lohkon kolme eteläpää (versosyöpäisyys 41,7 %), jonka kohdalla rinne oli varjoon päin jyrkimmillään (kuva 3).

Alkuperien välillä oli tilastollisesti merkitseviä eroja versosyöpäisyydessä ($P < 0,01$ istutustaimet ja $P < 0,01$ ritilätaimien). Ylikiimingin alkuperä sairastui eniten ja Tuntsan vähiten eli eteläinen oli pohjoista alttiimpi (taulukko 5). Alkuperien välillä oli eroja myös keskipituudessa: Ylikiiminki 9,0 cm, Kemijoki 7,5 cm ja Tuntsa 6,0 cm. Syksyn silmävaraisen kuntoluokituksen heikot taimet eivät sairastuneet enempää kuin terveeksi luokitellut.

Kolmen vuoden kuluttua istutuksesta koko kokeen taimista oli kuollut 48,4 %, vaikka elokuussa 1983 koe täydennettiin ritilätaimilla. Versosyöpään oli kuollut 18,3 % ja lumihomeeseen 3,8 % taimista. Männynnilurit (*Hylastes brunneus* Erichs) aiheuttivat pääosan muusta kuolleisuudesta. Männynnilurien tuhoa esiintyi lähinnä molempien rinteiden yläosassa olevien isojen kantojen ympärillä. Versosyöpää esiintyi vain varjonpuoleisella rinteellä ja supan pohjalla. Lumihometta taas esiintyi vain etelään viettävällä rinteellä, mikä ilmeisesti johtui sairaiden tainten läheisyydestä. Versosyöpäisien kotelomaljoja oli muodostunut myös männynnilurien syömiin taimiin, eikä inventointihetkellä aina enää voinut todeta, kumpi oli ollut primäärinen tuhoniheuttaja. Männynni-

Taulukko 4. Tuhoniheuttajien esiintyminen ja niiden aiheuttama kuolleisuus vuosi istutuksen jälkeen.

Table 4. The occurrence of different diseases and the mortality rate one year after planting.

| Tuhoniheuttaja <i>Pathogen</i> | Istutustaimet <i>Planted seedlings</i> | | Ritilätaimien <i>Containerized seedlings</i> | |
|-----------------------------------|---|--------------------------|---|--------------------------|
| | Saastuneita <i>Infected</i> | Kuolleita <i>Dead</i> | Saastuneita <i>Infected</i> | Kuolleita <i>Dead</i> |
| % | | | | |
| <i>Ascocalyx abietina</i> | 12,2 | 9,0 | 11,1 | 10,1 |
| <i>Melampsora piniatorqua</i> | 3,3 | 1,8 | 1,6 | 1,5 |
| <i>Phacidium infestans</i> | 1,1 | 1,1 | 0,9 | 0,9 |
| Muut — <i>Others</i> | | 3,4 | | 1,6 |
| Yhteensä — <i>Total</i> | | 15,3 | | 14,1 |

Taulukko 5. Versosyöpäisyys alkuperittäin istutus- ja ritilätaimissa.

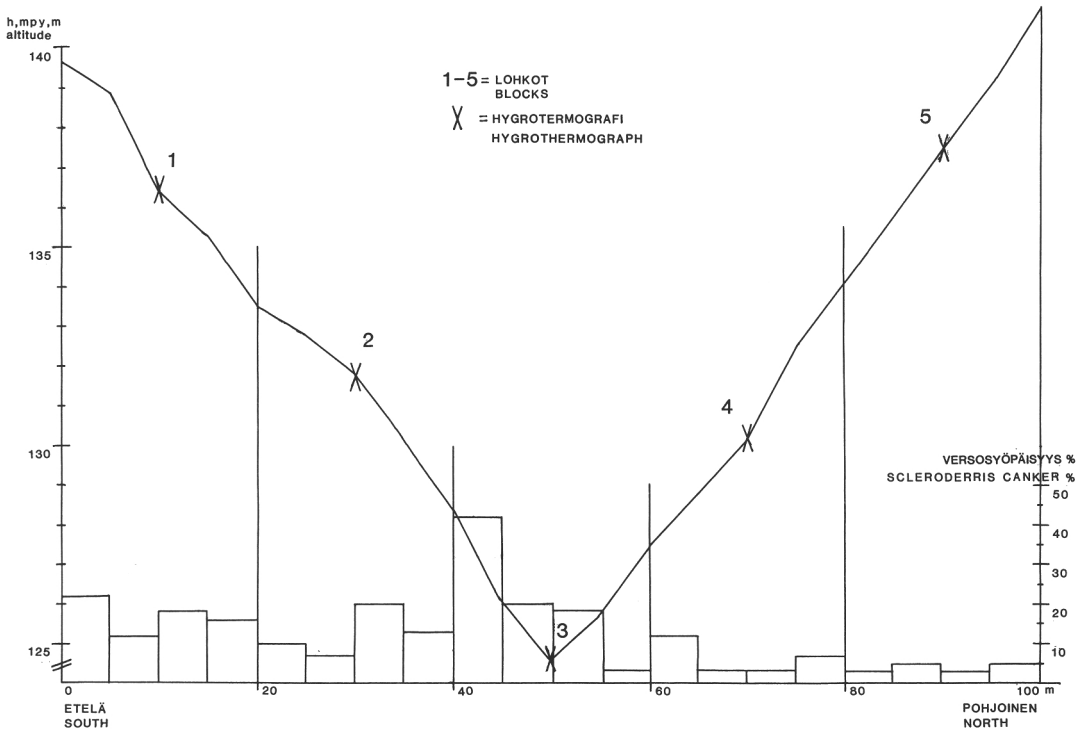
Table 5. The occurrence of *Sclerotinia canker* on seedlings of different origins.

| Alkuperä <i>Origin</i> | Versosyöpäisyys % <i>Sclerotinia canker</i> % | |
|---------------------------|--|--------------------------------|
| | Istutus <i>Planted</i> | Ritilä <i>In containers</i> |
| Ylikiiminki | 16,5 | 15,7 |
| Kemijoki | 13,3 | 11,0 |
| Tuntsa | 6,8 | 4,5 |
| Pello | | 14,5 |

lurit eivät kuitenkaan vaikuttaneet vielä vuoden 1983 inventointituloksiin, sillä aikuistuvien männynnilurien ravintosyönte alkoi aikaisintaan vuoden 1983 syksyllä jatkuen vielä kesällä 1985.

314. Neulasten kuiva-ainepitoisuus ja pitolujuus versosyöpäisyyden indikaattoreina

Viimeisen vuosikasvaimen neulasten kuiva-ainepitoisuus putosi hiukan heinäkuun lopulta elokuun lopulle, mutta nousi jälleen syyskuussa ollen n. 4 % korkeampi kuin heinäkuussa. Kuiva-ainepitoisuudessa ei ollut merkittäviä eroja supan eri osien välillä. Al-



Kuva 3. Supan profiili ja istutustainten versosyöpäisyys (lohkot jaettu vaaituksen mukaisesti neljään osaan).
 Figure 3. Cross-section of the kettle hole and occurrence of *Scleroderris* canker in planted seedlings (blocks divided to four parts as in levelling).

kuperien välillä esiintyi jokseenkin merkittävää vaihtelua elokuun mittauksessa (virhetodennäköisyys $P < 0,05$).

Neulasten pitolujuus kasvoi vielä syyskuussa kaikissa mitatuissa taimikoissa (taulukko 6). Suhteellisesti eniten pitolujuus lisääntyi syyskuussa Lammasuoman versosyöpätaimikossa. Elokuun lopulla pitolujuus oli pienin varjonpuoleisella rinteellä, mutta syyskuussa se oli pienin supan pohjalla ja varjonpuoleisen rinteän yläosassa (kuva 4). Alkuperien välillä oli eroja vielä elokuussa ($P < 0,001$), mutta syyskuussa ne tasoittuivat. Elokuussa paikallisen, Kemijoen alkuperän pitolujuus oli pienin ja pohjoisen, Tuntsan alkuperän, suurin.

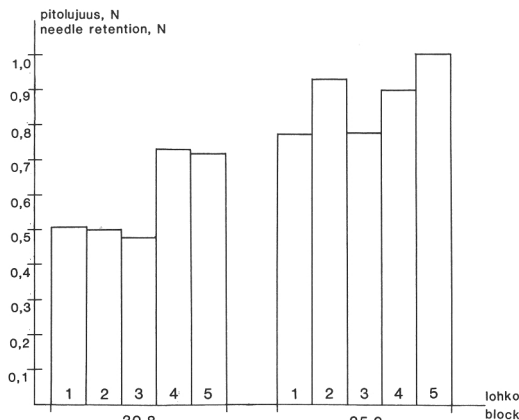
Neulasten kuiva-ainepitoisuudet eivät korreloineet kuolleisuuden kanssa. Sensijaan neulasten pitolujuus korreloi negatiivisesti kuolleisuuden kanssa. Pitolujuuden ja kuolleisuuden välinen korrelaatiokerroin oli elokuussa $-0,84$ ($P < 0,05$) ja syyskuussa $-0,76$ ($P > 0,05$). Syyskuun korrelaatio ei ollut tilastollisesti merkittävä. Pitolujuus kasvoi elokuulta syyskuulle (kuva 5). Kesällä 1983 versosyöpäisiksi todettujen tainten pitolujuuden

Taulukko 6. Neulasten pitolujuudet kenttäkokeessa ja kahdessa taimikossa.

Table 6. The needle retention values of seedlings in the kettle hole and in two sapling stand.

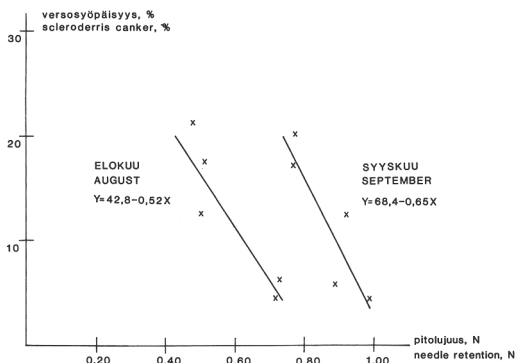
| Taimikko Sapling stand | Pitolujuus, (N) Needle retention, (N) | |
|-----------------------------|--|-----------|
| | 30.8.1982 | 25.9.1982 |
| Koetaimet Test seedlings | 0,59 | 0,88 |
| Hietaperänkangas | 2,49 | 2,95 |
| Lammasluoma | 1,99 | 2,95 |

keskiarvo oli elokuussa 1982 0,48 N, kun terveeksi todettujen tainten pitolujuus oli keskimäärin 0,73 N. Syyskuun pitolujuudessa ei ollut eroa sairaiden ja terveiden taimien välillä, mutta kuolleisuus oli suurin niissä riveissä, joiden pitolujuuden keskiarvo oli pienin. Siten kuvassa 5 myös syyskuun heikko pitolujuus näyttää merkitsevän versosyöpälle altistumista.



