



Pekka Helenius



Jaana Luoranan



Risto Rikala

Pekka Helenius, Jaana Luoranan ja Risto Rikala

## Kesällä istutettavien, kasvussa olevien kuusen paakkutaimien käsittelykestävyys ja maastomenestyminen

**Helenius, P., Luoranan, J. & Rikala, R.** 2002. Kesällä istutettavien, kasvussa olevien kuusen paakkutaimien käsittelykestävyys ja maastomenestyminen. *Metsätieteen aikakauskirja* 4/2002: 547–558.

Kasvussa olevien kuusen (*Picea abies* (L.) Karst.) puolitoistavuotiaiden paakkutaimien vaurioitumisherkkyttä käsittelyn aikana tutkittiin Suomenjoelle vuosina 1999 ja 2000 perustetussa koesarjassa. Tutkimuksessa selvitettiin suojaamattoman kuljetuksen (0, 10, 30, 60 ja 120 km ja 0, 50, 100 ja 150 km), taimipakkausten pudottelun (0, 10, 30, 60 ja 120 pudotusta betonilattialle 0,5 m:n korkeudelta), välivarastoinnin (7 ja 14 vrk erilaisissa lämpö- ja valaistusoloissa) sekä yhdistetyn kuljetuksen (0, 50, 100 ja 150 km) ja välivarastoinnin (9 vrk kastellen ja ilman kastelua) vaikutusta kesä-heinäkuussa taimitarhapellolle istutettujen taimien elossaoloon ja kasvuun.

Taimien vaurioitumisherkkyys käsittelyssä ja vaurioiden merkitys taimien myöhemmälle kasvulle osoittautui odotettua vähäisemmäksi. Selvimmin taimien pituuskasvua heikensivät välivarastoinnin aikainen kuivuminen sekä pitkä (100–150 km) suojaamaton kuljetus kesäkuun puolivälissä. Käsittelyillä ei ollut vaikutusta taimien elossaoloon. Vähäisestä vaurioitumisherkkydestä huolimatta kesällä istutettavat, kasvussa olevat kuusen paakkutaimet kannattaa suojata pitkissä kuljetuksissa ja istuttaa nopeasti kuljetuksen jälkeen tai kastella päivittäin mahdollisen välivarastoinnin aikana.

Asiasanat: kesäistutus, kuljetus, kuolleisuus, *Picea abies*, pituuskasvu, rasisuskestävyys, taimipakkaus, välivarastointi, yhdistelmästressi

Yhteystiedot: Metla, Suomenjoen tutkimusasema, Juntantie 40, 77600 Suomenjoki

Sähköposti pekka.helenius@metla.fi; jaana.luoranan@metla.fi; risto.rikala@metla.fi

Hyväksytty 9.10.2002

## I Johdanto

Kuusen ja koivun istutusta voidaan viimeaikaisen tutkimustulosten mukaan jatkaa menestyksellisesti keväästä kesään. Keskellä kesää kasvavina istutetut kuusen ja rauduskoivun paakkutaimet ovat kasvaneet paremmin kuin syksyllä tai seuraavana keväänä istutetut saman taimierän taimet (Luoranen 2000, Luoranen ym. 2001). Syynä kesällä istutettujen taimien hyvään kasvuun on osaltaan se, että taimien juurtumiskyky on sekä kuusella että koivulla korkeimmillaan heinäkuussa, jolloin myös maan lämpötila on juurten kasvuille suotuisa (Ryypö ym. 1998, Luoranen 2000, Luoranen ym. 2001). Kasvussa olevien taimien heikkoutena on niiden alhaisempi rasiustekävyys lepotilaisiin taimiin verrattuna (Coutts 1981, Ritchie 1986, Deans ym. 1989).

Huolellisesti perustetuissa, istutusajankohtaa selvittävässä kokeissa ei aina tule esiin taimien käsittelyyn liittyvien riskitekijöiden vaikutus uudistamistulokseen. Taimitarhat sijaitsevat usein etäällä uudistusalalta, joten käytännössä taimia joudutaan kuljettamaan ja varastoimaan vaihtelevissa olosuhteissa ennen istutusta. Pohjois-Savon ja Pohjois-Karjalan metsänhoitoyhdistyksille vuonna 2001 tehdyn kyselyn mukaan taimien kuljetusmatka taimitarhalla välivarastoon oli pisimmillään 300 km ja välivarastosta uudistusosalalle 50 km. Taimen matka tarhalla istutukseen välivarastointi mukaanlukien kesti pisimmillään 45 vrk (Rantala, Juho, Metla, julkaisematon aineisto).

Kuljetuksen ja välivarastoinnin aikana taimet altistuvat erilaisille rasiustekijöille, joita ovat esim. kuivuus, liian alhaiset tai korkeat lämpötilat, tärinä ja mekaaniset iskut (Kauppi 1984, McKay 1997, Stjernberg 1997). Toisin kuin paljasjuurisilla taimilla, paakkutaimilla juurten ympärillä oleva turvepaakku suojaa juuria kuivumiselta, toimii vesivarastona ja eräänlaisena juurten turvatyynynä mekaanisia iskuja ja hankausta vastaan (Stjernberg 1997, Kiiskila 1999). Toisaalta turvepaakku ja siihen sitoutunut vesi lisäävät taimipakkausten painoa, jolloin taimiin kohdistuu suurempia voimia esimerkiksi taimipakkauksia pudoteltaessa (McKay 1997). Kuljetuksessa ja varastoinnissa on tyypillistä että taimiin vaikuttaa samanaikaisesti useampi rasiustekijä ja

että näistä taimelle aiheutuva rasiustekijä on voimakkaampi kuin yksittäisten tekijöiden summa (Deans ym. 1990, McKay 1997). Pitkäkestoinen tai riittävän voimakas rasiustekijä johtaa taimen heikentymiseen tai pysyvään vaurioitumiseen (Larcher 1995).

Uudistamistuloksen kannalta taimen kunnolla istutushetkellä on ratkaiseva merkitys, sillä heikentyneillä taimilla on pienemmät mahdollisuudet selvitä istutuksen jälkeen lähes poikkeuksetta esiintyvistä kuivuusstressistä (Yli-Vakkuri 1957, Huuri 1972, Burdett 1990, Grossnickle 2000). Kasvupaikan ominaisuudet ja sääolot puolestaan vaikuttavat kuivuusstressin voimakkuuteen ja siihen, kuinka paljon taimien heikentyminen vaikuttaa kasvuun (Kiiskila 1999). Kesällä maa on usein kuivempaa ja ilman lämpötila korkeampi kuin keväällä tai syksyllä, joten on todennäköistä, että kesällä kuivuusstressi ja näin ollen myös rasiustekijöiden vaikutus voimistuu.

