

ACTA FORESTALIA FENNICA

Vol. 88, 1968

Taimien talvivarastoinnista ja sen vaikutuksesta
männyn taimien istutuskelpoisuuteen
Overwinter Cold-Storage and its Effect on the Field
Survival and Growth of Planted Scots Pine

Paavo Yli-Vakkuri, Pentti Räsänen ja Asko Hilli



SUOMEN METSÄTIETEELLINEN SEURA

Suomen Metsätieteellisen Seuran julkaisusarjat

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

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

Tilaukset ja julkaisuja koskevat tiedustelut osoitetaan Seuran kirjastolle, Unioninkatu 30 B, Helsinki 17.

Publications of the Society of Forestry in Finland

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

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

Orders for back issues of the publications of the Society, subscriptions and exchange inquiries can be addressed to the Library: Unioninkatu 40 B, Helsinki 17, Finland.

TAIMIEN TALVIVARASTOINNISTA JA SEN VAIKUTUKSESTA MÄNNYN TAIMIEN ISTUTUSKELPOISUUTEEN

*OVERWINTER COLD-STORAGE AND ITS EFFECT ON THE FIELD
SURVIVAL AND GROWTH OF PLANTED SCOTS PINE*

PAAVO YLI-VAKKURI, PENTTI RÄSÄNEN JA ASKO HILLI

HELSINKI 1968

ALKUSANAT

Tämä tutkimus on suoritettu Helsingin yliopiston metsänhoitotieteen laitoksessa pääasiallisesti niiden apurahojen turvin, joita Suomen Luonnonvarain Tutkimussäätiö on myöntänyt metsänviljelytutkimuksia varten allekirjoittaneiden YLI-VAKKURIN ja RÄSÄSEN muodostamalle työryhmälle. Tutkimuksessa on tarvittu useita avustajia. Koejärjestelyn ja laskentatöiden tilastomatematisessa suunnittelussa on asiantuntija-apua saatu Tampereen yliopistossa toimivalta maisteri PENTTI KANERVALTA ja jälkimmäisessä työssä myös IBM:n palveluksessa olevalta tohtori JUKKA KOSKIMIEHELTÄ. Keskeiset tietokoneohjelmat varianssi- ja kovarianssianalyysien laskemista varten on laadittu IBM:n koulutusosaston toimesta.

Nykyinen metsänhoitaja AARNO KOUKKULA on vuonna 1965 avustanut kenttätöissä. Keskusmetsäseura Tapion Oulussa sijaitseva Ala-Kärpän taimitarha on luovuttanut maksutta käyttöömme kylmähuoneessa talven yli varastoituja taimia. Mainitun taimitarhan hoitajat, metsäteknikko FRANS HYYTIÄINEN ja hänen seuraajansa, metsäteknikko TAITO KORPIVAARA ovat monin tavoin avustaneet sekä varastoimis- että kokeen perustamistöiden järjestelyissä. Kaikesta saamastamme avusta pyydämme sydämellisesti kiittä.

Tästä julkaisusta on YLI-VAKKURI laatinut yksin johdannon ja varastoimisen onnistumiseen vaikuttavien tekijöiden tarkastelua koskevan osan, muut osat on pantu lopullisesti kokoon yhteistyönä. RÄSÄNEN on huolehtinut lisäksi kenttä- ja osittain myös laskentatyöstä. HILLI on vuonna 1966 avustanut kenttätöissä sekä suurimmaksi osaksi hoitanut aineiston tietokonekäsittelyn ja laatinut sen perusteella alustavan esityksen koetulosten tilastolliseksi tulkinnaksi.

Helsingissä, marraskuun 17. päivänä 1967

Paavo Yli-Vakkuri

Pentti Räsänen

Asko Hilli

SISÄLLYSLUETTELO

	Sivu
Alkusanat	3
1. Johdanto	5
2. Tutkimusmenetelmä ja aineisto	6
21. Taimien kasvatus ja varastointi	6
22. Koeistutukset	8
23. Kokeiden tarkastukset	10
24. Koetulosten laskenta	11
3. Talven yli varastoitujen taimien kehitys	11
31. Kuolleisuus	11
32. Koetaimien pituuskasvu	15
33. Neulaset	19
34. Uudet silmut	21
35. Kuntoluokat	22
4. Käytettyjen tunnusten merkitys taimien kehityskelpoisuuden mittaamisessa	23
41. Mitatut tunnukset taimien kehityksen kuvaajina	23
42. Kuntoluokituksen käyttömahdollisuudet	25
43. Kasvupaikkojen vaikutus	27
5. Varastoinnin onnistumiseen vaikuttavat tekijät	29
51. Taimien kehitysvaihe	29
52. Varaston lämpötila	29
53. Taimien kuivumisen ehkäiseminen	30
54. Homeiden ja sienitautien torjunta	32
55. Varastoitujen taimien istutuskelpoisuuden toteaminen	32
6. Yhdistelmä	33
Kirjallisuusluettelo	36
Summary	38

1 JOHDANTO

Vuonna 1966 vietiin taimitarhoilta istutuspaikoille yli 140 miljoonaa tainta. Lähivuosina tämä määrä nousee vielä tuntuvasti. Tavanomaisesti menetellen näin suurien taimimäärien toimittaminen aiheuttaa etenkin keväällä taimitarhoille vaikeasti hallittavia työhuippuja. Myös metsänviljely ruuhkautuu, koska taimia ei keväällä yleensä saada nostetuksi sellaisessa tilassa, että ne sietäisivät kovin pitkäaikaista varastointia. Näin muodostunutta ongelmaa on pyritty ratkaisemaan monin eri keinoin. Nostamalla taimet syksyllä kasvukauden päätyttyä ja varastoimalla ne talven ajaksi on mm. yritetty väistää edellä mainittuja vaikeuksia. Talvivarastoinnin kehittyessä on sellaisista menetelmistä, joissa taimet valeistutetaan maastoon tai haudataan lumihankeen (vrt. JACOBSSON 1955, AHOLA 1955), ainakin havupuiden osalta luovuttu niiden epävarmuuden vuoksi (vrt. BJÖRKMAN 1956). Tilalle on tullut säilytys tarkoitusta varten rakennetuissa kylmähuoneissa.

Ensimmäiset tätä menetelmää koskevat kokeet tehtiin Yhdysvalloissa jo 1930-luvulla (vrt. HOPKINS 1938, RUTH 1953), mutta vasta seuraavan vuosikymmenen lopulla, jolloin alhaisessa lämpötilassa varastoinnin tekniset edellytykset olivat parantuneet, alettiin menetelmään kiinnittää yhä lisääntyvää huomiota. Samalla virisi vilkas tutkimustoiminta selvittämään niitä olosuhteita, joissa taimien pitkäaikainen varastointi on mahdollista. DEFFENBACHER ja WRIGHT (1954) osoittivat, että pitämällä lämpötila alhaisena (0,5 . . . 1,5°C), ilman suhteellinen kosteus korkeana ja suojaamalla juuret kostealla turpeella voitiin havupuun taimia säilyttää menestyksellisesti aina kuusikin kuukautta. Samankaltaisia tuloksia saatiin muuallakin (SANDVIK 1959). Lisäksi osoitettiin, että taimet voidaan tietyin edellytyksin pitkäaikaistakin säilytystä varten sulkea muovipusseihin (DUFFIELD ja EIDE 1959, LANQUIST ja DOLL 1960). Alusta alkaen jouduttiin luonnollisesti kiinnittämään huomiota home- ja sienitautien torjuntaan (vrt. BJÖRKMAN 1956).

Näin kehitettyä menetelmää on sitten jatkuvasti varmistettu uusien tutkimuksien. Erityisesti on syytä mainita ALDHOUSIN (1964), SANDVIKIN (1964, 1965a) ja STEFANSSONIN (1965, 1966) laajat työt, joiden perusteella on pystytty antamaan yksityiskohtaisia varastoimisohjeita. Samalla kun menetelmän perusteet ovat näin vahvistuneet, taimien pitkäaikainen varastointi on saanut käyttöä etenkin Yhdysvalloissa, Kanadassa, Englannissa, Norjassa ja Ruotsissa. Parhaillaan se on tulemassa käytännön menetelmäksi myös Suomessa.

Tästä syystä menetelmää koskevien tutkimusten aloittaminen tuntui tarpeelliselta. Ilman erityistä selvittelyä uuden, ahdasrajaisen varastointimenetelmän käytäntöön soveltaminen olisi ehkä uskallettua, sillä ennestään tiedetään, että taimet ovat vaurioille hyvin alttiita silloin, kun ne ovat irti maasta ja että vahingoittumista todella on myös tapahtunut aikaisempia varastoimis-, pakkaus- ja kuljetusmenetelmiä käytettäessä (vrt. YLI-VAKKURI 1957a).

Tutkimuksen päätarkoituksena on ollut kenttäkokeiden avulla selvittää yli talven varastoitujen taimien käyttökelpoisuutta. Lisäksi on pyritty selvittämään niitä tunnuksia, joiden avulla taimien menestymistä voidaan parhaiten kuvata. Varastointia koskevin havainnoin on lisäksi haluttu täydentää tietoja siitä, missä olosuhteissa taimien pitkäaikainen säilyttäminen on mahdollista. Kokeissa ovat tarkastelun kohteena männyn taimet, koska juuri niiden nosto ja istutus tavanomaisia menetelmiä noudattaen sijoittuu lyhyeen kevätkauteen.

Tämän tutkimuksen alustavia tuloksia on jo aikaisemmin esitetty useissa metsänhoitajien ja -tekniikoiden jatkokoulutustilaisuuksissa (vrt. YLI-VAKKURI 1966).

2 TUTKIMUSMENETELMÄ JA AINEISTO

21 TAIMIEN KASVATUS JA VARASTOINTI

Suomen Luonnonvarain Tutkimussäätiön myöntämä apuraha keväällä 1965 loi taloudelliset edellytykset tutkimuksen suorittamiselle. Mahdollisuus työn aloittamiseen tarjoutui heti, sillä talven yli varastoituja taimia oli saatavissa Keskusmetsäseura Tapion Oulussa sijaitsevalta Ala-Kärpän taimitarhalta. Taimista, niiden kasvatuksesta, käsittelystä ja varastoinnista on taimitarhan silloiselta hoitajalta, metsäteknikko Frans HYYTIÄISELTÄ saatu seuraavat tiedot:

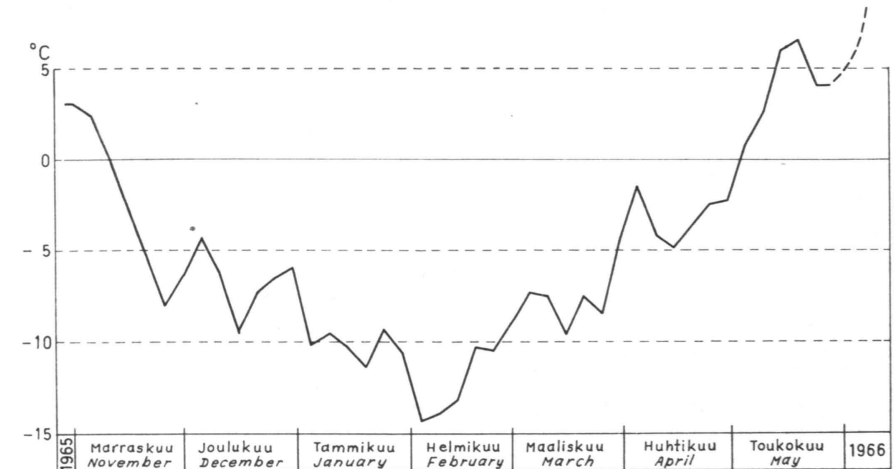
Taimet olivat 2 + 1-vuotiaita ja normaalein menetelmin avomaalla kasvatettuja. Siemen oli peräisin Pohjois-Karjalasta. Kylvössä, joka tapahtui kesäkuun alussa 1962, käytettiin siementä 16 g neliometrille. Taimet koulittiin 4,5x10 cm:n välein elokuun puolivälissä 1963. Koulitusalueella oli käytetty maanparannusainena suomutaa 100 m³/ha. Kylvö- ja koulitusaloille annettiin vuosittain 800 kg Y-lannosta (5—10—4½), 150—200 kg superfosfaattia ja 100—200 kg Oulun salpietaria.

Taimet nostettiin syyskuun viimeisellä viikolla ja siirrettiin laatikoissa varastoon jäädytettäväksi. Laatikoiden pohjalla oli ohut, kostea turvekerros. Joulukuun alussa taimet pantiin laatikoista bitumivahvisteisiin voimapaperisäkkeihin, ja säkit suljettiin tiiviisti. Kuhunkin säkkiin tuli 500 tainta. Säkit varastoitiin pystyasentoon.

Ennen taimien säkkiin panoa kastettiin varaston lattia kerran, jotta suhteellinen kosteus säilyisi korkeana. Myöhemmin ei kastelua enää toistettu, koska lattia pysyi jatkuvasti märkänä. Lämpötilan muutoksia seurattiin tavallisella elohopeamittarilla. Muistiinpanoja ei tehty, mutta taimitarhan hoitaja ilmoitti lämpötilan pysyneen varastoimisajana 4...—6 C välillä ja olleen pääosan ajasta jäätympisteeseen alapuolella.

Osa taimista oli keväällä jo ennen kokeiden alkua toimitettu myyntiin. Koeerää arvottaessa taimia oli jäljellä noin 20 sakkia. Tästä otettiin arpomalla kolme 500 taimen sakkia. Kylmästä varastosta taimisäkit siirrettiin kahdeksi vuorokaudeksi kellariin, jossa lämpötila oli 5°C seutuvilla. Taimet toimitettiin varastointisäkeissä istutuspaikoille. Kontrollitaimet olivat samaa taimierää, talvehtineet taimitarhassa ja nostettu toukokuun toisella viikolla 1965. Sen jälkeen niitä oli säilytetty edellä kuvatuissa paperisäkeissä kylmävarastossa yli kahden viikon ajan. Istutettaessa kontrollitaimet olivat ulkonaisista merkeistä päätellen lepotilassa.

Syksyllä 1965 jatkettiin tutkimusta aloittamalla kokeen toisto. Nyt saatettiin arpoa varastoitavat ja vertailutaimet jo kasvupaikalla sekä seurata varastointiolosuhteita koko säilytysajan. Tämän kokeen taimet olivat samalla tavoin kasvatettuja 2 + 1-vuotiaita männyn taimia ja peräisin samasta siemenerästä kuin edellisessäkin kokeessa käytetyt taimet.



