

FOLIA FORESTALIA 610

METSÄNTUTKIMUSLAITOS · INSTITUTUM FORESTALE FENNIAE · HELSINKI 1984

TAPANI REPO, MARTTI MELA
& JUKKA VALTANEN

MÄNNYNVERSOSYÖVÄLLE ALTTIIDEN JA
VASTUSTUSKYKYISTEN TAIMIALKUPERIEN
EROTTAMINEN NEULASTEN
OMINAISIMPEDANSSIN MITTAUKSELLA

SEPARATION OF SUSCEPTIBLE AND
RESISTANT PROVENANCES OF SCOTS PINE
TO *GREMMENIELLA ABIETINA* BY SPECIFIC
NEEDLE IMPEDANCE



METSÄNTUTKIMUSLAITOS
THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE

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

Puhelin: (90) 661 401
Phone:

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

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

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

FOLIA FORESTALIA 610

Metsäntutkimuslaitos. Institutum Forestale Fenniae. Helsinki 1984

Tapani Repo, Martti Mela & Jukka Valtanen

MÄNNYNVERSOSYÖVÄLLE ALTTIIDEN JA VASTUSTUS- KYKYISTEN TAIMIALKUPERIEN EROTTAMINEN NEULASTEN OMINAISIMPEDANSSIN MITTAUKSELLA

Separation of susceptible and resistant provenances of Scots pine
to *Gremmeniella abietina* by specific needle impedance

Approved on 23.11.1984

SISÄLLYS

1. JOHDANTO	3
2. AINEISTO JA MITTAUSMENETELMÄ	4
2.1. Koemateriaali	4
2.2. Menetelmä	5
3. TULOKSET	6
4. TULOSTEN TARKASTELU	9
KIRJALLISUUS	10
SUMMARY	11

REPO, T., MELA, M. & VALTANEN, J. 1984. Männynversosyövälle alttiiden ja vastustuskykyisten taimialkuperien erottaminen neulasten ominaisimpedanssin mittauksella. Summary: Separation of susceptible and resistant provenances of Scots pine to *Gremmeniella abietina* by specific needle impedance. Folia For. 610: 1—11.

Tutkimuksessa pyrittiin löytämään eroja eri mäntyalkuperien männynversosyöpäalttiuteen vaikuttavissa tekijöissä. Eri alkuperää olevien taimien neulasten ominaisimpedanssia mitattiin heinäkuusta lokakuuhun. Uusien ja vuoden ikäisten neulasten arvoissa havaittiin kesän ja syksyn aikana huomattavia muutoksia. Eri mäntyalkuperien välillä havaittiin viitteitä talveentumiseroista. Tulosten perusteella ei tautiherkkien taimien ja taimialkuperien erottaminen ollut mahdollista.

The aim of this study was to find differences in the factors affecting the susceptibility of different Scots pine provenances to *Gremmeniella abietina* infection. The specific impedance of the needles of different provenances was measured from July to October. Appreciable changes were found in the impedance values for current-year and one-year-old needles during summer and autumn. Some indications of differences in hardening were found between provenances. It was not possible to separate susceptible seedlings and provenances according to the results of this study.

ODC 232.237.2+444+416.1+164.5--015
ISBN 951-40-0684-4
ISSN 0015-5543
Helsinki 1984. Valtion painatuskeskus

1. JOHDANTO

Pohjois-Suomessa kuoli vuosina 1968—70 yhden-kolmen metrin pituisissa männyn viljelytaimikoissa taimia runsaasti männynversosyöpään. Paikoin taimikoita tuhoutui täysin. Syyksi on arveltu mm. kesien 1962, 1965 ja 1968 kylmyyttä ja niiden seurauksena taimien fysiologisen kunnan heikkenemistä ja siitä johtuvaa alttiutta männynversosyövälle (Kurkela 1967, Valtanen 1970, Norokorpi 1971). Myös kesä 1981 oli sateinen ja kylmä, ja kesällä 1982 esiintyi jälleen männynversosyvän tuhoja sängen yleisinä Etelä- ja Pohjois-Suomessa (Uotila 1984). Kummallakin kerralla on todettu, että luonnontaimet säilyvät terveinä viljelytaimien tuhoutuessa. Kylvö- ja istutustaimilla ei ole todettu olevan eroa, ts. viljelytapa ei vaikuta tuhoalttiuteen.

Alkuperän vaikutuksen selvittämistä varten perustetuilla Pohjois-Suomen koekentillä on todettu, että männynversosyöpää esiintyy enemmän etelästä tuoduissa alkuperissä kuin pohjoisesta siirrettyissä. Samoin on todettu, että ne 1950-luvulla ja 1960-luvun alussa perustetut viljelytaimikot, jotka olivat jo ehtineet yhden-kahden metrin pituisiksi ja joiden siemen oli tuotu 200—400 km etelämpää, hyvin yleisesti tuhoutuivat 1960-luvun lopun männynversosyöpäepidemian aikana. Nyt tuhot ovat kohdistuneet 10—20-vuotiaisiin taimikoihin.

Männyn infektioalttiutta ja -mekanismia versosyövälle on tutkittu runsaasti (mm. Siepmann 1975, 1976, 1978, Björkmann 1978, Kurkela ja Norokorpi 1979, Kurkela 1981, Scholz ja Stephan 1974, Stephan ja Scholz 1979, Lang ja Schütt 1976). Dietrichsonin (1968) mukaan puun perinnöllisten kasvuominaisuuksien ja sääolojen aiheuttamien vaurioiden vuorovaikutus alentaa vastustuskykyä. Skilling (1972) ja Teich (1968) ovat havainneet, että pakkasvaurio ei ole oleellinen altistava tekijä. Toisaalta mm. Roll-Hansen (1964) ja Björkmann (1978) toteavat, että kylmään ilmastoon sopeutumattomat eteläiset alkuperät ovat herkempiä sairastumaan kuin paikalliset ja pohjoiset alkuperät. On ilmeistä, että taimien puutteellinen talveentuminen heikentää taudinkestävyden kehittymistä.

Havupuiden talveentumiseen liittyy useita

solutason biofysikaalisia ja biokemiallisia muutoksia. Solujen vesimäärä vähenee, solulima väkevoityy ja solujen elävä sisältö vetäytyy kasaan (Havas 1978). Neulasten osmoottinen paine ja jäätymislämpötila alenevat syksyn ja talven kuluessa (Havas 1981). Solujen talvenkestävyyden kehittymiseen liittyy myös muutoksia elävien solukalvojen läpäisevyydessä (mm. van den Driessche 1969).

Männyn talveentuminen onnistuu todennäköisimmin, mikäli sen vuotuinen akklimoituminen sopii paikallisiin oloihin. Tällä ns. optimivöhykkeellä taimien kehitys on monessa suhteessa parhaimmillaan. Kun taimia siirretään optimivöhykkeeltä ns. rajavyöhykkeitä kohti, uusi kasvupaikka aiheuttaa taimille mm. lämpö- ja valaistusoloista johtuen lisävaatimuksia. Mikäli fysiologisten ilmiöiden esiintymistä kuvataan lämpösummalla, Linsserin periaate (Linsser 1867) ei enää päde, sillä tietyn fysiologisen tapahtuman esiintymiseen vaadittava lämpösummaosuus koko vuoden lämpösummasta muuttuu (Sarvas 1967 ja 1969).