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää kasvussa olevien kuusen paakkutaimien vaurioitumisherkyys suojaamattomassa kuljetuksessa, taimipakkausten pudottelussa, erilaisissa välivarastointiolosuhteissa, yhdistetyssä kuljetuksessa ja välivarastoinnissa sekä näiden vaiheiden aikana mahdollisesti syntyvien vaurioiden merkitys taimien elossaoloon ja kasvuun istutuksen jälkeen.

## 2 Aineisto ja menetelmät

### 2.1 Taimimateriaali

Taimimateriaalina käytettiin Metsäntutkimuslaitoksen Suonenjoen taimitarhalla (62°39' N, 27°03' E, 142 m mpy) käytännön metsänviljelyyn kasvatettuja kuusen (*Picea abies* (L.) Karst.) puolitoistavuotiaita paakkutaimia. Kovamuoviset Plantek 64 F taimiarkit (64 kennoa/arkki, 115 cm<sup>3</sup>/kenno, 434 kennoa/m<sup>2</sup>, Lännen tehtaat Oy) täytettiin Kekkila Oy:n peruslannoitetulla metsätaimiturpeella ja kylvettiin 10.–11.6.1998 (kesän 1999 koetaimet) ja 11.6.1999 (kesän 2000 koetaimet) kuusen siemenviljelyssiemenellä (SV 111 ja SV 177). Taimia kasvatettiin molempina vuosina muovihuoneessa syyskuun loppuun asti, jonka jälkeen taimet nostettiin ulos kasvatuskentälle, jossa ne talvehtivat lumipeitteen

**Taulukko 1.** Koekäsittelyt, kokeiden alkamisajankohdat, taimierän keskipituus ja kuluvan vuoden kasvaimen pituus kesän 1999 ja 2000 kokeissa. Kuluvan vuoden kasvu ja kuluvan vuoden kasvun osuus koko kasvukauden pituuskasvusta kokeen alkamisajankohtana on otettu Suomenjoen taimitarhan pituusseurantatiedoista.

Koekäsittely	Alkamis- ajankohta	Keskipituus (cm)	Kuluvan vuoden kasvu (cm)	Osuus koko kasvu- kauden pituuskasvusta (%)
Varastointi	30.6.1999	19	9	66
Kuljetus	15.7.1999	24	14	81
Pudotus	20.7.1999	26	16	85
Kuljetus	14.6.2000	14	3	10
Yhdistelmä	21.6.2000	15	4	16

alla. Keväällä ja alkukesällä ennen kokeiden alkua taimiarkit olivat ulkona kasvatuskentällä noin 10 cm maan pinnasta koholla. Kasvatuskenttä oli katettu kolmen metrin korkeudelle ripustetulla varjostusverkolla (varjostus ~30%). Kokeiden alkuun mennessä (30.6.) kesän 1999 koetaimia oli kylvö- ja koekesänä lannoitettu kasteluveteen sekoitetuilla Kekkilän superX-9 ja superX-5 lannoitteilla yhteensä 6 kertaa ja kesän 2000 koetaimia yhteensä 9 kertaa. Taimikohtainen lannoitemäärä peruslannoitus mukaanlukien oli kesän 1999 koetaimilla yhteensä 34 mg N, 14 mg P ja 42 mg K ja kesän 2000 koetaimilla 41 mg N, 16 mg P ja 49 mg K. Erot lannoitemäärissä johtuvat vuosien 1999 ja 2000 erilaisista sääoloista. Taimiarkit valittiin kuhunkin kokeeseen taimitarhan kasvatuskentältä kyseisen vuoden kasvuserästä. Kokeiden alkaessa taimet olivat kasvussa ja taimierän keskipituus oli kokeen ajankohdasta riippuen kesällä 1999 19...26 cm ja kesällä 2000 14...15 cm (taulukko 1).

## 2.2 Kuljetuskokeet

Kuljetuskestävyyttä tutkittiin kahdessa, vuosina 1999 ja 2000 tehdyssä kuljetuskokeessa. Kesän 1999 kokeessa (15.7.) henkilöauton peräkärriin (175 cm × 190 cm) lastattiin viisi ja kesän 2000 kokeessa (14.6.) neljä taimiarkkia. Taimia kuljetettiin peräkärriin eripituisia matkoja ilman suojapeitettä noin 80 km:n tuntinopeudella. Kesän 1999 kokeessa kuljetuskäsittelyt olivat 0, 10, 30, 60 ja 120 km ja kesän 2000 kokeessa 0, 50, 100 ja 150 km. Jokaisesta käsittelyä edusti yksi taimiarkki eli 64 tainta. Ensimmäisen käsittelyn (0 km) arkki nostettiin

pakettiauton tavaratilaan heti kuljetuksen alussa ja loput arkit kunkin kuljetusmatkan tullessa täyteen. Vertailuna ollut taimiarkki jätettiin taimitarhalle kuljetuksen ajaksi. Kuljetuksen aikaisen kuivumisen selvittämiseksi valittiin kesän 1999 kokeessa jokaisesta arkista satunnaisotannalla 50 tainta, jotka merkittiin ja punnittiin paakkuineen ( $\pm 0,1$  g) ennen kuljetusta ja sen jälkeen. Kuljetuksen jälkeen taimet luokiteltiin silmävaraisesti vaurioitumattomiin, lievästi vaurioituneisiin (alle 10% neulasista vaurioitunut tai irronnut, kuluvan vuoden kasvain taipunut  $< 90^\circ$ ) ja ankarasti vaurioituneisiin taimiin (yli 10% neulasista vaurioitunut tai irronnut, kuluvan vuoden kasvain taipunut  $> 90^\circ$  tai kokonaan poikki). Kuljetuksen jälkeen taimet varastoitiin yön yli ulkokatoksessa (varjostus ~70%). Kastellut taimet istutettiin seuraavana päivänä (16.7. 1999 ja 15.6. 2000) taimitarhapellolle satunnaistettuun lohkokokeeseen (4 lohkoa, 10 tainta/käsittely/lohko).

Kesän 1999 kokeessa ulkolämpötila oli kuljetuksen aikana  $20^\circ\text{C}$  ja kesän 2000 kokeessa  $17...19^\circ\text{C}$ . Lämpötila pakettiauton tavaratilassa kuljetuksen aikana vaihteli kesän 1999 kokeessa välillä  $26...30^\circ\text{C}$  ja kesän 2000 kokeessa välillä  $22...26^\circ\text{C}$ . Lyhyt sadekuuro kasteli lavalla olleet taimet kesän 1999 kokeessa kahdessa pisimmässä käsittelyssä (60 ja 120 km) ja kesän 2000 kokeessa kaikissa käsittelyissä.