Kuva 4. Neulasten pitolujuus lohkoittain elo- ja syyskuussa.

Figure 4. The needle retention values of seedlings in the blocks in August and September.



Kuva 5. Versosyöpäisyyden riippuvuus neulasten pitolujuiden lohkoittaisesta keskiarvosta.

Figure 5. The dependence of the disease degree on the block means on needle retention values.

32. Kasvukauden lämpötilan, sademäärän, kokonaissäteilyn ja kasvun vaihtelusta

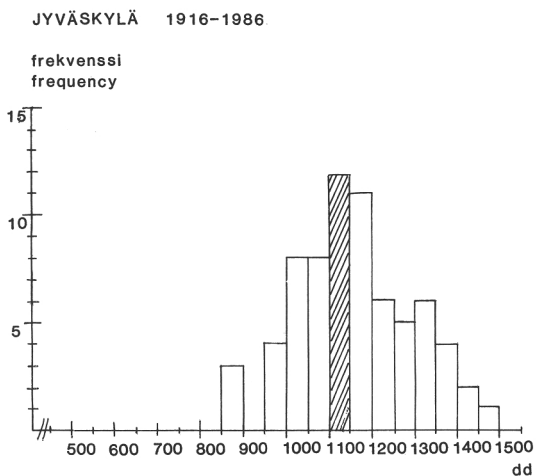
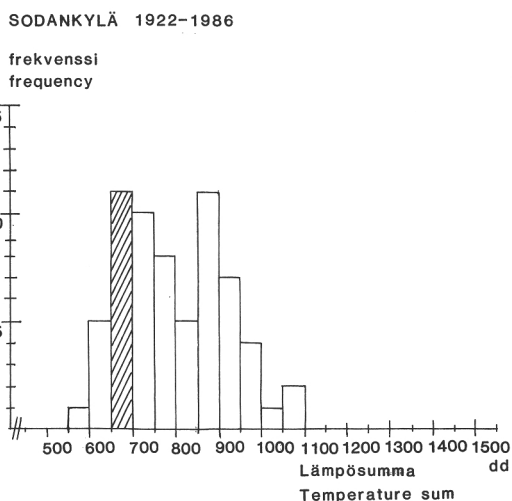
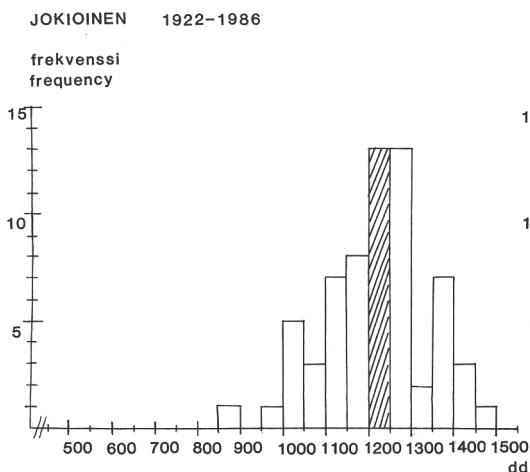
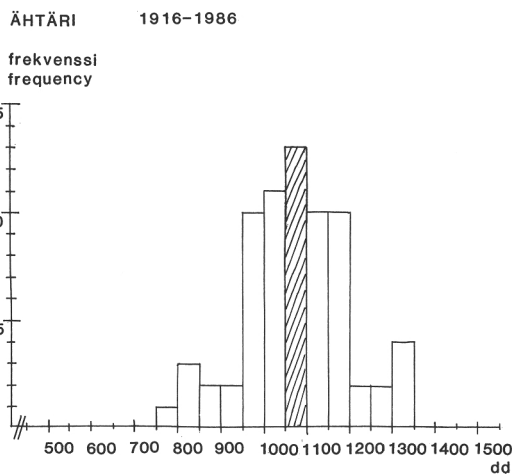
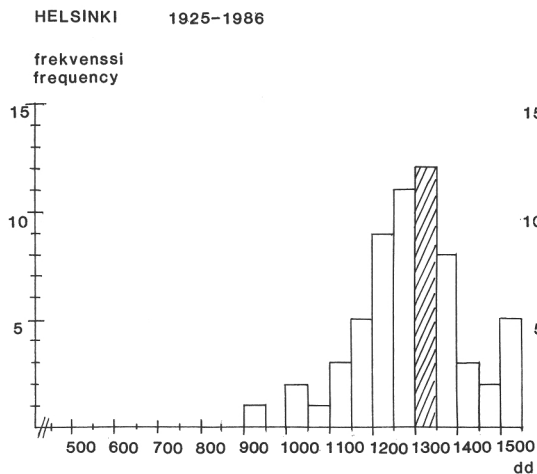
Suomen ilmastolle ovat tyypillisiä suuret säävaihtelut sekä kasvukausien välillä että niiden aikana. Esimerkiksi Ähtärin sääseman pienin lämpösomma (752 dd) oli pienempi kuin Sodankylän sääseman lämpösommien (1916–1985) keskiarvo (800 dd). Vastaavasti Sodankylän suurin lämpösomma (1106 dd) oli suurempi kuin Ähtärin lämpösommien keskiarvo (1072 dd). Lämpösommajakaumista ilmenee, millaisissa rajoissa lämpösommat vaihtelevat ja kuinka yleisiä

viileät kasvukaudet ovat. Viileä kasvukausi määritellään tässä yli 10 % keskiarvokasvukautta kylmemmäksi. Tämän mukaan v. 1981 kasvukausi oli viileä tutkituista sääasemista vain Sodankylässä. Muilla sääasemilla kesän 1981 lämpösomma oli melko lähellä keskiarvoa (kuva 6). Sen sijaan vuoden 1977 kasvukausi oli viileä koko maassa, esim. Ähtärin lämpösomma oli 888 dd, mikä on lähes 200 dd keskiarvoa alempi. Ähtärin sääseman pienin lämpösomma on 752 dd vuodelta 1928. Jyväskylän pienin lämpösomma on 857 dd ja Sodankylän 558 dd kummatkin vuodelta 1962.

Ähtärin Inhassa ja Myllymäellä oli kesäkuun halloja 37 vuotena viimeisten 70 vuoden aikana. Jyväskylässä halloja oli vastaavana aikana 15 vuotena. Kesäkuun halloja esiintyi vuosina 1974–1984 poikkeuksellisen usein; Ähtärin Myllymäen sääasemalla halloa oli kyseisenä ajanjaksona joka vuosi. Vuoden 1984 kesäkuussa oli vuosisadan ankarin halla mm. Jyväskylän sääasemalla. Heinäkuussa hallat ovat hyvin harvinaisia Etelä-Suomessa, mutta Ähtärissä niitä on havaittu kaksi kertaa 70 vuoden aikana. Sodankylässä heinäkuussa on hallaa joka viides vuosi. Myös elokuun ankarin halla oli Jyväskylän ja Ähtärin sääasemilla vuonna 1984. Jyväskylässä elokuun halloja on ollut vain kaksi kertaa havaintojakson aikana, kun Ähtärissä niitä on ollut joka viides vuosi ja Sodankylässä neljänä vuonna viidestä. Vuoden 1984 halla ajoittui elokuun viimeiselle viikolle.

Kesällä rannikolla sataa keskimäärin vähemmän kuin sisämaassa (Helsinki 189 mm, Ähtäri 221 mm). Kesän sademäärät vaihtelevat rajusti; Jyväskylän sademäärien vaihteluväli havaintojakson aikana oli 78–416 mm. Tutkituilla sääasemilla Jyväskylän kesän 1981 sademäärä 416 mm oli vuosisadan ennätys. Jos sateiseksi luokitellaan keskiarvon ylittyminen 30 %:lla, niin kesä 1981 oli kaikilla tutkituilla sääasemilla sateinen (kuva 7). Sateisten kasvukausien määrä eri asemilla oli 11–17 %. Kesällä 1981 oli runsaasti myös sadepäiviä ja kaikki kesäkuukaudet olivat keskiarvoa sateisempia.

Kesäkuukausien kokonaissäteily pienenee keskimäärin pohjoista kohti siirryttäessä: Helsinki 1706 MJ/m², Jokioinen 1636 MJ/m², Jyväskylä 1590 MJ/m² ja Sodankylä 1485 MJ/m². Kesäkuukausien kokonaissäteily vaihtelee 20 % keskiarvon molemmin puolin (kuva 8). Kesän 1981 kokonaissäteily oli mittausjakson pienin kaikilla mittausasemilla.



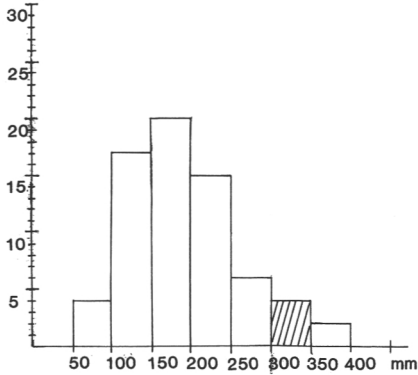
Kuva 6. Viiden sääaseman lämpösummajakaumat (kesä 1981 sijoittuu viivoitettuun pylvääseen).

Figure 6. The temperature sum distribution at five weather stations (summer 1981 is included in the dashed column).

Jos tarkasteluun olisi otettu mukaan toukokuu ja syyskuu, kesä 1981 ei olisi ollut aivan yhtä epädullinen säteilyoloiltaan. Toukokuun 1981 kokonaissäteily oli nimittäin keskimääräistä suurempi. Sen sijaan kesäkuun 1981 kokonaissäteily oli mittausjakson pienin kaikilla havaintoasemilla. Elokuun kokonaissäteily oli pienin Helsingissä ja Jyväskylässä, kun se Jokioisissa ja Sodankylässä oli toiseksi pienin. Heinäkuun ja syyskuun säteilyarvot olivat jonkin verran alle keskiarvon.