Kuva 1. Taimivaraston lämpötila viiden päivän keskiarvoina talvella 1965—1966.

Figure 1. The temperature in the plant store in the winter 1965—1966 (five-day averages).

Taimet nostettiin 30. 10. 1965 ja pantiin paljaaltaan voimapaperisäkkeihin, joiden sisimmän osan muodosti muovipussi. Säkit jätettiin auki ja työnjohtajaa kehoitettiin sulkemaan ne neljän päivän kuluttua, kun versoista olisi irtain sadevesi valunut pois. Kuitenkin säkit suljettiin vasta 9. 12. eli runsaan kuukauden kuluttua taimien nostamisesta. Säilytyspaikan suhteellinen kosteus pysyi termohydrografihavaintojen mukaan miltei koko ajan 85...—90 % välillä. Lämpötilan vaihtelut käyvät ilmi kuvasta 1. Merkille pantavaa on lämpötilan alhaisuus etenkin 31. 1. 1965 — 20. 2. 1966 välisenä aikana. Halutuissa —4...—6°C rajoissa se ei pysynyt kuin lyhyen aikaa säilytyksen alku- ja loppuvaiheissa, vaan laski

keskitalvella aina -15°C :een saakka. Talvi oli poikkeuksellisen kylmä, tammi-kuun keskilämpötila -18.4°C ja helmikuun -19.8°C (kuva 2). Varaston lämmitykseen ei oltu varauduttu. Toukokuun alussa oli jäädytyskoneisto epäkunnossa ja näin varaston lämpötila pääsi nousemaan verrattain korkeaksi.

Vertailutaimet nostettiin taimitarhasta juuri ennen istutusta, 8. 6. 1966. Tällöin ne olivat jo voimakkaassa kasvussa kasvainten pituuden vaihdellessa 2 . . . 5 cm:iin. Kaikki koetaimet käsiteltiin keväällä 1965 Agrocide- ja 1966 Hylobin L-maidoksella.

22 KOEISTUTUKSET

Koeistutukset tehtiin keväällä 1965 ja 1966. Kokeissa oli mukana kaikkiaan 4 500 tainta. Kumpanakin vuonna taimet istutettiin kolmeen eri kasvupaikkaan, kuivalle ja tuoreelle kangasmaalle sekä taimitarhamaalle. Varastoiduista taimista puolet istutettiin ilman mitään käsittelyä, puolet sen jälkeen kun niiden juuria oli liotettu vedessä 1965 3—9 tuntia ja 1966 14—21 tuntia.

Kokeet perustettiin käyttäen yksinkertaista arvottujen lohkojen (*randomized block*) koejärjestelyä. Kukin koekenttä jaettiin kymmeneen istutuslohkoon. Jokaisessa lohossa oli ruutu kullekin kolmelle erilaiselle käsittelytavalle, ja jokaiseen ruutuun istutettiin 25 tainta. Metsässä käytettiin 1.5 metrin istutusetaisyttä, jolloin ruudun kooksi tuli 7.5×7.5 m, taimitarhassa käytettiin 20 cm taimi- ja riviväliä, joten ruudun koko oli 1.0×1.0 m.

Keväällä 1965 saatiin koeistutuksia varten aluetta Oulun kaupungin metsästä läheltä Sanginsuuta; toinen alue Sanginsuun kankaalta ja toinen Muuraiskankaalta. Istutus toimitettiin Sanginsuun kankaalla 31. 5., Muuraiskankaalla 1. 6. ja Ala-Kärpän taimitarhassa 2. 6.

Sanginsuun kangas on tasaista, jonkin verran soistuvaa ja kivetöntä. Maalaji on hietaa, metsätyyppi on puolukka-mustikkatyyppejä, soistumista on havaittavissa noin puolella koko alueesta. Aikaisemmin oli paikalla kasvanut kuusivaltainen mänty-kuusi-sekametsä. Kuuset oli hakattu kahdessa erässä noin vuosien 1946—47 ja 1958—59 paikkeilla. Alueelle oli jätetty harvakseltaan mäntysiemenpuita, jotka oli poistettu talvella 1962—63. Koko hakkuuaukko on noin 4 hehtaaria. Koekenttä sijaitsi aukon itäosassa, reunametsästä 35 metrin päässä.

Muuraiskankaan istutusalue on laakea, matala saari ojitetun nevan laitaosassa. Maalaji on erittäin kivistä hietaista moreenia, metsätyyppi variksenmarja-puolukkatyyppiä. Alueella oli kasvanut järeäkö mäntymetsä, joukossa jonkin verran koivua ja kuusta. Puusto oli hakattu talvella 1961—62 ja alue oli kulotettu seuraavana keväänä. Luoteen, lännen ja kaakon suunnassa oli metsän reunaan matkaa noin 150 m. Pohjoisessa ja koillisessa aukeaa nevaa oli noin puolen kilometrin etäisyyteen saakka.

Taimitarhassa oli koealueena 30 metrin pituinen ja metrin levyinen, hiukan kalteva, ojaan rajoittuva hiesupohjainen peltokaista. Maa oli peruslannoitettu aikaisemmin keväällä. Koulittaessa istutusvako kasteltiin. Taimia ei myöhemmin kasteltu eikä lannoitettu.

Keväällä 1966 saatiin koealueet läheisistä yksityismetsistä, yksi rautatien varresta läheltä Vallinkorvan metsäkoulua, toinen siitä noin 5 km pohjoiseen, Pilpakankaalta. Koeistutukset tehtiin Radanvarressa 9. 6., Pilpakankaalla 10. 6. ja taimitarhassa 11. 6.

Radanvarressa koekenttä on loivan, etelään viettävän rinteen alaosassa, maa on hiehtaista moreenia, metsätyyppi puolukka-mustikkatyyppejä. Alueella oli kasvanut tiheäkö kuusi-mänty-metsä, joka oli hakattu kolmessa vaiheessa. Toisessa hakkuussa noin 3 vuotta ennen istutusta oli paikalle jätetty mäntysiemenpuusto. Sen oli myrsky kaatanut 1965, jonka jälkeen puut oli poistettu. Maa oli käsitelty traktorilaikkurilla. Koekentän pohjoispuolella, 10—15 metrin päässä kulkee vasta rakennettu, korkeapenkkinen maantie. Välittömästi kentän eteläpuolella on painanne, jossa 10 metrin etäisyydeltä lähtien kasvaa 30—40-vuotiaista hieskoivua.

Pilpakankaan alue on kivetöntä, hyvin loivasti kumpuilevaa hiekkakangasta, metsätyypiltään variksenmarja-kanervatyyppejä. Verraten runsas, järeä mäntypuusto oli alueelta hakattu talvella 1964—65. Seuraavana kesänä siitä oli raivattu pois epätasainen noin 15-vuotias männyn taimisto. Hakkuutähteiden peittävyys arvioitiin 30 prosentiksi. Koekenttä sijaitsi pitkänomaisen noin 2 ha:n suuruisen hakkuuaukon keskellä.

Taimitarhassa koe perustettiin $2,5 \times 15$ metrin suuruiselle alueelle, johon tehtiin kaksi rinnakkaista, matalaa taimipenkkiä. Maa on hiekkamultamaata. Sitä ei lainkaan lannoitettu koulituksen yhteydessä. Taimia ei myöskään kertaakaan kasteltu.

Taimitarhassa taimipenkit pidettiin kitkemällä vapaana rikkaruohosta. Metsässä ei koekentillä esiintynyt haittaavaa heinittymistä. Häiritsevä vesakko raivattiin ennen istutusta ja vielä kummankin tutkimusvuoden syysinventointien yhteydessä.

Keväällä 1965 Sanginsuun kokeen istuttajina oli kolme Ala-Kärpän työnjohtajistoon ja harjoittelijoihin kuulunutta miestä. Muuraiskankaan koetta perustettaessa jouduttiin yksi heistä korvaamaan taimitarhan työväkeen kuuluneella nuorukaisella, joka, samoin kuin yksi harjoittelijoistakaan, ei aikaisemmin ollut tehnyt istutustyötä.

Keväällä 1966 saatiin istuttajiksi kolme metsänhoitolautakunnan töissä ollutta paikkakuntalaista, jotka kaikki olivat verrattain tottuneita työntekijöitä. Taimitarhassa suoritti koulitustyön kummallakin kerralla yksi, tähän työhön tottunut ryhmä.

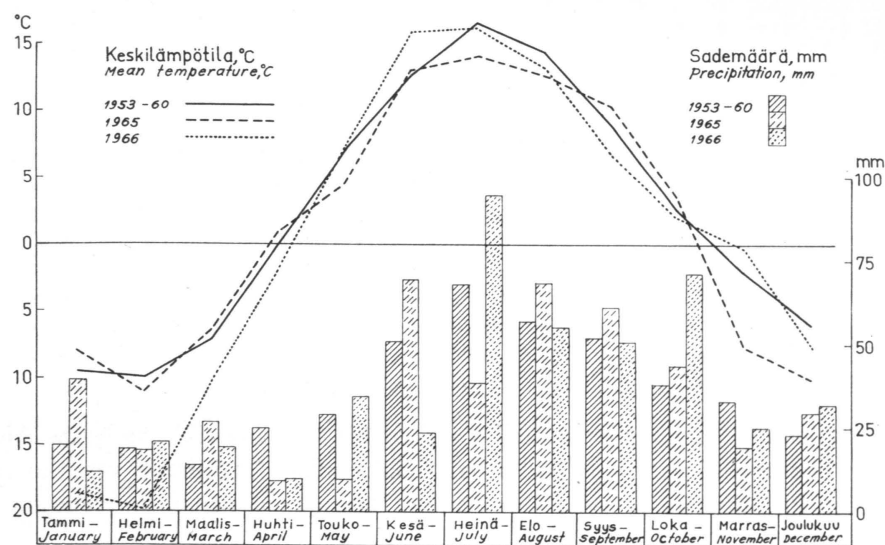
Maastossa oli lohkot arvottu istuttajille. Kukin suoritti yhden lohkon istuttamisen kerrallaan siten, että eri tavoin käsitellyt taimet tulivat istutetuiksi arvotussa järjestyksessä. Istutus suoritettiin avoimen kuopan reunaan SFI-kourukuokkaa käyttäen. Kaikille istuttajille pidettiin lyhyt harjoitus ennen työn alkua. Työn kuluessa ei sen suoritukseen puututtu, vaan sitä seurattiin havaintoja tehden. Istutustyön aikana ei ilmennyt mitään sellaista, joka olisi asettanut taimien eri käsittelyt eri asemaan.

Keväällä 1965 Sanginsuun ja Muuraiskankaan kokeita perustettaessa vallitsi aurinkoinen, lämmin sekä hyvin tuulinen sää. Taimitarhan neljän ensimmäisen lohkon koulituksen ajan oli sää tiheä ja lämmin, myöhemmin aurinkoi-

nen ja tuulinen. Edellinen runsas sade sattui muutama päivä ennen istutusta eli 28. 5.

Keväällä 1966 oli istutusajan sää koko ajan aurinkoinen, tuulinen ja hyvin lämmin, 20—22°C varjossa. Maa oli myöhäisen kevääntulon johdosta erittäin kosteaa, roudan lopullinen sulaminen tapahtui radan varressa olevalla koekentällä vasta istutuspäivinä.

Kuva 2 valaisee lähemmin koevuosien sade- ja lämpöoloja.



Kuva 2. Lämpötilan ja sademäärän kuukausikeskiarvot vuosina 1965 ja 1966 sekä ajanjaksona 1953—60 Oulunsalon havaintoaseman mukaan.

Figure 2. Monthly averages of temperature and precipitation in 1965 and 1966, and for the period 1953—1960, according to data from the Oulunsalo recording station.

23 KOKEIDEN TARKASTUKSET

Keväällä 1965 perustetut kokeet inventoitiin kolme kertaa. Ensimmäisellä kerralla, 14.—16. 7. 1965, tarkastettiin istutustyön kelpoisuus sekä taimien kasvu, vauriot ja tuhot. Yksityiskohtaisempi inventointi suoritettiin kasvukauden päätyttyä 23.—28. 8. Tällöin mitattiin taimista pituus, kasvaimen pituus, neulasten pituus ja luettiin silmujen sekä viimeisen vuoden oksien lukumäärä. Tuhot tarkastettiin arvioimalla hyönteisten aiheuttamien puremajälkien koko taimen kuoressa.

Keväällä 1966 perustetut kokeet tarkastettiin istutuskesänä kahteen kertaan, kuten edellisenäkin vuonna, tarkastusajat olivat 24.—26. 7. ja 25.—29. 8. 1966.

Vuonna 1965 perustetuista kokeista tarkastettiin kuolleet ja pahasti kituvat taimet 10. 6. 1966 ja tarkempi inventointi edellisen vuoden tapaan suoritettiin 29. 8. — 31. 9. 1966.

24 KOETULOSTEN LASKENTA

Koetulosten analysoinnissa on pääasiallinen metodi ollut varianssianalyysi (esim. JOHNSON 1952, SNEDECOR 1959), jota on käytetty mitattujen tunnusten eroja selvittäessä. Kunkin tunnuksen kohdalla on laskentayksikkönä ollut ruudun eli 25 taimen keskiarvo. Niiden erojen merkitsevyyden testaamiseksi on käytetty TUKEYN vertailumenetelmää toisistaan riippuville vertailuille (vrt. MATTILA 1965). Tästä TUKEYN arvosta (*»honestly significant difference»*) on käytetty merkintää: HSD.

Merkitsevyys on tutkittu kolmella riskitasolla, joista on käytetty seuraavia, jo melko vakiintuneita nimityksiä:

Ero merkitsevä 5 % riskillä = mahdollisesti merkitsevä ero,*

Ero merkitsevä 1 % riskillä = merkitsevä ero,**

Ero merkitsevä 0,1 % riskillä = erittäin merkitsevä ero,***

TUKEYN arvoa käytettäessä on riskitasona ollut 5 %.

Varianssianalyysissä on F -arvoja vastaavat vapaiden arvojen luvut ilmaistu esim. 2/18, jolloin edellinen on jaettavana olevaa varianssia ja jälkimmäinen jakajana olevaa varianssia vastaava vapaiden arvojen luku. Vapaiden arvojen lyhennyksenä on tässä kuten muissakin laskuissa käytetty kirjainta v , havaintojen lukumäärän kirjainta n .

