

04. 11. 93



# FOLIA FORESTALIA

METSÄNTUTKIMUSLAITOS  
THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE  
HELSINKI 1993

811

Juha Kaitera & Risto Jalakanen

SURMAKKA RIKKILEHDON MÄNNIKÖSSÄ SALLASSA

*Gremmeniella abietina* on Scots pine in Rikkilehto stand in Salla,  
northern Finland

# FOLIA FORESTALIA

---

## **Julkaisija — *Publisher***

Metsäntutkimuslaitos  
*The Finnish Forest Research Institute*

## **Toimitus — *Editors***

Päätoimittaja — <i>Editor in chief:</i>	Erkki Annila
Toimittaja — <i>Editor:</i>	Seppo Oja
Toimittaja — <i>Editor:</i>	Tommi Salonen

Unioninkatu 40 A, FIN-00170 Helsinki, Finland  
tel. +358-0-857 051, fax +358-0-625 308

## **Toimituskunta — *Editorial Board***

Erkki Annila (pj. — *chairman*), Pentti Hakkila, Seppo Kaunisto, Jari Kuuluvainen,  
Juha Lappi, Eino Mälkönen

## **Tavoitteet ja tarkoitus — *Aim and Scope***

Sarjassa julkaistaan tutkimuksia, tilastoja ja kirjallisuuskatsauksia, joilla on ensisijaisesti kotimaista merkitystä. Julkaisukielenä on kotimainen kieli, mutta julkaisut sisältävät englanninkielisen selosteen tärkeimmistä tutkimustuloksista.

*Folia Forestalia publishes research reports, statistics and literature reviews relevant to Finnish forestry.*

## **Tilaukset — *Subscriptions***

Tilaukset ja tiedustelut pyydetään osoittamaan Metsäntutkimuslaitoksen kirjastolle.  
*Subscriptions and orders for back issues should be addressed to the Library of the Institute.*

# FOLIA FORESTALIA 811

Metsäntutkimuslaitos. Institutum Forestale Fenniae. Helsinki 1993

Juha Kaitera & Risto Jalkanen

## SURMAKKA RIKKILEHDON MÄNNIKÖSSÄ SALLASSA

*Gremmeniella abietina* on Scots pine in Rikkilehto stand in Salla,  
northern Finland

Approved on 12.8.1993

### SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	3
2	AINEISTO JA MENETELMÄT .....	4
2.1	Tutkimusalue ja sen kartoitus .....	4
2.2	Koeala- ja puustotunnusten määrittäminen .....	4
2.3	Versosurmaisuuden määrittäminen .....	5
2.4	Surmakkatuhojen aikaisemman esiintymisen määrittäminen .....	5
2.5	Sää- ja laskeumahavainnot Naruskalla ja Sätsissä .....	5
3	TULOKSET .....	8
3.1	Tutkimusalueen puuston ja kasvupaikkatunnusten vaihtelu .....	8
3.2	Versosurmaisuus ja muut tuhot tutkimusalueella .....	8
3.3	Versosurmaisuuden ja mitattujen muuttujien välinen riippuvuus .....	9
3.4	Rikkilehdon puuston kasvun ja vaurioitumisen historia .....	10
3.5	Surmakkainfektion voimakkuus eri korkeuksilla latvusta .....	13
4	TULOSTEN TARKASTELU .....	13
4.1	Versosurma historian määrittäminen oksa-analyysin avulla .....	13
4.2	Syy-seuraussuhteet ja versosurma .....	14
	KIRJALLISUUS — REFERENCES .....	16

Kaitera, J. & Jalkanen, R. 1993. Surmikka Rikkilehdon männikössä Sallassa. Abstract: *Gremmeniella abietina* on Scots pine in Rikkilehto stand in Salla, northern Finland. *Folia Forestalia* 811. 18 p.

Vuosina 1988–1989 havaittiin Itä-Lapissa useita surmakan (*Gremmeniella abietina* (Lagerb.) Morelet) vaurioit-  
tuvia metsiköitä. Pahiten oli vaurioitunut 3,6 ha:n laajui-  
nen Rikkilehto Sallan Naruskalla. Rikkilehdon alueen  
puuston kuntoa, metsiköiden ominaisuuksia, maaperää  
sekä surmakan merkitystä ja aikaisempaa esiintymistä  
tutkittiin syksyn ja talven 1990/91 aikana.

Rikkilehdon männyistä (2500 runkoa/ha) oli kuollut  
59,1 %. Osaltaan tämä johtui ensiharvennuksen myöhä-  
sytymisestä, mutta pääosin surmakan pitkäaikaisesta esiin-  
tymisestä ja ytimennävertäjätuhoista (*Tomicus* spp.). Män-  
nyen sädekasvu laski 1960-luvulta 1990-luvulle. Tuho oli  
sitä ankarampaa, mitä alempi oli maastonkohta.

Versosurman aikaisempaa esiintymistä alueella tutkit-  
tiin surmakkatartunnan jättämiä jälkiä kuvaavilla muut-  
tujilla. Oksakorojen ja -arpien perusteella surmikka oli  
esiintynyt alueella jatkuvasti 1960-luvun alusta ja satun-  
naisesti jo 1940-luvulta lähtien. Ankarimmat infektiot  
ajoittuivat vuosille 1981–1987. Vuoden 1988 jälkeen sur-  
mikkaepidemia laantui. Ytimennävertäjäkannat lisään-  
tyivät surmikkaepidemian voimistuttua ollen suuria vielä  
epidemian laannuttua. Siten ytimennävertäjät ovat olleet  
pääasiallinen tuhoniheuttaja Rikkilehdossa vuosina  
1988–1990. Tuhoalueen sijainnin ja ympäristömuuttu-  
jen perusteella ilman epäpuhtauksien ei katsottu olleen  
ensisijainen tekijä Rikkilehdon puuston vaurioitumis-  
sa.

Several Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) stands damaged  
by *Gremmeniella abietina* (Lagerb.) Morelet were found  
in eastern Lapland during the years 1988–1989. The most  
severely damaged area 3.6 ha in size was a stand in  
Rikkilehto, Naruska, Salla. The condition of the trees,  
quality of the site and the history as well as the signifi-  
cance of *G. abietina* in Rikkilehto prior to 1991 is reported.

The most important damage agent was *G. abietina*, but  
also pine shoot beetles (*Tomicus* spp.) had caused shoot  
mortality. About 60 % of the Scots pines were dead.  
Their radial increment had started to decrease in the  
1960's, and continued to do so in the 1970's and 1980's.  
No recovery in radial increment was measured after the  
epidemic until 1990. The most severe damage was con-  
centrated at the very bottom of the area. The pH of the  
humus correlated positively with the damage degree.

According to branch cankers and scars, infections caus-  
ed by *G. abietina* had occurred regularly since the early  
1960's. The disease incidence increased from the late  
1960's through to the 1970's with a serious epidemic in  
1980's. The infections were very frequent during the  
period 1981–1987. Shoot mortality was at its highest  
during the years 1982–1988. Since 1988, the epidemic  
has weakened. Attacks by *Tomicus* spp. increased drama-  
tically in the late 1980's after the *G. abietina* epidemic  
had ceased. Thus shoot beetles have been the main prob-  
lem in the Rikkilehto stand between 1988 and 1990. The  
possible role of air pollutants in the development of the  
damage is discussed.

Keywords: *Gremmeniella abietina*, epidemics, *Tomicus*, *Pinus sylvestris*, stand development, methods, Lapland, pollution.

FDC 443+172.8 *Gremmeniella abietina*.

Authors' address: The Finnish Forest Research Institute, Department of Forest Ecology, P.O. Box 16, FIN-96301 Rovaniemi, Finland.

ISBN 951-40-1312-3  
ISSN 0015-5543

Tampere 1993. Tammer-Paino Oy

# 1 Johdanto

Versosurman aiheuttaa kotelosieni nimeltään surmakka (*Gremmeniella abietina* (Lagerb.) Morelet (= *Scleroderris lagerbergii* Gremmen)).

Versosurmaa on havaittu Pohjois-Suomen mäntytaimikoissa jo 1930- ja 1940-luvuilla (Kangas 1937, Kujala 1950), Pohjois-Ruotsin taimitarhoilla 1950-luvun lopulla (Kohh 1964) ja Pohjois-Suomen taimitarhoilla v. 1967 (Kurkela 1967). Myös männyn viljelyaloilla havaittiin epidemia alle 10-vuotiaissa taimikoissa 1960-luvun lopussa (Norokorpi 1971). Savukoskella tautia esiintyi eniten vuonna 1969, ja sen arveltiin johtuneen kesän 1968 viileydestä (Norokorpi 1972).

Uusi epidemia todettiin Keski- ja Itä-Lapin sekä Kuusamon korkeilla alueilla vuonna 1982. Tuhoa alkoi esiintyä 220 metrin korkeudella, ja pahinta se oli 250–270 metrin korkeudessa tai sen yläpuolella sijaitsevilla alueilla. Kaikkiaan Pohjois-Suomessa tuhoutui epidemian seurauksena 10000–15000 ha taimikoita (Jalkanen 1987). Vuoden 1982 tuhojen oletettiin johtuneen sateisesta ja kylmästä kesästä 1981 (Jalkanen 1984). Itäisessä Lapissa versosurmaa esiintyi jälleen runsaasti vuonna 1988, mutta tuhot vähenivät yleisesti vuosina 1989–1990 (Salemaa ym. 1991).

Surmakan kykyä aiheuttaa tautia edesauttavat alhaiset lämpötilat (Aalto-Kallonen & Kurkela 1985, Barklund & Unestam 1988, Petäistö & Repo 1988) ja pieni lämpösusma (Uotila 1988). Sienen rihmaston kasvun lämpötilayläraja on +25...+30 °C (Dorworth & Krywiencyk 1975, Blenis ym. 1984) ja optimi +13...+20 °C (Dorworth & Krywiencyk 1975). Sienen leviämistä edesauttavat myös varjostus (Donaubauer 1972, Aalto-Kallonen & Kurkela 1985, Uotila 1988), korkea suhteellinen kosteus (Donaubauer 1972, Aalto-Kallonen & Kurkela 1985), edellisen kasvukauden suuri sademäärä ja pieni kokonais-säteily (Uotila 1988), hallat (Donaubauer 1972, Dorworth 1972, Uotila 1988), alhainen valointensiteetti (Petäistö & Repo 1988) ja kasvua lisäävä lannoitus (Donaubauer 1972, Pätilä & Uotila 1990).

Pahimmat tuhot surmakka aiheuttaa notkelmien pohjilla ja rinteiden alaosissa (Dorworth 1972, Aalto-Kallonen & Kurkela 1985, Sairanen 1990). Saastutuskokeissa on havaittu, että notkopaikkojen pohjoisrinteiden männyn infektoituvat herkimmin (Read 1968). Dorworthin (1973) tutkimuksissa punamännällä (*Pinus resinosa* Ait.) ja banksinmännällä (*Pinus banksiana* Lamb.) kuol-

leisuusero saastutettujen ja saastuttamattomien taimien välillä oli suurin rinteiden alaosissa. Alimmissa maastokohdissa ovat myös vaurioituneiden puiden säde- ja pituuskasvumenetykset pahimmat (Aalto-Kallonen & Kurkela 1985). Maaperän vaikutuksesta tuhojen esiintymiseen on kirjallisuudessa ristiriitaisia tietoja.

Hapan sadetus vähentää versosurman esiintymistä tai ei vaikuta surmakkaan lainkaan välittömästi (Bragg & Manion 1984, Vuorinen 1990). Sen sijaan välillisesti happaman sadetuksen on havaittu aiheuttavan endofyyttisen sienilajiston vähenemistä verson pinnalla, mikä saattaa edesauttaa infektoitumista surmakalle (Barklund & Unestam 1988). Myös rikkidioksidikaasutukset ovat ehkäisseet surmakkainfektioita (Laurence ym. 1983).

Mäntyalkuperien välillä on todettu eroja surmakkakestävytydessä. Eteläiset alkuperät ovat alteimpia (Roll-Hansen 1972, Uotila 1988), ja pohjoiseen siirto lisää kuolleisuutta (Nevalainen & Uotila 1984). Alkuperien välillä syntyy alttiuseroja, kun siementä siirretään yli 150–100 km pohjoiseen lämpösusman pienetessä samalla vähintään 100 d.d.-yksikköä (Uotila 1985b).