Käytännön havainnot viittaavat siihen, että alttius männynversosyövälle on ainakin osittain periytyvistä ominaisuuksista riippuvaa. Tämä antanee mahdollisuuden erottaa tautialttiit alkuperät. Tutkimuksen tavoitteena oli kehittää menetelmä, jolla taimien männynversosyöpäalttius voitaisiin mitata. Oletettiin, että erot männynversosyöpäalttiudessa johtuvat eri alkuperien talveentumiserosta. Kehitettiin neulasten ominaisimpedanssin mittaamenetelmä, jonka avulla tutkittiin lähinnä eri taimialkuperien kasvun päättymistä ja talveentumista.

Tapani Repo on tehnyt Oulun yliopiston biofysiikan laitoksella opinnäytetyön (1983), jonka pohjalta nyt käsilläoleva kirjoitus on laadittu. Aloitteen opinnäytetyöhön on tehnyt Jukka Valtanen, joka on myös suunnitellut työn metsässä tehtävän osan ja määrittänyt tuhot. Martti Mela on ohjannut mittaamenetelmän kehittämisen ja metodisen osan. Tapani Repo on tehnyt varsinaisen kenttätöön, materiaalin käsittelyn ja käsikirjoituksen.

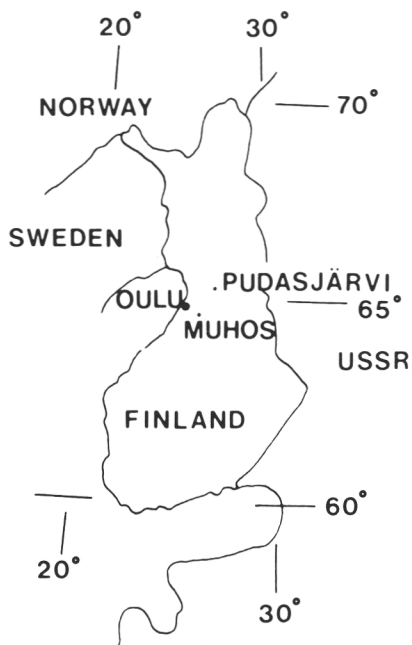
Nyt käsilläolevaan kirjoitukseen ovat perehtyneet professori Erkki Lähde ja MMT Paavo Pelkonen ja tehneet siihen huomautuksia. Englanninkieliset osat on tarkastanut M. Sc. John Derome. Tekijät esittävät kiitoksensa kirjoituksen valmistumiseen vaikuttaneille henkilöille.

2. AINEISTO JA MITTAUSMENETELMÄ

2.1. Koemateriaali

Impedanssimittauksissa käytetyt männyn (*Pinus sylvestris* L.) neulasat kerättiin eri alkuperää olevista taimista kolmelta koealalta, jotka sijaitsevat Muhoksella (koeala 1, 64°50' P; 26°25' I; 100 m mpy.), Pudasjärvellä (koeala 2, 65°34' P; 27°30' I; 240 m mpy.) ja Oulun yliopistoalueella (koeala 3, 65°03' P; 25°30' I; 13 m mpy.) (kuva 1).

Koeala 1 on Metsäntutkimuslaitoksen jalostusosaston vuonna 1966 perustama alkuperäkoee, ja koeala 2 on metsähallituksen vuonna 1976 perustama jälkeläiskoee. Näillä koealoilla on ruuduittain eri alkuperää olevia taimia. Kuhunkin ruutuun on istutettu 25 samaa alkuperää olevaa tainta, joista tutkimushetkellä elossa olevien osuudet ilmenevät taulukoista 1 ja 2. Koealalta 1 valittiin kymmenen eri alkuperää ja koealalta 2 kahdeksan eri alkuperää olevaa tainta, joista neulasnäytteet kerättiin mittauksia varten. Taimia valittaessa otettiin huomioon, että taimet olivat elinvoimaisia, vastasivat kooltaan ja asemaltaan likimain koeruudun keskiarvoa ja vuoden ikäisissä kasvaimissa on riittävästi neulasia pitkäikäisiin mittauksiin. Koealan 3 taimet olivat paikallista alkuperää.



Kuva 1. Koealojen sijainti.
Figure 1. Location of the test areas.

Koealan 1 elossa olevat taimet olivat tutkimusjakson aikana elinvoimaisia eikä vakavia tuhoja ollut havaittavissa. Taimikon kehityksen varhaisemmissa vaiheissa oli taimia kuollut alkuperästä riipuen eri määriä (taulukko 1). Koealan 2 taimikko oli tutkimushetkellä huonokuntoinen. Terveitä taimia oli vähän; eniten koeruudussa nro 1 (56 %). Taimissa esiintyi männynversosyöpää, lumikaristetta ja männynversoruostetta. Kaikissa tutkimukseen käytettyjen taimien koeruuduissa havaittiin männynversosyöpään sairastuneita taimia (taulukko 3).

Näytteet kerättiin koealalta 1 latvasta lukien neljännen oksakiehkuran eteläpuoleisen oksan päärankaan tutkimusjakson aikana muodostuneista neulasista (0-neulas) ja vuoden ikäisistä neulasista (1-neulas). Koealan 2 neulasnäytteet otettiin päärankan kahdesta viimeisimmästä kasvaimesta. Koealan 3 neulasat kerät-

Taulukko 1. Taimien alkuperä koealalla 1 ja koeruuduittain elävien taimien osuus (%) istutetuista tutkimusjakson aikana.

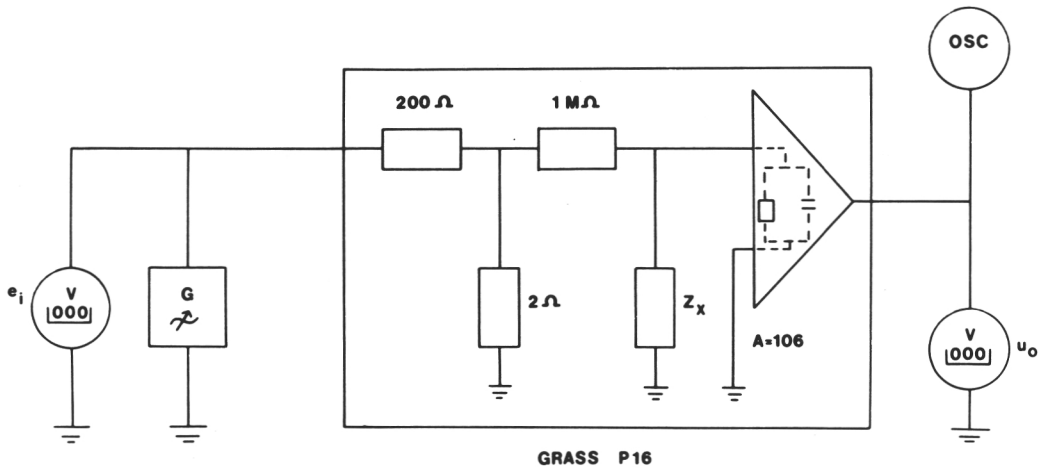
Table 1. The origin of seedlings in test area 1 and the proportion of living seedlings out of those planted.

koeruutu block no	P N	I E	mpy. altitude m	elossa survival rate %
1	69°05'	27°10'	150	56
2	66°52'	28°02'	185	96
3	65°25'	27°25'	110	96
4	64°09'	28°25'	120	72
5	63°04'	29°49'	130	96
6	62°55'	22°15'	55	72
7	62°01'	24°48'	110	80
8	61°50'	29°25'	81	12
9	60°13'	20°13'	20	16
10	60°02'	23°02'	30	36

Taulukko 2. Taimien alkuperä koealalla 2 ja koeruuduittain elävien taimien osuus istutetuista (%).