Mitattujen tunnusten hyvyttä (kohta 41) ja kuntoluokitusta (kohta 42) tarkasteltaessa on käytetty korrelaatioanalyysiä (SNEDECOR 1959). Korrelaatio-kertoimen lyhennyksenä on kirjain r . Mikäli ei ole erikseen huomautettu, on laskentayksikkönä myös korrelaatioanalyysissä ollut yksi ruutu.

Taimikuolleisuutta tutkittaessa on sovellettu χ^2 -testiä. Tällöin lasketun arvon tunnus on ollut X^2 . Kuolleisuuden tarkastelussa on yksikkönä ollut yksi taimi.

Taulukkoina on käytetty luotettaviksi todettuja, yleisessä käytössä olevia tilastollisia taulukkoja (LINDLEY ja MILLER 1962, SCIENTIFIC TABLES 1962).

3 TALVEN YLI VARASTOITUJEN TAIMIEN KEHITYS

31 KUOLLEISUUS

Kuolleet taimet on jaettu ensimmäisen syksyn inventoinnissa kahteen luokkaan eli sellaisiin, joissa kuoleman syy on ollut selvästi havaittavissa (esim. hyön-

teistuhot, istutusvauriot, routa, mekaaniset vauriot), ja sellaisiin, joissa ei ole havaittu näkyvää kuoleman syytä. Jälkimmäinen ryhmä sisältää otaksuttavasti lähinnä ne taimet, joiden elinvoimaa käsittely on heikentänyt. Luokitus on luonnollisesti subjektiivinen, ja sen tarkoituksena onkin ollut erottaa karkeimmat niistä tapauksista, joissa poikkeuksellisen suureen kuolleisuuteen on ollut syynä jokin käsittelystä täysin riippumaton tekijä, kuten esimerkiksi kuorikasojen tai kantojen sijainti koeruudussa, jolloin läheiset taimet ovat saattaneet joutua tavallista suurempaan hyönteisvaaraan. Käytetty luokitus tekee mahdolliseksi tarkastella käsittelyjen välisiä eroja sekä kokonaiskuolleisuuden että ilman näkyvää syytä tapahtuneen kuolleisuuden perusteella. Toisen kasvukauden lopulla tapahtuneessa inventoinnissa ei ryhmitystä luokitusvaikeuksien vuoksi enää voitu käyttää.

Vuoden 1965 istutuksista on saatu lopullisia tuloksia kahdelta vuodelta (kuva 3) ja alustavia kolmannelta. Näistä ilmenee, että ensimmäisenä kasvukautena metsään istutettujen eri tavalla käsiteltyjen taimien kuolleisuus on ollut sangen vähäistä vaihdellen 4.4 — 8.0 %:n välillä. Seuraavan kasvukauden loppuun mennessä kuolleisuus lisääntyi jonkin verran. Kuolleisuussadannes asetui tällöin 6.0 — 10.4 välille. Kolmannen kasvukauden lopulla vaihtelua rajasivat sadannekset 10.4 — 15.6. Taimitarhalla kuolleisuus jäi vähäisemmäksi.

Saatuja aineistoja tutkittiin lähemmin χ^2 -testillä käyttäen laskelmissa kokonaiskuolleisuuslukuja. Ensimmäisen istutuksen jälkeisen kasvukauden lopulla eli syksyllä 1965 tehdyn inventoinnin perusteella saatiin seuraavat tulokset:

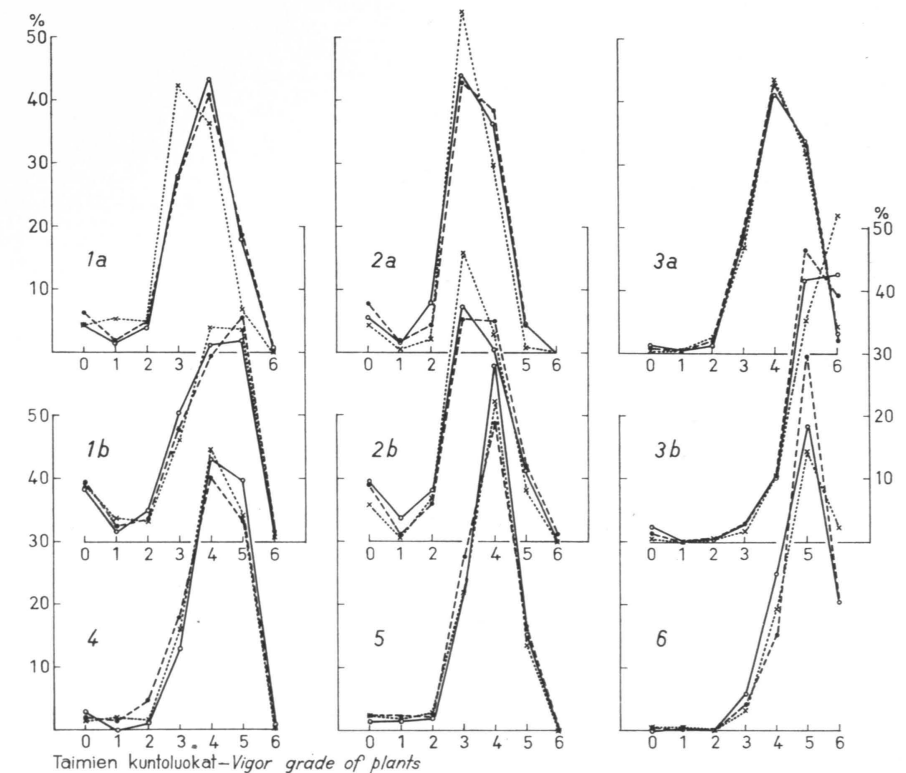
Eri tavalla käsiteltyjen erien välillä ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja, $X^2 = 3.4$; $\nu = 2$. Eroja käsittelyerien välillä ei myöskään todettu kutakin aluetta erikseen tarkasteltaessa; X^2 -arvot olivat seuraavat:

1. Sanginsuu $X^2 = 1.3$; $\nu = 2$
2. Muuraiskangas $X^2 = 2.8$; $\nu = 2$
3. Taimitarha $X^2 = 1.0$; $\nu = 2$

Testaus suoritettiin myös lohkoittain; X^2 -arvot olivat seuraavat

1. Sanginsuu $X^2 = 26.7^{**}$; $\nu = 9$
2. Muuraiskangas $X^2 = 33.9^{***}$; $\nu = 9$
3. Taimitarha $X^2 = 4.0$; $\nu = 9$

Jos tarkastellaan lähemmin kuolleisuuden jakautumista lohkoittain, käy ilmi, että Sanginsuun alueella todettu korkea X^2 -arvo johtuu pääasiassa lohkoissa 8, ruudussa 2 tapahtuneesta 11 taimen tuhoutumisesta. Kuoleman syynä on ollut *Hylobius*-tuho. Kärsäkkäitä on todennäköisesti houkutellut paikalle ruutuun sattuneet, verrattain tuoret siemenpuiden kannot. Jos lohkoittainen tarkastelu kohdistetaan vain ilman näkyvää syytä kuolleisiin, eivät erot ole tilastollisesti merkitseviä ($X^2 = 15.46$; $\nu = 9$).



Kuva 3. Taimien prosentuaalinen jakaantuminen kuntoluokkiin. Tutkimusalueet ja inventointiajankohdat: 1a = Sanginsuu, istutus keväällä 1965, inventointi syksyllä 1965; 1b = sama koe, inventointi syksyllä 1966; 2a, 2b = Muuraiskankaan vastaavat kokeet; 3a, 3b = taimitarhalla suoritetut vastaavat kokeet; 4 = Radanvarsi, istutettu keväällä 1966, inventoitu syksyllä 1966; 5 = Pilpakankaan vastaavat kokeet; 6 = taimitarhalla suoritetut vastaavat kokeet. Muut merkkien selitykset: täysviiva = yli talven varastoidut taimet; katkoviiva = yli talven varastoidut ja ennen istutusta kastellut; pisteviiva = keväällä nostetut taimet.

Figure 3. Per cent distribution of transplants in various vigor grades (0 = dead, . . . 6 = best plants) in various field (1a, 1b, 2a, 2b, 4, and 5) and nursery (3 and 6) tests.

Muuraiskankaalla lohkojen välisiä eroja ilmeni vielä enemmän. Keskimääräistä suurempaa kuolleisuutta esiintyi lohkoissa 4 (9 kuollutta), 5 (7 kuollutta) ja 10 (13 kuollutta). Nämä lohkot muodostivat maastossa yhtenäisen osa-alueen, joka oli erittäin kivinen. Istutustyö oli jonkin verran tästä kärsinyt. Myös *Hylobius*-tuhoja näissä lohkoissa esiintyi verraten runsaasti. Näkyvä kuoleman syy todettiin 13 taimessa.

Taimien kuolleisuudessa esiintyi alueiden välillä tilastollisesti erittäin merkitsevä ero, $X^2 = 29.9^{***}$; $\nu = 2$. Tämä johtui siitä, että taimitarhassa kuolleisuus oli hyvin pieni.

Tulosten mukaan kuolleisuuseroja esiintyi siis lohkojen ja alueiden välillä, mutta ei eri tavalla käsiteltyjen erien välillä.

Kokeen toinen inventointi tehtiin syksyllä 1966 kahden kasvukauden kuluttua istutuksesta. Kuolleisuuslukuja tutkittiin samalla tavoin kuin edellisenäkin vuonna. Tällöin saatiin seuraavat tulokset.

Eri tavalla käsiteltyjen erien välillä ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja, $X^2 = 2.6$; $\nu = 2$. Kullakin alueella erikseen suoritettu käsittelyerien välinen testaus antoi seuraavat tulokset:

1. Sanginsuu	$X^2 = 4.7$; $\nu = 2$
2. Muuraiskangas	$X^2 = 2.9$; $\nu = 2$
3. Taimitarha	$X^2 = 3.8$; $\nu = 2$

Eri tavalla käsiteltyjen erien X^2 -arvot ovat siis jonkin verran suurentuneet, mutta koko kokeen vastaava arvo on hiukan pienentynyt.

Lohkojen välisiä eroja testattaessa saatiin seuraavat arvot:

1. Sanginsuu	$X^2 = 26.0^{**}$; $\nu = 9$
3. Muuraiskangas	$X^2 = 30.5^{***}$; $\nu = 9$
3. Taimitarha	$X^2 = 6.0$; $\nu = 9$

Sanginsuun ja Muuraiskankaan osalta X^2 -arvot ovat hiukan pienentyneet, taimitarhakokeen vastaava arvo on jonkin verran kasvanut edellisestä vuodesta.

Alueiden välillä kuolleisuudessa havaittiin tilastollisesti erittäin merkitsevä ero; $X^2 = 43.3^{***}$; $\nu = 2$. Tämä johtui taimitarhaerän alhaisesta kuolleisuudesta. Muiden välillä ei ollut eroja.

Keväällä 1966 perustettu koe oli rakenteensa puolesta samanlainen kuin edellisen vuoden koekin. Tulokset (kuva 3) laskettiin vain syksyn 1966 inventoinnin perusteella. Ensimmäisen kasvukauden jälkeen kuolleisuus vaihteli metsäkoaloilla käsittelyittäin 1.2 — 2.8 %:n välillä, toisen kasvukauden jälkeen se oli Radanvarressa 7.6 — 8.0 % ja Pilpankankaalla 36.4 — 40.8 %. Talvella 1966—67 jälkimmäisessä kokeessa ilmennyt poikkeuksellisen suuri kuolleisuus aiheutui karistetuhosta. Kuolleisuuslukuja analysoitaessa voitiin todeta seuraavaa:

Eri tavalla käsiteltyjen erien välillä ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja; $X^2 = 1.82$; $\nu = 2$. Kullakin alueella erikseen suoritettu käsittelyerien välisten erojen testaus osoitti samaa; X^2 -arvot olivat seuraavat:

4. Radanvarsi	$X^2 = 1.0$; $\nu = 2$
5. Pilpakangas	$X^2 = 1.2$; $\nu = 2$
6. Taimitarha	$X^2 = 0.96$; $\nu = 2$

Alueiden välillä kuolleisuudessa havaittiin tilastollisesti merkitsevä ero; $X^2 = 11.2^{**}$; $\nu = 2$. Ero johtui tässäkin tapauksessa siitä, että taimitarhakokeessa taimia kuoli hyvin vähän.

Edellä esitettyjen tulosten perusteella voidaan todeta, ettei varastoitujen ja varastoimattomien taimien välillä esiintynyt tilastollisesti kiistattomia kuolleisuuseroja. Voidaan siis tehdä se johtopäätös, ettei varastointi ole lisännyt taimikuolleisuutta. Toisaalta ilmenee myös, ettei varastoitujen taimien juurten liottaminen vedessä ole lisännyt elossapysymistä, mikä puolestaan osoittaa, ettei varastointi ole aiheuttanut taimiin ainakaan niin suurta veden vajausta, että kuolleiden taimien osuus olisi siitä lisääntynyt (vrt. YLI-VAKKURI 1957a). Taimien kuolleisuus on ollut aluksi vähäistä ja ilmeisesti eniten riippuvainen kasvupaikasta ym. paikallisista tekijöistä. Varastoinnilla ei siihen näytä olleen juuri mitään vaikutusta.

32 KOETAIMIEN PITUUSKASVU

Vuoden 1965 kokeisiin saatiin varastoidut taimet käytännön toimenpiteenä toteutetusta talvivarastoinnista. Keväällä nostetut vertailutaimet otettiin tällöin saman taimierän taimitarhaan jääneestä osasta. Taimierien vertailtavuus ei näin ollen ollut täysin moitteeton. Mittauksien perusteella havaittiin, että keväällä nostetut taimet olivat selvästi kookkaampia kuin varastoidut taimet (taulukko 1). Alustavissa laskelmissa todettiin pituuskasvun istutusta seuraavana kasvukautena korreloivan alkupituuteen. Tästä syystä käytettiin pituuskasvuerojen vertailussa kovarianssianalyysiä, jolloin alkupituuserojen vaikutus saatiin poistetuksi. Keskiarvot korjattiin tällöin käyttäen kerrointa $B = \Sigma xy : \Sigma x^2$, joka Sanginsuussa oli 0.899, Muuraiskankaalla 1.280 ja taimitarhassa 1.240. Ensimmäisenä kasvukautena pituuserot kuitenkin tasoittuivat (taulukko 2), joten seuraavan vuoden kasvuja vertailtaessa saatettiin käyttää varianssianalyysiä. Vuoden 1966 kokeen varastoidut ja keväällä nostetut taimet voitiin ottaa täsmälleen samasta taimierästä (vrt. sivu 7). Pituuseroja ei tällöin ollut havaittavissa (taulukko 1), joten varianssianalyysin käyttö jo ensimmäisen vuoden pituuskasvujen vertailussa oli mahdollista. Samaa analyysimenetelmää on käytetty muidenkin mitattujen tunnusten eroja tutkittaessa. Keskiarvojen vertailussa on käytetty TUKEYN vertailumenetelmää toisistaan riippuville vertailuille ja sen tulos on ilmoitettu taulukoissa vastaavina mittayksikköinä (esim. cm).