Tämän työn tarkoituksena oli kuvata tuhoalue ja selvittää metsätuhojen esiintyminen Rikkilehdossa Sallan kunnassa. Pääpaino tarkastelussa oli surmakan esiintymisessä ja sen aiheuttaman tuhon arvioinnissa. Lisäksi pyrittiin selvittämään tuhojen aikaisempaa esiintymistä metsikössä oksa-analyysin avulla. Oksa-analyysimenetelmä on kuvattu Rikkilehdon aineiston perusteella (Kaitera & Jalkanen 1992, 1993b). Menetelmään perustuen on julkaistu myös esitulkoksia (Jalkanen & Kaitera 1993) ja laajempia artikkeleita (Jalkanen & Kaitera 1992, Kaitera & Jalkanen 1993a).

FK Anne Sairanen antoi ajatuksen arpimuuttujan mukaan ottamisesta oksa-analyysiin ja osallistui maastoinventointiin. Maanäytteiden keruussa auttoi Juha Kolehmainen. Mti Tarmo Aalto vastasi yhdessä Pentti Vitikan kanssa kuvien piirtämisestä. Tarmo Aalto osallistui myös kasvututkimusten tekoon. Mtt Marianne Lehtinen auttoi oksa-analyysissä ja mittasi vuosikasvut lustomikroskooppilla. Prof. Erkki Annila ja prof. Timo Kurkela ehdottivat käsikirjoitukseen arvokkaita parannuksia. Kiitämme lämpimästi kaikkia edellä mainittuja. Kiitämme myös kustannusyhtiö Paul Pareytä luvasta käyttää aiemmin julkaistuja kuvia 3a–e (Kaitera & Jalkanen 1992, 1993b).

## 2 Aineisto ja menetelmät

### 2.1 Tutkimusalue ja sen kartoitus

Tutkimusalue sijaitsi Sallan kunnan Naruskan kylän Rikkilehdossa (67°12'N, 29°26'E, kuva 1). Tutkittu alue koostui kolmesta osa-alueesta, joita seuraavassa kutsutaan vauriometsiköksi (1), terveeksi metsiköksi (2) ja ympäröiväksi metsäksi (3). Vauriometsikkö oli pahoin surmakan vioittama mäntyvaltainen 2. kehitysluokan metsikkö, jota ympäröi hakkuukypsä kuusi-koivu-mänty -sekametsä. Ympäröivän metsän sisään jäi myös terve metsikkö, joka oli puustoltaan kuten vauriometsikkö eroten siitä kuitenkin versosurman vähäisyyden suhteen.

Osa-alueiden puuston kuvaamiseksi ja näyttöiden keräämiseksi tutkimusalueelle sijoitettiin syksyllä 1990 linjottainen ympyräkoelaverkosto. Linjat sijoitettiin maastoon versosurmagradientin suuntaisesti vauriometsiköstä ympäröivän metsän kautta terveeseen metsikköön. Linja- ja koelaväli oli 50 m. Vauriometsikön rajalle osuneet 2 koelaa siirrettiin systemaattisesti 10 m itään vauriometsikön puolelle. Tuhokuvan ja maastonkorkeuden merkityksen tarkentamiseksi vaurioalueen laitaa sijoitettiin 2 lisäkoelaa 25 m välein. Terveen metsikön pienuuden takia sinne sijoitettiin vain yksi koela normaalivälillä. Toinen koela sijoitettiin 25 metrin etäisyydelle edellisestä linjan suunnassa (kuva 2). Koelalan koko oli joko 0,01 ha (metsiköt 1 ja 2) tai 0,03 ha (3). Vauriometsikköön sijoitettiin yhteensä 16 koelaa (normaalein koelavälein 14 kpl) ja terveeseen vastaavasti 1 ja 1 eli normaalivälisesti sijoittuneita koelaloja oli yhteensä 15 kpl alueilla (1) ja (2). Ympäröivän metsän kaikki 13 koelaa sijoittuivat normaalivälein. Mittaukset ja havainnot tehtiin syksyllä 1990.

### 2.2 Koela- ja puustotunnusten määrittäminen

Korkeussuhteiden selvittämiseksi koalat vaaittiin läheisen Sätsijoen pinnan (230 m m.p.y.) suhteen. Kultakin koelalta kerättiin neljän maanäytteen kokoomanäyte koelalan säteen puolivälisistä päähilmansuunnittain erikseen humuskerroksesta ja kivennäismaasta (0–10 cm). Humuskerroksesta määritettiin pH(H<sub>2</sub>O) ja paksuus sekä kivennäismaasta raekoostumus. Lisäksi mitattiin huuhtoutumiskeroksen paksuus.

Kaikista koelalan puista määritettiin versosurmaisuus (ks. luku 2.3.) ja muut merkittävät tuhonaiheuttajat sekä mitattiin rinnankorkeusläpimitta ( $d_{1,3}$ ). Pituudet mitattiin ns. oksa-analysypuista (51 kpl, ks. luku 2.4.), järeimmistä puista ja vähintään joka viidennestä kuolleesta puusta. Sädekasvu määritettiin 10 oksakoeapuusta kairanlastuista

lustomikroskoopilla. Vaurio- ja terveen metsikön sekä ympäröivän metsän keskimääräiset puustotunnukset laskettiin KPL-ohjelmistolla (Heinonen 1981). Puusto- ja maaperätietoja laskettaessa 25 metrin koelavälillä sijoitetut koalat (yksi vaurio- ja yksi terveessä metsikössä) jätettiin pois.



Kuva 1. Rikkilehdon tutkimusalueen sijainti Sallassa, Itä-Lapissa.  
Fig. 1. Location of the research area in Rikkilehto, Salla in eastern Lapland.

### 2.3 Versosurmaisuuden määrittäminen

Kullekin koealalle määritettiin koealakohtainen versosurmaisuus sekä puuston yleiskuvan perusteella (HOP) että puukohtaisten vaurioasteiden (UOT) keskiarvona. Edellinen perustui Hopkinsin ym. (1979) luokitukseen seuraavasti:

1. *hyvin vähän tai ei ollenkaan infektiota (NI)*: Kuolleita mäntyjä ei ollut havaittavissa. Infektio oli havaittava vain sienien tunnistamisella. Sekä eläviä taimia että alikasvosta esiintyi.
2. *vähäinen infektio (LI)*: Kaikki pää- ja lisävaltapuut olivat elossa. Useissa puissa oli havaittavissa surmakkainfektio. Tyypillinen terve latvus oli 2/3 normaalista. Alikasvosmännityssä infektio oli kohtalaista, kuolleita puita esiintyi vähän. Taimia saattoi olla elossa, mutta useimmat olivat kuolleet.
3. *keskimääräinen infektio (MI)*: Alle 10 % pää- ja lisävaltapuista oli kuollut. Loput puista olivat näkyvästi infektoituneita. Puiden latvus oli 1/2 normaalista. Alikasvosmännitykset olivat voimakkaasti infektoituneita tai kuolleita. Taimet olivat kuolleita.
4. *voimakas infektio (HI)*: Pää- ja lisävaltapuista 10–50 % oli kuolleita. Suurin osa puista oli voimakkaasti infektoituneita. Puiden latvus oli 1/3 normaalista. Mäntyalikasvosta ja taimia ei esiintynyt.
5. *erittäin voimakas infektio (SI)*: Yli 50 % pää- ja lisävaltapuista oli kuollut ja loput olivat voimakkaasti infektoituneita. Mäntyalikasvosta ei esiintynyt.

Koepuiden versosurmaisuuden (UOT) määrittäminen perustui Uotilan (1985b) luokitukseen, jonka mukaan puu jaettiin 3 osaan: 4 alinta oksakiehkuraa (painoarvo 20 %), keskilatvus (painoarvo 40 %) ja kaksi ylintä oksakiehkuraa (painoarvo 40 %). Versosurmaisuusaste vaihteli käytännössä 10 %-luokissa välillä 0–100 %.

Vaurio- ja terveen metsikön vakiovälisiltä koealoilta saatua koealakohtaista versosurmaisuutta (HOP), puittain laskettua koealan keskimääräistä versosurmaisuutta (UOT), humuksen paksuutta, huuhtoutumiskerroksen paksuutta, humuksen pH:ta, maaperän hienoainesosuutta ( $\phi < 0,6$  mm), puulajeittaista runkolukua (kpl/ha) ja maaston korkeutta verrattiin toisiinsa Pearsonin korrelaatiokertoimen ja Spearmanin järjestyskorrelaatiokertoimen avulla.

### 2.4 Surmakkatuhojen aikaisemman esiintymisen määrittäminen

Puustotunnusten keruun yhteydessä kultakin koealalta valittiin eläviä puita siten, että eri versosurmaisuusasteet, läpimittaluokat ja alueen eri osat tulivat mahdollisimman hyvin edustetuiksi. Näitä ns. oksa-analyysipuita valittiin yhteensä 51 kpl. Oksa-analyysin hitauden takia muita

oksa-analyysipuita (37) ei analysoitu tätä tutkimusta varten. Aineistoon otettiin kaikki sekä kuolleet että elävät oksat satunnaisesti valituista 14 oksa-analyysipuusta. Laboratoriossa oksista tutkittiin arpien ja korojen esiintymisen ns. oksa-analyysimenetelmällä (Kaitera & Jalkanen 1992) vaurioalueen versosurmahistorian selvittämiseksi. Arvella tarkoitetaan tässä surmakan aiheuttamaa nekroottista aluetta oksassa, jonka puu on kylestänyt estäen sienien leviämisen. Korolla tarkoitetaan tässä kylestymätöntä, monivuotista nekroottista aluetta oksassa (ks. Kurkela 1981). Surmakan aiheuttamien korojen ja arpien arviointikriteereinä pidettiin myös puuaineksen kellanvihreää väriä vauriokohdissa, korojen syntyajankohtaa vuosilustoista laskettuna ja myös korojen muotoa (Kaitera & Jalkanen 1992).

Surmakkakorojen ja -arpien esiintymisen ohella oksien päärangasta tutkittiin ranganvaihdot, oksien päärangan kuolemivuosi ja ytimennävertäjien (*Tomicus* spp.) yleisyys. Yleisyyden määrittäminen oli mahdollista ko. kaarnakuoriaisten tekemien käytävien perusteella (Kaitera & Jalkanen 1993b). Kuolleiden oksien tyvikasvaimesta laskettiin stereomikroskoopilla vuosilustojen lukumäärä oksien kuolinajankohdan selvittämiseksi.

### 2.5 Sää- ja laskeumahavainnot Naruskalla ja Sätsissä

Ilmatieteen laitoksen Naruskan säähavaintoaseman mitaustulosten perusteella (Ilmastohavainnot... 1975–1990) kuukausisademäärä kasvukauden (touko–syyskuu) aikana ylitti huomattavasti (yli 30 %) vuosien 1975–1990 kuukausikeskiarvon seuraavina ajankohtina (taul. 1):

toukokuussa 1975, 1979, 1982, 1988 ja 1989, kesäkuussa 1981 ja 1983, heinäkuussa 1977, 1981, 1983, 1984 ja 1988, elokuussa 1981, 1982 ja 1987 sekä syyskuussa 1975, 1979 ja 1989.

Runsassateisuudeltaan erityisen poikkeavia jaksoja olivat kesä–elokuu 1981 (n. 100 % yli vertailujakson), elokuu 1982 (50 %), kesä–heinäkuu 1983 (40–50 %), heinäkuu 1984 (50 %), elokuu 1987 (44 %), ja heinä–elokuu 1988 (70–30 %). Suhteellisen kosteuden kuukausikeskiarvo oli varsin vakaa koko tarkastelujakson 1975–1990 ylittäen vain kerran (heinäkuu 1984) yli 20 %:lla vastavaan pitkän aikavälin keskiarvon (taul. 1).

Hallapäivien lukumäärä oli vertailujakson keskiarvoa yli 30 % suurempi (taul. 2)

kesäkuussa 1976, 1978 ja 1982, heinäkuussa 1980, 1985, 1986 ja 1987, elokuussa 1984 ja 1987 sekä syyskuussa 1976.

Taulukko 1. Suhteellisen kosteuden kuukausikeskiarvo (A, %) ja kuukauden sademäärä (B, mm) touko–syyskuussa 1975–1990 Naruskan sääasemalla (67°22'N, 29°22'E) (Kuukausikatsaus ... 1975–1990). Kursivoidut arvot ylittävät ja lihavoidut alittavat yli 30 %:lla vuosien 1975–1990 keskiarvon.

Table 1. Average monthly relative humidity (A, %) and rainfall (B, mm) in May–September 1975–1990 at Naruska weather station (67°22'N, 29°22'E) (Kuukausikatsaus ... 1975–1990).