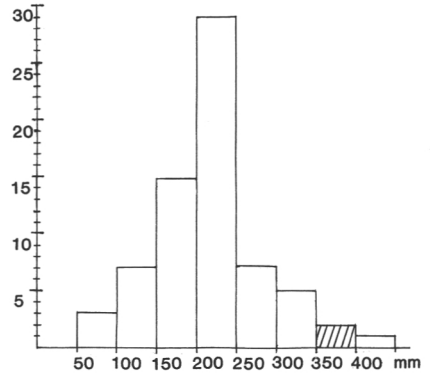
HELSINKI 1916-1986

frekvenssi
frequency



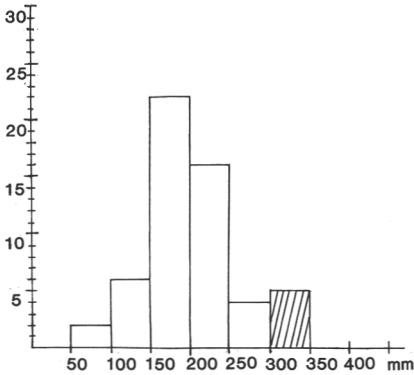
ÄHTÄRI 1916-1986

frekvenssi
frequency



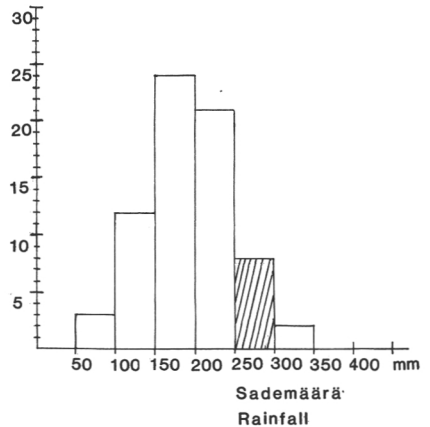
JOKIOINEN 1930-1986

frekvenssi
frequency



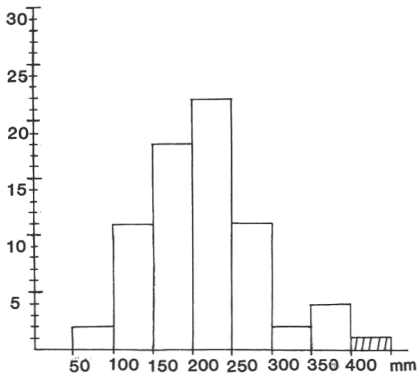
SODANKYLÄ 1916-1986

frekvenssi
frequency



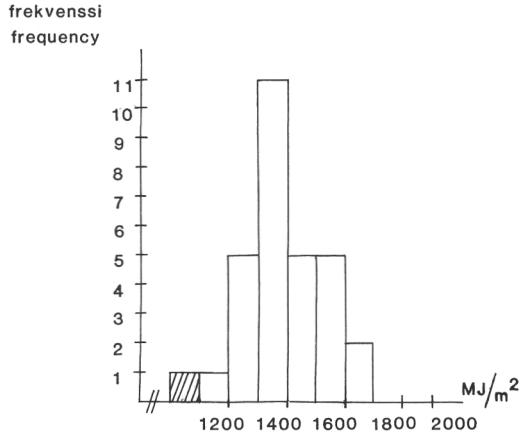
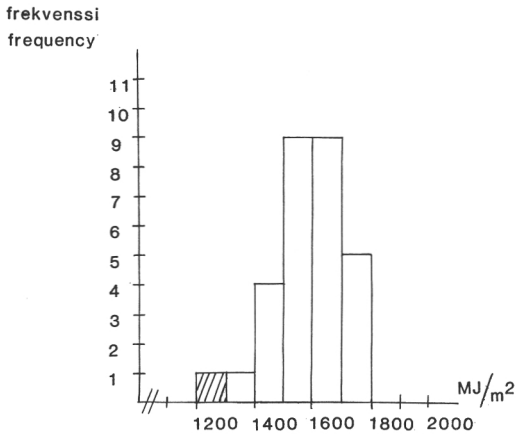
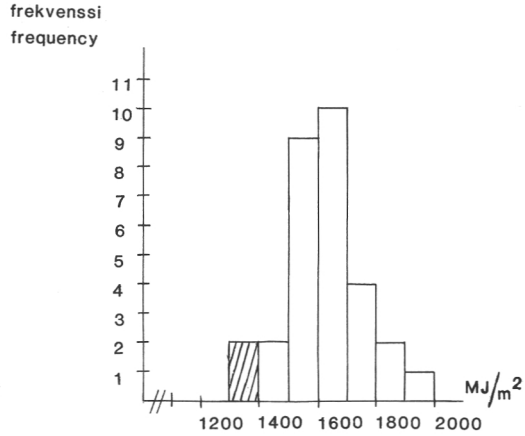
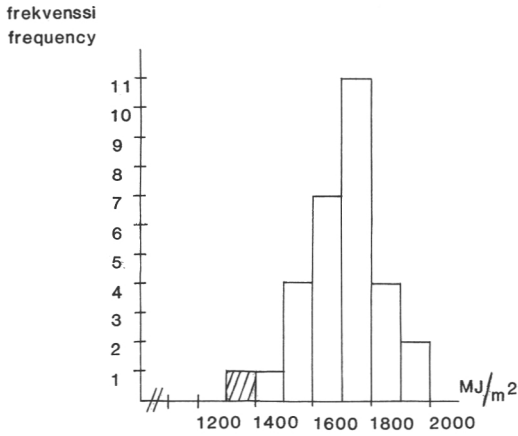
JYVÄSKYLÄ 1916-1986

frekvenssi
frequency



Kuva 7. Viiden sääaseman kesäkuukausien sadejakau-
mat (kesä 1981 sijoittuu viivoitettuun pylväaseen).
Figure 7. The precipitation distributions for the summer
months at five weather stations (summer 1981 is
included in the dashed column).

Jos säteilyoloiltaan epäedulliseksi määri-
tellään kesä, jonka aikana saadaan 10 %
keskiarvoa vähemmän säteilyä, niin Helsin-
gissä on ollut kolme epäedullista kesää
(1962, 1977 ja 1981), Jokioisissa kaksi (1962
ja 1981), Jyväskylässä kaksi (1974 ja 1981) ja
Sodankylässä kolme (1965, 1981 ja 1984) ha-
vaintojakson (1957-1986) aikana. Kesät
1962 ja 1977 olivat lähellä epäedullisen rajaa
kaikilla havaintoasemilla.



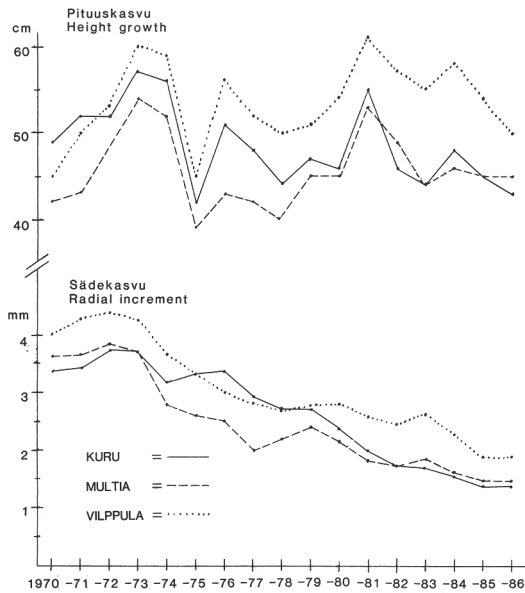
Kokonaissäteily
Global irradiation

Kuva 8. Kesäkuukausien kokonaissäteilyn jakaumat neljällä sääasemalla (kesä 1981 sijoitettu viivoitettuun pylvääseen).
Figure 8. The distributions of global irradiation at four weather stations (summer 1981 is included in the dashed column).

Tutkimusmetsiköiden pituus- ja sädekasvukäyrät on esitetty kuvassa 9. Männyn pituuskasvu määräytyy pääosin edellisen kasvukauden ja sädekasvu kuluvan kasvukauden sääolojen mukaan (Mikola 1950). Tätä osoittavat vuodet 1974 ja 1981, jolloin vuosikasvaimet olivat erittäin pitkiä, mutta sädekasvu jäi melko pieneksi. Kumpakaan kasvukautta edelsi suotuista kesä, mutta kuluva kesä oli sateinen ja pilvinen. Kesällä 1981 männyt kasvoivat pituutta normaalia enemmän: Kuru 55 cm, Multia 53 cm ja Vilppula 61 cm.

33. Versosyövän esiintyminen

Tutkimusjaksoa edeltäneeltä ajalta on tietoja versosyöpätauhosta metsätuhoja käsittelevissä julkaisuissa sekä sienikokeissa. Vanhimmat versosyöpänäytteet Suomesta ovat P. A. Karstenin keräämiä vuosilta 1866 ja 1870, joita säilytetään Helsingin yliopiston kasvimuseon sienikokeissa. Karsten (1884) kuvasi sienin suvuttoman asteen nimellä *Rhabdospora pinea* Karst.. Metsämattimiehet sekoittivat taudin samoin kuin Keski-Euroopassakin neulaskaristeisiin.



Kuva 9. Kolmen terveen männikön pituuskasvu- ja sädekasvukäyrät.

Figure 9. The height growth and radial growth curves of three healthy pine stands.

Vuonna 1880 oli kuitenkin huomattava epidemia Etelä- ja Keski-Suomessa ja tauti oli esillä jopa Suomen Metsäyhdistyksen vuosikokouksessa (Blomqvist 1881). Sen jälkeen tautia on esiintynyt lähinnä paikallisesti esim. Ruoveden Siikakankaalla (Kangas 1931) ja ulkolaisten puulajien viljelmissä (Kujala 1950). Kangas (1937) kuvasi myös versosyöpätuhoja Kivalon tutkimusalueen Kaihuanvaaralla, mutta vasta 1960-luvulla ilmeni laajoja taimikkotuhoja Lapissa. Samaan aikaan taimituotannon laajennuttua ilmeni myös merkittäviä versosyöpätuhoja taimitarhoilla. Joitakin versosyöpänäyhteitä on 1960-luvulta riukuvaiheen männiköistäkin Metsäntutkimuslaitoksen sienikokeilmissa, kuten Leivonmäen Kivisuolta vuodelta 1963.