## 2.3 Pudotuskoe

Pudotuskoetta (20.7.1999) varten valituista kymmenestä arkista viiden arkin taimet pakattiin irrallseen ulkoa valkoiisiin ja sisältä mustiin muovisäkkei-

hin (88 cm×62 cm), yhteen säkkiin yhden arkin taimimäärä eli 64 kpl. Taimiarkkeja ja -säkkejä pudoteltiin 0,5 metrin korkeudelta betonilattialle 0, 10, 30, 60 ja 120 kertaa (yksi taimiarkki ja -säkki/käsittely). Jokaisesta arkista ja säkistä valittiin satunnaisotannalla 30 tainta, jotka punnittiin ( $\pm 0,1$  g) paakkuineen sekä ennen pudotuksia että niiden jälkeen. Pudottelun jälkeen taimet varastoitiin yön yli ulkokatoksessa (varjostus ~70 %) ja istutettiin seuraavana päivänä (21.7.1999) kasteltuina taimitarhapellolle satunnaistettuun lohkokokeeseen (3 lohkoa, 10 tainta/käsittely/lohko). Vertailutaimet istutettiin suoraan taimitarhan kasvatuskentältä.

## 2.4 Varastointikoe

Taimitarhan kasvatuskentältä valittiin kahtena ajankohtana (30.6. ja 7.7. 1999) kuusi arkkia, joista kolmen arkin taimet pakattiin pahvilaatikoihin (yhteen pahvilaatikoon yhden arkin taimimäärä eli 64 kpl). Pakkauksen jälkeen pahvilaatikot suljettiin ja niihin tehtiin ilmanvaihtoreikiä. Arkeissa olleet ja pahvilaatikoihin pakatut taimet vietiin kolmeen eri varastointipaikkaan: 1) pimeä kylmiö, lämpötila 8 °C, 2) ulkokatos, lämpötila 13...21 °C, varjostus ~70 %, ja 3) lasikasvihuone, lämpötila 19...24 °C, varjostus ~50 %. Jokaiseen varastointipaikkaan tuli molempina ajankohtina yksi arkki ja laatikko. Lisäksi vertailuna pidettiin varastoinnin ajan taimitarhan kasvatuskentällä säilytettyä ja hoidettua taimiarkkia. Jokaisesta arkista ja pahvilaatikosta valittiin satunnaisotannalla 40 tainta, joista mitattiin pituus ennen varastointia ja sen jälkeen. Varastoinnin aikana taimia kasteltiin niin, että paakut tuntuivat sormella tunnusteltaessa selvästi kosteilta. Erilaisista haihduntaolosuhteista johtuen taimia jouduttiin kastelemaan kasvihuoneessa useammin kuin kylmiössä. Varastoinnin jälkeen (14.7.1999) taimet istutettiin kasteltuina taimitarhan kentälle satunnaistettuun lohkokokeeseen (4 lohkoa, 10 tainta/käsittely/lohko).

## 2.5 Yhdistelmästressikoe

Kokeeseen valitut 12 taimiarkkia lastattiin 21.6.2000 henkilöauton peräkärroyyn (175 cm×190 cm). Taimia kuljetettiin peräkärroyssä ilman suojapeitettä noin 80 km:n tuntinopeudella 0, 50, 100 ja 150 km (kolme arkkia/kuljetuskäsittely). Ensimmäisen käsittelyn (0 km) arkit nostettiin pakettiauton tavaratilaan heti kuljetuksen alussa ja loput arkit kunkin kuljetusmatkan tullessa täyteen. Kuljetuksen jälkeen 4 taimiarkkia (yksi arkki/kuljetuskäsittely) varastoitiin yön yli ulkokatoksessa maanpinnan tasolla (varjostus ~70 %) ja istutettiin seuraavana päivänä (22.6.) kasteltuina taimitarhakentälle satunnaistettuun lohkokokeeseen (4 lohkoa, 10 tainta/käsittely/lohko). Vertailutaimet istutettiin suoraan taimitarhan kasvatuskentältä. Loput kuljetetuista taimista (8 arkkia) + 2 taimitarhan kasvatuskentältä valittua vertailuarkkia varastoitiin samassa katoksessa 9 vrk. Puolet katoksessa olleista taimista (4 kuljetusarkkia + 1 vertailuarkki) kasteltiin varastoinnin aikana päivittäin ja puolet varastoitiin ilman kastelua. Varastoinnin aikana seurattiin ilman lämpötilaa ja suhteellista kosteutta katoksessa yhdellä maanpinnan tasolla olleella Lambrecht-termohygrograafilla. Vuorokauden keskilämpötila vaihteli välillä 17...25 °C (k.a. 20 °C) ja suhteellinen kosteus välillä 46...88 % (k.a. 65 %). Ilman kastelua varastoidut taimet punnittiin varastoinnin jälkeen paakun istutuskosteuden määrittämiseksi. Paakun kosteus laskettiin vähentämällä paakutaimen kokonaismassasta turpeen  $[(0,075 \text{ g/cm}^3) \times 100 \text{ cm}^3]$ , taimen (3 g) ja katehiekkan (3 g) massat. Turpeen kuivumiskutistumisen ja kenojen vajaatäytön takia paakun tilavuutena käytettiin kosteuden laskennassa 100 cm<sup>3</sup>:ä (kenon tilavuus 115 cm<sup>3</sup>). Punnituksen perusteella paakkujen keskimääräinen kosteus ilman kastelua varastoiduilla taimilla vaihteli eri käsittelyissä välillä 19...29 %. Pakettiauton tavaratilassa kuljetuksen aikana olleiden taimien paakut olivat istutettaessa kosteampia kuin muissa käsittelyissä ( $p < 0,004$ ). Yksittäisten paakkujen kosteus vaihteli myös käsittelyjen sisällä (5...45 %), mikä johtui siitä, että arkin reunassa olleet taimet kuivuivat keskellä olleita taimia nopeammin. Varastoinnin aikana kastellut taimet kasteltiin vielä ennen istutusta tippuvan märäksi. Varastoinnin jälkeen (30.6.) taimet istutettiin samoihin lohkoihin heti kuljetuksen jälkeen istutettujen taimien kanssa.

## 2.6 Mittaukset

Kaikissa kokeissa taimista mitattiin istutuspituus istutusta seuraavana päivänä. Taimien pituuskasvua seurattiin kesällä 1999 perustetuissa kokeissa kolme ja kesällä 2000 perustetuissa kokeissa kaksi kasvukautta. Pituusmittausten lisäksi syysinventoinneissa arvioitiin silmävaraisesti myös taimien kunto (normaali, heikko, kuollut) ja tuhot (kärkisilmu vaurioitunut, latva poikki ym.).

## 2.7 Sääolot

Kesä 1999 oli keskimääräistä lämpimämpi ja vähäsateisempi (taulukko 2). Kesän 2000 lämpötilat ja sademäärät olivat lähellä pitkän ajan keskiarvoa. Kesä 2001 oli heinä-, elo- ja syyskuun osalta keskimääräistä lämpimämpi.