Vuosi Year	Toukokuu May		Kesäkuu June		Heinäkuu July		Elokuu August		Syyskuu September		Σ B
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	
1975	62	67	59	63	62	68	63	<b>34</b>	78	124	356
1976	67	<b>26</b>	65	<b>38</b>	67	82	71	54	83	60	260
1977	68	41	64	64	70	122	77	<b>30</b>	86	52	309
1978	52	<b>12</b>	57	<b>21</b>	69	99	79	76	83	<b>26</b>	234
1979	69	69	61	57	61	39	70	90	86	103	358
1980	62	30	57	49	51	<b>17</b>	66	86	81	62	244
1981	57	41	67	172	70	123	77	118	79	<b>32</b>	486
1982	68	80	61	52	57	<b>40</b>	73	110	75	73	355
1983	66	49	56	83	61	117	63	<b>42</b>	81	68	359
1984	59	<b>18</b>	60	51	78	117	70	62	80	<b>35</b>	283
1985	67	36	56	<b>31</b>	55	<b>16</b>	71	86	81	86	255
1986	65	44	50	<b>33</b>	61	53	68	65	82	<b>39</b>	234
1987	57	30	58	53	56	64	68	105	80	<b>41</b>	293
1988	50	63	53	75	56	131	72	95	75	77	441
1989	66	82	61	72	69	67	71	<b>42</b>	85	91	354
1990	64	<b>23</b>	60	73	75	56	77	<b>45</b>	85	<b>12</b>	<b>209</b>
1975– 1990	62	44	59	62	64	76	71	71	81	61	314

Taulukko 2. Hallapäivien lukumäärä (A, kpl/kk) ja kuukauden keskilämpötila (B, °C) touko–syyskuussa 1975–1990 Naruskan sääasemalla (67°22'N, 29°22'E) (Kuukausikatsaus ... 1975–1990). Kursivoidut arvot ylittävät ja lihavoidut alittavat yli 30 %:lla vuosien 1975–1990 keskiarvon.

Table 2. Number of days with frost (A, days per month) and monthly mean temperature (B, °C) in May–September 1975–1990 at Naruska weather station (67°22'N, 29°22'E) (Kuukausikatsaus ... 1975–1990).

Vuosi Year	Toukokuu May		Kesäkuu June		Heinäkuu July		Elokuu August		Syyskuu September		Σ B
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	
1975	17	5,2	10	8,3	3	11,7	11	8,5	16	6,1	57
1976	19	4,7	16	7,9	2	12,1	10	10,3	26	<b>2,0</b>	73
1977	25	<b>2,8</b>	11	8,8	0	13,2	12	9,0	19	3,6	67
1978	28	4,2	13	9,7	2	11,9	7	9,3	12	4,9	62
1979	<b>14</b>	4,8	<b>4</b>	11,1	3	13,8	6	11,5	<b>6</b>	6,0	<b>33</b>
1980	26	3,4	5	13,6	11	12,5	12	9,6	12	5,5	66
1981	26	3,9	8	7,9	<b>0</b>	12,9	<b>4</b>	9,3	14	4,9	52
1982	22	3,3	16	<b>5,4</b>	3	13,5	6	9,5	13	5,2	60
1983	19	4,4	9	9,7	0	13,6	10	9,1	<b>7</b>	7,1	45
1984	<b>15</b>	8,0	7	10,6	<b>0</b>	11,8	14	9,1	18	4,2	54
1985	27	<b>1,5</b>	8	10,6	7	13,2	6	11,1	9	5,8	57
1986	21	3,9	<b>3</b>	13,3	6	12,6	11	8,4	15	<b>2,3</b>	56
1987	27	3,8	<b>4</b>	9,7	8	11,2	13	7,9	10	5,1	62
1988	26	4,5	<b>4</b>	12,1	<b>0</b>	15,8	<b>2</b>	10,9	13	6,2	45
1989	<b>15</b>	6,2	<b>3</b>	12,7	3	12,8	9	11,0	13	5,9	43
1990	19	3,3	6	9,2	<b>1</b>	12,7	<b>4</b>	11,1	17	3,9	47
1975– 1990	22	4,2	8	10,0	3	12,8	9	9,7	14	4,9	55



Taulukko 3. Kuukauden minimilämpötilojen keskiarvo (A, °C) ja kuukauden alin lämpötila (B, °C) touko–syyskuussa 1975–1990 Naruskan säähavaintoasemalla (67°22'N, 29°22'E) (Kuukausikatsaus ... 1975–1990). Kursivoidut arvot ylittävät ja lihavoidut alittavat yli 30 %:lla vuosien 1975–1990 keskiarvon.

Table 3. Monthly mean (A) of daily minimum temperatures (A, °C) and monthly minimum temperature (B, °C) in May–September 1975–1990 at Naruska weather station (67°22'N, 29°22'E) (Kuukausikatsaus ... 1975–1990).

Vuosi Year	Toukokuu May		Kesäkuu June		Heinäkuu July		Elokuu August		Syyskuu September	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
1975	-0,3	-7,5	2,8	-4,0	5,7	<b>-2,5</b>	<b>2,0</b>	-3,0	<b>0,1</b>	-9,0
1976	-1,7	<b>-14,6</b>	<b>1,9</b>	<b>-4,5</b>	5,4	0,6	<b>2,6</b>	-5,0	<b>-3,3</b>	-10,0
1977	-1,6	-10,7	<b>2,2</b>	-2,0	7,1	1,5	3,4	<b>-7,5</b>	<b>-0,9</b>	-11,7
1978	<b>-4,6</b>	<b>-16,8</b>	2,9	-4,0	5,7	<b>-1,8</b>	4,8	-1,8	0,5	-10,0
1979	0,4	-6,5	5,1	-4,0	6,3	<b>-1,2</b>	5,1	<b>-3,1</b>	2,7	-8,5
1980	<b>-2,1</b>	-12,1	6,2	-3,6	<b>3,6</b>	<b>-3,0</b>	<b>2,1</b>	<b>-10,8</b>	0,4	-10,6
1981	<b>-3,9</b>	<b>-23,1</b>	2,8	-3,3	7,8	1,6	5,2	-1,5	<b>0,2</b>	-10,5
1982	-0,8	-7,9	<b>0,8</b>	-3,3	5,8	-1,0	4,1	-5,4	<b>-0,2</b>	-8,3
1983	-0,5	-6,8	4,0	-3,5	8,1	0,5	3,1	-5,0	4,2	-5,8
1984	0,5	-11,4	4,3	<b>-6,8</b>	8,2	2,9	<b>2,4</b>	<b>-7,9</b>	<b>-0,6</b>	-11,3
1985	<b>-2,7</b>	-10,8	5,1	-3,6	4,9	<b>-2,0</b>	5,9	-6,7	1,8	-7,5
1986	-0,2	-6,0	6,8	-1,8	6,3	<b>-3,6</b>	3,7	-5,0	<b>-1,0</b>	<b>-17,5</b>
1987	-1,5	-10,2	4,6	-1,5	5,0	<b>-2,8</b>	<b>2,6</b>	-6,3	2,2	-3,5
1988	<b>-2,0</b>	-8,3	6,1	-2,1	9,4	1,6	7,2	-3,3	1,9	-8,4
1989	1,0	-4,8	6,0	-2,7	7,4	-0,2	5,0	-5,3	2,0	-7,0
1990	-1,0	-6,7	<b>2,6</b>	-2,4	8,1	<b>-1,1</b>	5,2	-3,6	<b>-0,4</b>	-7,0
1975– 1990	-1,3	-10,3	4,0	-3,3	6,6	-0,7	4,0	-5,1	0,6	-9,2

Kuukauden keskilämpötila oli vertailujakson 1975–1990 keskiarvoa huomattavasti (>30 %) alhaisempi toukokuussa 1977 ja 1985, kesäkuussa 1982 sekä syyskuussa 1976 ja 1986 (taul. 2). Huomattavan (>30 % vertailuarvosta) lämpimiä ovat olleet toukokuu 1984 ja 1989, kesäkuu 1980 ja 1986 sekä syyskuu 1983.

Kuukauden minimilämpötilojen keskiarvo oli useimmiten 0 °C:n yläpuolella lukuunottamatta toukokuuta, jolloin se oli yleisesti nollan alapuolella vuosina 1975–1990 (taul. 3). Vastaavasti huomattavan lämpimiä minimilämpötilojen keskiarvoja oli runsaasti, esimerkiksi elokuussa 1988 ja syyskuussa 1987. Seurantajakson 1975–1990 jokaisen touko-, kesä-, elo- ja syyskuun alin lämpötila oli alle 0 °C. Yli puolet vuosista oli sellaisia, jolloin lämpötila heinäkuussakin laski nollan alapuolelle (taul. 3). Huomattavan alas lämpötila laski toukokuussa 1981 (-23,1 °C) ja elokuussa 1980 (-10,8 °C) pitkän jakson vastaavien minimien keskiarvojen oltua -10,3 ja -5,1 °C. Alhaisia minimejä mitattiin myös toukokuussa 1978, kesäkuussa 1984 ja syyskuussa 1986. Selvästi korkeampi lämpötila oli toukokuussa 1989.

Aikavälillä 13.6.1989–2.7.1990 vuotuinen sademäärä oli Itä-Lapissa sijaitsevalla Sätsin intensiivikoealalla (67°15'N, 29°22'E) keskimäärin 472 mm, mikä oli selvästi suurempi kuin Keski- ja Länsi-Lapissa (Derome ym. 1991). Sätsissä pH oli sadevedessä 4,85 ja lumessa 4,63, mikä oli sama kuin Länsi-Lapissa. pH noudatteli pitkäaikaisia keskiarvoja. Sätsissä H<sup>+</sup>-ionilaskeuma oli

8,4 meq/m<sup>2</sup>. Luku oli alhaisempi kuin Länsi-Lapissa. Vuotuinen H<sup>+</sup>-ionilaskeuma oli alle pitkäaikaisten keskiarvojen. Sätsin intensiivikoealalla rikkilaskeuma oli 213 mg/m<sup>2</sup>, mikä oli selvästi korkeampi kuin Keski-Lapissa, mutta vain hieman korkeampi kuin Länsi-Lapissa. Deromen ym. (1991) mukaan keskimääräistä korkeampia H<sup>+</sup>-tai S-laskeumia ei todettu Itä-Lapissa. Sen sijaan Naruskalla sijaitsevalla kuivalaskeumamittarilla todettiin rikki-dioksidimäärän olleen satunnaisesti ja lyhytaikaisesti korkeahkoja vuosina 1989–1991 (Huttunen ym. 1992).

Vuotuinen typpilaskeuma noudatteli pitkän aikavälin keskiarvoja. Sätsissä typpilaskeuma oli 325 mg/m<sup>2</sup>, mikä on huomattavasti enemmän kuin Keski-Lapissa, mutta vähemmän kuin Länsi-Lapissa. Deromen ym. (1991) mukaan typpilaskeuma kuvastanee tausta-arvoja. Vuotuinen Ca-laskeuma poikkesi n. 10 % pitkäaikaisesta keskiarvosta. Sätsissä Ca-laskeuma oli 17,1 mg/m<sup>2</sup>, mikä oli hieman korkeampi kuin Keski-Lapissa, mutta samaa luokkaa kuin Länsi-Lapissa. Vuotuinen Mg-laskeuma oli pitkäaikaisesta keskiarvoa alhaisempi. Sätsissä Mg-laskeuma oli 5,7 mg/m<sup>2</sup>, mikä oli hieman korkeampi kuin Keski- ja Länsi-Lapissa. Sätsissä Na-laskeuma oli 37,6 mg/m<sup>2</sup>, mikä oli hieman suurempi kuin Keski-Lapissa, mutta sama kuin Länsi-Lapissa. Itä- ja Länsi-Lappi eivät poikenneet merkittävästi toisistaan sadannan kationikoostumuksen tai yksittäisten kationien suhteellisten osuuksien suhteen. NH<sub>4</sub><sup>+</sup> oli ruisain kationi ja H<sup>+</sup>:n osuus kationeista oli alhainen (30 %) (Derome ym. 1991)

## 3 Tulokset

### 3.1 Tutkimusalueen puuston ja kasvupaikkatunnusten vaihtelu

Rikkilehdon vauriometsikön pinta-ala oli 3,6 ha. Vauriometsikön koealat olivat keskimäärin 5,7 m (4,3–7,3 m) Sätsijoen pinnan (230 m m.p.y.) yläpuolella. Terveen metsikön koealat olivat keskimäärin 19,2 metrin (18,8–19,5 m) korkeudella joen pinnasta. Ympäröivän metsikön, joka oli yli 200-vuotiaista, koealat olivat 2,2–17,5 m Sätsijoen pinnasta (taul. 4). Vaurio- ja terve metsikkö olivat noin 70-vuotiaita EMT-metsiköitä, joissa runkoluvut (kpl/ha) olivat 2500 vaurio- ja 5500 terveessä metsikössä. Valtaosa ko. metsiköiden runkoluvusta oli mäntyä. Ympäröivän metsän koealoista 38 % oli EMT:llä ja loput HMT:llä. Maaperäominaisuuksiltaan vaurio- ja terve metsikkö olivat samanlaisia.