Table 2. The origin of seedlings in test area 2 and the proportion of living seedlings out of those planted.

koeruutu block no	P N	I E	mpy. altitude m	elossa survival rate %
1	69°40'	27°06'	155	88
2	69°31'	27°13'	210	56
3	69°05'	27°13'	210	56
4	67°09'	23°41'	240	76
5	65°26'	27°34'	165	40
6	64°07'	29°30'	175	28
7	63°24'	25°38'	121	12
8	63°04'	29°49'	130	4



Kuva 2. Neulasen impedanssin mittausperiaate.
Figure 2. The scheme in measuring needle impedance.

Taulukko 3. Sairaiden taimien osuus (%) alkuperittäin koealalla 2. Kuhunkin ruutuun on istutettu 25 tainta. a = terve, b = männynversosyöpä, c = lumikariste ja d = männynversoruoste.

Table 3. Proportion of infected seedlings according to origin in test area 2. 25 seedlings were planted in each block. a = healthy, b = *Gremmeniella abietina*, c = *Phacidium infestans* and d = *Melampsora pinitorqua*.

koeruutu block no	a %	b %	c %	d %	b + c %
1	56	4	8	8	12
2	16	4	12		24
3	12	8	16		20
4	44	12		8	12
5	20	8	4		8
6	4	4	4	12	4
7	4	4			4
8		4			

tiin neljännen oksakiehkuran oksien kahdesta viimeisimmästä kasvaimesta. Muhoksen koealan 1-neulasat kerättiin 29.6.—18.10.1982 ja 0-neulasat 19.7.—18.10.1982. Pudasjärven koealan 1-neulasat kerättiin 5.7.—12.10.1982 ja 0-neulasat 21.7.—12.10.1982. Koealan 3 neulasten ominaisimpedanssia mitattiin kesän, syksyn ja talven aikana. Näytteenotokerralla kerättiin 10—15 neulasta. Ne laitettiin koeputkiin, jotka suljettiin parafiinikelmulla. Näytteet kuljetettiin kylmälaukussa ($T \approx +12^\circ\text{C}$) Oulun yliopiston kylmähuoneeseen ($T = +5^\circ\text{C}$). Mittaukset tehtiin kahden vuorokauden kuluessa keräyshetkestä. Koealan 3 neulasten mittaus aloitettiin noin 15 minuutin kuluttua keräyshetkestä.

Uusien ja vuoden ikäisten neulasten ominaisimpedanssin vuorokausivaihtelua tutkittiin 30.7.—1.8.1982 välisenä aikana. Näytteet kerättiin koealalta 3 samoista vuosikasvaimista noin kolmen tunnin välein. Ilman lämpötila, kosteus ja valaistus mitattiin koepuiden läheisyydessä.

2.2. Menetelmä

Impedanssin eli vaihtovirtavastuksen mittaus toteutettiin kuvan 2 periaatteella. Mittauspiiriin mahdollisesti kytkeytyvien häiriöiden tarkkailemiseksi käytettiin oskilloskooppia. Vahvistimen tulossa oli elektrodien polarisoitumisesta aiheutuvan dc-off-set-jännitteen kompensointimahdollisuus (max ± 200 mV). Mitattu impedanssi normeerattiin mittauskohdan poikkipinta-alan ja elektrodien etäisyyden suhteen.

Kun neulasen poikkipinta-ala oletetaan puoliellipsin muotoiseksi, saadaan ominaisimpedanssi yhtälöstä

$$z = \frac{\pi \cdot ad \cdot 10^6 \Omega}{4l (1.05 \frac{e_i}{u_o} - 1)} \quad (1)$$

missä

a	= neulasen paksuus	[m]
d	= neulasen leveys	[m]
l	= elektrodien etäisyys	[m]
e_i	= generaattorin lähdejännite	[V]
u_o	= vahvistimen lähtöjännite	[V]

Yhtälöstä (1) saadaan mittausmenetelmästä johtuvalle ominaisimpedanssin suhteelliselle virheelle lauseke (2).

$$\left| \frac{\Delta z}{z} \right| = \left| \frac{\Delta a}{a} \right| + \left| \frac{\Delta d}{d} \right| + \left| \frac{\Delta l}{l} \right| + \left| \frac{\Delta e_i}{e_i - \frac{u_o}{1.05}} \right| + \left| \frac{\Delta u_o}{u_o (1 - \frac{u_o}{1.05 e_i})} \right| \quad (2)$$

Neulasen impedanssin mittauksessa käytettiin teräsneulaelektrodeja, joiden halkaisija oli 0.75 mm ja etäisyys toisistaan 9.5 mm. Impedanssi mitattiin pituus- ja leveysuunnassa likimain neulasen keskeltä. Neulasen leveys ja paksuus mitattiin mittamikroskoopilla. Kaikki mittaukset tehtiin laboratorioissa.

Koealojen taimet jaettiin alkuperäpaikan leveysasteen mukaan kahteen ryhmään. Koealan 1 viiden eteläisimmän alkuperän leveysaste-rajat olivat 60 — 63° ja viiden pohjoisimman 63 — 69° . Koealan 2 vastaavat tunnuksat olivat 63 — 65° ja 67 — 69° . Leveysasteiriippuvuuden tarkempaa selvittämistä varten koealojen 1 ja 2 ai-

neistoja käsiteltiin kokonaisuutena. Taimet jaettiin alkuperäpaikan leveysasteen perusteella viiteen ryhmään: 60–62°, 62–64°, 64–66°, 66–68° ja 68–70°. Tulosten käsittelyssä käytettiin PMDP:n yksi- ja kaksisuuntaisen varianssianalyysin ohjelmia.

Eri mäntyalkuperien talveutumiseroja tutkittiin määrittämällä koelan 1 uusien neulasten ominaisimpedanssin muutosnopeuden maksimijankohdat eli ns. käännepesteet. Näin saatiin selville käännepesteen ja taimen alkuperäpaikan leveysasteen välinen riippuvuus.

3. TULOKSET

Koelan 1 viiden eteläisimmän ja viiden pohjoisimman taimialkuperän 0- ja 1-neulasten ominaisimpedanssien keskiarvokäyrät poikkesivat toisistaan (kuva 3). Eteläisten alkuperien arvot olivat syksyllä noin 10 Ω m korkeampia kuin pohjoisten. Koelan 2 neljän eteläisimmän ja neljän pohjoisimman taimialkuperän vastaavissa käyrissä erot olivat pienemmät (kuva 4).