## 2.8 Aineiston tilastollinen testaus

Kaikki kokeet analysoitiin satunnaistettujen lohkojen muotoisina kokeina. Vastemuuttujana käytettiin taimien seurantajakson pituuskasvuja. Yhdistelmästressikokeessa vastemuuttujana oli seurantajakson kokonaispituuskasvu (vuoden 2001 loppupituuden ja istutuspituuden erotus). Käsittelyjen välisiä eroja tutkittiin varianssianalyysillä. Käsittelykeskiarvojen eroja istutuksen jälkeisessä pituuskasvussa verrattiin kaikissa kokeissa Dunnettin testillä käsittelemättömiin, taimitarhan kasvatuskentällä käsittelyjen aikana olleisiin taimiin. Tukeyn testiä käytettiin paikallistamaan eroja pudotuskokeessa taimien ja paakkujen yhteenlasketuissa massoissa, varastointikokeessa varastoinnin aikaisissa pituuskasvuissa sekä yhdistelmästressikokeessa paakkujen kosteuksissa. Varianssianalyysin laskenta tehtiin SPSS 9.0-tilasto-ohjelmalla (SPSS for Windows...1993). Kiinteänä merkitsevyystasona käytettiin p-arvoa 0,05.

**Taulukko 2.** Touko-syyskuun keskilämpötila ja sademäärä sekä kasvukauden lämpösumma Suonenjoen tutkimusaseman säähavaintoasemalla koevuosina 1999–2001 sekä ajanjaksolla 1972–2001 (sademäärä 1974–2001).

Lämpötila, °C	1999	2000	2001	1972–2001
Toukokuu	6,4	9,2	7,6	8,9
Kesäkuu	18,4	14,1	14,2	14,4
Heinäkuu	17,3	16,6	18,7	16,5
Elokuu	13,4	13,9	14,6	14,1
Syyskuu	10,6	8,2	10,4	9,0
Lämpösumma, d.d.	1391	1265	1346	1217

Sademäärä, mm	1999	2000	2001	1974–2001
Toukokuu	27,6	38,6	55,3	37,1
Kesäkuu	48,9	64,5	61,3	64,3
Heinäkuu	92,3	84,6	81,4	84,4
Elokuu	25,1	81,2	80,4	81,1
Syyskuu	37,5	61,1	60,4	61,0

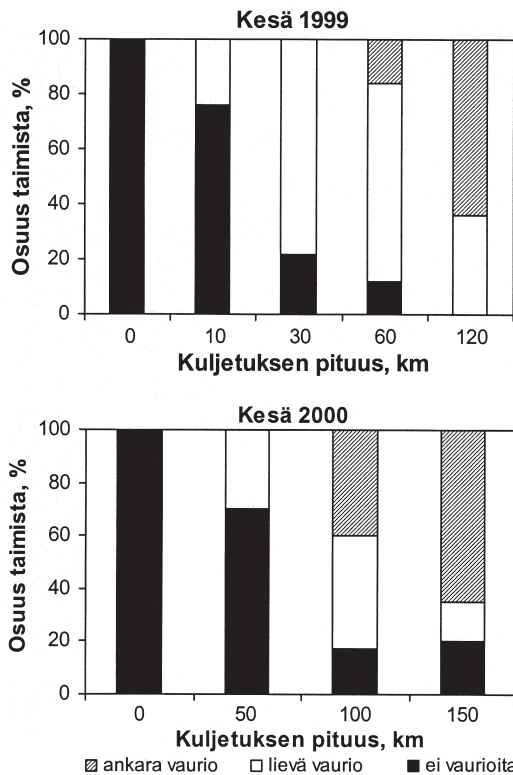
## 3 Tulokset

### 3.1 Kuljetuskokeet

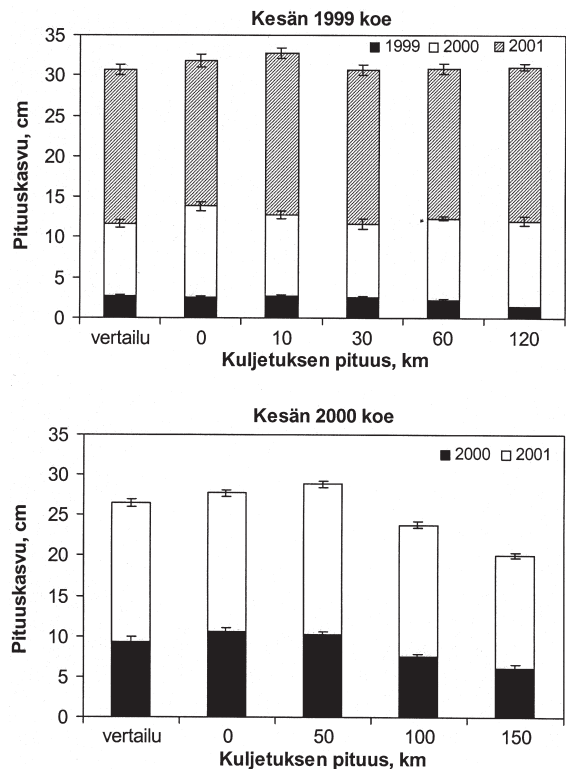
Suojaamattomasta kuljetuksesta taimille aiheutuneet mekaaniset vauriot lisääntyivät tasaisesti kuljetusmatkan pidentyessä sekä vuoden 1999 että 2000 kokeessa (kuva 1). Ankaria vaurioita alkoi ilmetä vasta 60 km:n (kesä 1999) ja 100 km:n (kesä 2000) kuljetuksessa. Kaikissa kuljetuskäsittelyissä eniten vaurioituivat arkin etuosassa ajoviimaa vastaan olleet taimet sekä muita taimia selvästi pidemmät taimet. Vauriot syntyivät pääasiassa ajoviiman taivuttaessa versoja ja versojen hankautuessa toisiaan vasten. Osa vaurioista syntyi taimien merkinnässä käytettyjen kuitunauhojen osuessa taimiin kuljetuksen aikana.

Kuljetuksessa taimen ja paakun yhteenlaskettu massa pieneni kuivumisesta johtuen 6–10%. Erot käsittelyjen välillä olivat kuitenkin vähäisiä ja ainoastaan pisimmässä kuljetuksessa (120 km) taimen ja paakun yhteenlaskettu massa pieneni tilastollisesti merkitsevästi ( $p = 0,004$ ) kuljetuksen aikana auton tavaratilassa olleisiin taimiin verrattuna.

Taimien kunto oli molemmissa kokeissa istutuksen jälkeen yleensä sitä heikompi, mitä pidempi



**Kuva 1.** Suojaamattoman kuljetuksen aikana taimiin syntyneet mekaaniset vauriot kesän 1999 ja 2000 kokeissa. Luokitus: ei näkyviä vaurioita, lievä vaurio = alle 10% neulasista vaurioitunut tai irronnut, kuluvan vuoden kasvain taipunut <math> < 90^\circ </math>), ankaravaurio = yli 10% neulasista vaurioitunut tai irronnut, kuluvan vuoden kasvain taipunut >math> > 90^\circ </math> tai kokonaan poikki.