### 3.2 Versosurmaisuus ja muut tuhot tutkimusalueella

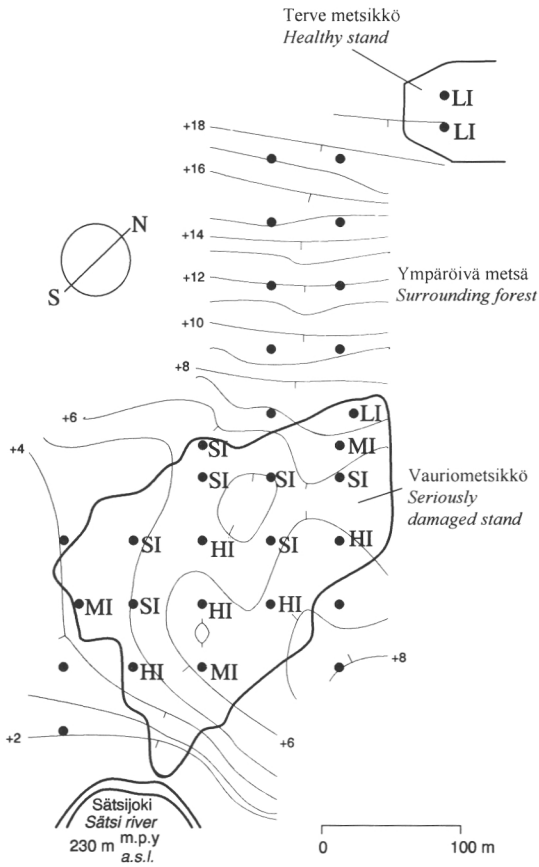
Vaurioalueen koealoilla oli yhteensä 244 mäntyä, joista 59,1 % oli kuollut. Kuoleviksi luokiteltiin 9,3 %. Siten mäntypuustosta oli menetetty lähes 70 % versosurman takia. Terveiksi luokiteltiin vain 3,6 % koepuista. Terveen metsikön koealoilla kuolleiden puiden osuus oli 18,1 ja kuolevien 6,0 %. Kuolleet puut, jotka kuuluivat vallittuihin latvuserroksiin, olivat kuolleet pääosin ylitiheyden takia, vaikka ne olivat lievästi versosurmaisia. Siten terveessä metsikössä oli varsin vähän surmakan aiheuttamaa tuhoa.

Koealoittaisen versosurmaisuuden arvioinnin mukaan vaurioalueen 14 koealasta 43 % oli infektioitunut erittäin voimakkaasti (SI), 36 % voi-

Taulukko 4. Vauriometsikön (A, N=14), terveen metsikön (B, N=2) ja ympäröivän metsän (C, N=13) koealojen keskimääräisiä puusto- ja maaperätunnuksia Sallan Rikkilehdossa (N = koealojen lukumäärä).

Table 4. Stand and soil characteristics of damaged (A, N=14) and relatively healthy stand (B, N=2) and surrounding forest (C, N=13) in Rikkilehto, Salla (N=number of sample plots).

Puusto- ja maaperätunnus Stand and soil characteristics	A		B		C	
	$\bar{x}$	sd	$\bar{x}$	sd	$\bar{x}$	sd
Puulajisuhteet, % – Tree species dominance, %						
mänty – Scots pine	69	19,2	86	6,8	16	21,8
kuusi – Norway spruce	21	13,0	8	1,9	30	17,0
koivu – Birch	10	11,9	6	4,9	54	14,6
Runkoluku, kpl/ha – Stems, no/ha						
mänty – Scots pine	1743	993	4800	141	151	109
kuusi – Norway spruce	529	456	450	212	277	282
koivu – Birch	264	247	300	424	497	351
Läpimitta, cm ( $d_{1,3}$ ) – Diameter, cm						
mänty – Scots pine	10,1	2,8	6,8	0,6	27,6	6,8
kuusi – Norway spruce	5,6	3,6	7,5	0,4	15,0	9,2
koivu – Birch	6,0	4,1	3,0	4,2	10,7	4,0
Pituus, m – Height, m						
mänty – Scots pine, %	8,3	1,6	7,9	2,3	17,9	2,9
kuusi – Norway spruce	4,7	2,4	8,2	2,5	11,1	6,9
koivu – Birch	6,5	4,5	3,5	4,9	10,6	3,6
Kuutiomäärä, m <sup>3</sup> /ha – Volume, m <sup>3</sup> /ha						
mänty – Scots pine	89,3	65,6	114	29,3	90,1	77,5
kuusi – Norway spruce	16,7	36,4	11,5	6,3	75,2	75,5
koivu – Birch	10,1	11,5	3,5	5,0	41,4	32,9
Korkeus Sätsijoen pinnasta, m						
Elevation above Sätsi river, m	5,7	0,87	19,2	0,52	–	–
Humuksen pH – pH of humus layer						
Humuksen paksuus, cm – Humus thickness, cm	3,9	0,16	3,8	0,19	–	–
Huuhtoutumiskerroksen paksuus, cm						
Thickness of B horizon, cm	2,5	1,0	2,9	0,28	–	–
Hienoainesosuus ( $\phi < 0,6$ mm), % –						
Proportion of fine fraction ( $\phi < 0,6$ mm), %	7,1	1,3	6,9	1,9	–	–
	17,5	3,7	21,0	1,3	–	–



Kuva 2. Vaurio- ja terveen metsikön sijainti korkeuskäyriin ja Sätsijokeen nähden. Mustat pisteet kuvaavat mitattuja koealoja. Kunkin koealan koelakohtainen versosurmaluokka Hopkinsin ym. (1979) luokituksen mukaan on merkitty koealan viereen. Merkinnät: SI = erittäin voimakas, HI = voimakas, MI = keskimääräinen ja LI = vähäinen infektio.

Fig. 2. The location of the area seriously infected by *Gremmeniella abietina* and the healthy area in relation to contour lines and Sätsi river. Black dots with two letters are sample plots with damage degree on the plot according to classification by Hopkins et al. (1979). Symbols for damage degrees: SI = Severe infection, HI = High infection, MI = Medium infection, LI = Light infection.

makkaasti (HI), 14 % keskimääräisesti (MI) ja 7 % lievästi (LI). Siten terveitä (NI) koealoja ei ollut lainkaan (kuva 2). Terveen metsikön molemmat koealat olivat lievästi infektoituneita (LI).

Rikkilehdossa esiintyvistä muista sienitaudeista yleisin oli tyvikorokka (*Lachnellula pini* (Brunch.) Dennis). Tyvikoroja oli eniten vaurio-

alueen alavimmilla ja puustoisimmilla kohdilla, yhteensä 37 koeapuussa (15,2 % mäntykoeapuista). Myös alikasvoskuusien latvoista tavattiin versosurmaa (*G. abietina*) (5,3 % kuusikoeapuista) ja kuusen suopursuruostetta (*Chrysomyxa ledi* (Alb. & Schw.) deBary) (12 %). Lahottajasieniä tavattiin ympäröivän metsän hieskoivuista. Tervarosoa (*Peridermium pini* (Pers) Lev.) tavattiin vain yhdestä puusta ympäröivästä metsästä. Terveen alueen koealoilla ei ollut versosurman lisäksi muita sienitauteja.

Tuhohyönteisistä merkittäviä olivat ainoastaan ytimennävertäjät (*Tomicus* spp.). Niiden aiheuttamaa tuhoa oli runsaasti vain vauriometsikössä. Ytimennävertäjät olivat tuhonneet runsaasti kasvaimia. Lisäksi ne olivat iskeyntyneet versosurman heikentämien mäntyjen runkoihin aiheuttamalla mäntyjen kuolemista. Isohavukirvat (*Sacchiophantes abietis* L.) aiheuttivat äkämia alikasvoskuusissa koko tutkimusalueella. Pikikärsäkkäitä (*Pissodes* spp.), tukkijääriä (*Monochamus* spp.) ja havukantojääriä (*Rhagium inquisitor* L.) esiintyi satunnaisesti.

### 3.3 Versosurmaisuuuden ja mitattujen muuttujien välinen riippuvuus

Koealakohtainen versosurmaisuuus (HOP) korreloi merkittävästi ainoastaan koealan suhteellisen korkeuden ja humuksen pH:n kanssa (taul. 5). Versosurman määrä lisääntyi koealan sijainnin aletessa eli tuho oli ankarinta alueen alavimmilla osilla (ks. myös kuva 2). Versosurmaisuuus lisääntyi humuksen pH:n kasvaessa. Muut tutkitut muuttujat eivät korreloineet versosurmaisuuuden (HOP) kanssa. Koealakohtaisen (HOP) ja puittain koealalle lasketun (UOT) versosurmaisuuuden välillä oli erittäin merkittävä positiivinen korrelaatio, mikä osoittaa käytettyjen versosurmaluokitusten yhtenevyyttä.

Puittainen versosurmaisuuus (UOT) korreloi myös koealan suhteellisen korkeuden ja humuksen pH:n kanssa. Riippuvuus humuksen pH:sta oli erittäin merkittävä. Myös koealan suhteellinen korkeus ja männyn runkoluku ( $r = 0,712^*$ ) sekä koealan korkeus ja humuksen pH ( $r = -0,533^*$ ) korreloivat merkittävästi keskenään. Lisäksi humuksen paksuus korreloi koivun hehtaariohtaisen runkoluvun kanssa ( $r = 0,530^*$ ).

Taulukko 5. Koelaittain määritetyn versosurmaisuu- den (HOP) ja maaston korkeuden (KORK), humus- (HUMUS) ja huhtoutumiskerroksen (HUUHT) paksuuden, humuksen pH:n (pH), kivennäismaan hienoainesosuuden (HIENO), männyn (RLMÄ), kuusen (RLKU) ja koivun (RLKO) runkoluvun sekä puittain määritetyn versosurmaisuu- den (UOT) väliset Spearmanin järjestyskorrelaatiokertoimet ( $r_s$ ) sekä edellä mainittujen muuttujien ja puittain määritetyn versosurmaisuu- den (UOT) väliset Pearsonin korrelaatiokertoimet Sallan Rikkilehdossa. Merkinnät \*, \*\* ja \*\*\* ilmaisevat r:n merkitsevyyden 5 %:n, 1 %:n ja 0,1 %:n riskitasoilla. N = 15.

Table 5. Spearman's and Pearson's correlation coefficients between damage classification for plot (HOP) and for single trees (UOT) and elevation (KORK), depth of humus (HUMUS) and A horizon (HUUHT), pH of humus (pH), proportion of fine particle fraction in the A horizon (HIENO), number of Scots pine (RLMÄ), Norway spruce (RLKU) and birch (RLKO) in Rikkilehto, Salla. r is significant at 5 % (\*), 1 % (\*\*) or 0,1 % (\*\*\*) levels; N = 15.

Muuttuja Parameter	KORK	HUMUS	HUUHT	pH	HIENO	RLMÄ	RLKU	RLKO	UOT
HOP	-0,541*	-0,098	0,427	0,520*	-0,317	-0,327	-0,284	0,084	0,914***
UOT	-0,573*	-0,084	0,369	0,766***	-0,329	-0,303	-0,063	0,226	1,000

### 3.4 Rikkilehdon puuston kasvun ja vaurioitumisen historia

Oksakoepuiden (14 kpl) keskimääräinen rinnan- korkeusläpimitta oli 7,7 cm (vaihteluväli 3,5–13,7 cm), pituus 8,3 m (5,0–11,5 m) ja keski- määräinen koelaitojen versosurmaisuu- den (UOT) luokituksen mukaan puittain laskettuna 40–95 %. Kahden koepuun tyvellä oli tyvikorok- ka (*L. pini*).

Kasvaimia analysoitiin puiden kaatohek- stä (v. 1990) takautuvasti vuoteen 1938 kaikkiaan 11564 kpl 1727 oksasta. Tutkittujen kasvainten määrä kasvoi vuodesta 1938 vuoteen 1981 (550 kpl), jonka jälkeen se laski vuoteen 1990 (400 kpl).