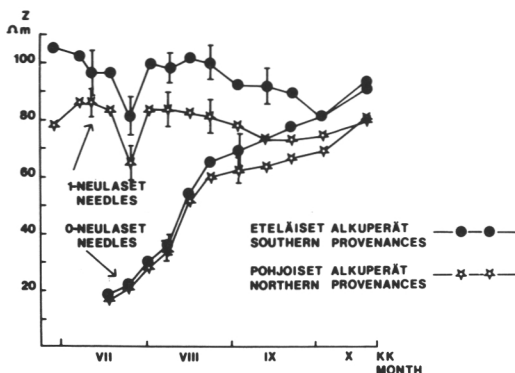
Koelan 1 uusien neulasten ominaisimpedanssi kohosi jyrkemmin kuin koelan 2. Heinäkuun lopussa esiintyi koelan 1 vuoden ikäisten neulasten arvoissa huomattava arvojen pieneneminen. Ilman lämpötilassa havaitaan vastaavalla kohdalla laskua. Syys- ja lokakuun vaihteessa 1-neulasten ominaisimpedanssi kääntyi nousuun.

Uusien ja vuoden ikäisten neulasten ominaisimpedanssit kohtasivat syys- ja lokakuun

aikana (kuva 3, 4 ja 9 A), jolloin neulasiin kehittyivät myös leveysaste-erot (kuva 5 A ja B). Leveysasteella oli erittäin merkitsevä vaikutus sekä 0- että 1-neulasten ominaisimpedanssiin ($p = 0.0019$ ja $p = 0.0000$). Samojen leveysasteryhmien välillä esiintyi eri kuu-kausina sekä 0- että 1-neulasten ominaisimpedanssissa erittäin merkitsevät erot ($p = 0.0000$).

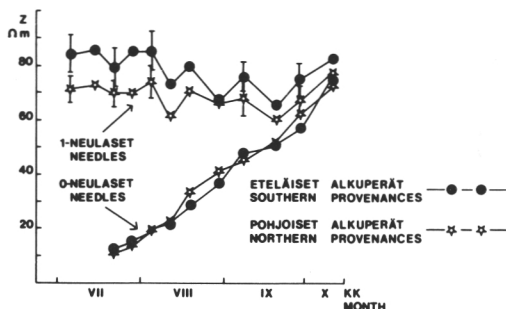
Vuoden ikäisten neulasten ominaisimpedanssi laski hieman syksyn lähestyessä (kuva 3, 4, ja 9 A), mikä johtunee lämpötilan alenemisesta (kuva 6, 7 ja 9 B). Uusien neulasten arvot kasvoivat vastaavana aikana.

Koelan 1 uusien neulasten ominaisimpedanssikäyrien derivaatan (dz/dt) maksimijankohdan (= PVM_{max}) ja taimen alkuperäpaikan leveysasteen välille saatiin regressio-suoran avulla selityskertoimen arvo $r^2 = 0.42$



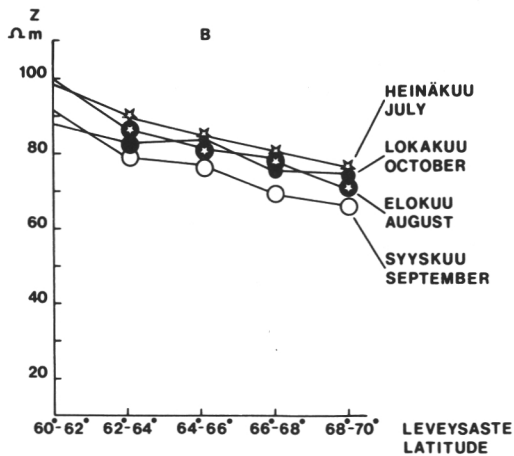
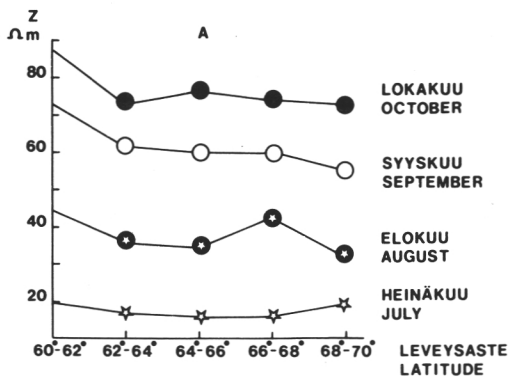
Kuva 3. Koelan 1 viiden eteläisimmän ja viiden pohjoisimman taimialkuperän uusien (0-neulaset) ja vuoden ikäisten neulasten (1-neulaset) ominaisimpedanssien keskiarvo ajan funktiona. Kukin piste on 75 mittauksen keskiarvo.

Figure 3. The mean specific needle impedance of five southeast and five northeast provenances as a function of time in test area 1. The curves are for current-year (0-needles) and one-year-old needles (1-needles). Each point is the mean of 75 measurements.



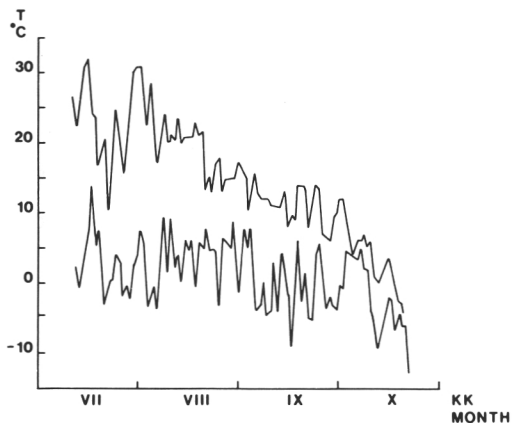
Kuva 4. Koelan 2 neljän eteläisimmän ja neljän pohjoisimman taimialkuperän ominaisimpedanssien keskiarvo ajan funktiona. Kukin piste on 60 mittauksen keskiarvo.

Figure 4. The mean specific needle impedance of four southeast and four northeast provenances as a function of time in test area 2. Each point is the mean of 60 measurements.



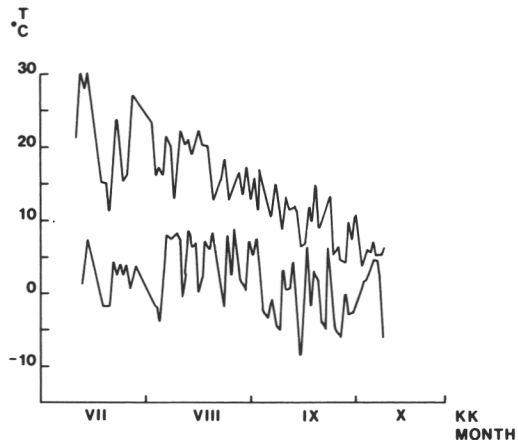
Kuva 5. Uusien (A) ja vuoden ikäisten (B) neulasten ominaisimpedanssi taimen alkuperäpaikan leveysasteen funktiona heinä—lokakuussa.