**Kuva 2.** Suojaamattoman kuljetuksen vaikutus taimien pituuskasvuun (cm) kesän 1999 ja 2000 kokeissa. Pylväiden päissä olevat janat kuvaavat pituuskasvun lohkokeskisarvon keskivirhettä ( $\pm$ SE). Taimet istutettiin kesän 1999 kokeessa 16.7. ja kesän 2000 kokeessa 15.6.

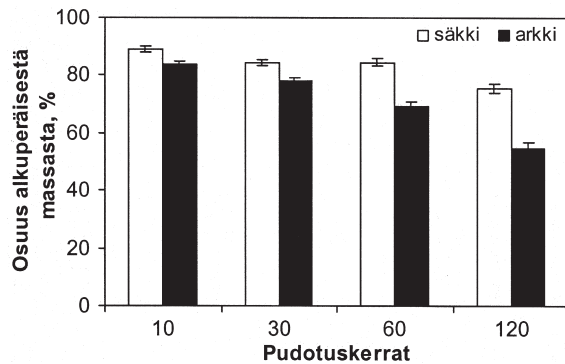
kuljetuskäsittely oli ollut. Kuolleita taimia oli sekä vertailu- että käsittelytaimissa, mutta niiden osuus oli merkityksetön (1%). Pisimpään kuljetetuista taimista heikoiksi luokiteltiin kesän 1999 kokeessa 98% (120 km) ja kesän 2000 kokeessa 40% (150 km). Taimet kuitenkin elpyivät istutuskesää seuranneen kasvukauden aikana.

Kesän 1999 kokeessa ainoastaan pisin kuljetuskäsittely (120 km) vähensi istutuskesän pituuskasvua ( $p < 0,001$ ) (kuva 2). Istutuskesää seuranneena kasvukautena sekä pisimmässä kuljetuskäsittelyssä että pakettiauton tavaratilassa kuljetuksen aikana olleet taimet kasvoivat hieman paremmin ( $p = 0,03$  ja  $0,002$ ) kuin vertailutaimet. Käsittelyjen välillä ei

ollut enää tilastollisia eroja toisen istutuskesää seuranneen kasvukauden (2001) pituuskasvussa eikä istutuskesän ja molempien istutuskesää seuranneiden kasvukausien yhteenlasketussa pituuskasvussa.

Kesän 2000 kokeessa kaksi pisintä kuljetuskäsittelyä (100 ja 150 km) vähensivät sekä istutuskesän pituuskasvua että istutuskesän ja sitä seuranneen kasvukauden yhteenlaskettua pituuskasvua taimitarhalla kuljetuksen aikana olleisiin taimiin verrattuna ( $p < 0,05$ ) (kuva 2). Ainoastaan pisin kuljetuskäsittely (150 km) vähensi istutuskesää seuranneen kasvukauden pituuskasvua ( $p = 0,008$ ).





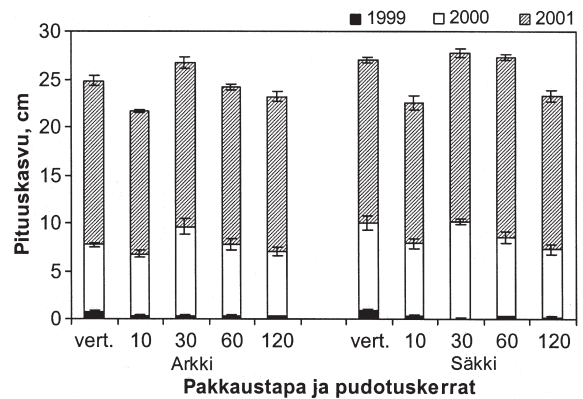
**Kuva 3.** Pudotuskertojen (pudotuskorkeus 0,5 m) ja pakkaustavan vaikutus taimen ja paakun yhteenlaskettuun massa. Taimet olivat pudoteltaessa joko kovamuovisessa kasvatusarkissa (PL 64F) tai irrallaan 88×62 cm kokoisessa muovisäkissä (64 tainta/arkki ja säkki). Pylväiden päässä olevat janat kuvaavat taimen ja paakun massan käsittelykeskiarvon keskivirhettä ( $\pm$ SE, n=30).

### 3.2 Pudotuskoe

Taimen ja paakun yhteenlaskettu massa pieni pudotuksissa 11–45 % käsittelystä riippuen (kuva 3). Arkissa pudoteltaessa taimen ja paakun yhteenlaskettu massa pieni pudotuskertojen lisääntyessä enemmän kuin säkissä ( $p < 0,001$ ). Säkissä pudoteltaessa ainoastaan voimakkain käsittely (120 pudotusta) ja arkissa pudoteltaessa kaksi voimakkainta käsittelyä (120 ja 60 pudotusta) erosivat tilastollisesti lievimmästä käsittelystä ( $p < 0,05$ ). Massan vähennys johtui pääasiassa siitä, että pudottelujen aikana etenkin arkissa olleilla taimilla huomattava osa kosteasta paakkuturpeesta puristui ulos kennon kyljessä olevista ilmaraoista. Voimakkaimmassa käsittelystä (120 pudotusta) taimet muistuttivat jo lähes paljasjuurisia taimia. Myös kovamuovinen taimiarkki vaurioitui lievästi pudotuksissa, mutta taimisäkki pysyi ehjänä.

Taimien kunto oli käsittelystä riippumatta normaali kaikissa syysinventoinneissa muutamia heikkoja ja kuolleita taimia lukuunottamatta. Heikkoja ja kuolleita taimia löytyi sekä vertailu- että pudoteltutaimista, mutta niiden osuus oli merkityksetön ( $< 1\%$ ).

Taimien pudottelu sekä arkissa että säkissä vähensi taimien istutuskesän (1999) pituuskasvua ( $p = 0,006$



**Kuva 4.** Pudotuskertojen (10, 30, 60 ja 120) ja pakkaustavan (arkki/säkki) vaikutus taimien pituuskasvuun istutuskesänä (1999) ja sitä seuranneina kasvukausina (2000 ja 2001). Pudotuskäsittelyt tehtiin 20.7. 1999 ja taimet istutettiin taimitarhapellolle seuraavana päivänä (21.7.). Pylväiden päässä olevat janat kuvaavat pituuskasvun lohkokeskisarvon keskivirhettä ( $\pm$ SE).

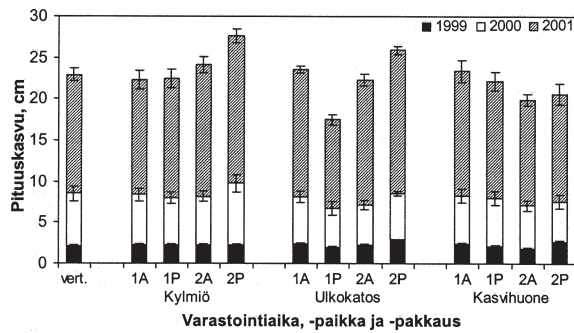
ja  $p < 0,001$ ) (kuva 4). Molemmissa pakkaustavoissa jo 10 pudotuskertaa vähensi pituuskasvua noin 60%. Pudotuskertojen lisääminen ei kuitenkaan enää merkittävästi vähentänyt pituuskasvua. Pakkaustapojen välillä ei ollut eroa istutuskesän pituuskasvussa.