Kasvaimien pituuserojen testaus osoitti varastoitujen taimien kasvaneen syksyyn mennessä vuoden 1965 kaikissa kokeissa enemmän kuin keväällä nostetut (taulukko 3). Jokaisessa kokeessa erot olivat myös tilastollisesti erittäin merkitseviä. Alkupituuserojen nojalla olisi erojen voinut odottaa kehittyvän päinvastaisiksi, sillä keväällä nostetut taimet olivat suurempia ja toisaalta kunkin käsittelyn sisällä vallitsi selvä korrelaatio ensimmäisen vuoden kasvun ja alkupituuden välillä. Lopullista johtopäätöstä eron selittämiseksi ei voida tehdä,

Taulukko 1. Koetaimien alkupituudet istutettaessa.
Table 1. Heights of test plants at planting.

Alue Area	Varastoitu Stored	Varastoitu ja kasteltu Stored and watered	Keväällä nostettu Lifted in the spring	F-arvo F-value (Vapaus- asteet Degrees of freedom 2/18)	HSD ¹⁾ , cm
	Keskiarvot, cm — Means, cm				
Alkupituudet vuoden 1965 istutuksissa Heights at 1965 plantings					
1. Sanginsuu	8.4	8.3	10.2	8.091***	1.4
2. Muuraiskangas ..	8.4	8.2	10.3	11.299***	1.2
3. Taimitarha	8.6	8.2	10.3	6.809***	1.5
Alueet 1, 2, 3	8.5	8.2	10.3		
Areas 1, 2, 3					
Alkupituudet vuoden 1966 istutuksissa Heights at 1966 plantings					
4. Radanvarsi	9.9	9.6	9.6	0.671	0.8
5. Pilpakangas	10.1	9.8	10.6	3.139	0.8
6. Taimitarha	7.6	7.7	8.3	2.868	0.8
Alueet 4, 5, 6	9.2	9.0	9.5		
Areas 4, 5, 6					

¹⁾ HSD = honestly significant difference.

ero saattaa johtua esim. lannoituksen epätasaisuudesta edellisenä vuonna tai taimien etioloitumisesta pimeässä varastossa. Tähän viittäisi myös se, että varastoitujen taimien neulaset jäivät lyhyemmiksi kuin keväällä nostettujen (taulukko 4). Myös käsittelyllä voisi olla osuutta tulokseen, varastossa ovat taimet saattaneet säilyä paremmissa kunnossa kuin ulkona talvehtineet taimet.

Vuoden 1965 kokeiden toisena kasvukautena on esiintynyt kasvueroja vain taimitarhassa siten, että keväällä nostetut taimet ovat kasvaneet enemmän kuin varastoidut taimet (taulukko 3).

Vuonna 1966 istutetuista taimista ovat keväällä nostetut taimet joka kokeessa kasvaneet paremmin kuin varastoidut (taulukko 3). Pilpankankaalla ero oli tilastollisesti erittäin merkitsevä, taimitarhassa merkitsevä ja Radanvarressa sangen vähäinen.

Vuoden 1966 kokeissa, joissa koemateriaalin ja vertailumateriaalin homogeenisuus oli varmistettu, kasvitulokset olivat keväällä nostetuilla taimilla selvästi paremmat kuin varastoiduilla. Edellisen vuoden tulosten perusteella olisi varastoitujen taimien pitänyt kasvaa hyvin selvästi enemmän kuin keväällä nos-

Taulukko 2. Eri tavalla käsiteltyjen taimien pituus.
Table 2. Plant height resulting from various treatments.

Alue Area	Varastoitu Stored	Varastoitu ja kasteltu Stored and watered	Keväällä nostettu Lifted in the spring	F-arvo F-value (Vapaus- asteet Degrees of freedom 2/18)	HSD, cm
	Keskiarvot, cm — Means, cm				
Istutettu keväällä 1965, inventoitu kasvukauden lopussa Planted in spring 1965, measured at end of growing season					
1. Sanginsuu	14.2	14.7	13.7	1.005	1.8
2. Muuraiskangas ..	13.7	14.0	14.3	0.528	1.5
3. Taimitarha	16.7	15.8	16.9	1.480	1.7
Alueet 1, 2, 3	14.9	14.8	15.0		
Areas 1, 2, 3					
Edellä oleva koe, inventoitu syksyllä 1966 Same experiment, measured in fall 1966					
1. Sanginsuu	18.5	19.4	18.3	0.561	2.8
2. Muuraiskangas ..	16.1	16.9	17.1	0.564	2.7
3. Taimitarha	33.2	31.9	35.8	6.280**	2.9
Alueet 1, 2, 3	22.6	22.7	23.7		
Areas 1, 2, 3					
Istutettu keväällä 1966, inventoitu kasvukauden lopussa Planted in spring 1966, measured at end of growing season					
4. Radanvarsi	16.1	15.6	15.8	0.264	1.8
5. Pilpakangas	16.0	14.9	18.7	30.174***	1.3
6. Taimitarha	14.7	15.1	16.7	6.255**	1.5
Alueet 4, 5, 6	15.6	15.2	17.1		
Areas 4, 5, 6					

Taulukko 3. Eri tavalla käsiteltyjen taimien latvakasvaimen pituus.
Table 3. Leader length resulting from various treatments.

Alue Area	Varastoitu Stored	Varastoitu ja kasteltu Stored and watered	Keväällä nostettu Lifted in the spring	F-arvo F-value (Vapaus- asteet Degrees of freedom)	HSD, cm
	Keskiarvot, cm — Means, cm				
Istutettu keväällä 1965, inventoitu kasvukauden lopussa Planted in spring 1965, measured at end of growing season					
1. Sanginsuu	6.6 ¹⁾	7.4 ¹⁾	2.5 ¹⁾	(2/26) 9.875***	3.9
2. Muuraiskangas ..	6.5 ¹⁾	7.7 ¹⁾	2.6 ¹⁾	19.053***	3.0
3. Taimitarha	8.7 ¹⁾	8.8 ¹⁾	5.1 ¹⁾	7.275**	3.9
Alueet 1, 2, 3	7.2 ¹⁾	8.0 ¹⁾	3.4 ¹⁾		
Areas 1, 2, 3					
Edellä oleva koe inventoitu syksyllä 1966 Same experiment, measured in fall 1966					
1. Sanginsuu	5.4	5.9	5.8	(2/18) 0.735	1.2
2. Muuraiskangas ..	3.8	4.0	3.9	0.074	1.0
3. Taimitarha	16.6	15.9	18.8	11.646***	1.6
Alueet 1, 2, 3	8.6	8.6	9.5		
Areas 1, 2, 3					
Istutettu keväällä 1966, inventoitu kasvukauden lopussa Planted in spring 1966, measured at end of growing season					
4. Radanvarsi	6.3	6.2	6.4	(2/18) 0.080	1.4
5. Pilpakangas	6.0	5.4	8.2	62.521***	0.7
6. Taimitarha	7.1	7.5	8.4	6.729**	1.0
Alueet 4, 5, 6	6.5	6.4	7.7		
Areas 4, 5, 6					

¹⁾ Syksyn 1965 mittauksista saadut keskiarvot esitetty tässä korjattuina, vrt. s. 15 — Corrected means of measurements.

tettujen. Perättäisten vuosien koejärjestelyt poikkesivat kuitenkin toisistaan siten, ettei vuonna 1966 keväällä taimia nostettu kylmävarastoon ennen kasvun alkua, vaan vasta juuri ennen koeistutuksia. Täten ne olivat saattaneet käyttää hyväkseen alkuperäisellä koulutuspaikallaan koko alkaneen kesän yhteyttämisen- ja ravinnonottomahdollisuudet, kun taas varastoidut taimet pääsivät aloittamaan kasvunsa normaalista periodistaan jonkin verran myöhästyneinä. Vertailutaimia tosin häirittiin siirtämällä ne kesken nopeimpaan vauhtiin pääsystä kasvuaan, mutta varovainen istutus ei suurestikaan vähentäne tällaisen taimen kasvua (vrt. TIRÉN 1958). Jos tuloksen tulkinta on oikea, se antaa viitteen siitä, ettei talven yli varastoitujen taimien istuttamista voi keväällä pitkittää kovinkaan kauan ilman vastaavaa kasvun menetystä. Etioloitumista koskeva otaksu ei saanut mitään vahvistusta vuoden 1966 kokeista. Ilmiön esiintymiseen olisi pitänyt olla hyvät mahdollisuudet, sillä lämpö pääsi varastossa nousemaan jo toukokuun alussa jäähdytyskoneiden mennessä epäkuuntoon (kuva 1), mutta varastoitujen taimien kasvaimet jäivät, kuten todettu, lyhyemmiksi, eikä neulasten pituuksissa ilmennyt mitään eroja (taulukko 4). Lämminneessä varastossa on tietenkin saatantapahtua sellaista respiraatiota, että se on kuluttanut taimien hiilihydraatti-varastoja ja heikentänyt siten niiden kasvukykyä (vrt. HELLMERS 1962). Myös se mahdollisuus on otettava huomioon, että varaston poikkeuksellinen kylmyys talvella olisi jossain määrin vaurioittanut taimia.

33 NEULASET

Neulasten pituushavainnot tehtiin pääversosta, 1 cm:n päästä silmuryhmän tyvestä mittaamalla vastakkaisilta puolilta versoa yksi pisimmistä neulasista ja merkitsemällä pituudeksi näiden lukujen keskiarvo. Mittaus suoritettiin vuonna 1965 0.5 cm:n, vuonna 1966 1 mm:n tarkkuudella. Vuoden 1966 kokeiden inventoinneissa neulaset metsäkoaloilla mitattiin vain kolmesta arpomalla valitusta lohkoista, taimitarhassa sen sijaan kaikista taimista.

Taulukossa 4 on esitetty keskiarvot ja havaittujen erojen testaustulokset. Niistä ilmenee, että ensimmäisen kasvukauden jälkeen oli keväällä 1965 nostettujen taimien neulaset kaikilla koaloilla hyvin selvästi lyhyempiä kuin varastoitujen taimien neulaset. Seuraavana vuonna olivat erot Sanginsuun ja Muuraiskankaan kokeissa tasoittuneet ja taimitarhassa kääntyneet päinvastaisiksi, niin että keväällä nostettujen taimien neulaset olivat muita lyhyemmät. Vuoden 1966 kokeissa ei uusien neulasten pituuksissa ollut eroja eri käsittelyerien välillä. Neulasten kasvu ei siis ainakaan myötällyt saman vuoden kasvainten pituuksia.

Taulukko 4. Eri tavalla käsiteltyjen taimien uusien neulasten pituus.
Table 4. Length of new needles resulting from various plant treatments.

Alue Area	Varastoitu Stored	Varastoitu ja kasteltu Stored and watered	Keväällä nostettu Lifted in the spring	Vapaus- asteet Degrees of freedom	F-arvo F-value	HSD, mm
	Keskiarvot, mm — Means, mm					
Istutettu keväällä 1965, inventoitu kasvukauden lopussa Planted in spring 1965, measured at end of growing season						
1. Sanginsuu	16.0	16.7	19.8	2/18	12.344***	2.1
2. Muuraiskangas ..	19.3	20.4	23.4	2/18	16.608***	1.8
3. Taimitarha	34.9	36.1	43.3	2/18	37.703***	2.7
Alueet 1, 2, 3	23.4	24.4	28.8			
Areas 1, 2, 3						
Edellä oleva koe inventoitu syksyllä 1966 Same experiment, measured in fall 1966						
1. Sanginsuu	43.2	42.7	45.9	2/18	1.318	5.4
2. Muuraiskangas ..	31.1	31.1	26.8	2/18	1.552	7.2
3. Taimitarha	83.8	86.4	79.2	2/18	13.073***	3.7
Alueet 1, 2, 3	52.7	53.4	50.6			
Areas 1, 2, 3						
Istutettu keväällä 1966, inventoitu kasvukauden lopussa Planted in spring 1966, measured at end of growing season						
4. Radanvarsi	26.5	27.1	27.6	2/4	5.000	5.0
(3 lohkoa)						
5. Pilpakangas	33.5	30.2	29.2	2/4	3.750	4.8
(3 lohkoa)						
6. Taimitarha	50.5	50.3	53.2	2/18	1.589	15.0
Alueet 4, 5, 6	36.8	35.9	36.7			
Areas 4, 5, 6						

34 UUDET SILMUT

Inventoinneissa luettiin taimien pääversosta uusien silmujen lukumäärä. Kun se kussakin ruudussa on ilmaistu ruudun taimien keskiarvona, voidaan silmujen

Taulukko 5. Eri tavalla käsiteltyjen taimien uusien silmujen lukumäärä.
Table 5. Number of new buds in plants treated in various ways.

Alue Area	Varastoitu Stored	Varastoitu ja kasteltu Stored and watered	Keväällä nostettu Lifted in the spring	Vapaus- asteet Degrees of freedom	F-arvo F-value	HSD, kpl
	Keskiarvot, kpl — Means (number)					
Istutettu keväällä 1965, inventoitu kasvukauden lopussa Planted in spring 1965, counted at end of growing season						
1. Sanginsuu	1.8	2.0	1.9	2/18	0.803	0.4
2. Muuraiskangas ..	2.2	2.2	2.0	2/18	1.393	0.3
3. Taimitarha	3.1	2.9	3.2	2/18	3.466	0.3
Alueet 1, 2, 3	2.4	2.4	2.4			
Areas 1, 2, 3						
Edellä oleva koe inventoitu syksyllä 1966 Same experiment, counted in fall 1966						
1. Sanginsuu	2.3	2.4	2.0	2/18	1.642	0.7
2. Muuraiskangas ..	1.6	1.9	1.6	2/18	1.264	0.4
3. Taimitarha	4.1	4.3	4.5	2/18	5.659**	0.3
Alueet 1, 2, 3	2.7	2.9	2.7			
Areas 1, 2, 3						
Istutettu keväällä 1966, inventoitu kasvukauden lopussa Planted in spring 1966, counted at end of growing season						
4. Radanvarsi	2.8	2.9	2.5	2/4	0.765	1.2
5. Pilpakangas	2.9	2.2	2.9	2/4	12.444*	0.7
6. Taimitarha	3.9	4.0	3.7	2/18	1.455	1.3
Alueet 4, 5, 6	3.2	3.0	3.0			
Areas 4, 5, 6						

lukua pitää normaalisesti jakautuneena ja soveltaa siihenkin varianssianalyysiä. Laskelmissa on käytetty taimen sivusilmujen lukumäärää, toisin sanoen kokonaislukumäärästä on vähennetty yksi. Tulokset on esitetty taulukossa 5.