Surmakan aiheuttamien arpien kokonaismäärä oli 520 kpl. Vanhimmat arvet olivat syntyneet vuonna 1948. Arpien määrä kasvainta kohti lis- säntyi v. 1970. Eniten arpia versoa kohti oli vuosien 1983–1984 ja 1986–1987 kasvaimissa (kuva 3a). Vuosien 1963–1978 kasvaimissa esiin- tyi 0,005–0,03 arpea versoa kohti. Arpien määrä lisääntyi v. 1979 jälkeen ja oli korkealla tasolla vuosina 1981–1988 (0,07–0,14). Vuonna 1989 arpia oli vain 0,04 kpl/kasvain. Vuoden 1990 kasvaimissa ei havaittu arpia lainkaan.

Surmakan aiheuttamien korojen kokonaismäärä oli 608 kpl. Vanhimmat korot olivat vuosien 1947–1948 kasvaimissa. Koroja esiintyi suurin piirtein yhtä paljon (0,03–0,04 koroa versoa kohti) vuodesta 1961 vuoteen 1980 lukuunottamatta vuosia 1966 ja 1971–1972, jolloin määrä oli hie- man suurempi. Määrä kasvoi selvästi 1980-lu- vulla. Eniten koroja oli syntynyt vuosina 1982–1986 (0,09–0,21 koroa/kasvain/vuosi) (kuva 3b). Korojen määrä väheni jyrkästi vuodesta 1987 alkaen, jolloin niitä havaittiin 0,05 kpl/kasvain.

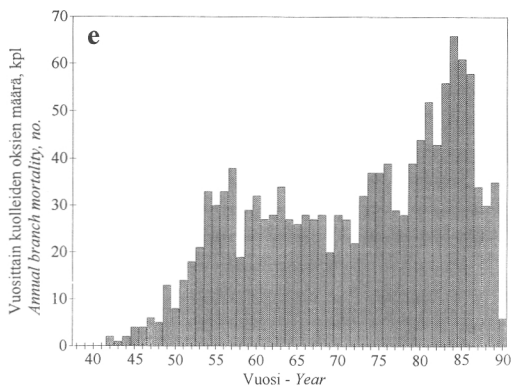
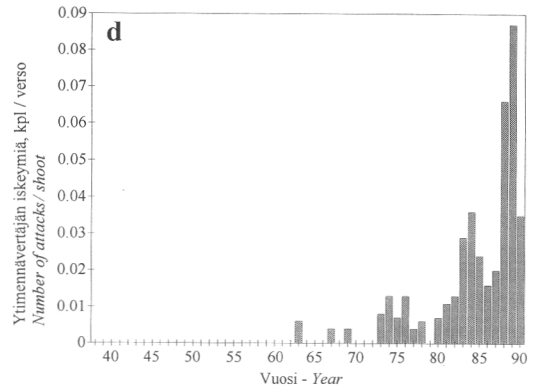
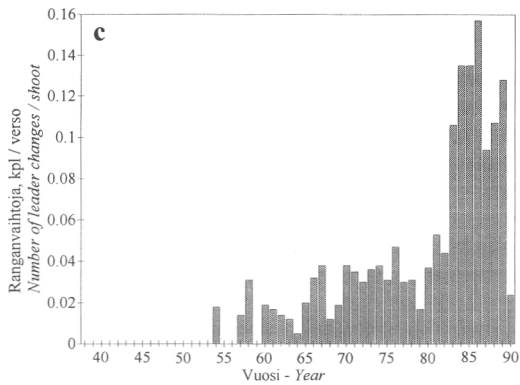
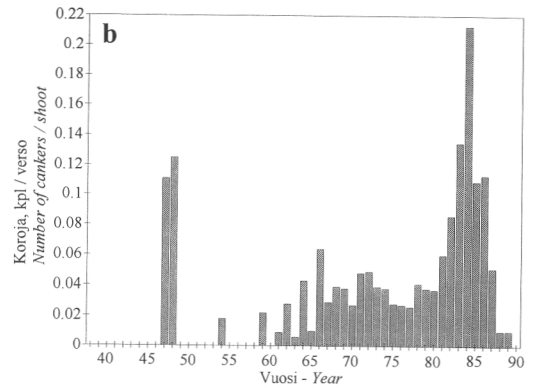
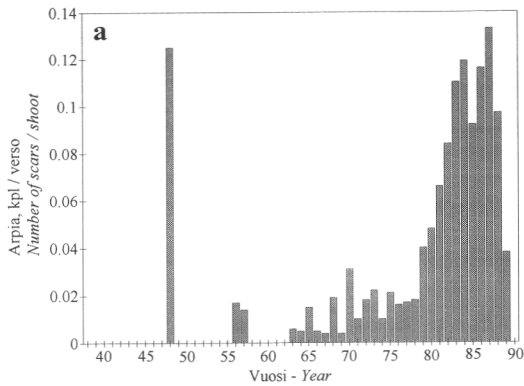
Vuosina 1988–1989 koroja oli enää vain 0,01 kpl/kasvain/v. Vuoden 1990 kasvaimissa ei ha- vaittu koroja. Kasvaimissa oli tavallisesti 0–1 arpea tai koroa, harvemmin enemmän.

Oksien pääraangoissa tavattiin yhteensä 634 ran- ganvaihtoa. Ensimmäiset havainnot olivat vuo- delta 1954. Ranganvaihdot yleistyivät v. 1960, josta vuoteen 1982 oksan kärkikasvaimista kuoli vuosittain 0,5–5 % (kuva 3c). Selvästi runsaim- min oksien ranganvaihtoja oli tapahtunut vuosi- na 1983–1989 (10–16 %). Vuoden 1990 kärki- kasvaimista kuoli vain 2,4 %.

Ytimennävertäjien vioittamia kasvaimia todet- tiin 171 kpl. Ensimmäiset olivat syntyneet v. 1963. Vuosina 1973–1978 ytimennävertäjäskey- miä tavattiin 0,01 kasvaimessa vuotta kohti. Vuo- den 1980 jälkeen kasvaintuhot olivat selvästi lis- säntyneet (kuva 3d). 1980-luvulla ytimennäver- täjiä oli ollut runsaasti vuosina 1983–1985 (0,025–0,035) ja 1988–1989 (0,065–0,085). Yti- mennävertäjien aiheuttamat kasvaintuhot olivat edelleen suuret v. 1990 (0,035).

Ensimmäiset kokonaiset oksat olivat kuolleet v. 1942. Tuolloin männyt olivat noin 20-vuotiai- ta. Sen jälkeen oksia oli kuollut eksponentiaali- sesti kiihtyvällä vauhdilla aina 1950-luvun puo- liväliin saakka. Tästä eteenpäin 1970-luvun al- kuun seurasi tasaisen kuoleamisen jakso, keski- määrin 1,5–2,0 oksaa puuta kohden vuodessa. Sen jälkeen oksien kuoleminen kiihtyi ekspon- tentiaalisesti vuoteen 1986 asti (huippu v. 1984). Vuosina 1981 ja 1983–1986 oksia kuoli vuode- sa keskimäärin 5 kpl/puu, mutta näitä seurannei- na kolmena vuotena vain puolet vähemmän (kuva 3e).

Vuotuiset arpien ja korojen määrät vaihtelivat huomattavasti puittain. Usemmissa puissa koro- ja esiintyi eniten vuosina 1983–1985, jolloin puut



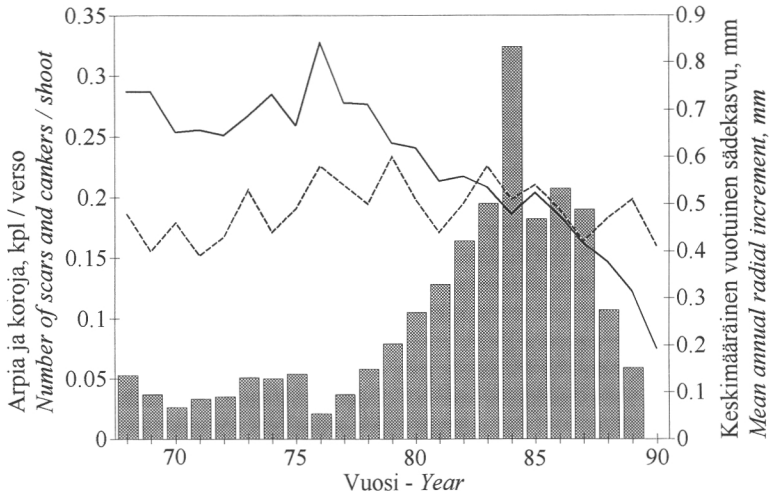
Kuva 3a–e. Surmakan aiheuttamien arprien, korojen ja ranganvaihtojen sekä ytimennävertäjien käytävien keskimääräinen vuotuinen lukumäärä versoa kohti ja vuosittain kuolleiden oksien lukumäärä Rikkilehdossa vuosina 1938–1990. **a.** arvet, **b.** korot, **c.** ranganvaihdot, **d.** ytimennävertäjät ja **e.** oksakuolemat (Kaitera & Jalkanen 1992, 1993b; Paul Pareyn luvalla).

Fig. 3a–e. Annual number of scars, cankers and branch leader changes caused by *Gremmeniella abietina*, tunnels caused by *Tomicus* spp. per shoot and annual branch mortality in Rikkilehto in 1938–1990. **a.** scars, **b.** cankers, **c.** branch leader changes, **d.** *Tomicus* tunnels, and **e.** branch mortality (Kaitera & Jalkanen 1992, 1993b; with the permission of Paul Parey).

olivat infektoituneet voimakkaasti sekä vaurioitettuna terveessä metsikössä. Infektiohuipuissa oli kuitenkin eroja puiden välillä.

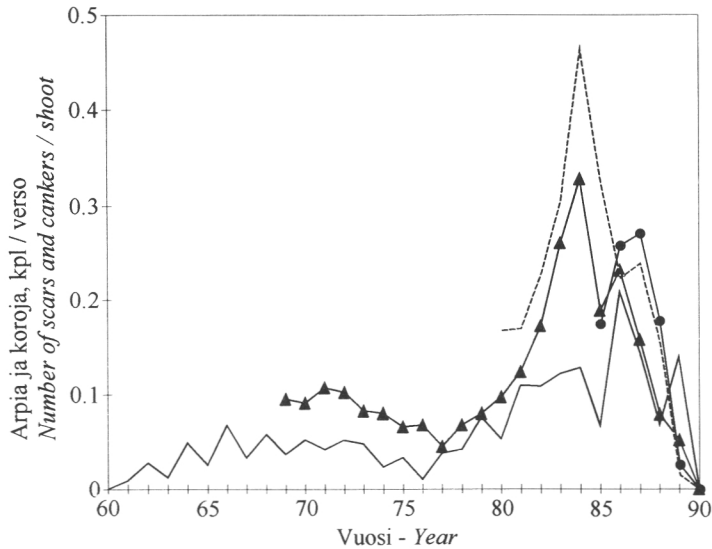
Oksakoepuista mitattu keskimääräinen rungon vuotuinen sädekasvu alkoi pienentyä jo 1960-luvun lopulla kiihtyen 1970-luvun loppupuolelta nykypäivään. Vuosien 1965–1976 sädekasvu oli 0,7–0,8 mm/v. Kasvu taantui edelleen 1980-lu-

vun lopulle saavuttaen tason 0,2 mm vuonna 1990 (kuva 4). Samanaikaisesti kasvun taantumisen kanssa korojen ja arprien määrä koko aineistossa kasvoi 1970-luvun lopulta 1980-luvun puoliväliin. Yksittäisissä puissa sädekasvun ja korojen esiintymisen välillä ei kuitenkaan ollut merkittävää riippuvuutta. Osassa puita sädekasvu on alkanut taantua 1970-luvulla, osassa 1980-



Kuva 4. Surmakan aiheuttamien arpjen ja korojen kokonaismäärä versoa ja vuotta kohti (pylväät) ja rinnankorkeudelta mitattu puiden keskimääräinen sädekasvu (murtoviiva) kymmenessä puussa Rikkilehdossa ja yleensä Itä-Lapissa Nöjdin (1992) mukaan (yhtenäinen viiva).

Fig. 4. Annual number of scars and cankers per shoot caused by *Gremmeniella abietina* (columns) and annual radial increment at breast height of ten trees in Rikkilehto and in general in eastern Lapland according to Nöjd (1992) (solid line).



Kuva 5. Surmakan aiheuttamien arpjen ja korojen määrä versoa ja vuotta kohti latvuksen eri osissa Rikkilehdossa vuosina 1960–1990. Oksakiehkurat ovat vuosilta 1938–1968 (yhtenäinen viiva), 1969–1979 (kolmiot), 1980–1984 (katkoviiva) ja 1985–1990 (ympyrät).