Ensimmäisenä istutuskesää seuranneena kasvukautena (2000) ainoastaan voimakkain säkissä tehty pudotuskäsittely (120 kertaa) vähensi taimien pituuskasvua ( $p = 0,032$ ). Sen sijaan arkissa 30 kertaa pudotellut taimet kasvoivat paremmin kuin vertailutaimet ( $p = 0,002$ ) (kuva 4). Säkissä pudotellut taimet kasvoivat paremmin kuin arkissa pudotellut taimet ( $p = 0,001$ ).

Pudotteluilla ja pakkaustavalla ei ollut vaikutusta toisen istutuskesää seuranneen kasvukauden (2001) pituuskasvuun. Sitä vastoin 10 pudotusta sekä arkissa että säkissä vähensi istutuskesän ja istutuskesää seuranneiden kasvukausien yhteenlaskettua pituuskasvua ( $p = 0,03$ ). Säkissä pudotellut taimet kasvoivat kolmessa kasvukaudessa enemmän kuin arkissa pudotellut taimet ( $p = 0,017$ ).

### 3.3 Varastointikoe

Taimien pitäminen suljetussa pahvilaatikossa vähensi varastoinnin aikaista pituuskasvua noin 50%

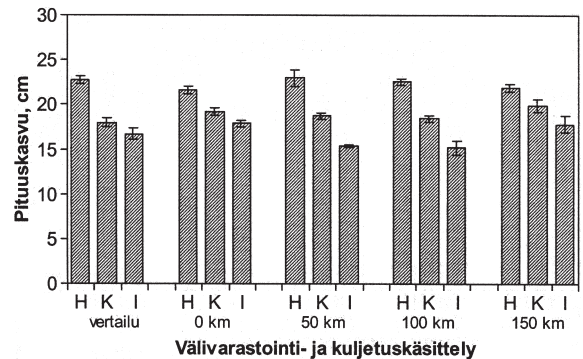


**Kuva 5.** Varastointikäsitteilyjen vaikutus taimien pituuskasvuun istutuskesänä (1999) ja sitä seuranneina kasvukausina (2000 ja 2001). Varastointipaikkoina olivat kylmiö 8 °C, ulkokatot 13...21 °C ja kasvihuone 19...24 °C. Varastointiaikoina olivat 1 ja 2 viikkoa ja varastointipakkaus taimiarkki (A) ja umpinainen pahvilaatikko (P). Esimerkiksi merkintä 1P tarkoittaa näin ollen viikon pituista varastointia pahvilaatikkoon pakattuna. Vertailutaimet olivat varastoinnin aikana taimitarhan kasvatuskentällä. Taimet istutettiin 14.7.1999. Pylväiden päässä olevat janat kuvaavat pituuskasvun lohkokeskiarvon keskivirhettä ( $\pm$ SE).

avonaisessa arkissa olleisiin taimiin verrattuna, kun taimet varastoitiin ulkokatoksessa tai kasvihuoneessa. Kylmiössä pakkaustapa ei vaikuttanut varastoinnin aikaiseen pituuskasvuun. Kasvihuoneessa varastoidut taimet olivat istutettaessa pidempiä (20,6 cm) kuin kylmiössä varastoidut taimet (19,3 cm) ( $p=0,001$ ). Kylmiössä ja ulkokatoksessa varastoitujen taimien istutuspuuudessa ei ollut eroa.

Taimien kunto oli istutuskesän jälkeen normaali lukuun ottamatta kaksi viikkoa viileässä varastoituja taimia. Tässä käsittelyssä arkissa olleista taimista 65 %:ssa latvasilmu oli mustunut ja yksi taimi oli kuollut. Pahvilaatikossa olleista taimista ainoastaan 5 %:ssa latvasilmu oli mustunut.

Erot pituuskasvussa käsitteilyjen välillä olivat istutuskesänä (1999) vähäisiä (kuva 5). Ulkokatoksessa varastoidut ja varastoinnin aikana pahvilaatikossa olleet taimet kasvoivat vertailutaimia enemmän ( $p=0,016$ ). Ensimmäisenä ja toisena istutuskesää seuranneena kasvukautena (2000 ja 2001) parhaiten kasvoivat kylmiössä varastoidut ja heikoimmin kasvihuoneessa varastoidut taimet (kuva 5). Varastointiajalla ei ollut yksinään vaikutusta istutuskesän ja sitä seuranneiden kasvukausien pituuskasvuun. Varastointiajalla ja -paikalla oli yhdysvaikutus siten,



**Kuva 6.** Suojaamattoman kuljetuksen ja varastoinnin vaikutus taimien pituuskasvuun kahden vuoden seuranta-jakson aikana. Varastointikäsitteilyt on merkitty pylväiden alapuolelle kirjaimilla H, K ja I, jossa H = istutus heti, K = 9 vrk:n välivarastointi kastellen ja I = 9 vrk:n välivarastointi ilman kastelua. Vertailutaimista H-taimet olivat taimitarhan kasvatuskentällä sekä kuljetuksen että välivarastoinnin ajan, K- ja I-taimet vain kuljetuksen ajan. Taimet istutettiin 30.6.2000. Pylväiden päässä olevat janat kuvaavat pituuskasvun lohkokeskiarvon keskivirhettä ( $\pm$ SE).

että kylmiössä varastointiajan pidentäminen yhdestä kahteen viikkoon lisäsi, mutta kasvihuoneessa vähensi istutuskesää seuranneiden kasvukausien pituuskasvua ( $p < 0,05$ ).

### 3.4 Yhdistelmästressi

Kuljetuksesta taimille aiheutuneet vauriot lisääntyivät tasaisesti kuljetusmatkan pidentyessä. Lyhyimmässä kuljetuksessa (50 km) lievästi vaurioituneita taimia oli 10 % loppujen ollessa vaurioitumattomia. Pisimmässä kuljetuksessa (150 km) vaurioitumattomia taimia oli enää 25 % loppujen ollessa lievästi (68 %) tai ankarasti (7 %) vaurioituneita. Kuljetukseen yhdistetty 9 vrk:n varastointi ilman kastelua lisäsi lievästi vaurioituneiden taimien määrää 30–50 % kastellen varastoituhiin taimiin verrattuna. Voimakkaimmassa käsittelyssä (150 km:n kuljetus + 9 vrk:n varastointi ilman kastelua) vaurioitumattomia taimia oli istutushetkellä enää alle 10 %. Taimet kuitenkin toipuivat vaurioista ja istutuskesää seuranneen kasvukauden jälkeen kaikki taimet olivat elossa ja niiden kunto oli normaali kaikissa käsittelyissä.