Vuoden 1965 kokeissa ei alkuvaiheessa ilmennyt eroja käsittelyerien välillä millään alueella. Metsäkokeissa ei esiintynyt tilastollisia eroja toisenakaan istutuksen jälkeisenä kasvukautena. Taimitarhassa sen sijaan oli pieni, mutta kuitenkin tilastollisesti merkitsevä ero, joka johtui »varastoitujen» ja »kevällä nostettujen» erosta, edellisissä oli keskimäärin 4.1 silmua ja jälkimmäisissä 4.5 silmua tainta kohden. »Varastoitu, kasteltu»-ryhmä ei eronnut tilastollisesti kummastakaan muusta käsittelyerästä.

Vuoden 1966 istutuksissa oli Pilpankankaan kokeessa »varastoitu, kasteltu»-ryhmän silmujen määrä muita pienempi, muualla ei näissä kokeissa ollut tilastollisesti merkitseviä eroja. Eri kokeiden perusteella voidaan todeta, että tutkittujen käsittelytapojen vaikutus silmujen määrään on ollut varsin vähäinen tai puuttunut kokonaan.

35 KUNTOLUOKAT

Jokaiselle taimelle on mittausten yhteydessä subjektiivisesti määritelty kuntoluokka. Kuntoluokka 0 tarkoittaa kuollutta tainta, elävät taimet on arvioitu silmävaraisesti käyttäen kuntoluokka-asteikkoa 1...6:een seuraavasti:

- 1 = Erittäin huonokuntoinen taimi, clossa pysyminen epätodennäköistä.
- 2 = Huonokuntoinen taimi, mutta clossa säilyminen todennäköistä.
- 3 = Keskinertaisesti kasvanut, likimain normaalisti kehittynyt taimi, jonka tyydyttävä edelleen kehittyminen on todennäköistä.
- 4 = Normaalisti kehittynyt taimi, jolla on mahdollisuuksia nopeutuvaan kehitykseen.
- 5 = Hyvä taimi, joka on kehittynyt normaalia nopeammin ja jolla on mahdollisuus edelleen nopeaan kehitykseen.
- 6 = Erittäin hyvä, erikoisen nopeasti kehittynyt taimi, jolla samanlainen kehitys näyttää jatkuvan.

Luokat voidaan myös yhdistää seuraavasti:

- 1...2 = Huonot taimet.
- 3...4 = Keskinertaiset eli normaalit taimet.
- 5...6 = Hyvät ja erittäin hyvät taimet.

Kuntoluokkakautumia tarkasteltaessa (kuva 3) voidaan todeta, että Sangin-suun ja Muuraiskankaan kokeissa on kevällä nostetut taimet arvioitu ensimmäisen istutusta seuraavan kasvukauden lopulla jonkin verran heikompiuntoisiksi

kuin varastoidut taimet, mutta ettei oleellisia eroja käsittelyerien välillä kuntoluokkakautumissa ole. Yleensä taimien jakaantuminen eri kuntoluokkiin lähenee normaalista jakautumaa. Taimitarhakokeissa on kuitenkin havaittavissa selvä kasaantuminen korkeihin, neljänteen ja sitä parempiin luokkiin. Ilmeistä on, että alueiden välillä on jakautumassa huomattavia eroja. Eri käsittelyerien välillä ei pysyvästi samansuuntaisia eroja sen sijaan esiintyne. Tällaisen kuntoluokkaluokituksen käyttökelpoisuutta tarkastellaan lähemmin kohdassa 42.

4 KÄYTETTYJEN TUNNUSTEN MERKITYS TAIMIEN KEHITYSKELPOISUUDEN MITTAAMISESSA

Useissa tutkimuksissa ja käsikirjoissa (vrt. WILDE, VOIGT ja IYER 1964, SCHMIDT-VOGT 1966) on käsitelty taimimateriaalin mitta- ja luokitusongelmia. Sen sijaan viljelykokeiden tarkastuksissa ilmeneviä metodisia kysymyksiä on tavallisesti käsitelty vain ohimennen. Kuitenkin tällaista tarkastelua on pidettävä tarpeellisena, sillä mitä nopeammin ja mitä pidemmälle meneviä johtopäätöksiä kokeesta pyritään tekemään, sitä tarkemmin koemateriaalista saatavissa oleva tieto on pyrittävä käyttämään. Tässä tapauksessa pääongelmaan liittyy useitakin metodisia kysymyksiä. Tärkeimmät näistä ovat: mitattujen tunnusten kelvollisuus taimien kehityksen kuvaajina, kuntoluokkien hyvyys taimien elinvoiman ja kehityskelpoisuuden määrittämisessä ja kasvupaikan vaikutus eroihin.

41 MITATUT TUNNUKSET TAIMIEN KEHITYKSEN KUVAAJINA

Vuoden 1965 kokeet on inventoitu kahtena peräkkäisenä syksynä (1965 ja 1966). Näin on saatu kokoon pieni aineisto, jonka perusteella voidaan tarkastella kehityksen suuntaa. Pitkälle meneviä johtopäätöksiä ei tosin voida tehdä. Yksikkönä tarkastelussa on käytetty yhtä ruutua (25 tainta); kaikkiaan kokeisiin kuului kolmella kasvupaikalla 10 lohkoa kussakin ja jokaisessa lohossa kolme ruutua eli yhteensä 90 ruutua. Eri vuosien tunnusten välille on laskettu korrelaatio-kertoimet, joita seuraavassa tarkastellaan.

Yleisin taimien kehitystä kuvaava tunnus on luonnollisesti kasvainten pituus. Seuraavassa on esitetty vuoden 1965 tunnusten korrelaatiot vuoden 1966 kasvaimen pituuden kanssa:

Mitatut tunnukset 1965	Kasvaimen pituus 1966
Alkupituus	$r = -0.042$
Kasvaimen pituus	$r = 0.586$
Loppupituus	$r = 0.668$
Neulasten pituus	$r = 0.916$
Uusien silmujen luku	$r = 0.837$
Kuntoluokka	$r = 0.757$

Vertailussa on käytetty t -testiä. Ennen sitä on suoritettu ns. χ -muunnos jakautuman normalisoimiseksi (vrt. esim. SCIENTIFIC TABLES 1962).

Korkein korrelaatio on edellisen vuoden neulasten ja jälkimmäisen vuoden kasvainten välillä. Seuraavaksi korkein on edellisen vuoden silmujen ja jälkimmäisen vuoden kasvainten välillä. Näiden kahden kertoimen (0.916 ja 0.837) välinen ero ei ole tilastollisesti merkitsevä ($t = 0.84$; $\nu = 87$). Tilastollisesti eri vuosien kasvainten välinen korrelaatio (0.573) on merkitsevästi pienempi kuin neulasten antama ($t = 2.96^{**}$; $\nu = 87$) ja mahdollisesti merkitsevästi pienempi kuin uusien silmujen määrän antama ($t = 2.13$; $\nu = 87$).

Edellä luetelluista korrelaatioista kaikki viisi viimeistä poikkeavat nollasta erittäin merkitsevästi (0.1 %:n merkitsevyysraja on 0.338). Alkupituuden antama korrelaatio ei ole nollasta poikkeava millään käytetyistä merkitsevyystasoista. Mikäli kasvaimen pituutta pidetään taimen kehityksen kuvaajana, selittävät em. tunnuksia sitä melko hyvin. Se, että kasvaimen pituus istutuskesänä ei ole paras tunnus tässä tapauksessa, voidaan ilmeisesti selittää siten, että heti istutuksen jälkeen keskeisin tapahtuma on juuriston ja neulasmassan lisääntyminen, jolloin ravinteita ei liikene suhteellisesti yhtä paljon kasvaimen muodostumiseen kuin muina vuosina. Tätä olettamusta tukee sekin, että vuonna 1965 oli neulasten ja saman vuoden kasvaimen pituuden välinen korrelaatio 0.411 (tämä arvo on merkitsevästi nollasta poikkeava). Vuonna 1966 oli vastaava kerroin 0.934. Näiden kertoimien välinen ero on erittäin merkitsevä ($t = 8.26^{***}$; $\nu = 87$). Jos samalla tavalla tarkastellaan silmuja, ovat vastaavat kertoimet vuonna 1965 0.625 ja vuonna 1966 0.945. Näiden välinen ero on myös erittäin merkitsevä ($t = 6.92^{***}$; $\nu = 87$). Korrelaatiokertoimet kasvaimen pituuden ja loppupituuden välillä ovat vuonna 1965 0.598 ja vuonna 1966 0.977. Ero on erittäin merkitsevä ($t = 10.14^{***}$; $\nu = 87$).

Yleinen suunta näyttää siis olevan, että taimien iän lisääntyessä eri tunnuksia kehittyvät yhä tiiviimmin samansuuntaisesti.

Kerätyn aineiston perusteella ei ole mahdollista tutkia eri tunnusten, esimerkiksi neulasten pituuden (neulamassan) ja kasvainten välistä vuorovaikutusta.

Tämän kokeen kannalta voidaan todeta, että jo toisena vuonna eri tunnusten korrelaatiot ovat erittäin korkeita, ja että tunnuksia kehittyvät samansuuntaisesti. Ilmeisesti pitempiä jaksoja tarkasteltaessa ei olisi tarpeellista mitata niin monta tunnusta kuin tässä kokeessa. Mahdollisesti jo kasvaimen pituus antaisi

tarpeeksi hyvän kuvan taimen elinvoimasta; pitkäköjö jaksoja tarkasteltaessa riittäisi todennäköisesti pelkkä kokonaispituus, mikäli alkuaineistoa perustellusti voidaan pitää homogeenisena. Tässä käsitellyn aineiston perusteella voitaisiin laskea vielä yhteiskorrelaatioita ja regressiomalleja, mutta niiden arvo olisi vähintäänkin kyseenalainen, koska tarkastelujakso on erittäin lyhyt.

42 KUNTOLUOKITUKSEN KÄYTTÖMAHDOLLISUUDET

Pyrittäessä selvittämään kuntoluokkien käyttökelpoisuutta eri käsittelyerien välisten erojen mittauksessa on tarpeen tutkia toisaalta, kuinka tarkkaan luokitus pystyy kuvaamaan tapahtunutta ja/tai ennustamaan tulevaa kehitystä ja toisaalta kuinka paljon arviointi riippuu sen suorittajasta ja arviointiajankohdasta. Toisin sanoen, on yritettävä määrittellä luokituksen validiteetti ja reabiliteetti. Myöskin on tarkastettava, mitä muotoa saatu luokkajakautuma on, jotta voitaisiin nähdä, mitkä laskentamenetelmät sopivat tulosten käsittelyyn.

Metsäkoealoilla taimien kuntoluokkajakautuma oli lähellä normaalista. Voidaan siis olettaa, että kussakin kuntoluokassa mitattujen tunnusten frekvenssijakautuma on likipitään normaalin ja toisaalta kutakin mitattujen tunnusten arvoa vastaavat kuntoluokat ovat likipitään normaalisti jakautuneita. Näin ollen voidaan luokituksen validiteettia tutkia tarkastelemalla luokituksen korrelaatioita muihin, mitaten saatuihin tunnuksiin. Taimitarhassa kuntoluokkajakautuma oli selvästi vino (kuva 3), joten korrelaatioiden kannalta tulos on luotettavampi, jos taimitarhatulokset jätetään pois. Seuraavassa on esitetty vuosien 1965 ja 1966 Sanginsuun ja Muuraiskankaan (alueet 1 ja 2) eri tunnusten korrelaatiot vuoden 1965 kuntoluokan kanssa:

Mitatut tunnukset 1965	Arvioitu kuntoluokka 1965
Kasvaimen pituus	$r = 0.472$ (0.1 %)
Koko pituus	$r = 0.462$ (0.1 %)
Neulasten pituus	$r = -0.281$ (5 %)
Silmujen luku	$r = 0.101$ (—)

Mitatut tunnukset 1966	Arvioitu kuntoluokka 1965
Kasvaimen pituus	$r = 0.410$ (0.1 %)
Koko pituus	$r = 0.599$ (0.1 %)
Neulasten pituus	$r = 0.305$ (5 %)
Silmujen luku	$r = 0.688$ (0.1 %)

Vuoden 1966 kuntoluokan korrelaatiot saman vuoden tunnusten kanssa olivat seuraavat:

Mitatut tunnukset 1966	Arvioitu kuntoluokka 1966
Kasvaimen pituus	$r = 0.468$ (0.1 %)
Koko pituus	$r = 0.597$ (0.1 %)
Neulasten pituus	$r = 0.782$ (0.1 %)
Silmujen luku	$r = 0.800$ (0.1 %)

Yksikkönä laskuissa on ollut ruudun kaikkien taimien keskiarvo eli yhteensä 60 yksikköä. Suluissa on riskitaso, jolla arvo on merkitsevä. Merkitsevyyssrajat ovat: 5 % — 0.250, 1 % — 0.325 ja 0.1 % — 0.408.

Kuten havaitaan, korrelaatiot ovat vahvistuneet toisena vuotena. Ilmeistä on, että kuntoluokka tällöin kuvaa erittäin hyvin ominaisuuksien yhdistelmää. Myös kuntoluokan arvo seuraavan vuoden tunnuksia ennustettaessa on melko hyvä.

Luokituksen rehabiliteettia tarkastettiin vuoden 1966 koealoilla. Luokittajia oli kaksi. Tarkastus tehtiin arpomalla kustakin kokeesta yksi oma ja yksi toisen luokittama ruutu ja tekemällä arviointi näissä uudestaan (taulukko 6). Havaintoja oli yhtä monta kuin taimia eli 25 kpl kussakin ruudussa.