Fig. 5. The annual number of scars and cankers per shoot caused by *Gremmeniella abietina* in different parts of tree crowns in Rikkilehto in 1960–1990. The four parts consist of the branch whorls for the years 1938–1968 (solid line), 1969–1979 (triangles), 1980–1984 (broken line) and 1985–1990 (dots).

luvun alussa ja joissakin vasta vuosien 1986–1988 jälkeen. Rikkilehdon oksakoeputissa ei havaittu toipumista vielä 1980-luvun lopulla, vaikka korojen ja arpien määrä väheni jyrkästi.

### 3.5 Surmakkainfektion voimakkuus eri korkeuksilla latvusta

Surmakkainfektioit olivat yleisempiä latvuksen yläosan kuin alaosan nuorissa kasvaimissa. Esimerkiksi vuosina 1969–1975 surmakkainfektioit samoina vuosina syntyneiden oksien pääangan kasvaimia keskimäärin kaksi kertaa enemmän (0,08–0,10 infektiota/kasvain) kuin kasvaimia vuosien 1938–1968 oksakiehkuroissa (0,04–0,05). Vuosina 1976–1979 infektioiden määrä oli kaikkien oksakiehkuroiden kasvaimissa 0,07–

0,10. Korojen ja arpien määrä vuonna 1980 oli samana vuonna syntyneiden oksien kasvaimissa 0,15, kun vanhemmissa oksakiehkuroissa se oli 0,05–0,10. Vuosina 1982–1984 arpia ja koroja esiintyi 0,22–0,47 kpl/kasvain vuosien 1980–1984 oksakiehkuroiden kasvaimista. Se oli 1,3-kertainen vuosien 1969–1979 ja 2,2–3,9-kertainen vuosien 1938–1968 oksakiehkuroihin verrattuna (kuva 5). Latvuksen yläosien kasvainten suhteellisesti runsaampi infektoituminen jatkui myös 1980-luvun loppupuolella, kun epidemia oli ankarimmillaan. Epidemian muutokset näkyivät latvuksen kaikissa osissa samanaikaisesti.

Surmakan kypsä 4-soluisia kuromaitioita tavattiin vain yhdestä puusta. Kuromapullot olivat vuosien 1988–1989 kasvaimissa. Surmakan kotelomaljoja ei tavattu; kasvaimissa oli sen sijaan runsaasti vanhojen kuromapullojen koria.

## 4 Tulosten tarkastelu

### 4.1 Versosurman historian määrittäminen oksa-analyysin avulla

Surmakkainfektioita tapahtui koro- ja arpihavaintojen perusteella säännöllisesti vuodesta 1961 alkaen. Yksittäisiä korohavaintoja oli 1940- ja 1950-luvuilta. Tämän perusteella sieni on infektoinut vauriometsikön mäntyjä ennen puuston sulkeutumista. Tavallista enemmän arpia esiintyi vuonna 1970 ja koroja vuosina 1966, 1971 ja 1972. Näiltä vuosilta on aikaisempia versosurmatuhohavaintoja Lapista (Kurkela 1967, Valta 1970, Norokorpi 1971). Arpien määrä lisääntyi vuodesta 1979 ja korojen vuodesta 1981 lähtien hyvin voimakkaasti tutkimusalueella, mikä sattuu yhteen Itä-Lapissa vuonna 1982 havaitun pahan versosurmaepidemian puhkeamisen kanssa (Uotila & Jalkanen 1982). Tällöin tuhot keskittyivät korkeille paikoille, missä kesän 1981 kylmyys ja sateisuus heikensivät mäntyjä (Jalkanen 1984). Koro- ja arpihavainnot osoittivat, että viimeisin epidemia voimistui samaan aikaan niin Rikkilehdossa kuin yleisesti Itä-Lapin taimikoissa.

Epidemia on korojen perusteella ollut voimakkaimmillaan vuosina 1982–1986 ja alkanut heikentyä vuodesta 1987 lähtien. Arpien määrä oli kuitenkin hyvin korkea vuosina 1987 ja 1988. Tämä osoittaa, että vaikka epidemia on alkanut laantua luultavasti sienelle epäedullisten ympä-

ristötekijöiden seurauksena, sieni on edelleen infektoinut mäntyä. Uotilan (1988) mukaan Etelä-Suomessa esiintyi runsaasti arpia epidemian huippuvuoden jälkeisenä vuotena johtuen kuromaitioiden vapautumisesta. Vuodesta 1989 lähtien arpien määrä väheni voimakkaasti tutkimusalueella. Epidemian laantumisen Itä-Lapissa yleisellä tasolla vuodesta 1988 vuoteen 1989 on havaittu jo aikaisemmin (Salemaa ym. 1991). Vuoden 1990 versoissa ei esiintynyt yhtään arpia eikä koroja, mikä vahvistaa käsitystä, että tauti on havaittavissa aikaisintaan infektiota seuraavana keväänä. Kesän 1991 silmävaraisissa arvioinneissa ei kuitenkaan havaittu jälkiä vuoden 1990 infektiosta, mikä tukee käsitystä versosurmaepidemian laantumisen.

Ranganvaihtoja tapahtui eniten vuosina 1983–1989. Tämä ajankohta sattuu osin samaan aikaan kuin arpien ja korojen perusteella arvioitu epidemian huippu 1980-luvulla. Uotilan (1988) mukaan ranganvaihtojen lukumäärä korreloi hyvin epidemian huipun kanssa. Tässä tutkimuksessa myös kuolleiden oksien määrä korreloi hyvin epidemian huipun kanssa (1983–1986). Ytimennävertäjien tuhoamien versojen määrä oli suuri vuosina 1983–1985 ja 1988–1989. Ensimmäinen ajankohta sattui samaan aikaan kuin surmakaepidemian huippu 1980-luvun puolivälissä. Toinen ajankohta selittää 1980-luvun lopun suuret ranganvaihtojen määrät (ks. myös Kaitera & Jalka-

nen 1993b). Ytimennävertäjäkanta oli korkea vielä vuonna 1990, mikä oli 1990-luvun alussa Rikkilehdon pahin tuhonaiheuttaja.

Tutkituissa oksissa oli hyvin vähän surmakan kypsiä itiöemiä, mikä tukee käsitystä epidemian laantumisesta. Sieni ei kuitenkaan ole täysin hävinnyt alueelta, vaikka koron laajeneminen voi pysähtyä joksikin aikaa tai sienirihmasto jopa kokonaan hävitä koroista usean männynlehteen suotuisan kasvukauden jälkeen (Kurkela & Norokorpi 1979).

Oksa-analyysiä on mahdollista käyttää myös kuolleisiin oksiin, jolloin yksittäiset korot kertovat sienien esiintymisestä metsikössä vuosikymmeniä taaksepäin. Arpi ei ole kovin luotettava muuttuja vanhoissa oksissa. Nuorissa oksissa se on kuitenkin käyttökelpoinen kuvaamaan koron esiastetta, joka voi joko laajentua koroksi tai umpeutua kokonaan. Mikäli tutkittujen oksien määrä on hyvin alhainen, kuten yleensä vanhojen oksien kohdalla tai kun suurin osa oksista on kuollut pahan epidemian seurauksena, arprien ja korojen määrät saattavat kuvastaa keskimääräistä suurempaa infektiota (vrt. 1940-luvun arpi- ja korohavainnot: kuvat 3a–b). Lisäksi, mikäli suuri määrä oksia on kuollut epidemian seurauksena, tieto epidemian jälkeisistä vuosista saattaa jäädä vähäiseksi.

Oksa-analyysi ei ota huomioon infektiota vanhempiin versoihin eikä latenttia infektiota, jossa sieni on tunkeutunut versoon jättämättä minkäänlaista näkyvää merkkiä (arpi, koro) onnistuneesta infektiosta ja kykenee aiheuttamaan versosurmaa yli 2 vuoden kuluttua infektiosta. Tartunnan oletetaan tapahtuvan pääasiassa neulasten ilmarakojen kautta nuoriin versoihin (Patton ym. 1984) sienien levitessä kasvaimeen ensimmäisen infektiota seuraavan lepokauden aikana. Siten tartunta näkyy vuosienkin kuluttua myös ydintä lähinnä olevassa vuosilustossa. Näin infektiovuodeksi laskettiin aika kasvukauden alusta seuraavaan kevääseen. Aikaisemmin on tutkittu surmakkainfektion ajankohtaa päärangassa laskeamalla vanhimman infektoituneen vuosirenkään ikä koron kohdalla (Roll-Hansen 1964, Roll-Hansen & Roll-Hansen 1973, Aalto-Kallonen & Kurkela 1985). Tilanne on kuitenkin toinen oksissa, joissa puolustusreaktiot ovat heikommat kuin päärangassa. Lisäksi oletamme, että sieni ei pysty kasvamaan infektiokohdasta aktiivisesti vanhempiin versoihin nopeasti, vaikka Barklund & Rowe (1981) ovatkin havainneet, että surmakka voi kasvaa nuorimmasta versosta vanhempiin versoihin kuusella.

Infektiovuosi oli lähes aina helppo määrittää

oksakiehkurasta levinneestä korosta. Lisäksi menetelmässä oletettiin, että kaikilla nuorilla versoilla on sama todennäköisyys tulla infektoituiksi, mikä tekee mielekkääksi verrata eri vuosia keskenään. Skillingin (1969) mukaan kuromat leviävät vain sateella, ja Uotilan (1985a) mukaan merkittävä taudin leviäminen sairaasta puusta rajoittuu 4–6 metriin, minkä seurauksena kaikilla nuorilla versoilla ei välttämättä ole samaa todennäköisyyttä infektoitua kuromista. Latvuksen eri osien infektoitumista tarkasteltaessa havaittiin, että suuret versot infektoituivat latvuksen yläosassa suhteellisesti voimakkaammin kuin nuoret versot latvuksen alaosassa. Tämä voi johtua siitä, että infektiopaine on kohdistunut voimakkaammin latvuksen yläosiin, ylälatvuksen versot ovat pitempiä, jolloin infektiopinta on suurempi, kosteusolot ovat erilaiset latvuksen eri osissa tai elävien alaoksien määrä on ollut alhainen. Infektiosuhde latvuksen eri osien välillä on kuitenkin ollut sama jo ennen 1980-lukua. Latvuksen yläosien nuorten versojen latvuksen alaosa paremman kasvupotentiaalin takia saattavat latvuksen yläosat olla epidemian huippuvuosina alaosa alttiimpia infektiolle. Infektiohuiput osuvat kuitenkin eri osissa latvusta samoihin vuosiin, joten infektiokuippujen toteamiseen oksa-analyysin avulla yhden puun sisällä riittää todennäköisesti pelkästään muutama oksa elävän latvuksen alarajalta. Edellisten suhteiden tarkemmaksi selvittämiseksi erityisesti männyn kasvunopeuden merkitystä altistumiselle tulisi tutkia (ks. Riihinen & Uotila 1992).

## 4.2 Syy-seuraussuhteet ja versosurma

Rikkilehdon vaurioitunut puusto kuului 2. kehitysluokkaan kuten valtaosa Itä-Lapissa vuosina 1988–1990 havaituista versosurmatuhoalueista (Kaitera & Jalkanen 1991). Tuhoalue sijaitsi Sätsijoen varressa mäen alarinteessä. Mäen päällä oli vastaavan kehitysluokan puustoa, joka oli hyvin vähän vaurioitunutta. Sekä puukohtainen että koealakohtainen versosurmaisuus korreloivat merkittävästi koealan korkeuden kanssa. Havaittu riippuvuus vastaa aikaisempia tutkimustuloksia versosurmatuhon keskittymisestä notkelmien pohjille ja rinteiden alaosiin (Dorworth 1972, Aalto-Kallonen & Kurkela 1985, Kallio ym. 1985, Sairanen 1990). Myös kookkaan lehtipuuvaltaisen puuston on havaittu edesauttavan sienelle sopivan mikroilmaston syntymisessä (Butin & Hackelberg 1978). Vaurioaluetta ympäröi kookkaampi, yli 200-vuotias koivu-kuusi -seka-



metsä. Koska pahimmat vaurioalueet sijaitsivat alueen alavimmilla paikoilla, altistumiseen ovat todennäköisesti vaikuttaneet enemmän paikalliset mikroilmastolliset olosuhteet kuin alueelle kohdistuneet laskeumat (vrt. Derome ym. 1991).