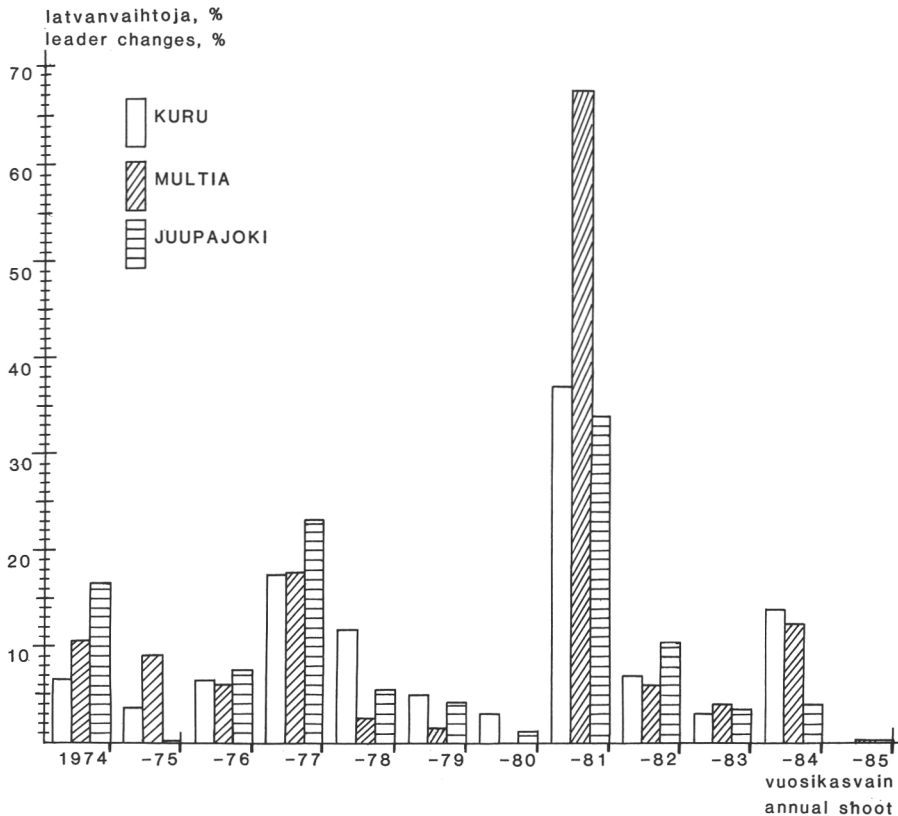
1970-luvun alkupuolella versosyöpää oli hyvin vähän, kunnes vuonna 1975 oli jo lievä epidemia. Versosyöpä tappoi jonkin verran latvakasvaimia myös kahtena seuraavana vuonna. Vuonna 1978 oli eniten latvanvaihtoja 1970-luvulla (kuva 10). 1970-luvun tuhoalueet sijaitsivat ilmastoltaan erittäin epäedullisilla kasvupaikoilla tai niiden alkuperä

oli eteläinen tai niitä oli taimikkona lannoitettu toistuvasti työllä kuten Hyytiälän muistomännikköä (Aalto-Kallonen & Kurkela 1985).

Vuonna 1980 tautia esiintyi yleisesti mm. Suomenselällä. Versosyöpää oli tällöin tukkipuumäntytien alaoksissa eri puolilla Etelä-Suomea. Seuraavana vuonna tautia oli hyvin vähän. Vuonna 1982 puhkesi toistaiseksi laajin tunnettu versosyöpäepidemia, jolloin tautia esiintyi runsaasti kaikenikäisissä männyissä. Pohjois-Suomessa versosyöpätuhot keskittyivät korkeiden alueiden HMT-tyypin 1–2 metrin pituisiin taimikoihin. Pohjois-Suomen taimikkotuhot olivat pinta-alaltaan 5 000–10 000 ha. Etelä- ja Keski-Suomessa versosyöpä tuhosi täysin 1 000–2 000 ha kasvatummänniköitä ja aiheutti kasvutappioita yli 100 000 ha:n alueella.

Vuosina 1983–84 tautia esiintyi jo ennestään pahoin sairastuneissa puissa. Vuonna 1985 ilmaantui taas merkittävää tuhoa rajoitettujen kuitenkin hallanaroille paikoille tai alaoksiin ja joillekin taimitarhoille. Seuraavana vuonna versosyöpätuhoja ei ollut juuri lainkaan. Vuosi 1982 oli ylivoimaisesti pahin versosyöpävuosi tutkimusjakson aikana, mikä näkyi latvanvaihtojen määristäkin (kuva 10). Kurun tutkimusmetsiköiden kesän 1981 latvakasvaimista kuoli versosyöpään 37 %, Juupajoen 34 % ja Multian 68 %. Silti metsiköt toipuivat siten, että ne olivat harvennushakkuun jälkeen kasvatuskelpoisia. Kasvaimien 1982–1985 latvanvaihdot olivat pääosin ennestään sairaisissa puissa, joten tässä aineistossa näiden vuosien taudin voimakkuus tulee yliarvioiduksi.

Versosyöpäsieni ei aina tapa tartuttansa versoa, vaan se saattaa aiheuttaa siihen koron tai arven, joka muodostuu, kun sieni tuhoaa pienen alan verson kuorisulukoita neulasparin tyveltä. Näin muodostunut pieni koro ei yleensä laajene enää seuraavina vuosina. Kuolleen verson ja rungon yhtymäkohtaan syntyy joskus koro, joka saattaa laajeta vuosittain. Latvakasvaimissa esiintyi koroja samoina vuosina kuin latvanvaihtojakin, mutta arpia oli runsaasti v. 1983 kasvaimissa, jolloin edellisenä vuonna kuolleiden kasvainten itiöpesäkkeistä vapautuivat itiöt. Esim. Kurussa 29 % v. 1983 vuosikasvaimista oli arpisia.



Kuva 10. Versosyövän aiheuttamat latvanvaihdot (1974–78 Aalto-Kallonen & Kurkela 1985).
 Figure 10. The annual leader changes caused by *Scleroderris canker* (1974–78 from Aalto-Kallonen & Kurkela 1985).

4. TULOSTEN TARKASTELU

41. Suppakoe

Lämpösummaero supan pohjan ja ylärinteen välillä oli yhtä suuri kuin Rovaniemen ja Sodankylän välillä. Supan pohjan auringon puoleisen osan kuolleisuus ei ollut kuitenkaan juuri suurempi kuin auringon puoleisen ylärinteen. Kesän 1982 oloissa lämpösumma ei kovin hyvin selittänyt kuolleisuutta. Hallakaan ei tässä aineistossa selitä kuolleisuutta, sillä versosyöpää esiintyi myös varjonpuoleisen rinteen yläosassa, jossa alimmat lämpötilat eivät poikenneet merkittävästi paisterinteen alimmista lämpötiloista. Maksimilämpötilojen ero kasvoi syksyä kohti auringon korkeuskulman pienetessä, kun taas minimilämpötilojen ero pieneni samana aikana. Suurimmillaan minimilämpötilaero

oli 4,6 °C, mitä ei voi pitää kovin suurena verrattuna muihin tutkimustuloksiin, esimerkiksi Dorworthin (1973) mittauksissa oli jopa 6 °C lämpötilaero painanteessa, jonka korkeusero oli vain 7 m. Supan syvyys ei välttämättä vaikuta kovin paljon lämpötilaeroon. Siitä ovat osoituksena vain muutamia metrejä syvät painanteet, joiden uudistaminen männylle ei ole onnistunut pysyvästi runsaasta luontaisesta taimi-aineksestä huolimatta, koska toistuvat halla- ja versosyöpätuhot estävät niissä uudistumisen. Elomaan (1970) tutkimuksessa 50 m syvän supan minimilämpötila oli kerran jopa 11,9 °C viereisen harjun minimilämpötilaa alempi. Koskelan (1985) tutkimuksessa versosyövän takia avohakatun laakson minimilämpötilat olivat keskimäärin 4 °C lähimmän sääaseman minimi-

lämpötiloja alemmat. Näiden tutkimusten mukaan maaston topografia aiheuttaa paikallisesti erittäin suuria poikkeuksia lämpötilan reduktiogradientista, jonka mukaan lämpötila laskee $0,65\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ noustaessa ylöspäin.

Supan pohjalla on itiöiden vapautumiselle ja itämiselle suotuisat olot, koska kasteen kesto-aika on pohjalla selvästi pidempi kuin ylärinteessä. Lisäksi pyörteiset ilmavirtaukset keräävät itiöitä painanteisiin. Dorworthin (1973) savutuskokeiden perusteella ilmavirtaukset ovat päivisin pyörteisiä, mutta öisin savu laskeutuu painanteen pohjalle. Vastavat tuulilolot ovat sankan metsän keskelle hakatussa pienessä aukossa (Geiger 1957). Versoruosteiden yleisyys koetaimissa osoittanee kantaitiöiden kerääntymistä suppaan; noin 3 %:n versoruosteisuus yksivuotuisissa taimissa oli korkea, kun lähin haavan vesa oli 150 metrin päässä (kuva 1).

Supan pohjalla on tynyempää kuin yläreunoilla, mitä ilmentää kasteen muodostuminen keskimäärin 4,3 % alemmassa suhteellisessa kosteudessa kuin ylärinteessä, joskin tähän vaikuttivat myös lämpötilaero ja mahdollinen mittarivirhe.

Rajakorven (1984) tutkimuksen mukaan paisterinne sai kaksinkertaisen määrän säteilyä varjonpuoleiseen verrattuna koko kasvukauden aikana. Edellä mainitussa supassa rinteiden kulmat olivat samaa suuruusluokkaa, kuin tässä kokeessa, mutta suppa sijaitti Etelä-Suomessa.

Varjonpuoleisella rinteellä kuolleisuus oli selvästi suurempi kuin valonpuoleisella. Samanlaisia tuloksia on Read (1968) esittänyt Englannissa. Auringon säteily lämmittää myös maata, jonka lämpötila vaikuttaa männyn tainten pituuskasvuun (Lähde 1978). Säteilyn määrään on kytkeytynyt myös lumen sulamisnopeus keväällä. Lumen viipyminen ei ilmeisesti aiheuttanut varjonpuoleisen rinteiden kuolleisuutta. Tutkimusaineisto ei sitä osoita, mutta sitä tukee se, että versosyöpätuhot lisääntyvät taimikoiden kasvettua lumen pinnan yläpuolelle. Lisäksi verson lämpötila on lumen alla $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, mikä on sienen kasvulle epäedullisempi kuin lumen alta paljastuneiden versonen lämpötilat ($>0\text{ }^{\circ}\text{C}$). Toisaalta kohonneet lämpötilat saattavat käynnistää männyn aktiiviset puolustusreaktiot. Etelä-Suomessa on havaittu lumen viipyvän jopa 19 vrk kauemmin supan pohjalla kuin harjun etelärinteellä (Rajakorpi 1984).