Kuljetuskäsittelyillä ei ollut vaikutusta istutuskesän ja sitä seuranneen kasvukauden yhteenlaskettuun pituuskasvuun ( $p=0,381$ ) (kuva 6). Sitä vastoin taimien varastointi sekä kastellen että ilman kastelua vähensi pituuskasvua ( $p<0,001$ ). Heikoimmin kasvoivat ilman kastelua varastoidut taimet. Kuljetus- ja varastointikäsittelyillä ei ollut yhdysvaikutusta.

## 4 Tulosten tarkastelu

Kasvussa olevien kuusen paakkutaimien vaurioitumisherkkyys ja vaurioiden merkitys pituuskasvuun osoittautuivat tässä tutkimuksessa odotettua vähäisemmäksi. Ainoastaan välivarastointi ja etenkin välivarastoinnin aikainen kuivuminen sekä pitkä 100–150 km suojaamaton kuljetus vähensivät selvästi pituuskasvua. Käsittelyillä ei ollut vaikutusta kuolleisuuteen. Selvää näyttöä rasiustekijöiden yhdysvaikutuksesta (välivarastointi- ja yhdistelmästressikoe) ei tässä tutkimuksessa saatu.

Tulokset viittaavat siihen, että alle 60 km:n suojaamaton kuljetus ei merkittävästi heikennä kasvussa olevien taimien maastomenestymistä (kuva 2). Taimet sinänsä vaurioituivat lievästi jo varsin lyhyilläkin kuljetusmatkoilla, mutta vaurioiden merkitys pituuskasvuun oli vähäinen. Ankarastikin vaurioituneet taimet elpyivät viimeistään istutuskesää seuranneena kasvukautena. Eripituisten kuljetusmatkojen ja erilaisten sääolojen takia peräkkäisinä vuosina (1999 ja 2000) tehtyjen kuljetuskokeiden tuloksia on hankala verrata suoraan keskenään. Kuljetuskäsittelyn vaikutus istutuskesän pituuskasvuun ei kuitenkaan näyttänyt riippuvan taimien kehitysvaiheesta (kuva 2). Sekä kesä- (2000) että heinäkuun (1999) kuljetuksessa ainoastaan yli 60 km:n kuljetus heikensi pituuskasvua, joka heikkeni suhteessa lähes yhtä paljon kuljetusmatkan pidentyessä (kuva 2). Sitä vastoin ainoastaan kesäkuussa tehty (2000) pisin kuljetus vähensi myös istutuskesää seuranneen kasvukauden pituuskasvua. Erilainen tulos istutuskesää seuranneen kasvukauden osalta johtuu joko taimien erilaisesta pituuskasvuvaiheesta kuljetushetkellä (taulukko 1) tai 30 km pidemmästä kuljetuskäsittelystä kesän 2000 kokeessa.

Taimien ja paakkujen kuivuminen kuljetuksen

aikana oli punnituksen perusteella vähäistä. Kuljetuksen alkuun osunut sadekuuro ilmeisesti lisäsi jonkin verran lavalla olleiden taimipaakkujen massaa tavaratilassa olleisiin taimiin verrattuna, jolloin todellinen kuivumisesta johtunut massan vähennys oli kuljetuksen aikana suurempi kuin mitattu 6–10%. Kuljetuksen kesto on pitkälläkin matkoilla kuitenkin niin lyhyt (1–2 h), etteivät taimet ja paakut ilmeisesti ehdi kuivua niin paljon, että siitä aiheutuisi merkittävä riskitekijää taimien maastomenestymiselle.

Taimipaakkujen hajoaminen pudotusten aikana selittää osaltaan pudotuskäsittelyjen voimakkaan vaikutuksen istutuskesän pituuskasvuun. Etenkin arkissa pudoteltaessa huomattava osa paakkuturpeesta puristui ulos arkkien pohjassa ja sivuissa olevista ilmaraoista jättäen osan juurista paljaksi (kuva 3). Koska taimet istutettiin vasta seuraavana päivänä, paljastuneet juuret altistuivat kuivumiselle. Korpilahden (1982) mukaan lyhytaikainenkin (50 min) kuivuusaltistus vähentää merkittävästi paljasjuuristen männyntaimien kasvua istutuksen jälkeen. Lievintä käsittelyä (10 pudotusta) lukuunottamatta pudotuksilla ei näyttänyt olevan vaikutusta pituuskasvuun istutuskesän jälkeen. Vastaavaan tulokseen on päätenyt myös Stjernberg (1997) kontortamännillä (*Pinus contorta* Dougl.).

Paakut pysyivät säkissä paremmin koossa kuin arkissa, ja säkissä pudoteltujen taimien istutuskesän sekä sitä seuranneiden kasvukausien yhteenlaskettu pituuskasvu oli parempi kuin arkissa pudotelluilla taimilla. Säkin eduiksi voidaan lukea myös paakkujen pienempi riski kuivua sivuilta ja alapuolelta osittain avonaiseen taimiarkkiin verrattuna. Käytännössä taimet eivät kuitenkaan altistu yhtä useille ja voimakkailla pudotuksille kuin tässä kokeessa. Varsinaisen pudotellun lisäksi samantyyppistä mekaanista rasiustusta voi kuitenkin ilmetä esim. kuljetettaessa taimia henkilöauton tai traktorin peräkäräryssä kuoppaisella tiellä välivarastosta uudistuslalle. Huolellisessa käsittelyssä kovamuovinen taimiarkki suojaa paakkuja lastauksen ja siirtelyn aikana paremmin kuin säkki. Säkkiin liittyy myös muita taimien käsittelyä ja istutusta hankaloittavia tekijöitä, kuten kasteluveden kerääntyminen säkin pohjalle, ilmanvaihto- ja lämpötilaongelmat sekä taimien hankalampi saatavuus säkistä istutusvakkaan. Kokonaisuutta ajatellen arkki voikin olla parempi pakkaus kuin säkki. Taimipakkausten käsittelyyn

liittyvää paakkujen hajoamisriskiä voidaan vähentää käyttämällä pienempää paakkutyyppiä (esim. PL 81F, paakun tilavuus 81 cm<sup>3</sup>), jolloin juuristo sitoo paakun paremmin kuin isommassa paakussa, sekä välttämällä paakkaturpeen liiallista kastelua ennen kuljetusta ja käsittelyä.

Taimien pitäminen suljetussa pahvilaatikossa vähensi varastoinnin aikaista pituuskasvua sekä kasvihuoneessa että ulkokatoksessa, mikä johtuu pitkälti valon puutteen takia estyneestä fotosynteesistä. Toisin kuin muissa käsittelykokeissa, varastointikokeessa taimia ei rasi mekaanisesti. Varastointikäsittelyillä oli myös kaikkein vähäisin vaikutus istutuskesän pituuskasvuun, mikä johtuu varastointiaikojen lyhydestä, sekä siitä, että taimia kasteltiin varastoinnin aikana säännöllisesti.