Taulukosta 6 voidaan todeta, että keskiarvot ovat erittäin lähellä toisiaan. Keskimääräisten kuntoluokkien välillä ei ole sanottavia eroja. Kun lisäksi otetaan huomioon, että yksikkönä on ollut yksi taimi, havaitaan, että kuntoluokitus on hyvinkin kiinteä subjektiivisuudestaan huolimatta. Tutkituissa ruuduissa ovat erot olleet korkeintaan yhden kuntoluokan suuruisia.

Selvää on, että kuntoluokitus on kasvupaikkakohtainen, koska kasvupaikan laatu asettaa rajat taimien kasvulle. Kuntoluokituksessa siis mittakaava muuttuu, mutta asteiden järjestys säilyy.

Yhteenvedona voi todeta, että tällainen subjektiivinen kuntoluokitus on käyttökelpoinen taimien kehitystä tutkittaessa. Sitä voidaan ilmeisesti käyttää vertailuun silloin kun on luokitettava samoissa olosuhteissa kasvavia taimia.

Parhaan mahdollisen luokkamäärän selvittäminen vaatisi tarkempia tutkimuksia samoin kuin se seikka, miten pitkälle tämänhetkinen kuntoluokka kuvaa kehitystä. Näiden asioiden selvittämiseen tämä aineisto ei ole tarpeeksi laaja.

Jos luokittajia on useita, on syytä arpoa tai muuten satunnaistaa luokiteltavat kohteet siten, että kullekin tulee samanverran taimia. Silloin kunkin luokittajan luokitustapa saa yhtä suuren painon.

Taulukko 6. Kuntoluokituksen pysyvyyden testaus, vuoden 1966 koe, luokitettu kasvukauden lopussa.

Table 6. Testing of reliability of grading; planted 1966, graded at the end of growth season.

Alue Area	Kuntoluokkien keskiarvot keskivirheineen/ruutu Mean vigor grades and their standard errors for plots		Luokitusten välinen korrelaatio- kerroin Correlation coefficient between gradings
	Luokittaja A, uudelleen luokittaja A Graded by A, regraded by A		
4. Radanvarsi	3.72±0.24	3.84±0.23	0.94
5. Pilpakangas	3.96±0.21	4.00±0.21	0.96
	Luokittaja A, uudelleen luokittaja B Graded by A, regraded by B		
4. Radanvarsi	4.08±0.29	3.64±0.26	0.94
5. Pilpakangas	3.84±0.14	3.96±0.14	0.70
	Luokittaja B, uudelleen luokittaja B Graded by B, regraded by B		
4. Radanvarsi	4.40±0.21	4.28±0.20	0.83
5. Pilpakangas	4.16±0.23	4.00±0.23	0.89
	Luokittaja B, uudelleen luokittaja A Graded by B, regraded by A		
4. Radanvarsi	4.36±0.13	4.16±0.16	0.70
5. Pilpakangas	3.52±0.20	3.48±0.25	0.87

43 KASVUPAIKKOJEN VAIKUTUS

Metsäkoealojen paikat on valittu siten, että taimien kehitystä voitaisiin seurata viljavuudeltaan ja kosteussuhteiltaan erilaisilla kasvupaikoilla sellaisissa

luonnonoloissa, joissa metsänviljelyä yleensä suoritetaan. Taimitarhaan kokeet on perustettu olettaen, että kun taimien kasvuun on mahdollisimman vähän vaikuttamassa häiritseviä tekijöitä, voitaisiin käsittelyiden väliset erot saada selvänä esille.

Kun koepaikat olivat näin erilaisia, oli odotettavissa esim. kasvutulosten olevan niin eri tasoisia, että kutakin koetta olisi pidettävä omana populaationaan ja tuloksia tästä syystä tarkasteltava alueittain. Tällöin analyysi tosin jakautuu vaikeammin tarkasteltaviksi osiksi, mutta tulokset ovat huomattavasti tarkempia, kun alueiden (kasvupaikkojen) vaikutusta ei oteta mukaan analyysin, sillä niiden vaikutus koostuu erittäin monista osatekijöistä (esim. maan raekokoomus, mikroilmasto, maan vesitalous, ravinne- ja hivenaineet), joita kerätyn aineiston perusteella ei voida juuri mitenkään ottaa huomioon tulosten tulkinnassa.

Tarkasteltaessa kokeiden tuloksia kokonaisuutena havaitaan kasvupaikkojen aiheuttama vaihtelu erittäin suureksi, joskaan alue sinänsä ei paljoa vaikuta käsittelyiden välisiin eroihin, vaan tunnusten kehityssuunnat säilyvät kasvupaikoista riippumatta melko hyvin. Muutamissa tapauksissa osoittautuivat alueiden ja taimien käsittelytapojen yhteisvaikutukset tilastollisesti merkitseviksi. Tämäkin tukee sitä päätelmää, että on syytä pitää kutakin aluetta omana itsenäisenä yksikönään. Esimerkkinä erojen suuruudesta voidaan tarkastella kasvainten pituutta, joka seuraavassa asetelmassa on esitetty alueittain:

Istutus 1965, inventointi 1965

Alue	Kasvain, cm	Keskiarvon keskivirhe, cm
1	5.542	0.304
2	5.413	0.192
3	7.505	0.252

$$F = 40.720*** ; \nu = 2/81$$

Istutus 1965, inventointi 1966

Alue	Kasvain, cm	Keskiarvon keskivirhe, cm
1	5.697	0.220
2	4.245	0.432
3	17.072	0.496

$$F = 326.339*** ; \nu = 2/81$$

Istutus 1966, inventointi 1966

Alue	Kasvain, cm	Keskiarvon keskivirhe, cm
4	6.322	0.194
5	6.552	0.258
6	7.679	0.193

$$F = 18.411*** ; \nu = 2/81$$

Erot ovat pääasiassa syntyneet metsäkoealojen ja taimitarhan välille, mutta myös Sanginsuun ja Muuraiskankaan (alueet 1 ja 2) keskiarvot toisena inventointivuotena on laskettava eri populaatioita edustaviksi.

Kasvupaikan vaikutuksesta koetuloksiin ja koejärjestelyyn on tehtävissä seuraavat johtopäätökset:

Kasvupaikka on erittäin pitkälle määrännyt taimien kehityksen tason.

Kasvupaikkojen aiheuttamat erot eivät tasoitu, vaan päinvastoin suurenevät kokeen vanhetessa.

Eri kasvupaikoilla taimien käsittelytavoista aiheutuvat erot ja niiden muutokset pysyvät saman suuntaisina, mutta erojen absoluuttinen suuruus on erilainen. Siten ei eri käsittelyeriä voida verrata muuten kuin alueiden sisällä. Eri alueilla olevia lohkoja ei voida pitää saman kokeen vertailukelpoisina toistoina, koska ne tasoerojen vuoksi eivät edusta samaa populaatiota.

Tämän tapaisia kokeita tehtäessä on syytä aina toistaa koe eri alueilla, koska alueiden ja tutkittujen käsittelytapojen yhteisvaikutus saattaa olla tilastollisesti merkitsevä.

5 VARASTOINNIN ONNISTUMISEEN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT

51 TAIMIEN KEHITYSVAIHE

Tutkimuksen kohteena olleet taimet nostettiin vuonna 1964 syyskuun viimeisellä viikolla ja seuraavana vuonna lokakuun lopussa. Oulun korkeudella kasvukausi on tällöin jo selvästi ohi ja männyn taimet ovat puutuneita ja lepotilassa. Tämä on ilmeisesti ollut onnistuneen pitkäaikaisen varastoinnin yksi perusedellytys, sillä tutkittaessa havupuun pitkäaikaista varastointia, on toistuvasti käynyt ilmi, että taimien tulee olla lepotilassa (WYCOFF 1960, KAHLER ja GILMORE 1961, ALDHOUS 1964, SANDVIK 1964, RUSTEN 1965). Männyllä yhtä vähän kuin kuusellakaan eivät elintoiminnat kuitenkaan lepotilan aikana kokonaan pysähdy, vaan ravinteiden otto, fotosynteesi, respiraatio ja haihdunta jatkuvat, jos olosuhteet ovat suotuisat. Jotta elintoiminnan jatkuminen ei aiheuttaisi maasta irti otetulle taimelle vaurioita, on varastoitaessa ulkoiset olosuhteet järjestettävä taimien säilymiselle sopiviksi.

52 VARASTON LÄMPÖTILA

Varastotiloissa ei yleensä voida luoda sellaisia olosuhteita, että nettofotosynteesiä tapahtuisi. Hengitys (respiraatio) kuluttaa näin ollen kaiken aikaa tai-

nessa olevaa vararavintoa. Mitä alempi lämpötila on sitä vähäisempää on hengitys. Kokeissaan kuusen taimilla SANDVIK (1965a) havaitsi, että kun lämpötila alennettiin 0,5°C:stä — 2°C:een ja edelleen — 6°C:een aleni hengityksen intensiteetti vastaavasti yhdestä puoleen ja sitten neljännekseen alkuperäisestä. Jotta respiraation aiheuttama kulutus jäisi vähäiseksi, pitäisi varaston lämpötilan olla alhainen. Alhainen lämpötila estää lisäksi haitallisten homeiden muodostumista. Tämä etu tosin saavutetaan jo lähestyttäessä jäätymäpistettä (vrt. DEFFENBACHER ja WRIGHT 1954, BJÖRKMANN 1956). Amerikassa tutkijat ovat (DEFFENBACHER ja WRIGHT 1954, WYCOFF 1960, LANQUIST ja DOLL 1960) yleensä päätyneet suosittelemaan 32 (33—34) . . . 35°F-lämpötilaa, mikä vastaa °C-asteissa 0 . . . 1,7°C. Englantilainen ALDHOUS (1964) on tutkinut männyn säilymistä 2°C ja — 5°C lämpötilassa ja havainnut, että edellisessä säilyminen oli varmempaa. Hän toteaaakin, että varastolämpötila — 5°C vaikutti sikäläisissä oloissa taimiin haitallisesti. Hän pitääkin sopivana varastolämpötilana 0 . . . 2°C. Norjalainen SANDVIK (1965a) katsoo, että säilytys olisi aloitettava lämpötilassa 0 . . . 1°C ja tammikuussa alennettava lämpötila — 6°C:een. Hän ei kuitenkaan suosittele menemistä alle tämän lämpötilan. Hänen maanmiehensä RUSTEN (1965) antaa alkutalvelle saman ohjeen, mutta katsoo, että myöhemmin voitaisiin käyttää lämpötilaa 0 . . . — 2°C. Kirjeessään 9. 2. 1967 SANDVIK suosittelee — 2 . . . — 3°C:n varastoimislämpötilaa. Vuorottaista sulamista ja jäätymistä pidetään taimille haitallisena (SANDVIK 1963).

Ankaran pakkastalven vuoksi lämpötila siinä varastossa, jossa tämän tutkimuksen koetaimet olivat talvikautena 1965—1966, painui joulukuun lopusta lähtien alle edellä puheena olleen — 6°C:een rajan ja aleni edelleen aina — 15°C asti. Siitä huolimatta taimet menestyivät hyvin istutuspaikalla. Tässä tapauksessa ei siis hidastunut lämpötilan lasku huomattavasti alle nykyisten suositusten ollut vaaraksi taimille. Käytännöllisessä toiminnassa ei liene kuitenkaan syytä pyrkiä varastoimisessa näin alhaiseen lämpötilaan, koska sama tulos saavutetaan jo korkeammassakin lämpötilassa ja koska alhaisten lämpötilojen käyttöön saattaa kätkeytyä riskejä (vrt. BALDWIN ja PLEASANTON 1952, BEAN 1963, MULLIN 1966). Varastorakennusten rakenteissa ja niiden lämmönsäätölaitteissa tosin voitaisiin saada aikaan säästöjä, jos varastoja ei tarvitsisi varautua pitämään lämpötilaltaan tasaisina kovilla pakkasilla. Alhaisten lämpötilojen vaikutusta varastoituihin taimiin kannattaa näin ollen edelleen tutkia. Käytännöllisessä toiminnassa on toistaiseksi syytä rakentaa sellaisia varastoja, joissa lämpötila todella voidaan pitää halutulla tasolla. Varastojen rakentamisesta antaa mm. SANDVIK (1963) ohjeita.

53 TAIMIEN KUIVUMISEN EHKÄISEMINEN

Männyn ja kuusen tapaiset havupuut ovat vaikeasti varastoitavia sen vuoksi, että niissä on mukana haihduttava neulasto. Tutkimustulosten perusteella onkin

toistuvasti tähdennetty sitä, että pahin vaara, mikä taimia varastoitaessa uhkaa, on kuivuminen (YLI-VAKKURI 1957a, b, c, 1961). Kuivuessaan juuret menettävät kosteutta nopeammin kuin versot (TARRANT 1964). Haihtumisen suuruus on luonnollisesti riippuvainen taimien solukon ja ympäristön ilman höyrynpaine-erosta. Yksi tapa välttää haihtumisen aiheuttamia vaurioita on näin ollen pitää varaston ilman suhteellinen kosteus hyvin suurena. SANDVIK (1959) totesi, että seitsemän kuukautta kestänyt kuusen ja lehtikuusen taimien säilytys 80 %:n suhteellisessa kosteudessa ja lämpötilassa, joka vaihteli 0 . . . 2°C, johti vielä suuriin kuivumisvahinkoihin kokeissa mukana olleilla kuusella ja lehtikuusella. TARRANT (1964) havaitsi samoin douglaskuusen taimien kuivumista, kun niitä säilytettiin 8 viikkoa 95 %:n suhteellisessa kosteudessa ja 35°F:n (1,7°C) lämpötilassa. Onnistuneen pitkäaikaisen varastoinnin perusedellytyksenä pidetäänkin yleensä suhteellisen kosteuden säilyttämistä hyvin korkeana taimien ympäristössä (DEFFENBACHER ja WRIGHT 1954, LANQUIST ja DOLL 1960, ALDHOUS 1964, TARRANT 1964, SANDVIK 1959, 1965a, b, RUSTEN 1965). Jos taimia säilytetään niin, että versot ovat vapaina, on varaston ilma pidettävä hyvin kosteana. Kuivumisvaurioita voidaan luonnollisesti vähentää pakkaamalla taimien juuret kosteaa turpeeseen tai muuhun sopivaan pakkausaineeseen ja toimittamalla aika-ajoin kastelu. Kaikkien nipussa olevien taimien juuret eivät kuitenkaan pääse kastelusta kostumaan eivätkä ne myöskään ole kostean pakkausaineen kanssa riittävästi kosketuksessa, niin että kuivumista kaikesta huolimatta saattaa tapahtua. Huolehtimalla varastotilan ilman suhteellisen kosteuden säilyttämisestä korkeana ja pakkaamalla taimet asianmukaisesti ja tarvittaessa vielä kastelamalla voidaan taimia versot vapaana kyllä menestyksellisesti säilyttää yli talven. Taimien päälle voidaan levittää vielä kevyt muovikalvo. Tällaista menetelmää käytetään mm. Norjassa (SANDVIK 1963, RUSTEN 1965).