Suppakokeen perusteella neulasten kuiva-

ainepitoisuus ei ilmennä versosyöpäältätiutta puolitoistavuotisilla männyn kannotaimilla. Teich (1968) määrittäi kuivapainopitoisuudet 3,5-vuotiailta taimilta, jotka ovat jo huomattavasti homogeenisempia neulastoltaan kuin tämän kokeen taimet. Teich säilytti neulasia tästä kokeesta poiketen 100 % suhteellisessa kosteudessa ennen tuorepainopunnitusta, mikä on saattanut vaikuttaa tulokseen. Neulaset olivat märkiä otettaessa elokuun näytteitä, mikä saattoi aiheuttaa elokuun alhaiset kuiva-ainepitoisuudet. Näytteitä olisi pitänyt ottaa toteutettua enemmän ja useammin luotettavien tulosten saamiseksi. Tämä ei ollut mahdollista, koska runsas näytteenotto olisi vioittanut koetaimia. Kaikki taimet eivät tulleet samalta taimitarhalta, eikä taimitarhan vaikutus vielä ehkä ollut lakannut yhden kasvukauden aikana. Muutaman vuoden ikäisillä taimilla kuivapaino saattaisi olla käyttökelpoinen versosyöpäältätiuden indikaattori.

Neulasten pitolujuus korreloi positiivisesti versosyövänpöytätyydyden kanssa huolimatta taimien koon ja ulkonäön vaihtelusta. Myös Lammasuoman ja Hietaperänkankaan taimikoiden mittaustulosten mukaan pitolujuuden kehitys ilmentää versosyöpäältätiutta. Alttiissa taimikossa pitolujuus nousee hitaasti ja epäedullisena kasvukautena se jää heikoksi. Suppataimien heikko pitolujuus johtui niiden pienestä koosta. Puolitoistavuotisten tainten neulaset olivat vielä lyhyitä ja neulaparien kiinnityskohdan poikkileikkauspinta-ala pieni, jolloin pitolujuuskin jäi pieneksi. Lammasuoman ja Hietaperänkankaan taimikot olivat vertailukelpoisia, koska taimikot olivat samankokoisia.

Tämän tutkimuksen aineisto pitolujuuden osalta oli erittäin pieni, joten pitolujuuden ja versosyöpäältätiuden yhteys vaatisi vielä tueksi kasvukausittain ja eri kasvupaikoilla toistuvia mittauksia. Rummukaisen (1982) tutkimuksissa pohjoisten mäntyalkuperien pitolujuus alkoi nousta aikaisemmin kuin eteläisten ja kohosi kaksinkertaiseksi verrattuna eteläisiin alkuperiin Rovaniemellä tehdyssä kokeessa. Pitolujuutta voisi jatkotutkimuksien jälkeen käyttää versosyöpätuhojen enustamiseen sekä maastossa että taimitarhalla yhdessä säätilastotietojen kanssa. Menetelmällä voisi testata melko suuriakin aineistoja nopeasti ja halvalla. Taudin torjumiseksi tieto tulee taimitarhallakin liian myöhään, ellei löydetä versosyöpään täysin tehoavaa vasta syksyllä ruiskutettavaa torjunta-ainetta.

Kun versosyöpätuho on todennäköinen taimitarhalla, tainten nostoa keväällä tulisi lykätä oireitten ilmaantumiseen asti (Kurkela ja Lilja 1983). Tällöin sairaat taimet eivät joutuisi istutettaviksi.

Tässä kokeessa eteläiset alkuperät olivat alttiimpia kuin paikallinen, ja pohjoinen alkuperä oli kestävämpi kuin paikallinen. Vastaavan tuloksen ovat aikaisemmin esittäneet Dietrichson (1968), Teich (1968), Björkman (1971), Remröd (1976) ja Uotila (1985b). Kyseiset tutkimukset on tehty Björkmanin ja Remrödin tutkimuksia lukuunottamatta Lappia eteläisemmällä alkuperällä ja etelämpänä. Etelä-Lapin oloissa jo 150 km siemensiiro näytti vaikuttavan versosyöpäalttiuteen. Kokeen neljä alkuperää eivät riitä yksin todistamaan siirron merkitystä, mutta yhtäläisyys ruotsalaisten tutkimustulosten kanssa vahvistaa alkuperän merkitystä. Alkuperän merkityksestä elävyyteen saadaan lisätietoa, kun Metsäntutkimuslaitoksen jalostusosaston Pohjois-Suomen alkuperäkokeiden tuloksia julkaistaan.

Koteloitiosaastutus on tämän kokeen perusteella käyttökelpoinen menetelmä tutkittaessa tainten taudinkestävyyttä. Itiömäärä vaikuttaa lievästi kuolleisuuteen (Dorworth 1979), joten haluttaessa tietty kuolleisuus on itiökonsentraatio mitoitettava taimien alttiuden perusteella. Kontrollitainten melko korkea versosyöpäisyys (6 %) johtui siitä, että supan alueella esiintyi sientä jo ennestään sekä viereisissä riukuvaiheen männyissä että pienissä taimissa.

Sienieristykset onnistuivat hyvin, vaikka näytteissä oli oireidenkin perusteella rajatapauksia. *A. abietina* -sieni kasvaa ravintoalustalla hitaasti (Uotila 1983), joten sitä on vaikea eristää ohuesta kuolleesta versosta, jossa tavallisesti on jo ravintoalustalla nopeasti kasvavia saprofyttisiä sieniä. Siten oireiden perusteella saatuja versosyöpäisyyslukuja voi pitää luotettavina.

42. Kasvukauden sää ja altistuminen

Männynkasvaimen versosyöpäkestävyys perustuu kahteen puolustusmekanismiin. Ensinnäkin silmusuomun tyvellä oleva korkkisolukko estää sienen tunkeutumisen verson kuorisolukkoon lepokauden aikana. Toiseksi verson kemiallinen koostumus estää sienen kasvua versossa, silloin kun sieni on päässyt verson kuorisolukkoon, joko heikosti muo-

dostuneen korkkisolukon tai mekaanisen vioituksen kautta. Hyvin talveentuneissa versoissa versosyöpäsieni ilmeisesti kasvaa hitaammin kuin heikosti talveentuneissa. Männyverson kemiallisen koostumuksen merkitystä osoittaa se, että vuonna 1983 männynkasvaimissa oli runsaasti arpia, jotka muodostuivat sellaisista infektioista, joissa sieni oli kasvanut neulasparin tyveltä verson kuoreen, mutta ei ollut pystynyt kasvamaan verson kuoreen kuin muutaman millimetrin, koska kesä 1983 oli männylle suotuisa. Vuoden 1982 epidemian itiöt vapautuivat tällöin, joten itiöitä oli runsaasti, mutta arpia vakavampia tuhoja ei tullut.

Lämpösumman vaikutus vuoden 1982 tuhoihin ei ollut kovin suuri Etelä- ja Keski-Suomessa, mutta 1970-luvun pahimpia tuhoja vuonna 1978 edelsi kylmä kasvukausi. Lämpösumman merkitys saattaa kasvaa pohjoiseen päin, esimerkiksi vuoden 1982 runsaita tuhoja edeltäneen kesän lämpösumma oli alhainen. Lämpösumma ja hallaisuus ovat kytkeytyneet toisiinsa siten, että niillä alueilla, joilla lämpösumma on ympäristöä pienempi kuten Suomenselällä, esiintyy hallaa usein. Siten versosyöpän runsas esiintyminen näillä alueilla voi selittyä yhtä hyvin hallaisuudella kuin alhaisella lämpösummalla.

Halla ei kuitenkaan ole ehdoton edellytys versosyöpän esiintymiselle, mitä osoittaa taudin esiintyminen 10–20 metrin korkeudella latvustossa, jossa mäntyä vioittavaa hallaa ei juuri ole. Hallavaurio, johtui se sitten syys- tai kesähallasta, voi kuitenkin olla infektiotie ja hallavaurio voi myös haitata taudinkestävyyden kehittymistä. Kaikkein hallaisimpien kasvupaikkojen männyissä esiintyy versosyöpää jatkuvasti, ja näin ne ylläpitävät sienikantaa.

Neulasten sama säteily on yhtä tärkeä kasvutekijä kuin hiilidioksidi, vesi tai ravinteet. Taimien kuoleminen pohjoisrinteellä kenttäkokeessa, versosyöpän runsaus alaoksissa, varjostettujen puiden sairastuminen ensimmäisenä ja versosyöpätuhoja edeltäneiden kasvukausien pilvisuus ja pieni kokonaisuuteen osoittavat yhdessä muualla saatujen tutkimustulosten ja havaintojen kanssa (Read 1968, Butin ja Hackelberg 1978), että neulastoon tulevan säteilyn määrä vaikuttaa ratkaisevasti männyn versosyöpäalttiuteen. Säteilyn intensiteetti vaikuttaa fotosynteesin määrään (Troeng ja Linder 1978, Hari ym. 1981). Troengin ja Linderin (1978) tutkimuksen mukaan sateisena ja pilvisenä päivä-

nä mänty saa vain 15 % aurinkoisen päivän säteilyannoksesta. Vastaavasti säteilyn määrä vähenee alaspäin siirryttäessä latvuksen sisällä. Yhdeksän oksakiehkuran itäoksen fotosynteesi oli keskimäärin vain 59 % kolmannen kiehkuran eteläoksaan verrattuna. Toisaalta fotosynteesin teho ei enää juuri kasva, jos säteilyn intensiteetti ylittää $800 \text{ yEm}^{-2}\text{Xs}^{-1}$ eli kirkkaana päivänä männyn fotosynteesin hyötysuhde on huonompi kuin pilvisenä.

Versosyöpätuhoja edeltää tavallisesti sateinen kasvukausi. Tuhojen synty edellyttää itiöiden vapautumista ja niiden itämistä männynversolla. Tämä ei onnistu ilman riittävää kosteutta. Itiöiden vapautuminen ja itäminen ei kuitenkaan vaadi kuin muutamana päivänä sateisen jakson (Skilling 1972, Bergdahl 1983), joten sienien leviäminen ainakin vähäisissä määrin lienee mahdollista joka vuosi. Kesän kuivuus kuitenkin rajoittaa leviämistä.

Runsaat sateet voivat nostaa tiiviillä mailla ja turvemailla pohjaveden pinnan niin ylös, että juurien hapensaanti vaikeutuu. Juuriston hapenpuutetta ei voi osoittaa altistajaksi säätilastojen perusteella, koska sateisuus on kytkeytynyt pilvisyyteen ja kokonaissäteilyn määrään. Lisäksi versosyöpäisen kuolevan puun tai taimen juuristo jää viimeksi eloon.