Figure 5. Specific impedance of current-year (A) and one-year-old (B) needles as a function of latitude of provenance.



Kuva 6. Koealan 1 ilman vuorokauden ylin ja alin lämpötila tutkimusjakson aikana.

Figure 6. The highest and lowest daily temperature in test area 1 during the course of the experiment.



Kuva 7. Koealan 2 ilman vuorokauden ylin ja alin lämpötila tutkimusjakson aikana.

Figure 7. The highest and lowest daily temperature in test area 2 during the course of the experiment.

(kuva 8). Maksimijankohdat olivat päivämäärien 7.8. ja 17.8. välillä. Koepisteiden vähäisyyden vuoksi funktion tarkka muoto jää epäselväksi.

Talvipakkasien aikaan, kun $T < -10\text{ }^{\circ}\text{C}$, ominaisimpedanssissa tapahtui jyrkkä lasku (kuva 9). Tällöin myös vaihtelukerroin ($= s/z$), joka normaalisti oli noin 0.1, oli korkea (≈ 0.8). Lämpötilan kohotessa ominaisimpedanssi jälleen kasvoi.

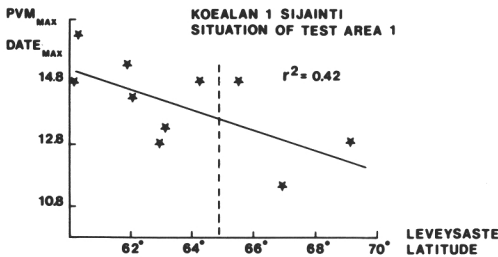
Vuoden ikäisten neulasten ominaisimpedanssissa esiintyi elokuun alussa vuorokausivaihtelua ($p = 0.017$) (kuva 10 A). Ominaisimpedanssin maksimi oli keskipäivän aikaan ($\approx 80\ \Omega\ \text{m}$) ja minimi keskiyöllä ($\approx 70\ \Omega\ \text{m}$). Sen sijaan 0-neulasissa ei havaittu merkittävää ($p = 0.87$) vuorokausivaihtelua tutkimusajankohtana. Ilman lämpötila, valaistus ja kosteus vaihtelivat vastaavana aikana (kuva 10 B).

Sijoittamalla seuraavat lähtöarvot yhtälöihin (1) ja (2)

a	= 720	μm	$\pm 40 \mu\text{m}$
d	= 1800	μm	$\pm 40 \mu\text{m}$
l	= 9.8	mm	$\pm 0.1 \text{ mm}$
e_i	= 400	mV	$\pm 1 \text{ mV}$
u_o	= 200	mV	$\pm 5 \text{ mV}$

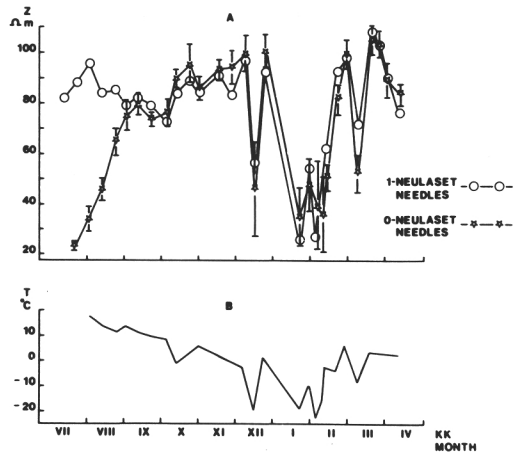
saadaan neulasen ominaisimpedanssiksi mitausmenetelmästä johtuvine virherajoineen:

$$z = 94.4 \Omega \text{ m} \pm 13.2 \Omega \text{ m}.$$



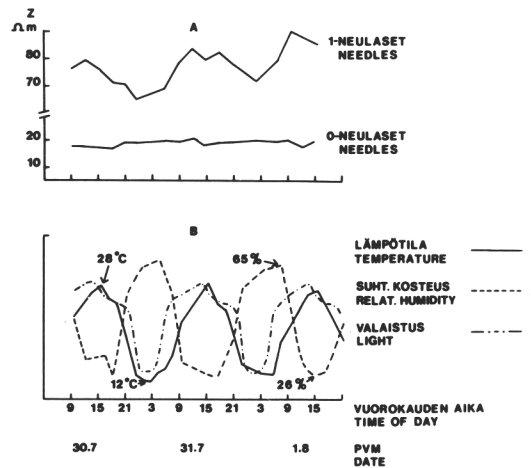
Kuva 8. Koelalan 1 eri alkuperien uusien neulasen ominaisimpedanssikäyrien derivaatan maksimijankohta (= PVM_{max}) taimen alkuperäpaikan leveysasteen funktiona.

Figure 8. The date of maximum derivative (= $DATE_{\text{max}}$) of the current year needles as a function of latitude. The points are for different provenances in test area 1.



Kuva 9. A. Neulasen ominaisimpedanssi ajan funktiona koelalla 3 heinä—huhtikuussa. B. Ilman lämpötilä näytteenottohetkellä.

Figure 9. A. Specific needle impedance as a function of time during the period July to April in test area 3. B. The ambient air temperature at the measuring instant.



Kuva 10. A. 1- ja 0-neulasen ominaisimpedanssin vuorokausivaihtelu.

B. Ilman lämpötilän, valaistuksen ja suhteellisen kosteuden vuorokausivaihtelu.

Figure 10. A. Within-day fluctuation in the specific impedance of 1- and 0-needles.

B. Within-day fluctuation in temperature, light and relative humidity.

4. TULOSTEN TARKASTELU

Sekä koealan 1 että 2 eteläistä alkuperää olevien taimien vuoden ikäisten neulasten ominaisimpedanssi oli kesän ja syksyn aikana keskimäärin korkeampi kuin pohjoisten alkuperien. Alkuperästä johtuvat erot olivat selvempiä koealalla 1 kuin koealalla 2. Tämä johtunee siitä, että koealan 2 taimet olivat suppeammalta leveysastealueelta kuin koealan 1 taimet. Koealan 1 taimet olivat iältään 10 vuotta koealan 2 taimia vanhempia. Koeala 2 sijaitsi 44' pohjoisempana ja 140 metriä korkeammalla kuin koeala 1.

Koeala 1 taimikon varhaisemmissa vaiheissa oli useita taimia kuollut. Eteläisiä alkuperiä oli tuhoutunut enemmän kuin pohjoisia. Jäljelle jääneet taimet, joista koepuut valittiin, olivat sopeutuneet paikalliseen ilmastoon. Mahdollisesti tämä selittää niiden neulasten ominaisimpedanssissa esiintyneet selvemmat alkuperästä johtuvat erot. Lisäksi koealan 2 taimikossa elinkykyisimmät taimet eivät olleet vielä erottuneet, vaan kriisivaihe oli käynnissä.