Sulkemalla taimet bitumivahvisteisiin paperisäkkeihin tai muovipusseihin voidaan haitallista haihtumista tehokkaasti estää. Tässä tutkimuksessa kävi ilmi, että taimet näin pakattuina säilyvät hyvin talven yli. Samanlaisia tuloksia on saatu muuallakin (LANQUIST ja DOLL 1963, ALDHOUS 1964, STEFANSSON 1965, 1966). Taimia ei saisi sulkea pusseihin märkinä, koska se edistää homeiden ilmesytymistä. Taimien ja pakkausaineiden tulisi olla kylmiä; muuten niistä tiivistyy pussiin kosteutta (MAHLSTEDE ja FLETCHER 1960).

ALDHOUS (1964) suosittelee, että pitkään säilytetyt taimet joka tapauksessa kunnollisesti kastellaan ennen käyttöä. Tämän tutkimuksen yhteydessä todettiin, että se ei parantanut tuloksia. Tämä on ymmärrettävä niin, että taimiin ei ollut syntynyt veden vajausta. Silloin kun sellaista esiintyy, kastelu kyllä auttaa (vrt. YLI-VAKKURI 1957a).

Kuivumisvaaran estämiseksi on kokeiltu paljon erilaisia haihtumista estäviä aineita (vrt. KOZLOWSKI 1966, ROY 1966). Niillä ei ainakaan pitkäaikaisessa varastoinnissa ole toistaiseksi ollut käytännöllistä merkitystä.

54 HOMEIDEN JA SIENITAUTIEN TORJUNTA

Kokeenalaisissa taimissa ei esiintynyt varastoimisen seurauksena hometta eikä sienitauteja. Mitään erityistä fungisiidikäsittelyä ei kuitenkaan suoritettu taimia varastoon pakattaessa. Samanlaisia tuloksia on saanut STEFANSSON (1965). Homeita ja sienitauteja saattaa kuitenkin esiintyä (vrt. BJÖRKMAN 1956, ALDHOUS 1964). Epäsuhtainen lannoitus saattaa edistää sieni-infektiota (de HAAS ja WENNE-MUTH 1962). Norjalaiset pitävät tarpeellisena, että varasto kerran vuodessa perusteellisesti desinfioidaan ja että myös pakkauslaatikot ja taimet käsitellään fungisideillä (RUSTEN 1965).

55 VARASTOITUJEN TAIMIEN ISTUTUSKELPOISUUDEN TOTEAMINEN

Pitkäaikaiseen varastoimiseen sisältyy tietenkin vaara, ettei kaikki suunnitelmien mukaisesti ja että taimien istutuskelpoisuus sen vuoksi heikkenee. Taimien istutuskelpoisuus pitäisi näin ollen kyetä toteamaan ennen istutusta. Ennestään jo tiedetään (vrt. YLI-VAKKURI 1957 b, c ja 1961), että pakkauksia purettaessa tottunut tarkkailija voi tehdä silmävaraisestikin oikeaan osuvia päätelmiä. Paha kuivumisvaurio ilmenee tietenkin siten, että neulaset karisevat. Myös juuria on syytä tarkastella. Jos juuret vaikuttavat kuivilta, taimien istutuskelpoisuus saattaa olla heikko. WILNER ja VAARTAJA (1958) katsovat, että kuivumisen astetta voitaisiin selvittää tutkimalla taimien nesteiden sähkönjohtokykyä. Varastoidusta erästä voitaisiin tietenkin ottaa myös näytetaimia ja saattaa ne suotuisissa olosuhteissa (esim. huonelämmössä ja kosteaan turpeeseen istutettuina) nopeaan kasvuun, jotta nähtäisiin missä määrin juuriin muodostuu uusia eläviä kärkiä. Mitä enemmän tällaisia kärkiä esiintyy, sitä paremmin taimet istutettaessa menestyvät (vrt. YLI-VAKKURI 1957).

Taimia pitkään säilytettäessä niiden tärkkelysvarastot vähenevät. Tällaiset taimet menestyvät istutettaessa heikommin kuin varastoimattomat taimet (vrt. LANQUIST ja DOLL 1960). HELMERSIN (1962) mukaan tärkkelyksen esiintymistä ja määrää taimessa voidaan käyttää tutkittaessa taimien istutuskelpoisuutta. Havaintojen mukaan tärkkelys häviää ensinnä versoista ja sitten juurista. Varastoitujen taimien fysiologista tilaa voidaan tutkia tekemällä tavallinen jodikoe katkaistusta pinnasta. Se ei selvitä tietenkään muita taimen vaurioita, esim. veden vajauksen aiheuttamia.

Lopullisen selvyuden taimien kunnosta antavat istutuskokeet. Jos talven yli ulottuvaa varastointia ryhdytään laajassa mitassa käyttämään, olisi ehkä paikallaan koeistutuksin jatkuvasti seurata varastoinnin onnistumista.

SANDVIKIN (1965a) mukaan varastoidut taimet on saatava maahan viimeistään kesäkuun loppuun mennessä, jotta ne ehtisivät kasvaa ja tehdä silmun. Pitemmällekin ulottuva varastoiminen on mahdollista, mutta silloin saatetaan menettää vuoden kasvu.

6 YHDISTELMÄ

Tämän tutkimuksen päätarkoituksena on ollut istutuskokein selvittää yli talven varastoitujen männyn taimien käyttökelpoisuutta. Samalla on tutkittu varastoinnin päätyttyä tapahtuneen kastelun (juurten liottaminen vedessä) vaikutusta istutustuloksiin. Lisäksi on haluttu koota ja jossain määrin täydentää tietoja niistä olosuhteista, joissa taimien pitkäaikainen säilyttäminen on mahdollista. Aineistoa käsiteltäessä on samalla pohdittu niitä tunnuksia, joiden avulla taimien menestymistä voidaan parhaiten kuvata.

Koeistutukset perustettiin Oulujoelle keväällä 1965 ja 1966 Keskusmetsäseura Tapion Ala-Kärpän taimitarhaan ja kahteen paikkaan metsään. Kokeissa verrattiin talven yli varastoituja taimia taimipenkeissä talvehtineisiin. Kokeissa oli mukana kaikkiaan 4 500 tainta. Varastoiduista taimista puolet istutettiin sellaisenaan, toisen erän taimia liotettiin vedessä vuonna 1965 3 . . . 9 tuntia ja seuraavana vuonna 14 . . . 21 tuntia. Kokeessa käytettiin yksinkertaista arvottujen lohkojen (*randomized block*) koejärjestelyä. Jokaisessa lohossa oli kolme eri käsittelyiden muodostamaa ruutua ja niissä kussakin 25 tainta.

Taimien varastoinnissa oli mukauduttava vallitseviin olosuhteisiin ja varastoimistapoihin sellaisinaan. Ensimmäisenä talvena varaston lämpötila vaihteli 4 . . . — 6°C ollen kuitenkin pääosan ajasta jäätymispisteen alapuolella. Seuraavana talvena lämpötila pysyi tavoitelluissa — 4 . . . — 6°C rajoissa vain varastoinnin alussa ja painui sitten keskitalvella aina — 15°C asti.

Koetaimet olivat avomaalla kasvatettuja 2 + 1-männyntaimia. Ne nostettiin vuonna 1964 syyskuun lopussa ja säilytettiin kylmässä varastossa laatikoissa, joiden pohjalla oli kostea turvekerros, aina joulukuun alkuun asti, jolloin taimet pakattiin bitumivahvisteisiin voimapaperisäkkeihin, jotka suljettiin tiiviisti. Syksyllä 1965 koetaimet nostettiin lokakuun lopussa ja pantiin avoimissa muovipusseissa paperisäkkeihin. Säkit suljettiin vasta joulukuun alussa.

Vertailutaimet nostettiin keväällä 1965 ennen silmujen puhkeamista ja säilytettiin suljetuissa säkeissä kylmässä varastossa. Seuraavana vuonna vertailutaimet, joiden ottopaikka oli arvottu jo syksyllä ennen toisten koe-erien varastoon vientiä, nostettiin kesäkuun alussa. Taimien kasvu oli tällöin jo alkanut ja kasvain venynyt 2 . . . 5 cm:n pituiseksi.

Vuoden 1965 kokeet inventoitiin perustamisvuonna ja sitä seuraavana; myöhemmät kokeet vain perustamisvuonna. Inventoinneissa mitattiin taimien kokonaispituus, kasvainten ja neulasten pituus, luettiin uusien silmujen lukumäärä ja luokiteltiin taimet elinvoimaisuuden mukaisesti ryhmiin (kuntoluokkiin).

Koetuloksia analysoitaessa nojaututtiin pääongelman osalta lähinnä varianssi-analyysin antamiin tuloksiin seurattaessa tunnusten kehitystä. Tällöin oli yksikönä yksi ruutu (25 tainta). Kuolleisuutta tutkittiin χ^2 -testillä käyttäen yksikönä yhtä tainta.

Metodisissa selvittelyissä pyrittiin varianssianalyysillä saamaan tietoa kasvupaikkojen vaikutuksesta ja korrelaatioanalyysillä tunnusten keskinäisestä riippuvuudesta sekä saman vuoden että peräkkäisten vuosien aikana. Subjektiviisen kuntoluokituksen hyvyttä tutkittiin lähinnä korrelaatioanalyysin avulla vertaamalla kuntoluokkia eri tunnuksiin. Tutkimus on johtanut seuraaviin tuloksiin:

Männyn taimien varastointi yli talven kylmähuoneessa ja pääosan ajasta tiiviisiin säkkeihin suljettuina ei istutuskokeiden mukaan lisännyt taimien kuolleisuutta keväällä nostettuihin verrattuna. Varastoitujen taimien kastelu liottamalla niiden juuria vedessä ei vaikuttanut taimien kuolleisuuteen. Kuolleisuus oli kaikissa käsittelyerissä ensimmäisellä ja toisella kasvukaudella jokseenkin vähäistä ja ilmeisesti eniten riippuvainen kasvupaikasta ym. paikallisista tekijöistä. Siemenpuiden tuoreitten kantojen havaittiin lisäävän lähistöllään *Hylobius*-tuhoja.

Elävien taimien kehitystä tarkasteltaessa pituuskasvun, neulasten pituuden, silmujen ja taimien kuntoluokituksen perusteella havaittiin talven yli varastoitujen taimien eri kokeissa kehittyneen joko yhtä hyvin, paremmin tai huonommin kuin keväällä nostettujen. Mitään yhtenäistä, selvää, samansuuntaista eroa, ei siis voitu havaita, vaikka yksittäisten kokeiden ja inventointihetkien tulosten perusteella saattoi eroja esiintyä. Perättäiset inventoinnit osoittivat, että istutuskasvun havaitut kehityserot saattavat tasoittua jo seuraavana kasvukautena, jopa muuttua päinvastaisiksi. Tämäntapaisia kokeita pitäisi sen vuoksi kyetä seuraamaan usean vuoden ajan.

Taimien sulkeminen tiiviisiin säkkeihin yli talven ulottuvassa varastoinnissa osoittautui sopivaksi menetelmäksi, joka tehokkaasti esti vedenvajauksen syntymisen taimiin, mikä ilmeni siitä, että varastoinnin päätyttyä suoritettu perusteellinen kastelu (juurien liottaminen vedessä) ei parantanut istutustulosta. Yli talven varastoiduissa taimissa ei havaittu hometta eikä sienitauteja.

Kokeessa käytetyssä varastossa lämpötila laski poikkeuksellisen kylmänä talvena 1965—1966 aina -15°C asti ja oli sen lisäksi pitkän aikaa (kuva 1) huomattavasti alle yleisesti suositellun varastoimislämpötilan. Tästä huolimatta taimet säilyivät hyvin. Tämä tulos saavutettiin olosuhteissa, joissa taimet hitaasti jäätivät ja samalla tavalla keväällä jälleen sulivat. Koska tällaiseen varastointiin muiden tutkimusten mukaan kätkeytyy riskejä, ei sitä voida suositella käyttöön ilman lisätutkimuksia. Lähemmin niitä olosuhteita, joissa taimien pitkäaikainen varastointi yleensä on mahdollista ja joissa sen pitäisi tapahtua, on käsitelty luvussa 5.

Koska istutuskokeiden taimista määritettiin inventoinneissa monia tunnuksia (alkupituus, kasvainten pituus, loppupituus, neulasten pituus, uusien silmujen

lukumäärä, taimien kuntoluokka) oli mahdollisuus tutkia näiden kelvollisuutta taimien kehityksen ja kehityskelpoisuuden kuvaamisessa. Tällöin voitiin todeta, että jo toisena kasvukautena istutuksen jälkeen eri tunnusten väliset korrelaatiot olivat erittäin korkeita ja että tunnuksat kehittyivät samansuuntaisesti. Ilmeisesti pitempiä jaksoja tarkasteltaessa ei olisi tarpeellista mitata niin monia tunnuksia kuin tässä tutkimuksessa. Mahdollisesti jo kasvaimen pituus antaisi tarpeeksi hyvän kuvan taimen kehitysedellytyksistä; pitkäköjä jaksoja tarkasteltaessa riittäisi todennäköisesti taimen pelkkä kokonaispituus.

Subjektiviivista taimien kuntoluokitusta muihin mitattuihin tunnuksiin verrattaessa voitiin todeta selviä korrelaatioita, jotka vahvistuivat istutuskokeen toisena kasvukautena. Ilmeistä on, että kuntoluokitus tällöin erittäin hyvin kuvaa taimien ominaisuuksien yhdistelmää. Kuntoluokan arvo seuraavan vuoden tunnuksien kehitystä ennustettaessa on myös melko hyvä. Sanottavaa eroa ei havaittu saman luokittajan alkuperäisen ja uudestaan tapahtuneen luokituksen välillä eikä kahden eri luokittajan luokitusten välillä. Jos luokittajia on useita, lienee kuitenkin syytä arpoa tai muuten satunnaistaa luokiteltavat kohteet siten, että kullekin tulee samanverran taimia, jotta kunkin luokittajan luokitustapa saa yhtä suuren painon. Taimien subjektiivinen kuntoluokitus näytti olevan kasvupaikkakohtaisesti erilainen ja siis käyttökelpoinen verrattaessa samanlaisissa olosuhteissa kasvaneita taimia.