Metsätyyppi (EMT) oli sama sekä vaurio- että terveessä metsikössä, joten vaurioitumisen voimakkuus ei riippunut metsätypistä. Donaubaueerin (1972) mukaan alttius surmakalle lisääntyy maaperän viljavuuden lisääntyessä. Myös Nevalainen & Uotila (1984) ovat havainneet Etelä-Suomessa versosurmaa esiintyneen enemmän mustikka- kuin puolukkatyyppin metsiköissä. Sairanen (1990) sen sijaan ei havainnut tautisuuseroja eri eteläsuomalaisten metsätyyppien välillä.

Humuksen pH korreloi positiivisesti versosurmaisuuksien kanssa, mikä on sama tulos kuin Sairasen (1990) tutkimuksessa. Tämä tutkimus ei siten tue käsitystä, että maaperän happamoituminen lisäisi alttiutta surmakalle. Toisaalta happosadetuskokeiden perusteella on epäilty alhaisen pH:n lisäävän versosurmaa (Bragge & Manion 1984). Vuorisen (1990) tutkimuksessa männyn-taimet eivät kuitenkaan altistuneet happaman kastelun seurauksena surmakalle.

Puiden sädekasvu oli alentunut vuoden 1975 jälkeen, eikä sädekasvun elpymistä ollut havaittavissa epidemian laantumisen jälkeenkään 1980-luvun lopussa. Koska voimakkaimmat infektiot ja sädekasvumuutokset eivät osu samoihin ajankohoihin, kasvun taantumisen alkuvaihe on ilmeisesti johtunut metsikön ylitiheydestä. Tosin ylitiheys puolestaan altistaa surmakkatuhoille (Niemelä ym. 1992). Surmakan ja ytimennävertäjien aiheuttamasta tuhosta johtuen metsikön puuston kasvu ei kääntynyt nousuun 1980-luvun lopulla, vaikka yleisellä tasolla niin kävi Itä-Lapin terveissä metsissä (kuva 4; ks. myös Nöjd 1992). Kasvu saattaa kuitenkin elpyä, jos epidemia ei puhkea uudelleen ja ytimennävertäjäkanta pienenee. Puilta saattaa kuitenkin kulua useita vuosia ennen sädekasvun elpymistä riittävän suuren yhteyttävän latvuston kasvattamiseen. Elävänä selviytyneen puuston kasvun elpymisen on hyvin mahdollista, koska kasvutila on lisääntynyt puiden kuolemisen takia. Elävän puuston osuus (keskimäärin 700 mäntyä/ha) saattaa kuitenkin olla liian alhainen kasvatettavaksi. Kun heikkokuntoiset puut ovat lisäksi hyvää lisääntymismateriaalia ytimennävertäjille, metsikön tila voi edelleen heikentyä. Mikäli myös tuhoutuvaksi arvioitu puusto poistetaan, jäljelle jäisi 520 mäntyä/ha. Vaikka puusto onkin alentunut vaajatuottoiseen tilaan, sen jatkokasvatus lienee

kuitenkin taloudellisesti paras vaihtoehto. Tyvikorokan merkitys puuston kehitykselle viime vuosikymmeninä Rikkilehdossa on todennäköisesti vähäinen.

Surmakkaepidemian syntyyn ei voida löytää yksiselitteisiä syitä pelkästään tehdyn inventoinnin perusteella. Surmakkaa on esiintynyt Rikkilehdon alueella lähes joka vuosi jo kymmeniä vuosia ennen varsinaisen tuhoutumisen alkua. Rikkilehto on pienilmastoltaan ilmeisesti niin äärevä, että lievää tartuntaa tapahtuu ja siten myös surmakan itiöemiä kypsyy joka vuosi. Epidemia voimistuu, kun ilmasto-olot äärevöityvät lisää ja altistavat mäntyä. 1980-luvun epidemia voimistui samoihin aikoihin kuin surmakkaepidemia alkoi taimitarhoilla ja istutusaloilla Lapissa. Samoin epidemia laantui männylle suotuisten ilmasto-olojen vallitessa 1980-luvun lopulla. Vuosien 1981–1987 infektioiden riippuvuus ilmasto-oloista käy ilmi Naruskan säätilastosta.

Surmakan tartuntamahdollisuuksia lisäsi kesä-elokuun 1981 runsassateisuus (pitkäaikainen keskiarvo 209 mm/ 413 mm v. 1981). Sen sijaan toukokuun 1981 kylmyyden (minimi -23,1 °C), joka on todennäköisesti aiheuttanut kylmävaurioita männylle, merkitys on epäselvä. Hallapäivät ovat nimittäin Naruskalla verrattain yleisiä kuukausittain kasvukauden aikana, jolloin suoranaista riippuvuutta infektiokuippujen ja hallapäivien lukumäärän välillä on vaikea osoittaa. Sen sijaan kesän 1982 alhaiset keskilämpötilat ovat voineet edesauttaa epidemian vahvistumista. Kuitenkin kesän 1980 lämpimyyden on todennäköisesti ehkäissyt tartuntaa vahvistamalla mäntyä ja vähentänyt seuraavana vuonna kuromapullojen syntymä, mikä olisi siten rajoittanut infektiota vielä vuonna 1981 kesän sateisuudesta huolimatta. Yhdessä männyn kesällä 1981 heikentyneen kunnan kanssa surmakka oli kuitenkin riittävän tehokas aiheuttamaan ankaran epidemian Lapin taimikoissa v. 1982 (Uotila & Jalkanen 1982). Viileinä ja sateisina kasvukausina surmakkaepidemia vahvistui, koska kuromapulloja kypsyi runsaasti. Samalla männyn puolustuskyky ilmeisesti aleni olennaisesti viimeistään 1980-luvun puolivälissä.

1980-luvun lopun kuivat ja lämpimät kasvukaudet vahvistivat mäntyä ja vaikeuttivat surmakan lisääntymistä mm. kuivattamalla altistuneet oksat ennen kuin sieni ehti itiöitä niissä. Toisaalta kestävyysparantuuksessa männyn altistumiseen tarvitaan ilmeisesti enemmän itiöitä. Silti 1990-luvun alun epäedulliset kasvukaudet voivat vielä vahvistaa epidemiaa, mikäli surmakka pystyy lisääntymään 1980-luvun lopulla synty-

neissä elävissä oksissa sijaitsevilla koroissa tai v. 1991 infektoituneissa kasvaimissa.

Kuolan päästöjen osuutta puiden alttiuden lisääjänä ei voida arvioida pelkästään Rikkilehdon perusteella. Koska terve metsikkö on kuitenkin saanut todennäköisesti saman laskeuman kuin vauriometsikkö, saasteilla ei ole ainakaan ensisijaista merkitystä tuhojen selittäjänä. Rikkilehdon lähellä sijaitsevalta Sätsin intensiivikoealalta kerättyjen näytteiden perusteella sadeveden ja lumen pH ei eroa Sätsissä vastaavista Länsi-Lapin arvoista, H<sup>+</sup>-laskeuma oli alhaisempi kuin

Länsi-Lapissa ja N-, Ca-, Mg- ja Na-laskeumat olivat samaa luokkaa kuin Länsi-Lapissa. Ainoastaan S-laskeuma oli hieman suurempi Sätsissä kuin Länsi-Lapissa (Derome ym. 1991). Kun Naruskan SO<sub>2</sub>-mittarikin on osoittanut korkeahkoja arvoja vain satunnaisesti (Huttunen ym. 1992), Kuolan päästöjen vaikutus on surmakaepidemian huippuvuosina voinut olla ainoastaan interaktiivinen yhdessä säätekijöiden kanssa. Tuhojen paikallinen esiintyminen on kuitenkin ollut riippuvainen pääasiassa pienilmastollisista tekijöistä.

## 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. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 126. 28 s.
- Barklund, P. & Rowe, J. 1981. Gremmeniella abietina (*Scleroderris lagerbergii*), a primary parasite in a Norway spruce die-back. *European Journal of Forest Pathology* 11: 97–108.
- & Unestam, T. 1988. Infection experiments with Gremmeniella abietina on seedlings of Norway spruce and Scots pine. *European Journal of Forest Pathology* 18: 409–420.
- Blenis, P.V., Patton, R.F. & Spear, R.N. 1984. Effect of environmental factors on the post-infection behavior of Gremmeniella abietina. Teoksessa: Manion, P.D. (toim.). *Scleroderris canker of conifers*. Nijhoff/Junk Publishers. s. 104–110.
- Bragg, R.J. & Manion, P.D. 1984. Evaluation of possible effects of acid rain on *Scleroderris canker* of red pine in New York. Teoksessa: Manion, P.D. (toim.). *Scleroderris canker of conifers*. Nijhoff/Junk Publishers. s. 130–141.
- Butin, H. & Hackelberg, L. 1978. Über den Verlauf einer *Scleroderris lagerbergii*-Epidemie in einem Schwarzkiefernbestand. *European Journal of Forest Pathology* 8: 369–379.
- Derome, J., Niska, K., Lindroos, A.-J. & Välikangas, P. 1991. Ion-balance monitoring plots and bulk deposition in Lapland during July 1989–June 1990. Teoksessa: Tikkanen, E. & Varmola, M. (toim.). Research into forest damage connected with air pollution in Finnish Lapland and the Kola peninsula of the U.S.S.R. A seminar held in Kuusamo, Finland, 25–26 May 1990. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 373: 49–76.
- Donaubauer, E. 1972. Environmental factors influencing outbreak of *Scleroderris lagerbergii* Gremmen. *European Journal of Forest Pathology* 2: 21–25.
- Dorworth, C. E. 1972. Epidemiology of *Scleroderris lagerbergii* in Central Ontario. *Canadian Journal of Botany* 50: 751–765.
- 1973. Sequence of formation and resin content of *Scleroderris cankers*. *Canadian Journal of Forest Research* 3: 161–164.
- & Krywienczyk, J. 1975. Comparisons among isolates of Gremmeniella abietina by means of growth rate, conidia measurement, and immunogenic reaction. *Canadian Journal of Botany* 53: 2506–2525.
- Heiniger, U. & Kanzler, E. 1988. Shoot dieback in subalpine reforestations in Switzerland. *Mitteilungen der Forstlichen Bundesversuchsanstalt* 162: 67–71.
- Heinonen, J. 1981. Koalojen peruslaskenta. Metsäntutkimuslaitos, matemaattinen osasto. Moniste. 38 s.
- Hopkins, P.F., Abrahamson, L.P. & Johnson, W.L. 1979. Detection and classification of *Scleroderris canker* in pine stands using aerial photography. State University of New York, College of Environmental Science and Forestry, Syracuse, New York. 71 s.
- Huttunen, S., Tikkinen, S., Bäck, J., Lamppu, J. & Manninen, S. 1992. Ilman rikkipitoisuudet, puiden vaurio-oireet ja luppojen rikkikertymät. Teoksessa: Kauhanen, H. & Varmola, M. (toim.). Itä-Lapin metsävaurioprojektin väliraportti. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 413: 136–141.
- Jalkanen, R. 1984. Die-backs of Scots pine due to unfavourable climate in Lapland. *Aquilo, Series Botanica* 23: 75–79.
- 1987. Gremmeniella har härjat i hundra år. *Skogseko* 1987(8): 12.
- & Kaitera, J. 1992. Versosurma Itä-Lapissa. Abstract: Damage caused by Gremmeniella abietina in eastern Lapland. Teoksessa: Kauhanen, H. & Varmola, M. (toim.). Itä-Lapin metsävaurioprojektin väliraportti. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 413: 215–226.
- & Kaitera, J. 1993. Gremmeniella abietina in eastern Lapland near Soviet industrial centres. Teoksessa: Barklund, P., Livsey, S., Karlman, M. & Stephan, R. (toim.). Shoot diseases of conifers. Proc. IUFRO WP S2.06.02 Canker and shoot blight of conifers, Garpenberg, Sweden, 10–15 June 1991. Uppsala. ISBN 91-576-4730-5. s. 73–77.
- Kaitera, J. & Jalkanen, R. 1991. Versosurman (*Ascochyta abietina* (Lagerb.) Schläpfer-Bernhard) vaivaamat alueet metsähallituksen Ylikemin hoitoalueessa