Uusien neulasten ominaisimpedanssiarvojen kohoaminen kuvanee kasvun aiheuttamia solukkorakenteen muutoksia. Solunseinät ja solumembraanit kehittyvät ja paksuuntuvat. Uusien neulasten kuivapaino kasvaa ja saavuttaa vuoden ikäisten neulasten tason (Lehtonen 1977). Myös neulasten ravinnepitoisuudessa tapahtuu kesän ja syksyn aikana muutoksia.

Vuoden ikäisten neulasten ominaisimpedanssi vaihteli kesän, syksyn ja talven aikana. Muutokset ovat mahdollisesti periodista vuodenaikaisvaihtelua, mitä on havaittu kilohertsin taajuudella eri havupuulajien veron impedanssissa (Glerum 1980).

Koealan 1 uusien neulasten ominaisimpedanssikäyrien derivaatan maksimijankohdan ja taimen alkuperäpaikan leveysasteen välille saatiin heikko korrelaatio. Tämä johtuu osaksi koepisteiden vähäisyydestä, osaksi siitä, että käytettiin lineaarista sovitusta. Tulos viittaa kuitenkin siihen, että käytetyssä aineistossa pohjoista alkuperää olevat taimet talveentuvat varhemmin kuin eteläiset. Mm. sitkankuusen (*Picea sitchensis*) pohjoisten al-

kuperien on havaittu talveentuvan varhemmin kuin eteläisten alkuperien (Cannel ja Sheppard 1982).

Talvipakkasien aikaan havaittu jyrkkä ominaisimpedanssin pieneneminen johtuu neulasten käsittelystä. Kun neulaset tuotiin ulkoa huoneen lämpötilaan, tapahtui neulasten lämpötilassa jyrkkä muutos ($> 30\text{ }^{\circ}\text{C}$). On todennäköistä, että ripeän sulamisen vaikutuksesta soluja rikkooontui ja tämän seurauksena ominaisimpedanssi laski.

Vuoden ikäisten neulasten ominaisimpedanssissa esiintyi elokuun alussa vuorokausivaihtelua, jota uusissa neulasissa ei havaittu. Vuorokausivaihtelun esiintyminen vaikuttaa mahdollisesti neulasten kylmältä suojautumiseen. Kokeessa ei selvitetty, missä vaiheessa vuorokausivaihtelua alkaa esiintyä.

Myös männyn neulasen vesipotentiaalissa on havaittu vuorokaudenaikaista vaihtelua. Heinäkuussa vesipotentiaalilin itseisarvo vaihtelee keskimäärin välillä (0.2—0.9) MPa. Sen maksimi on keskipäivän aikaan ja minimi keskiyöllä (Hillerdal-Hagströmer et. al. 1982). Näin ollen ominaisimpedanssin maksimi osuu likimain vesipotentiaalilin maksimijankokohtaan ja ominaisimpedanssin minimi vesipotentiaalilin minimijankokohtaan. Myös Unger (1980) on havainnut, että vesipotentiaalilin itseisarvon laskiessa impedanssi pienenee.

Impedanssimittausta on käytetty solukkorakenteen ominaisuuksien ja erityisesti kasvien kylmänkestävyystutkimuksissa runsaasti (mm. Rotschild 1946, van den Driessche 1973, Unger 1980, Glerum 1980, Pelkonen 1984). Yleensä pinta-alan vaikutusta ei impedanssin arvossa ole suoranaisesti otettu huomioon, koska solukon sähköominaisuuksien kannalta efektiivisen pinta-alan määritys on hankalaa. Solukkomuutosten kuvaajana on usein käytetty impedanssien suhdetta eri taajuuksilla (mm. Luyet 1932, Greenham ja Daday 1957, Glerum 1970, van den Driessche 1973 ja Pelkonen 1984).

Tulokset osoittavat, että neulasen ominaisimpedanssin mittauksella voidaan seurata taimien talveentumista. Kun taimien pakkankestävyyden testaus suoritetaan in vitro,

voidaan pakkasen taimille aiheuttamien solukkovaurioiden osuus arvioida ominaisimpedanssin muutoksen avulla (Repo & Pelkonen, julkaisematon). Mikäli männynverso-
syövän kehitykseen vaikuttavien tekijöiden

optimointi onnistuisi laboratorio-oloissa, paranisivat mahdollisuudet selvittää puutteellisen talveentumisen ja mahdollisesti vuosisyklin muissa vaiheissa syntyvien pakkasvaurioiden yhteyttä infektiotalttiuteen.