Tutkittaessa kasvupaikan vaikutusta koetuloksiin saatiin samalla muutamia viitteitä tämäntapaisten kokeitten järjestelystä. Korostuneesti tuli esiin se sinänsä luonnollinen asia, että kasvupaikka erittäin pitkälle määräsi taimen kehityksen tason ja että kasvupaikkojen erot eivät tasoittuneet, vaan päinvastoin suurenvat kokeen vanhetessa. Näin ollen eri alueilla olevia lohkoja ei voida pitää saman kokeen vertailukelpoisina toistoina, koska ne tasoerojen vuoksi eivät edusta samaa populaatiota. Eri koeysiköiden vertailun tulee siis tapahtua alueiden puitteissa. Kokeita on syytä toistaa eri alueilla, koska alueiden ja käsittelyiden yhteisvaikutus saattaa olla tilastollisesti merkitsevä.

KIRJALLISUUSLUETTELO

- AHOLA, V. K. 1955. Istutus keväällä taimimaasta syksyllä nostetuilla taimilla. Summary: Forest planting in the spring with seedlings taken from the nursery in the fall. *Metsätaloudellinen aikakauslehti* 72.9.
- ALDHOUS, J. R. 1964. Cold-storage of forest nursery plants. An account of experiments and trials; 1958—63. *Forestry* 37.1.
- BALDWIN, H. I. & PLEASANTON, A. 1952. Cold-storage of nursery stock. *Fox Forestry Notes* 48.
- BEAN, S. D. 1963. Can bundled seedlings survive freezing. *Tree Planters' Notes* 58.
- BJÖRKMÄN, ERIK. 1956. Om lagring av tall- och granplantor. Summary: On storage of pine and spruce plants. *Norrlands Skogsvårdsförbunds Tidskrift*, s. 465—483.
- DEFFENBACHER, W. & WRIGHT, E. 1954. Refrigerated storage of conifer seedlings in the Pacific Northwest. *Journal of Forestry* 52.12.
- DUFFIELD, J. W., & EIDE, R. P. 1959. Polyethylene bag packaging of conifer planting stock in the Pacific Northwest. *Journal of Forestry* 57.8.
- de HAAS, P. G. & WENNEMUTH, G. 1962. Kühllagerung von Baumschulgehölzen. *Gartenbauwissenschaften (München)* 27.2—3.
- HELLMERS, HENRY. 1962. Physiological changes in stored seedlings. *Tree Planters' Notes* 53.
- HOPKINS, G. M. 1938. Survival of nursery stock after cold storage. *Fox Forest' Notes* 11.
- JACOBSSON, FOLKE. 1955. Vinterförvaring av höstupptagna plantor. *Skogen* 42.7.
- JOHNSON, L. P. V. 1952. An introduction to applied biometrics. 2 nd.pr. Minneapolis, Minnesota.
- KAHLER, L. H. & GILMORE, A. R. 1961. Field survival of cold stored loblolly pine seedlings. *Tree Planters' Notes* 45.
- KOZLOWSKI, T. T. 1966. Physiological implications in afforestation. *Sexto congreso forestal mundial*. Madrid.
- LANQUIST, K. B. & DOLL, J. H. 1960. Effect of polyethylene and regular packing methods on ponderosa pine and Douglas-fir seedlings stored over winter. *Tree Planters' Notes* 42.
- LINDLEY, D. V. & MILLER, J. C. P. 1962. *Cambridge elementary statistical tables*. 4th ed. Cambridge.
- MAHLSTEDTE, J. P. & FLETCHER, W. E. 1960. Storage of nursery stock. Department of Horticulture. Iowa Agricultural and Home Economics Experiment Station. Iowa State University. Ames, Iowa.
- MATTILA, SAKARI. *Tilastotiede II*. Moniste. Helsinki.
- MULLIN, R. E. 1966. Overwinter storage of baled nursery stock in Northern Ontario. *The Commonwealth Forestry Review* 45 (3): 125.
- ROY, D. F. 1966. Effects of a transpiration retardant and root coating on survival of Douglas-fir planting stock. *Tree Planters' Notes* 79.
- RUSTEN, ARNE. 1965. Vinterlagring av plantor. *Årsskrift for Norske Skogsplanteskoler*.
- RUTH, R. H. 1953. Survival and growth of fresh and stored planting stock. *Pacific and Northwest Forest and Range Experiment Station, Research Note* 93.

- SANDVIK, MARTIN. 1959. Vinterlagring av skogplanter i skur og på kjølelager. *Norsk skogbruk* 5,8.
- »— 1963. Bygging av kjølelager for skogplanter. *Årsskrift for Norske Skogsplanteskoler*.
- »— 1964. Refrigerated storage of coniferous plants during winter. The First Session of the Joint Working Party on the Techniques of Forest Extension and Restoration.
- »— 1965 a. Vi kan trygt anbefale full vinterlagring av granplanter. *Norsk skogbruk* 11/5.
- »— 1965 b. Fra planteseng till plantegrop. *Svenska Skogsvårdsföreningens Tidskrift nr 3*.
- SCHMIDT-VOGT, HELMUT. 1966. *Wachstum und Qualität von Forstpflanzen*. München, Basel, Wien.
- SCIENTIFIC TABLES. 1962. *Documenta Geigy*. Basel.
- SNEDECOR, G. W. 1959. *Statistical methods*. 5th ed. Ames, Iowa.
- STEFANSSON, ERIC. 1965. Nytt sätt att förvara plantor. *Skogsbruket* 3.
- »— 1966. Lagring av plantor. *Skogsodling och skogsodlingsmekanisering i Norrland*. Stockholm.
- TARRANT, R. F. 1964. Top and root moisture content of stored Douglas-fir planting stock. U.S. Forest Service. *Research Paper* 13.
- TIRÉN, LARS. 1958. Om försök med plantering av tall och gran i Norrland. Summary: Planting of pine and spruce in Norrland. *Meddelanden från Statens Skogsforskningsinstitut* 47.5.
- WILDE, S. A., VOIGT, G. K. & IYER, I. G. 1964. *Soil and plant analysis for tree culture*. 3rd ed. New Delhi, Kharagpur and Calcutta.
- WILNER, J. & VAARTAJA, O. 1958. Prevention of injury to tree seedlings during cellar storage. *The Forestry Chronicle* 34.1.
- WYCOFF, HUGH. 1960. Refrigerated storage of nursery stock. *Tree Planters' Notes* 42.
- YLI-VAKKURI, PAAVO. 1957 a. Tutkimuksia taimien pakkauksesta ja kuljetuksesta. Summary: Investigations into the packing and transportations of plants. *Communications Instituti Forestalis Fenniae* 49.1.
- »— 1957 b. Tutkimustuloksia taimien pakkauksesta ja kuljetuksesta. *Metsälehti n:o* 14—15, 16, 17, 18, 19, 20, 21.
- »— 1957 c. Eräitä tutkimustuloksia taimien pakkauksesta ja kuljetuksesta. Some results of a study on packing and transportation of planting stock. *Metsätaloudellinen aikakauslehti* 74.6.
- »— 1961. Taimien suojele noston ja istutuksen välisenä aikana. Eripainos *Kasvinsuojelu-seuran julkaisusta n:o* 21.
- »— 1966. Tutkimustuloksia taimien varastoinnista. *Metsälehti n:o* 19.

OVERWINTER COLD-STORAGE AND ITS EFFECT ON THE
FIELD SURVIVAL AND GROWTH OF PLANTED SCOTS PINE

Summary

This study has mainly been carried out to find out experimentally the planting vigor of pine transplants stored over the winter. Simultaneously, the effect of soaking the roots in water after storage on the planting results has been studied. We have also wanted to gather and to a certain extent supplement existing information on conditions in which plants can be stored for long periods of time. The plant characteristics providing the best description of field survival have also been studied.

The experimental plantings were established in northern Finland, near the city of Oulu (65°N) in the springs 1965 and 1966, in a nursery of Central Forest Association Tapio and at two forest sites. In the experiments, plants in winter storage were compared to plants that had wintered in nursery beds. A little over 4500 transplants were studied. A half of the stored ones were planted as such, the others were soaked in water for 3 . . . 9 hours (1965) and 14 . . . 21 hours (1966). The experimental design was a simple randomized block design. Each block consisted of three variously treated plots (quadrats) of 25 plants each.

In plant storage, prevailing conditions and storing methods had to be used. In the first winter, the storage temperature varied between 4 . . . -6°C, but was below freezing most of the time. In the following winter, the temperature was at -4 . . . -6°C (target temperature) only during the first part of the storing period, and sank down to -15°C in midwinter.

Open-grown 2 + 1 pine transplants were used in the experiment. They were lifted in 1964 at the end of September, stored in the cold in boxes on top of a moist peat layer to the beginning of December; then they were packed into bitumen-strengthened kraftpaper bags, which were tightly closed. In the fall 1965, the plants were lifted at the end of October and put into open plastic bags, which were stored in paper sacks. The paper sacks were closed in the beginning of December.

The control plants were lifted in spring 1965 before bud break and stored in closed bags in a cold store. In the following year the control plants were lifted in early June from spots, randomly selected already in the fall, before storing the other test lots. The plants had started to grow: the shoots were already 2 . . . 5 cm long.

The 1965 experiments were measured in the year of establishment and the next, the later experiments only in the year of establishment. In the measurements, the total plant height and shoot and needle lengths were measured, the number of new buds was counted, and the plants were graded according to vigor. For the experimental results, the main problem was studied mainly by analysis of variance, in studying changes in plant characteristics. A unit of one quadrat (25 plants) was used. Survival was tested by chi-square from one-plant units.

In the methodical studies, analysis of variance was used to get information on the effect of site, and correlation analysis, on the mutual dependence of the characteristics both during a single year and during two consecutive years. The validity of subjective grading was studied mainly by correlation analysis, by comparing the grades to various characteristics. The study led to the following results:

Winter storage of pine transplants in a cold store, and tightly closed into bags for the major period, did not, according to planting experiments, increase plant mortality as compared to lifting in the spring. Soaking the stored-plant roots in water did not affect plant mortality. Mortality was rather small in all treated lots and probably more dependent on planting site and other local factors. It was found that the nearness of fresh tree stumps increased *Hylobius* damage.

The leader growth, needle length, bud number, and plant grade of living transplants indicated that the plants stored over the winter did as well, better, or less well than those lifted in the spring. No consistent, clear difference was thus found, though differences were found among results for single experiments and for different times of measurement. Consecutive measurements showed that the differences in development, observed in the summer of planting, may even off in the following growing season or even contrast with the previous one. Such experiments should therefore be carried through several years.

Sealing the plants into tight bags for winter storage proved to be a suitable method, efficient preventing water shortage in the plants. This was indicated by the lack of response in planting success to soaking the roots thoroughly in water after storage. No molds or fungal diseases were found in the stored plants.

In the store used in the experiment, the temperature sank to -15°C during the exceptionally cold 1965-1966 winter and for a long period (figure 2), it was also considerably below the generally recommended storing temperature. In spite of this, the plants survived well. This was the result in conditions, where the plants froze slowly in the fall and also thawed out slowly in the spring. Since, according to other studies, risks are attached to this type of storage it can not be recommended without additional research. The conditions, in which

long-period plant storage usually is possible and in which it should be carried out, are described in chapter 5.

Since many characteristics of the planted pines were measured in the field (initial height, shoot length, final height, needle length, number of new buds, vigor grade), it was possible to study the validity of these in describing plant development. It was found that in the second growing season after planting, the correlations between the various characteristics were very high and that the characteristics developed according to consistent trends. Apparently, when longer periods are studied it is not necessary to measure as many characteristics as in this study. Shoot length would probably give an adequate picture of the development potential of the plant; when long periods are studied, a single value for total plant height would suffice.

In comparisons of subjective vigor grading with the other, measured, characteristics, a clear correlation was found which improved during the second field-growing season. The vigor-grading system apparently describes the plant-characteristic combination well. The value of the vigor grade in predicting plant-characteristic development in the following year is also fairly good. A statistically significant difference was not found between the initial and renewed grading by the same person in the same experiment, or in grading by different persons. When several persons carry out the grading, it is probably advisable to randomize the stock to be graded so that each person grades the same number of plants, and the grading method of each person becomes similarly weighted. Differences were found in the grading system for different sites. The system is thus usable, where plants growing in similar conditions are to be compared.

In studies on the effect of site on the experimental results, some hints on the arrangement of such experiments were obtained. The results emphasized the obvious fact that site has a rather decisive effect on the level of plant development, and that the differences among sites do not even off; on the contrary, they may increase with time. Thus blocks in different areas can not be considered comparable replicates of the same experiment, since they do not, due to level differences, represent the same population. Comparisons of different experimental units must be made within areas. Experiments should be carried out in various areas, since the interaction of areas and treatments may be statistically significant.

ACTA FORESTALIA FENNICA

EDELLISIÄ NITEITÄ — PREVIOUS VOLUMES

VOL. 85, 1968. JOUKO MÄKELÄ.

Puunkorjuun tuottavuuteen vaikuttavat tekijät maatilametsätaloudessa. Summary: Factors Affecting Logging Productivity in Farm Forests.

VOL. 86, 1968. BROR-ANTON GRANVIK.

Sahaustuloksen määrä ja laatu havutukkien kenttäpyörösahauksessa. Summary: The Quantity and Quality of the Sawing Yield in Sawing Coniferous Logs with Circular Saws.

VOL. 87, 1968. EINO OINONEN.

Lycopodium clavatum L.— ja *L. annotinum* L.-kasvustojen laajuus rinnastettuna samanpaikkaisiin *L. complanatum* L.- ja *Pteridium aquilinum* (L.) KUHN-esiintymiin sekä puuston ikään ja paloaikoihin. Summary: The Size of *Lycopodium clavatum* L. and *L. annotinum* L. Stands as Compared to *L. complanatum* L. and *Pteridium aquilinum* (L.) KUHN Stands, the Age of the Tree Stand and the Dates of the Fire, on the Site.