43. Versosyöpätuhoihin vaikuttavat tekijät

Ilmastotekijöiden vaikutuksia versosyöpätuhoihin voidaan tarkastella sekä kasvukausittain että kasvupaikoittain. Kasvukausittain pieni kokonaissäteily, suuri sademäärä, pieni lämpösumma ja hallat edistävät epidemian syntyä. Kasvupaikoittain puuyksilön kannalta kasvupaikan pienilmasto eli varjostus, pieni lämpösumma, kasteisuus ja hallaisuus edistävät taudin puhkeamista. Kasvupaikan ravinteisuuden lisääntyminen saattaa pahentaa tuhoa ilmastollisesti epäedullisilla kasvupaikoilla, mistä on viitteitä muutamissa tutkimuksissa (Pätälä 1984, Kallio ym. 1985, Vasander ja Lindholm 1985). Männyn taimien on todettu menestyvän huonommin hienolajitteisilla kuin karkearakeisilla mailla (Lähde 1974, 1978). Tämän on epäilty johtuvan juuriston hapenpuutteesta kosteissa oloissa, mutta koska hienolajitteisuudesta seuraa runsas ravinteisuus, niin yhtä hyvin se voi vaikuttaa männyn taimien heikkoon menestymiseen. Epäedullisina kasvukausina versot eivät kehity riittävän kestäviksi versosyöpää

vastaan varsinkaan, jos pituuskasvu on ollut hyvä. Ilmansaasteiden aiheuttama typpilaskeuma parantanee kasvua ja silläkin lienee versosyöpätuhoja lisäävä vaikutus, joskin altistumiseen vaikuttavien tekijöiden kokonaisuudessa hyvin vähäinen. Erikoistapauksissa, kuten kanaloiden ammoniumpäästöjen yhteydessä Hollannissa (Dam ja Kam 1984, Roelofs ym. 1985), saasteiden on todettu lisäävän versosyöpätuhoja päästölähteen läheisyydessä.

Mänty-yksilön perinnöllinen sopeutumisen kasvupaikkansa ilmasto-oloihin merkitsee sitä, että mänty sairastuu vain, kun sääolot poikkeavat merkittävästi keskimääräisestä epäedulliseen suuntaan. Vuoden 1982 kaltaiset tuhot ovat esimerkki luonnon valinnasta ja evoluution jatkumisesta. Suotuisammista ilmasto-oloista siirretyt alkuperät sairastuvat todennäköisemmin kuin paikalliset (Dietrichson 1968, Björkman 1971, Uotila 1985b). Itiömäärä vaikuttaa lievästi taudin määrään (Dorworth 1979, Uotila 1985a). Lisäksi siellä saattaa olla vaihtelua patogeenisuudessa eri sienikantojen välillä (mm. Dorworth 1981, Akimoto 1984). Sienien leviämistä saattaa hivenen rajoittaa itiöitä syövä mikrofauna (Kurkela 1987).

Paikoin vuoden 1982 versosyöpäepidemiaa edelsi mäntypistiäisgradaatio (Juutinen ja Varama 1986). Mäntypistiäisten syömävioitukset yhdessä puiden heikentymisen kanssa todennäköisesti lisäsivät versosyöpätuhoja. Pohjois-Suomen taimikoiden tuhoalueilla on esiintynyt mäntykirvaa (*Pineus pini* Macq.), minkä imennällä tai imentävioituksella saattaa olla merkitystä versosyöpätuhojenkin esiintymiseen. Lumenmurtoihin syntyy usein versosyövän aiheuttama koro.

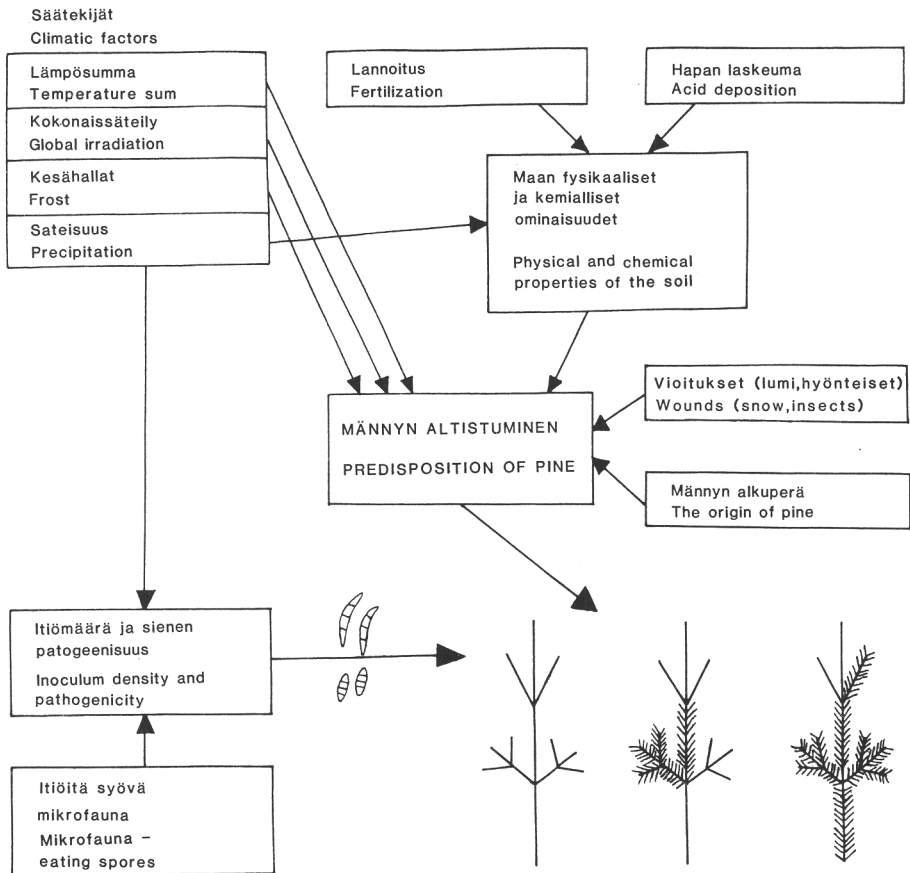
Luonnossa eri tekijät vaikuttavat kokonaisuutena (kuva 11), mutta yksikin tekijä, esimerkiksi halla, voi aiheuttaa taudin puhkeamisen.

Kasvukauden sääolojen perusteella säätilastojen tutkimisen jälkeen voi esittää arviota seuraavan kevään versosyöpätuhojen todennäköisyydestä. Mikäli kuvaa ympäristötekijöiden vaikutuksesta versosyöpätuhoihin halutaan täsmentää, kokeet tulisi tehdä kontrolloiduissa oloissa, esim. kasvatuskamioissa.

Kaavio selittää myös sen, miksi vuonna 1982 oli poikkeuksellisen laajat versosyöpätuhot ja miksi versosyöpätuhot ovat lisääntyneet viimeisten vuosikymmenien aikana. Vuoden 1982 versosyöpätuhoihin oli synn

edellisen kasvukauden poikkeuksellisuus. Epäedullinen kasvukausi ajoittui sopivasti sienen kaksivuotisen elinkierron kanssa; olihan edellinen kohtalainen versosyöpäepidemia vuonna 1980. Lisäksi vuoden 1981 kasvaimet olivat edellisen kasvukauden suotuisuuden takia tavallista pidempiä, eikä niihin muodostunut riittävä taudinkestävyttä sa-

teisen ja pilvisen kasvukauden aikana. Versojen puutumisen, talveentumisen ja taudinkestävyysprosessien yksityiskohtainen selvittäminen antaisi lisätietoa versosyöpäepidemian synnyn edellytyksistä. Versosyöpätuhojen takia männyn kasvatus ei onnistu pienilmastoltaan kaikkein epäedullisimmilla kasvupaikoilla.



Kuva 11. Männyn versosyöpäalttiuteen vaikuttavat tekijät Suomen oloissa.
 Figure 11. Predisposition factors of Scots pine affecting the occurrence of Scleroderris canker in Finland.