KIRJALLISUUS

- Björkmann, E. 1978. Die Prüfung forstlicher Baumarten auf Resistenz gegen parasitare Pilze. Eur. J. For. Path. 8: 229—237.
- Cannel, M. G. R. & Sheppard, L. J. 1982. Seasonal changes in the frost hardness of *Picea sitchensis* in Scotland. Forestry 55(2).
- Dietrichson, J. 1968. Provenance and resistance to *Scleroderris lagerbergii* Gremmen. Medd. Norske Skogforsöksv. 25: 398—410.
- van den Driessche, R. 1969. Measurement of frost hardness in two year old Douglas fir seedlings. Can. J. Plant. Sci. 49: 159—172.
- 1973. Prediction of frost hardness in Douglas-fir seedlings by measuring electrical impedance in stems at different frequencies. Can. J. For. Res. 3: 256—264.
- Glerum, C. 1980. Electrical impedance techniques in physiological studies. New Zeal. J. For. S. 10(1): 196—207.
- & Krenciglowa, E. M. 1970. The dependence of electrical impedance of woody stems on various frequencies and tissues. Can. J. Bot. 48: 2187—92.
- Greenham, C. G. & Daday, H. 1957. Electrical determination of cold hardness in *Trifolium repens* L. and *Medicago sativa* L. Nature (London) 180: 541—3.
- Havas, P. 1978. Kasvien talvi. Acta Lapp. Fenn. 10.
- 1981. Metsäpuiden talvehtimisen ekofysiologiaa. 13 th Int. Bot. Congr. Sydney. 21.8—28.8.1981.
- Hillerdal-Hagströmer, K. ym. 1982. Field studies of water relations and photosynthesis in Scots pine. II. Influence of irrigation and fertilization on needle water potential of young pine trees. Physiol. Plant. 54: 295—301.
- Kurkela, T. 1967. Keväällä havaitusta männyn taimitarhataudista ja *Scleroderris lagerbergii*sta. Metsät. aikak. 12. 84: 391—392.
- 1981. Versosyöpä (Gremmeniella abietina) riukuasteen männikössä. Folia For. 485.
- & Norokorpi, Y. 1979. Pathogenicity of *Scleroderris lagerbergii*, *Lachnellula pini* and *L. flavovirens* and their cankers on Scots pine. Commun. Inst. For. Fenn. 97.1.
- Lang, K. J. & Schütt, P. 1976. Anatomische Untersuchungen zur Infektionsbiologie von *Scleroderris lagerbergii* Gr. Eur. J. For. Path. 4(2): 103—109.
- Lehtonen, I. 1977. Ravinteiden kierto eräässä männikössä. 3. Maaperän kasvillisuuden ja sadeveden ravinnepitoisuuksien vaihtelu. Silva Fenn. 11(3): 184—194.
- Linsser, C. 1867. Die periodischen Erscheinungen des Pflanzenlebens in ihrem Verhältniss zu den Wärmeerscheinungen. Mem. Akad. Imp. d. Sci. de S. Petersbourg VII, ser XI, No 7.
- Luyet, B. J. 1932. Variation of the electric resistance of plant tissues for alternating currents of different frequencies during death. J. Gen. Physiol. 15: 283—287.
- Norokorpi, Y. 1971. Männynviljelytaimistojen tuhot Pohjois-Suomessa. Metsä ja Puu (4): 23—26.
- Pelkonen, P. 1984. Temperature response of electrical impedance in poplar cuttings: a preliminary concept. Folia For. 604.
- Roll-Hansen, F. 1964. *Scleroderris lagerbergii* Gremmen and girdling of *Pinus sylvestris* L. Medd. Nor. Skogsf. 19: 153—175.
- Rotschild, L. 1946. The theory of alternating current measurements in biology and its application to the investigation of the biophysical properties of the trout egg. J. Exp. Biol. 23: 877—899.
- Sarvas, R. 1967. The annual period of development of forest trees. Proc. Finn. Acad. Sci. Lett. 1965: 211—231.
- 1969. Genetical adaptation of forest trees to the heat factor of the climate. 2nd world consultation of forest tree breeding. Washington. FAO/IUFRO, FO-FTB-69-2/15: 1—11.
- Scholz, F. & Stephan, B. R. 1974. Physiologische Untersuchungen über die unterschiedliche Resistenz von *Pinus sylvestris* gegen *Lophodermium pinastri*. Eur. J. For. Path. 5: 118—126.
- Siepmann, R. 1975. *Scleroderris lagerbergii* Gremmen als Schwächeparasit in gesunden Schwarzkiefernbeständen. Eur. J. For. Path. 5: 137—142.
- 1976. Ein Beitrag zur Infektionsbiologie des durch *Scleroderris lagerbergii* verursachten Schwarzkieferntriebsterbens. Eur. J. For. Path. 6: 103—109.
- 1978. Anfälligkeit verschiedener Schwarzkiefernherkünfte bei *Scleroderris Lagerbergii*-Befall. Eur. J. For. Path. 8: 280—284.
- Skilling, D. D. 1972. Epidemiology of *Scleroderris lagerbergii*. Eur. J. For. Path. 2: 16—21.
- Stephan, B. R. & Scholz, F. 1979. Weitere Untersuchungen zur unterschiedlichen Anfälligkeit von *Pinus nigra* — Klonen gegenüber *Scleroderris lagerbergii*. Eur. J. For. Path. 9: 46—51.
- Teich, A. H. 1968. Foliar moisture content as a criterion for resistance to frost and *Scleroderris* in Jack pine. Bi-m. Res. Notes. 24: 66.
- Unger, H. 1980. Die Bestimmung des Wasserzustandes der Pflanze mit Hilfe des elektrischen Stromes. Proc. IUFRO-meeting. Freiburg. June 23—30: 169—179.
- Uotila, A. 1984. Versosyöväällä pitkät perinteet. Metsä ja Puu (2): 16—17.
- Valtanen, J. 1970. Versosyöpä Lapin taimistojen kimpussa. Metsä ja Puu (4): 7—10.

Total of 34 references

SUMMARY

Separation of susceptible and resistant provenances of Scots pine to *Gremmeniella abietina* by specific needle impedance

The aim of this study was to find differences in factors affecting the susceptibility of different Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) provenances to *Gremmeniella abietina* (Lagerb.) infection. The specific impedance of the needles of different provenances was measured at a frequency of one kilohertz. The measurement period lasted from July to October and the measurements were performed in two experimental areas (Muhos, latitude 64°, and Pudasjärvi, 65°) situated in northern Finland. The specific impedance of needles of local origin was measured in the vicinity of the city of Oulu.

Appreciable changes were found in the values for current-year and one-year-old needles during summer and autumn. In the autumn the specific impedance of the current-year and one-year-old needles in the same seedlings was about the same. At that time, the specific

impedance increased with decreasing temperature. The time derivative of the specific impedance of needles in the northern provenances reached a maximum at an earlier date than the southern ones in the Muhos test area. This indicates that the hardening differences depend on provenance.

The origin of the seedlings had an effect on the specific impedance especially in the Muhos test area. The mean specific impedance of the northern provenances was lower ($z \approx 80 \Omega \text{ m}$). The latitude limits of the northern provenances were 63–69° and the altitude of the sites from which the provenances originated between 110–180 m above sea level. The corresponding data for the southern provenances were between 60–63°, and 20–110 m. The specific impedance followed changes in the rhythm of day and night.

ODC 232.237.2+444+416.1+164.5--015
ISBN 951-40-0684-4
ISSN 0015-5543

REPO, T., MELA, M. & VALTANEN, J. 1984. Männynversosyöväille alttiiden ja vastustuskykyisten taimiakuperien erottaminen neulasten ominaisimpedanssin mittauksella. Summary: Separation of susceptible and resistant provenances of Scots pine to *Gremmaniella abietina* by specific needle impedance. *Folia For.* 610: 1-11.

The specific impedance of the needles of different provenances was measured from July to October in three test areas. Appreciable changes were found in the values of current-year and one-year-old needles during summer and autumn. It was not possible to separate susceptible saplings and provenances according to the results of this study.

Authors' addresses: *Repo*: The Finnish Forest Research Institute, Suonenjoki Research Station, SF-77600 Suonenjoki, Finland. *Mela*: University of Oulu, Department of Biophysics, 90570 Oulu 57, Finland. *Valtanen*: The Finnish Forest Research Institute, Muhos Research Station, SF-91500 Muhos, Finland.

ODC 232.237.2+444+416.1+164.5--015
ISBN 951-40-0684-4
ISSN 0015-5543

REPO, T., MELA, M. & VALTANEN, J. 1984. Männynversosyöväille alttiiden ja vastustuskykyisten taimiakuperien erottaminen neulasten ominaisimpedanssin mittauksella. Summary: Separation of susceptible and resistant provenances of Scots pine to *Gremmaniella abietina* by specific needle impedance. *Folia For.* 610: 1-11.

The specific impedance of the needles of different provenances was measured from July to October in three test areas. Appreciable changes were found in the values of current-year and one-year-old needles during summer and autumn. It was not possible to separate susceptible saplings and provenances according to the results of this study.

Authors' addresses: *Repo*: The Finnish Forest Research Institute, Suonenjoki Research Station, SF-77600 Suonenjoki, Finland. *Mela*: University of Oulu, Department of Biophysics, 90570 Oulu 57, Finland. *Valtanen*: The Finnish Forest Research Institute, Muhos Research Station, SF-91500 Muhos, Finland.

Tilaa kortin kääntöpuolelle merkitsemäni julkaisut (julkaisun numero mainittava).