- Koillis-Suomessa. Metsäntutkimuslaitos, Rovaniemen tutkimusasema. Moniste. 9 s.
- & Jalkanen, R. 1992. Disease history of Gremmeniella abietina in a Pinus sylvestris stand. *European Journal of Forest Pathology* 22: 371–378.
- & Jalkanen, R. 1993a. History of the decline in the Rikkilehto Scots pine stand. In: Jalkanen, R., Aalto, T. & Lahti, M.-L. (eds.). *Forest pathological research in northern forests with a special reference to abiotic stress factors*. Extended SNS meeting in forest pathology in Lapland, Finland, 3–7 August, 1992. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 451: 128–137.
- & Jalkanen, R. 1993b. The history of shoot damage by *Tomicus* spp. (Col., Scolytidae) in a Pinus sylvestris stand damaged by *Gremmeniella abietina* (Lagerb.) Morelet. *Journal of Applied Entomology* (in press).
- Kallio, T., Häkkinen, R. & Heinonen, J. 1985. An outbreak of *Gremmeniella abietina* in Central Finland. *European Journal of Forest Pathology* 15: 216–233.
- Kangas, E. 1937. Tutkimuksia mäntytaimistotuholaisista ja niiden merkityksestä. Referat: Untersuchungen über die in Kiefernpflanzenbestände auftretenden Schäden und ihre Bedeutung. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 24. 304 s.
- Kohh, E. 1964. Om tallens gren- och granens topptorka och dess bekämpning. *Skogen* 51: 200–203.
- Kujala, V. 1950. Über die Kleinpilze der Koniferen in Finnland. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 38. 121 s.
- Kurkela, T. 1967. Kevällä havaitusta männyn taimitartaudista ja *Scleroderris lagerbergii*stä. Summary: On a nursery disease of Scots pine observed in the spring of 1967 and the fungus *Scleroderris lagerbergii*. *Metsätaloudellinen Aikakauslehti* 12: 391–392.
- 1981. Versosyöpä (*Gremmeniella abietina*) riukuasteen männiköissä. Summary: Canker and die-back of Scots pine at precommercial stage caused by *Gremmeniella abietina*. *Folia Forestalia* 485. 12 s.
- & Norokorpi, Y. 1979. Pathogenicity of *Scleroderris lagerbergii*, *Lachnellula pini* and *L. flavovirens* and their cankers on Scots pine. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 97. 16 s.
- Kuukausikatsaus Suomen ilmastoon. 1975–1989. Ilmatieteen laitos. Helsinki.
- Laurence, J.A., Reynolds, K.L., Maclean, D.C. Jr., Hudler, G.W. & Dochinger, L.S. 1984. Effects of sulfur dioxide on infection of red pine by *Gremmeniella abietina*. Teoksessa: Manion, P.D. (toim.). *Scleroderris canker of conifers*. Nijhoff/Junk Publishers. s. 122–129.
- Nevalainen, S. & Uotila, A. 1984. The susceptibility of Scots pine to *Gremmeniella abietina*. *Växtskyddsnotiser* 48: 76–80.
- Niemelä, P., Lindgren, M. & Uotila, A. 1992. The effect of stand density on the susceptibility of Pinus sylvestris to *Gremmeniella abietina*. *Scandinavian Journal of Forest Research* 7: 129–133.
- Norokorpi, Y. 1971. Männyn viljelytaimistojen tuhot Pohjois-Suomessa. *Metsä ja Puu* 1971(4): 23–26.
- 1972. Pohjoisten männyn viljelytaimistojen tuhoprosessista. *Metsä ja Puu* 1972(4): 13–15.
- Nöjd, P. 1992. Männyn kasvunvaihtelu Itä-Lapin metsävaurio -projektin eteläisillä koelalainjoilla — alustava tuloksia. Abstract: Variation in Scots pine growth in Lapland — a gradient study. Teoksessa: Kauhanen, H. & Varmola, M. (toim.). *Itä-Lapin metsävaurio- ja metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 413: 206–214.
- Patton, R.F., Spear, R.N. & Blenis, P.V. 1984. The mode of infection and early stages of colonization of pines by *Gremmeniella abietina*. *European Journal of Forest Pathology* 14: 193–202.
- Petäistö, R.-L. & Repo, T. 1988. Stress combinations and the susceptibility of Scots pine to *Ascochyta abietina*. *Mitteilungen der Forstlichen Bundesversuchsanstalt Wien* 162: 103–118.
- Pättilä, A. & Uotila, A. 1990. Scleroderris canker and frost damage in fertilized pine stands on an ombrotrophic mire. *Scandinavian Journal of Forest Research* 5: 41–48.
- Read, D.J. 1968. Some aspects of the relationship between shade and fungal pathogenity in an epidemic disease of pines. *New Phytologist* 67: 39–48.
- Riihinen, A. & Uotila, A. 1992. Versosurman vaikutus varttuneiden männiköiden kasvuun. Summary: Effect of *Scleroderris* canker on the growth of middle-aged Scots pine stands. *Folia Forestalia* 783. 10 s.
- Roll-Hansen, F. 1964. *Scleroderris lagerbergii* Gremmen (*Crumenula abietina* Lagerb.) and girdling of Pinus sylvestris L. *Meddelelser fra det Norske Skogforsöksvesen* 68(2): 153–175.
- 1972. *Scleroderris lagerbergii*: resistance and differences in attack between pine species and provenances. *European Journal of Forest Pathology* 2: 26–39.
- & Roll-Hansen, H. 1973. *Scleroderris lagerbergii* in Norway. Hosts, distribution, perfect and imperfect state, and mode of attack. *Meddelelser fra det Norske Skogforsöksvesen* 124(6): 439–459.
- Sairanen, A. 1990. Site characteristics of Scots pine stands infected by *Gremmeniella abietina* in Central Finland. I: Mineral soil sites. Seloste: Versosurman vaikeamien männiköiden kasvupaikkaominaisuudet Keski-Suomessa. I: Kivennäismaat. *Acta Forestalia Fennica* 216. 27 s.
- Salemaa, M., Jukola-Sulonen, E.-L. & Lindgren, M. 1991. Forest condition in Finland, 1986–1990. *Silva Fennica* 25: 147–175.
- Skilling, D.D. 1969. Spore dispersal by *Scleroderris lagerbergii* under nursery and plantation condition. *Plant Disease Reporter* 53: 291–295.
- Uotila, A. 1983. Physiological and morphological variation among Finnish *Gremmeniella abietina* isolates. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 119. 12 s.
- 1985a. Männynversosyövän leviämisestä tautipesäketä ympäröiviin terveisiin mäntyihin. Summary: The spreading of *Ascochyta abietina* to healthy pines in the vicinity of diseased trees. *Silva Fennica* 19: 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 Forestalia* 639. 12 s.
- 1988. Ilmastotekijöiden vaikutus männynversosyöpätautiin. Summary: The effect of climatic factors

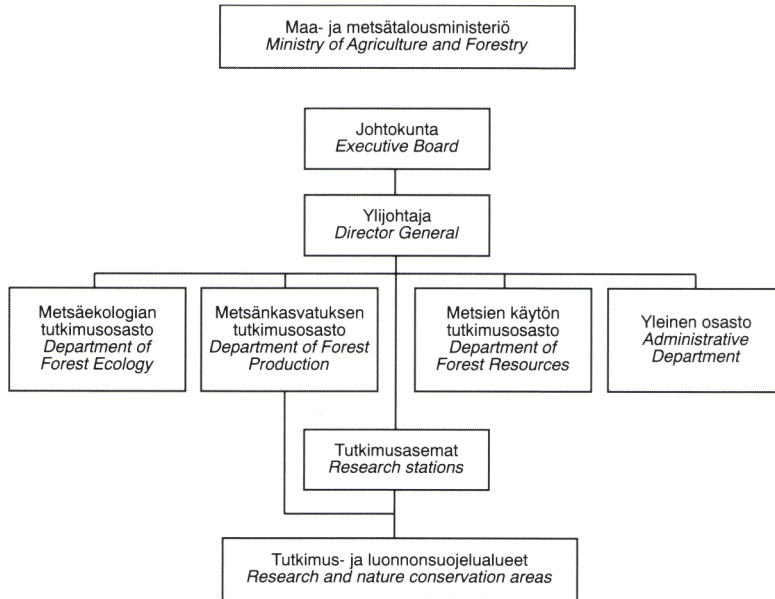
- on the occurrence of Scleroderris canker. Folia Forestalia 721. 23 s.
- & Jalkanen, R. 1982. Taas runsaasti taimituhoja pohjoisessa. Metsälehti 1982(16): 12.
- Valtanen, J. 1970. Versosyöpä Lapin taimistojen kimpussa. Metsä ja Puu 1970(4): 7–10.
- Vuokila, Y. 1968. Karsiminen ja kasvu. Summary: Pruning and increment. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 66. 61 s.
- Vuorinen, M. 1990. Effects of simulated acid rain on the susceptibility to Scleroderris canker (*Ascochyta abietina* (Lagerb.) Schläpfer-Bernhard) and on assimilation and transpiration of Scots pine. Teoksessa: Kauppi, P., Anttila, P. & Kenttämies, K. (toim.). Acidification in Finland. Springer-Verlag, Berlin — Heidelberg. s. 469–475.

*Total of 56 references*





METSÄNTUTKIMUSLAITOS — *THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE*



**Metsäntutkimuslaitos — *The Finnish Forest Research Institute***

Unioninkatu 40 A, FIN-00170 Helsinki, Finland

tel. +358-0-857 051, fax +358-0-625 308, telex 121298 metla sf

Ylijohtaja — *Director General*

Eljas Pohtila

Hallintojohtaja — *Administrative Director*

Tero Oksa

Tiedotuspäällikkö — *Head of Information*

Marja Ruutu

**Metsäekologian tutkimusosasto — *Department of Forest Ecology***

Tutkimusjohtaja — *Research Director* Eero Paavilainen

**Metsänkasvatuksen tutkimusosasto — *Department of Forest Production***

Tutkimusjohtaja — *Research Director* Jari Parviainen

**Metsien käytön tutkimusosasto — *Department of Forest Resources***

Tutkimusjohtaja — *Research Director* Risto Seppälä

**Tutkimusasemat — *Research Stations***

Joensuu

Parkano

Kannus

Punkaharju

Kolari

Rovaniemi

Muhos

Suonenjoki



- No 800 Pesonen, Mauno & Hirvelä, Hannu: Liiketaloudelliset harvennusmallit Etelä-Suomessa.  
Thinning models based on profitability calculations for southern Finland.
- No 801 Mäkinen, Harri & Uusvaara, Olli: Lannoituksen vaikutus männyn oksikuuteen ja puuaineen laatuun.  
Effect of fertilization on the branchiness and the wood quality of Scots pine.
- 1993
- No 802 Pesonen, Mauno, Jämsä, Jari & Hirvelä, Hannu: Harvennushakkuiden edullisuusvertailu metsälötasolla.  
Profitability comparisons of thinnings at the forest holding level.
- No 803 Hakkila, Pentti & Kalaja, Hannu: Ketjukarsinta ensiharvennusmännikön korjuuratkaisuna.  
Flail delimiting in the first commercial thinning of Scots pine.
- No 804 Saarilahti, Martti: Mikroaaltosondin soveltuvuus hakekuorman käyttöarvon mittaukseen.  
Measuring of the chip load properties using microwave sounding.
- No 805 Salminen, Olli: Männikön ja kuusikon liiketaloudellinen vajaatuottoisuus.  
Profitability of growing understocked Scots pine and Norway spruce stands.
- No 806 Verkasalo, Erkki: Koivupuutavaran vikaantuminen pitkittyneessä metsävarastoinnissa ja sen vaikutus viulun saantoon, laatuun ja arvoon.  
Deterioration of birch timber during prolonged storage in the forest and its effect on the yield, quality and value of rotary-cut veneer.
- No 807 Rossi, Seppo, Varmola, Martti & Hyppönen, Mikko: Pellonmetsitysten onnistuminen Lapissa.  
Success of afforestation of old fields in Finnish Lapland.
- No 808 Juntunen, Marja-Liisa & Suomäki, Hanna-Leena: Ikääntyvät metsäkoneyrittäjät ja hakkuun koneellistuminen.  
Aging forest machine contractors and the mechanization of wood harvesting.
- No 809 Heikkilä, Risto, Lilja, Arja & Härkönen, Sauli: Rauduskoivuntaimien toipuminen latvan katkeamisen jälkeen.  
Recovery of young *Betula pendula* trees after stem breakage.
- No 810 Kaunisto, Seppo, Moilanen, Mikko & Issakainen, Jorma: Apatiitti ja flogopiitti fosfori- ja kaliumlannoitteina suomänniköissä.  
Apatite and phlogopite as phosphorus and potassium fertilizers in peatland pine forests.
- No 811 Kaitera, Juha & Jalkanen, Risto: Surmakka Rikkilehdon männikössä Sallassa.  
*Gremmeniella abietina* on Scots pine in Rikkilehto stand in Salla, northern Finland.