KIRJALLISUUS – REFERENCES

- Aalto-Kallonen, T. & Kurkela, T. 1985. Gremmeniella disease and site factors affecting the condition and growth of Scots pine. *Seloste: Versosyöpätauti ja ympäristö männyn kuntoon ja kasvuun vaikuttavina tekijöinä*. Commun. Inst. For. Fenn. 126. 28 s.
- Akimoto, M. 1984. Comparison of pathogenicity among isolates of *Scleroderris lagerbergii* Gremmen from Hokkaido, Japan. *Bull. Hokkaido For. Expt. Sta.* 22: 77–84.
- Andersson, B. 1968. Om temperaturförhållandena på kala hedar samt tall- och granplantornas känslighet för frost under vegetationsperioder. *Sveriges Skogsv.Förb. Tidskr.* 66(2): 109–157.
- Bergdahl, D.R. 1983. Dispersal of conidia of *Gremmeniella abietina* related to weather. *Teoksessa: Manion, P.D. (toim.) Scleroderris canker of conifers. Martinus Nijhoff/Dr W.Junk Publishers, The Hague.* s. 77–81.
- Björkman, E. 1971. Resistensprövning mot parasitsvampar hos skogsträd i Sverige. *Sveriges Skogsv.Förb. Tidskr.* 69(5): 499–510.
- Blomqvist, A. G. 1881. Några i forstlig hänseende anmärkningsvärda naturföreteelser under de senaste åren. *Finska Forstföreningens meddelanden* 2: 125–133.
- BMDP Statistical Software 1983. University of California Press. 773 s.
- Butin, H. & Hackelberg, L. 1978. Über der Verlang einer *Scleroderris lagerbergii* -Epidemie in einem Schwarzkiefernbestand. *Eur. J. For. Pathol.* 8: 369–379.
- Dam, B.C. van & Kam, M. de. 1984. *Sphaeropsis sapinea* (= *Diplodia pinea*), oorzaak van het afsterven van eindscheuten bij *Pinus* in Nederland. Summary: *Sphaeropsis sapinea*, cause of dieback of top shoot of *Pinus* in the Netherlands. *Nederlands Bosbouw-tijdschrift* 56: 173–177.
- Dietrichson, J. 1968. Provenance and resistance to *Scleroderris lagerbergii* Gremmen (*Crumenula abietina* Lagerb.). The international Scots pine provenance experiment of 1938 at Matrand. *Medd. Norske Skogforsöksv.* 25(6): 395–410.
- Donaubauer, E. 1972. Environmental factors influencing outbreak of *Scleroderris lagerbergii* Gremmen. *Eur. J. For. Pathol.* 2: 21–25.
- Dorworth, C.E. 1972. Epidemiology of *Scleroderris lagerbergii* in central Ontario. *Can. J. Bot.* 50: 751–765.
- 1973. Epiphytology of *Scleroderris lagerbergii* in a kettle frost pocket. *Eur. J. For. Pathol.* 3: 232–242.
- 1979. Influence of inoculum concentration on infection of red pine seedlings by *Gremmeniella abietina*. *Phytopathol.* 69(3): 298–300.
- 1981. Status of pathogenic and physiologic races of *Gremmeniella abietina*. *Plant Disease Reporter* 65 (11): 927–931.
- & Krywienzyk, J. 1975. Comparisons among isolates of *Gremmeniella abietina* by means of growth rate, conidia measurement and immunogenic reaction. *Can. J. Bot.* 53(21): 2506–2525.
- Eiche, V. 1966. Cold damage and plant mortality in experimental provenance plantation with Scots pine in Northern Sweden. *Studia Forestalia Suecica* 36: 1–218.
- Elomaa, E. 1970. Pinnanmuotojen vaikutus lämpötilaeroihin Lammin Untulanharjulla kesällä 1968. Summary: The influence of topography on the air temperature on an esker at Lammi (Southern Finland) in the summer of 1968. *Terra* 82(3): 97–107.
- Franssila, M. 1949. *Mikroilmasto-oppi*. Otava. Helsinki. 257 s.
- Geiger, R. 1957. The climate near the ground. *Toinen painos*. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts, USA. 494 s.
- Hari, P., Hallman, E., Salminen, R. & Vapaavuori, E. 1981. Evaluation of factors controlling net photosynthetic rate in Scots pine seedlings under field conditions without water stress. *Oecologia* 48: 186–189.
- Heikinheimo, O. 1920. Suomen lumituhoalueet ja niiden metsät. Referat: Die Schneeschaengebiete in Finnland und ihre Wälder. *Commun. Inst. For. Fenn.* 3. 134 s.
- Juutinen, P. & Varama, M. 1986. Ruskean mäntypistiäisen (*Neodiprion sertifer*) esiintyminen Suomessa 1966–1983. Summary: Occurrence of the European pine sawfly (*Neodiprion sertifer*) in Finland during 1966–1983. *Folia For.* 662. 39 s.
- Kallio, T., Häkkinen, R. & Heinonen J. 1985. An outbreak of *Gremmeniella abietina* in central Finland. *Eur. J. For. Pathol.* 15: 216–223.
- Kangas, E. 1931. Siikakankaan mäntytaimistojen tuhoista. Referat: Über die Schädigungen der Kiefern-pflanzenbestände in Siikakangas. *Silva Fennica* 17. 107 s.
- 1937. Tutkimuksia mäntytaimistotuhoista ja niiden merkityksestä. Referat: Untersuchungen über die in Kiefern-pflanzenbestände auftretenden Schäden und ihre Bedeutung. *Commun. Inst. For. Fenn.* 24(1). 304 s.
- Karsten, P.A. 1884. *Fragmenta mycologica XIV–XVI*. Hedwigia, 23: 57–63.
- Koskela, T. 1985. Lämpöolojen paikallisvaihteluista kasvukauden aikana. *Konekirjoite*. Helsingin yliopisto, meteorologian laitos. 49 s.
- Kujala, V. 1950. Über die Kleinpilze der Koniferen in Finland. *Seloste: Havupuiden pikkusienistä Suomessa*. Commun. Inst. For. Fenn. 38(4). 121 s.
- Kurkela, T. 1987. *Collembola* associated with *Ascochyta abietina* and differences in the occurrence of fungus in southern and northern Finland. *Mitteilungen Forstliche Bundesversuchs Anstalt Wien (painossa)*.
- & Lilja, S. 1983. *Taimitarhan sienitauteja*. Keskusmetsälautakunta Tapio, Helsinki. 15 s.
- & Norokorpi, Y. 1979. Pathogenicity of *Scleroderris lagerbergii*, *Lachnellula pini* and *L. flavovirens* and their cankers on Scots pine. *Seloste: Pathogenicity of Scleroderris lagerbergii, Lachnellula pini ja L. flavovirens -sienten patogeenisuus sekä niiden aiheuttamat korot männyntaimissa*. Commun. Inst. For. Fenn. 97(1). 15 s.
- Kuukausikatsaus Suomen ilmastoon 1981–1986. Ilmatieteen laitos.
- Lähde, E. 1974. The effect of grain size distribution on

- the condition of natural and artificial sapling stands of Scots pine. *Seloste: Maan lajitekoostumuksen vaikutus männyn luontaisten ja viljelytaimistojen kuntoon.* *Commun. Inst. For. Fenn.* 84(3): 23 s.
- 1978. Maan käsittelyn vaikutus maan fysikaalisiin ominaisuuksiin sekä männyn ja kuusen taimien kehitykseen. Summary: Effect of soil treatment on physical properties of the soil and on development of Scots pine and Norway spruce seedlings. *Commun. Inst. For. Fenn.* 94(5): 59 s.
- Mikola, P. 1950. Puiden kasvun vaihteluista ja niiden merkityksestä kasvututkimuksissa. Summary: On variations in tree growth and their significance to growth studies. *Commun. Inst. For. Fenn.* 38(5): 131 s.
- Nisula, P. 1980. Neulasten pitolujuuden mittari. Summary: Needle retention gauge. *Folia For.* 438: 10 s.
- Norokorpi, Y. 1972. Pohjoisten männyn viljelytaimistojen tuhoprosessista. *Metsä ja Puu* (4): 13–15.
- Patton, R.F., Spear, R.N. & Blenis, P.V. 1984. The mode of infection and early stages of colonization of pines by *Gremmeniella abietina*. *Eur. J. For. Pathol.* 14 (4/5): 193–202.
- Pätälä, A. 1984. Versosyövän esiintyminen lannoitetuilla metsäojitusalueilla. *Laudaturtutkimela, Helsingin yliopisto, suometsätieteen laitos.* 48 s.
- Rajakorpi, A. 1984. Microclimate and soils of the central part of the Hämeenkanigas interglobate complex in western Finland. *Fennia* 162: 237–337.
- Read, D.J. 1968. Some aspects of the relationship between shade and fungal pathogenicity in an epidemic disease of pines. *New Phytologist* 67: 39–48.
- Remröd, J. 1976. Val av tallprovenienser i Norra Sverige – analys av överlevnad, tillväxt och kvalitet i 1951 års tallprovenienschörsök. *Institut för skogsgenetik. Skogshögskolan. Rapport och uppsatser* 19: 132 s.
- Roelofs, J.G.M., Kempers, A.J., Honijk, A.L.F.M. & Jansen, J. 1985. The effect of airborne ammonium sulfate on *Pinus nigra* var. *maritima* in the Netherlands. *Plant and Soil* 84: 45–56.
- Roll-Hansen, F. & Roll-Hansen, H. 1973. *Scleroderris lagerbergii* in Norway. Hosts, distribution, perfect and imperfect state and mode of attack. *Medd. Norske Skogforsöksv.* 30: 443–459.
- Rummukainen, U. 1982. Die Haftfähigkeit von Kiefernadeln. *Allgemeine Forstzeitschrift* 14: 416–418.
- Skilling, D.D. 1969. Spore dispersal by *Scleroderris lagerbergii* under nursery and plantation condition. *Plant Dis. Rep.* 53(4): 291–295.
- 1972. Epidemiology of *Scleroderris lagerbergii*. *Eur. J. For. Pathol.* 2: 15–21.
- Sletten, A. 1971. Infection biology and chemical control of *Scleroderris lagerbergii* Gremmen on *Pinus sylvestris* L. *Medd. Norske Skogforsöksv.* 29: 113–134.
- Suomen Meteorologinen Vuosikirja 1916–1984. Ilmatieteen laitos.
- Teich, A.H. 1968. Foliar moisture content as a criterion for resistance to frost and *Scleroderris* canker in Jack pine. *Bi-mon. Res. Notes.* 24(1): 3.
- Timonen, M. 1987a. Kasvunvaihteluaineiston keruu. Teoksessa: *Metsikkökokeiden maastotyöohjeet. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 257: 108–118.
- Timonen, M. 1987b. Kasvunvaihtelun määrittäminen. *Metsäntutkimuslaitos, puuntuotoksen tutkimussuunnan moniste no 7.* 30 s.
- Troeng, E. & Linder, S. 1978. Gasutbytet hos ett 20-årigt tallbeståndet IV. Ettåriga barrs fotosyntes och transpiration i olika delar av trädkronan. *Swed. Conif. For. Proj. Int. Rep.* 83: 23 s.
- Uotila, A. 1983. Physiological and morphological variation among Finnish *Gremmeniella abietina* isolates. *Seloste: Suomalaisten Gremmeniella abietina -isolaattien fysiologisesta ja morfologisesta vaihtelusta.* *Commun. Inst. For. Fenn.* 119: 12 s.
- 1985a. Männynversosyövän leviämisestä tautipesäkettä ympäröiviin terveisiin mäntyihin. Summary: The spreading of *Ascochyta abietina* to healthy pines in the vicinity of diseased trees. *Silva Fenn.* 19(1): 17–20.
- 1985b. Siemenen siirron vaikutuksesta männyn versosyöpätautiin Etelä- ja Keski-Suomessa. Summary: On the effect of seed transfer on the susceptibility of Scots pine to *Ascochyta abietina* in southern and central Finland. *Folia For.* 639: 12 s.
- Vasander, H. & Lindholm, T. 1985. Männynversosyöpä tuhot Laaviosuon jatkolannoituskoelueella. Summary: Damage caused by pine die-back (*Ascochyta abietina*) on refertilization trial plots on Laaviosuo, Lammi, Southern Finland. *Suo* 36: 85–94.
- Venn, K. 1970. Studies on a particular dieback of terminal shoots of *Pinus sylvestris* L. *Medd. Norske Skogforsöksv.* 5: 507–536.
- Yokota, S. 1975. *Scleroderris* canker of Todo fir in Hokkaido, Northern Japan. IV. An analysis of climatic data associated with the outbreak. *Eur. J. For. Pathol.* 5: 13–21.

Total of 60 references

Summary

The effect of climatic factors on the occurrence of *Scleroderris* canker

Most researchers agree that climatic factors are the main causes of *Scleroderris* canker epidemics, despite the fact that little empirical data have so far been published on this subject. The aim of this study was to investigate the role of climatic factors in *Scleroderris* canker epidemics. Three alternative methods in studies of this sort can be used: 1. Growth chamber experiments. 2. Field experiments where environmental factors other than climatic ones are kept constant. 3. Comparison between climatic fluctuations based on statistics and disease occurrence. The two latter methods were used in this study.