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

Nimi
Name _____

Osoite
Address _____

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



Folia Forestalia _____

Communicaciones Instituti Forestalis Fenniae _____

Huomautuksia

Remarks _____

METSÄNTUTKIMUSLAITOS
THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE

Tutkimusosastot — *Research Departments*

Maantutkimusosasto
Department of Soil Science

Suontutkimusosasto
Department of Peatland Forestry

Metsänhoidon tutkimusosasto
Department of Silviculture

Metsänjalostuksen tutkimusosasto
Department of Forest Genetics

Metsänsuojelun tutkimusosasto
Department of Forest Protection

Metsäteknologian tutkimusosasto
Department of Forest Technology

Metsänarvioimisen tutkimusosasto
Department of Forest Inventory and Yield

Metsäekonomian tutkimusosasto
Department of Forest Economics

Matemaattinen osasto
Department of Mathematics

Metsäntutkimusasemat — *Research Stations*

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

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

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

Punkaharjun jalostuskoasema
Punkaharju Tree Breeding Station
Os. — *Address:* 58450 Punkaharju, Finland
Puh. — *Phone:* (957) 314 241

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

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

Rovaniemen tutkimusasema
Rovaniemi Research Station
Os. — *Address:* Eteläranta 55
96300 Rovaniemi 30, Finland
Puh. — *Phone:* (960) 15 721

Joensuun tutkimusasema
Joensuu Research Station
Os. — *Address:* PL 68
80101 Joensuu 10, Finland
Puh. — *Phone:* (973) 28 331

Kannuksen tutkimusasema
Kannus Research Station
Os. — *Address:* Valtakatu 18
69100 Kannus, Finland
Puh. — *Phone:* (968) 71 161

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

- No 588 Tiihonen, Paavo: Kasvun vaihtelu Pohjois-Karjalan ja Pohjois-Savon piirimetsälautakunnissa valtakunnan metsien 7. investoinnin perusteella.
Growth variation in the Forestry Board Districts of Pohjois-Karjala and Pohjois-Savo according to the 7th National Forest Inventory.
- No 589 Paaivilainen, Eero: Typpi ja hivenravinteet ojitettujen rämeiden jatkolannoituksessa.
Nitrogen and micronutrients in the refertilization of drained pine swamps.
- No 590 Metsätilastollinen vuosikirja 1983.
Yearbook of Forest Statistics, 1983.
- No 591 Elovirta, Pertti & Ihalainen, Ritva: Metsä- ja maatalousammattit nuorten ammattisuunnitelmissa.
Young people's professional plans in forestry and agriculture.
- No 592 Lilja, Arja: Ilmaleivintäisen sinistymisen aiheuttajista ja eräiden fungisidien tehosta niiden torjunnassa.
Fungi causing air-borne sap stain in wood and efficiency of some fungicides against them.
- No 593 Parviainen, Jari: Männyn taimilajien menestyminen eri tavoin muokatuilla uudistamisaloilla.
The success of different types of pine nursery stock on regeneration sites prepared in different ways.
- No 594 Mäki, Elina: Markkinapuun alueittaiset hankintamäärät ja kulkuvirrat vuonna 1982.
Removals and flows of commercial roundwood in Finland in 1982 by districts.
- No 595 Metsäntutkimuslaitoksen julkaisut 1983.
Abstracts of publications of the Finnish Forest Research Institute, 1983.
- No 596 Vuokila, Yrjö, Laasasenaho, Jouko & Ihalainen, Antti: Luonnonmetsien puiden runkokäyrämallien tarkkuus viljelykuusikoissa.
The accuracy of stem taper curve functions for natural trees in spruce plantations.
- No 597 Gustavsen, Hans Gustav & Mielikäinen, Kari: Luontaisesti syntyneiden koivikoiden kasvupaikaluokittelu valtapituuden avulla.
Site index curves natural birch stands in Finland.
- No 598 Salo, Kauko: Joensuun ja Seinäjoen asukkaiden luonnonmarjojen ja sienten poiminta v. 1982.
The picking of wild berries and mushrooms by the inhabitants of Joensuu and Seinäjoki in 1982.
- No 599 Uusvaara, Olli: Hakepuun kosteuden alentaminen ennen haketusta korjuuseen ja varastointiin liittyvien toimenpitein.
Decreasing the moisture content of chip wood before chipping; harvesting and storage measures.
- No 600 Rubki uhoda. Rezultaty finsko-sovjetskogo sovmetstnogo nautsnogo issledovanija.
Harvennuspuun korjuu. Tuloksia suomalais-neuvostoliittolaisesta yhteistutkimuksesta.
Thinning operations. Results from a Finnish-Soviet joint research study.
- No 601 Veijalainen, Heikki, Reinikainen, Antti & Kolari, Kimmo K.: Metsäpuiden ravinneperäinen kasvuhäiriö Suomessa. Kasvuhäiriöprojektin väliraportti.
Nutritional growth disturbances of forest trees in Finland. Interim report.
- No 602 Saarsalmi, Anna: Vesipajun biomassan tuotos sekä ravinteiden ja veden käyttö.
Biomass production and nutrient and water consumption in *Salix 'Aquatika Gigantea'* plantation.
- No 603 Palmgren, Kristina: Muokkauksen ja kalkituksen aiheuttamia mikrobiologisia muutoksia metsämaassa.
Microbiological changes in forest soil following soil preparation and liming.
- No 604 Pelkonen, Paavo: Temperature response of electrical impedance in poplar cuttings: A preliminary concept.
Poppelipistokkaiden impedanssin riippuvuus lämpötilasta: Alustava malli.
- No 605 Huttunen, Terho: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase 1982—84.
Wood consumption, total drain and forest balance in Finland, 1982—84.
- No 606 Arbetsorganisation i skogsbruket. Slutrapport för ett projekt vid Nordiska Skogsarbetsstudiernas Råd under perioden 1981—1983.
The organization of work in forestry.
Metsätalouden työorganisaatio.
- No 607 Jokinen, Katriina: Männyn tyvitervastaudin leviäminen ja torjunta harmaorvakalla (*Phlebiopsis gigantea*) männyn taimikoiden harvennuksessa.
The spread of *Heterobasidion annosum* and its control using *Phlebiopsis gigantea* during thinnings in the young stands of Scots pine.
- No 608 Savonen, Eira-Maija: Paakun taimimäärän vaikutus männyntaimien kehitykseen.
Effects of seedling density on the development of containerised Scots pine seedlings.
- No 609 Lehto, Tarja: Kalkituksen vaikutus männyn mykoritsoihin.
The effects of liming on the mycorrhizae of Scots pine.
- No 610 Repo, Tapani, Mela, Martti & Valtanen, Jukka: Männynversosyövälle alttiiden ja vastustuskykyisten taimi-alkuperien erottaminen neulasten ominaisimpedanssin mittauksella.
Separation of susceptible and resistant provenances of Scots pine to *Gremmeniella abietina* by specific needle impedance.

Metsäntutkimuslaitoksen julkaisusarjoja, Communicationes Institutii Forestalis Fenniae ja Folia Forestalia, koskevat yksittäiskappaletilaukset ja vaihtotarjoukset osoitetaan laitoksen kirjastolle. Tiedonantomonteista koskevat pyynnöt osoitetaan ao. tutkimusosastolle tai -asemalle.

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

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

ISBN 951-40-0684-4
ISSN 0015-5543