Material and methods

The experiment in a kettle hole

The test seedlings were planted in a clear-cut kettle hole near Rovaniemi in northern Finland (Fig. 1). 1,200 one-year-old Scots pine seedlings of three origins (Table 1) were planted in five blocks representing different climatic conditions in the kettle hole hygrothermographs being sited in the middle of the blocks (Fig. 3). The containerized seedlings used in experiment were placed next to the hygrothermographs. Air temperature and relative humidity were measured continuously during the period 30.6.–27.9.1982. Dew formation was measured using two dew scales, one situated at the bottom of the kettle hole and the other in the upper part of the south-facing slope.

Half of the seedlings were inoculated with an ascospore suspension of *Ascocalyx abietina* (3.2×10^4 spores/ml). 1 ml of suspension was sprayed on each seedling.

The needle dry weight and needle retention value were measured as susceptibility factors. The dry weights were measured three times; on 21.7., 25.8. and 22.9.1982. The needle retention value was measured at the end of August and at the end of September. The needle retention value was also measured in one healthy and one diseased pine sapling stand growing less than 5 km from the kettle hole.

Scleroderris canker was assessed in the following spring and summer. The disease was identified from macroscopic distinctive symptoms: brown needle base, needles bent downwards, the roots usually still alive. 26 seedlings were taken for isolations. The experiment was assessed again in 1985.

Climatic statistics and occurrence of the disease

Climatic statistics (1916–1986) were obtained primarily from five weather stations in different geograph-

ical regions. The climatic factors were temperature sum, precipitation during the growing season, occurrence of frost, and total irradiation during the growing season.

The incidence of disease in different years was studied by counting leader changes caused by *Scleroderris* canker. Leader changes during 1974–1978 were obtained from an earlier material (Aalto-Kallonen & Kurkela 1985). The material for 1979–1986 was collected from stands situated near the earlier studied area. 100 crowns were examined from two stands in three locations. Cankers and scars were counted, too.

The variation in the length of the annual shoot from 1970 to 1986 was examined in three 30-year-old pine stands. Analysis of variance and regressions were used in analysing the data.

Results

The experiment in the kettle hole

The maximum temperatures were not very much higher in the upper parts of the kettle hole than at the bottom, although the minimum temperatures were clearly lower at the bottom than on the upper slope. The largest difference in minimum temperature was 4.6 °C. Frost episodes were more severe at the bottom of the kettle hole than on the slopes (Table 2). In 1982, however, there was no frost damage. The temperature sum was 98 dd lower at the bottom than on the upper part of the south-facing slope (Fig. 2).

The average relative humidity rose with the approach of autumn from 65 % in July to 80 % in September. The relative humidity was higher at the bottom than on the slopes. The period of time that the relative humidity remained over 90 % was the longer, the lower down the slope it was measured. The dew period was also much longer at the bottom than on the upper part of the south-facing slope. The south-facing slope received more direct solar irradiation than the north-facing slope.

In 1983 *Scleroderris* canker, snow blight (*Phacidium infestans*) and pine twisting rust (*Melampsora pinitorqua*) caused damage to the test seedlings (Table 4). In 1984–1985 black pine beetles (*Hylastes brunneus*) caused considerable mortality to the test seedlings, but this occurred after the relationship between climatic factors and *Scleroderris* canker had been studied.

The effect of inoculation was statistically highly significant (tail probability = $P < 0.001$) (Table 3). 75 % of the infected seedlings died during the first summer after the symptoms had appeared.

The upper part of the south-facing slope and the bottom of the kettle hole were the most severely affected by the disease (Fig. 3). The differences among

the blocks were highly significant ($P < 0,001$) in the containerized seedlings and very significant ($P < 0,01$) in the planted seedlings. The mortality was highest on the part where the north-facing slope was steepest.

There were also statistically significant differences between the pine origins as regards mortality. The southern origin was more susceptible than the local one, and the local origin more susceptible than the northern one (Table 5).

The needle dry weight did not correlate with the disease degree in this experiment. The needle retention value was higher in resistant seedlings than in susceptible ones. The needle retention value rose the most in September in all the sapling stands measured (Table 6). The needle retention value was smaller at the bottom of the kettle hole and in the upper part of the north-facing slope (Fig. 4), showing highly significant differences in August, but no longer in September. Low needle retention value seems to indicate a high susceptibility (Fig. 5).

Variation in climatic conditions between growing seasons and the occurrence of Scleroderris canker

The climatic factor distributions indicate considerable variation between growing seasons (Figs. 6, 7 and 8). 1981 was quite exceptional: e.g. in Jyväskylä it was the rainiest season this century, and the total irradiation was smallest at all stations for 30 years. There were no severe episodes of frost in 1981, and the temperature sum was only slightly below the mean.

Summer frost is common in areas where there are no large lakes. In June at Ähtäri there were episodes of frost every year during 1974–1984. The most severe outbreak of frost this century occurred in 1984. In August, frost occurs every fifth year at Ähtäri, but there has been frost only twice in July.

The conditions during the previous summer determine the height growth of the annual shoot. Annual shoot growth in 1974 and 1981 was considerable, alt-

hough these summers were rainy and cloudy, and radial increment was not especially high (Fig. 9).

According to the leader change inventories Scleroderris canker epidemics occurred in 1975, 1978, 1982 and 1985 (Fig. 10). In addition, there was an epidemic in 1980, which is underestimated here owing to the study method employed. In 1982 the worst epidemic on record took place, but there have also been outbreaks of Scleroderris canker during the last century. Most of the affected stands have recovered well. Cankers were common in the same year as leader changes, but scars were also very common in 1983 at the time when the spores of a large epidemic were released.

Discussion

The temperature difference between the bottom and upper slope of the kettle hole (0–4,6 °C) was not very large compared to that in other studies. Topography caused considerable deviations from the reduction gradient of temperature, which is determined by the altitude. A high relative humidity in the bottom of kettle hole could enhance spreading of the fungus and spore germination. The amount of solar irradiation appeared to explain differences in Scleroderris canker % between south-facing and north-facing slopes.

The needle retention value could be a useful method for measuring susceptibility, but more experiments are needed. More precise information about the effects of climatic factors could be obtained by carrying out experiments in controlled conditions. At the same time it would be useful to study the processes of lignification and wintering of shoots.

The occurrence of Scleroderris canker is mainly determined by climatic factors in Finland (Fig. 11). The susceptibility of Scots pine to Scleroderris canker is increased by summer frosts, a low temperature sum and low total irradiation. High precipitation improves the ability of the pathogen to release spores and to germinate. This means that serious damage is restricted to climatically unfavourable sites, and occurs only after unfavourable growing seasons.

METSÄNTUTKIMUSLAITOS

THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE

Tutkimusosastot — *Research Departments*

Maantutkimusosasto
Department of Soil Science

Suontutkimusosasto
Department of Peatland Forestry

Metsänhoidon tutkimusosasto
Department of Silviculture

Metsänjalostuksen tutkimusosasto
Department of Forest Genetics

Metsänsuojelun tutkimusosasto
Department of Forest Protection

Metsäteknologian tutkimusosasto
Department of Forest Technology

Metsänarvioimisen tutkimusosasto
Department of Forest Inventory and Yield

Metsäekonomian tutkimusosasto
Department of Forest Economics

Matemaattinen osasto
Department of Mathematics

Metsäntutkimusasemat — *Research Stations*

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

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

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

Punkaharjun tutkimusasema
Punkaharju Research Station
Os. — *Address:* 58450 Punkaharju, Finland
Puh. — *Phone:* (957) 314 241

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

Kolarin tutkimusasema
Kolari Research Station
Os. — *Address:* 95900 Kolari, Finland
Puh. — *Phone:* (9695) 61 401

Rovaniemen tutkimusasema
Rovaniemi Research Station
Os. — *Address:* Eteläranta 55
96300 Rovaniemi, Finland
Puh. — *Phone:* (960) 15 721

Joensuun tutkimusasema
Joensuu Research Station
Os. — *Address:* PL 68
80101 Joensuu, Finland
Puh. — *Phone:* (973) 151 4000

Kannuksen tutkimusasema
Kannus Research Station
Os. — *Address:* PL 44
69101 Kannus, Finland
Puh. — *Phone:* (968) 71 161

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



- No 709 Lipas, Erkki: Typpilannoituksen ajankohta kangasmetsissä.
Timing of nitrogen fertilization on mineral soils.
- No 710 Metsäntutkimuslaitoksen julkaisut 1987.
Abstracts of publications of the Finnish Forest Research Institute, 1987.
- No 711 Pajuoja, Heikki: Suomen puunkäyttö ja poistuma 1985—1987.
Wood consumption and total drain in Finland, 1985—1987.
- No 712 Rikkinen, Pentti: Etelä-Suomen pikkutukkien tilavuuden määrittäminen latvaläpimitan perusteella.
Volume determination of small sized logs in southern Finland using top diameter.
- No 713 Mattila, Eero: Suomen poronhoitoalueen talvilaitumet.
The winter ranges of the Finnish reindeer management area.
- No 714 Paavilainen, Eero & Tiihonen, Paavo: Suomen suometsät vuosina 1951—1984.
Peatland forests in Finland in 1951—1984.
- No 715 Metsätilastollinen vuosikirja 1987.
Yearbook of Forest Statistics, 1987.
- No 716 Nevalainen, Seppo & Liukkonen, Kirsi M.H.: Ilman epäpuhtauksien vaikutus bioottisiin metsätuhoihin. Kirjallisuuskatsaus.
The effects of air pollution on biotic forest diseases and pests. A literature review.
- No 717 Mäkinen, Pekka: Metsäkoneurakoitsija yrittäjänä.
Forest machine contractor as an entrepreneur.
- No 718 Valtanen, Jukka: Korkeiden maiden metsien uudistaminen Oulun läänissä.
Stand reforestation at elevated sites in Northern Finland.
- No 719 Lääperi, Ari & Löyttyniemi, Kari: Hirvituhot vuosina 1973—1982 perustetuissa männyn viljelytaimikoissa Uudenmaan-Hämeen metsälautakunnan alueella.
Moose (*Alces alces*) damage in pine plantations established during 1973—1982 in the Uusimaa-Häme Forestry Board District.
- No 720 Hyvärinen, Vesa & Sepponen, Pentti: Kivalon alueen paksusammalkuusikoiden puulaji- ja metsäpalohistoriaa.
Tree species history and local forest fires in the Kivalo area of Northern Finland.
- No 721 Uotila, Antti: Ilmastotekijöiden vaikutus männynversosyöpätuhoihin.
The effect of climatic factors on the occurrence of Scleroderris canker.