Yllättävää varastointikokeessa oli suljetussa pahvilaatikossa lämpimissä olosuhteissa (19...24 °C) tehdyn varastoinnin vähäinen vaikutus taimien kasvuun istutuksen jälkeen. Fotosynteesin ollessa estyneenä taimien kiihtynyt ylläpitohengitys vähentää kasvuun käytettävien ravintoaineiden määrää (Kiiskila 1999). Toisaalta varastointiaika oli kuitenkin suhteellisen lyhyt (2 viikkoa) havupuun runsaisiin hiilihydraattivarastoihin nähden. Puttosen (1986) mukaan hiilihydraattivarastojen (glukoosi) väheneminen 2 %:iin johtaa merkittävään kasvun hidastumiseen männynllä, mikä edellyttää noin 4 viikon varastointia +20...25 °C:ssa.

Latvasilmujen mustuminen kaksi viikkoa kylmiössä varastoiduilla taimilla johtui todennäköisesti syyshalloista. Taimien kasvu ilmeisesti viivästyí varastoinnin aikana, jolloin niillä ei ollut riittävästi aikaa kasvaa ja karaistua jäljellä olevan kasvukauden aikana. Latvasilmujen mustumisesta huolimatta kylmiössä varastoidut taimet kasvoivat hyvin istutuskesää seuranneina kasvukausina (kuva 5).

Yhdistelmästressikokeessa kuljetuksen jälkeen tehty 9 vrk:n varastointi ja etenkin varastoinnin aikainen paakkujen kuivuminen oli tässä koesarjassa merkittävin istutuksen jälkeistä pituuskasvua heikentävä tekijä. Erot käsittelyjen välillä olivat selviä vielä istutuskesää seuranneen kasvukaudenkin jälkeen (kuva 6). Tulokset viittaavat siihen, että taimet kannattaa istuttaa kuljetuksen jälkeen mahdollisimman nopeasti, sillä välivarastointi hyvissäkin olosuhteissa (puolivarjossa, päivittäinen kastelu) vähensi pituuskasvua selvästi heti istutettuihin taimiin

verrattuna. Toisin kuin saman kesän varsinaisessa kuljetuskokeessa, yhdistelmästressikokeessa kuljetus ei vaikuttanut pituuskasvuun yksinään eikä edes yhdessä varastoinnin aikaisen kuivumisen kanssa. Varastoinnin aikainen kuivuminen tosin lisäsi vaurioituneiden taimien osuutta istutushetkellä kastellen varastoituihin taimiin verrattuna, mutta vauriot eivät olleet niin ankaria, että ne olisivat heikentäneet istutuskesän ja sitä seuranneen kasvukauden yhteenlaskettua pituuskasvua.

Arkin reunassa olleet taimipaakut kuivuivat varastoinnin aikana keskellä olevia taimipaakkuja nopeammin. Paakkujen kuivuessa riittävästi paakun pinta muuttuu vettä hylkiväksi (Heiskanen 1993). Tällöin paakkuja on vaikea saada kostumaan esimerkiksi ennen istutusta tehtävällä kertakastelulla. Pituuskasvun heikkenemisen lisäksi paakkujen kuivuminen ennen istutusta lisää kuolleisuutta kesäistutuksessa etenkin pitkien kuivuusjaksojen aikana (Helenius ym. 2002). Tämän takia taimia on kasteltava varastoinnin aikana päivittäin, vaikka itse taimissa näkyisikään kuivumisoireita. Paakkujen kuivumisriskiä voi myös vähentää peittelemällä uloimpien taimilaatikoiden reunat maalla (Metsänviljelyopas 2001).

Molempien vuosien kuljetuskokeissa lievästi rasitettut taimet kasvoivat hieman paremmin kuin vertailutaimet (kuva 2). Tähän voi olla syynä rasituksen aiheuttama vastareaktio taimessa, jolloin taimessa tapahtuvat fysiologiset prosessit palautuvat rasitusta edeltäneelle tasolle tai sen yli (ylikompensoituminen) (Larcher 1995). Ylikompensoituminen voi puolestaan ilmetä joko suoraan stimuloituneena kasvuna tai välillisesti parantuneena kykyä selvitä istutusstressistä (karaistumisena), joka ennen pitkää näkyy myös parantuneena kasvuna. Karaistuminen saattaa osaltaan selittää myös käsittelyjen vähäisen vaikutuksen taimien elossaoloon.

Tässä tutkimuksessa taimia kasvatettiin muokatulla ja varsin tasalaatuisella taimitarhapellolla ilman pintakasvillisuuden kilpailua. Todellisessa viljelytilanteessa maaperän ominaisuuksien vaihtelu yhdessä pintakasvillisuuden kilpailun kanssa voimistaa kesäistutukseen liittyvää kuivuusriskiä, jolloin myös käsittelyjen vaikutus voimistuu. Kaikkia rasiustekijöiden yhdistelmiä ei myöskään ollut mahdollista tutkia, joten täyttä varmuutta taimien käsittelyyn liittyvien riskitekijöiden vaikutuksesta ei tässä koesarjassa saatu.

## 5 Johtopäätökset

Kasvussa olevien kuusen paakkutaimien vaurioitumisherkyys kuljetuksessa, taimipakkausten pudottelussa, välivarastoinnissa sekä yhdistetyssä kuljetuksessa ja välivarastoinnissa on varsin vähäinen eikä aiheuta merkittävää riskiä kesäistutuksen onnistumiselle. Voimakaskaan mekaaninen rasitus (120 pudotusta tai 150 km kuljetus) ei lisännyt taimien kuolleisuutta ja taimet elpyivät ankaristakin vaurioista viimeistään istutuskesää seuraavana kasvukautena. Selkeimmin taimien kasvua vähensivät välivarastoinnin aikainen kuivuminen sekä pitkä, yli 100 km:n suojaamaton kuljetus. Kasvutappioiden riskiä voidaan pienentää, kun taimet suojataan pitkissä kuljetuksissa, istutetaan nopeasti kuljetuksen jälkeen tai kastellaan päivittäin mahdollisen välivarastoinnin aikana.

## Kiitokset

Kiitämme Ritva Pitkästä, Pekka Savolaa ja Ossi Muurosta aineiston mittauksesta sekä tulosten talentamisesta. Kokeiden perustamisesta ja mittauksessa auttoivat lisäksi Anna-Maija Väänänen, Outi Tervo ja Liisa Huttunen. Kiitokset myös Metsämies-ten Säätiölle tutkimuksen rahoittamisesta.

## Kirjallisuus

- Burdett, A.N. 1990. Physiological processes in plantation establishment and the development of specifications for forest planting stock. *Canadian Journal of Forest Research* 20: 415–427.
- Coutts, M.P. 1981. Effects of root or shoot exposure before planting on the water relations, growth, and survival of Sitka spruce. *Canadian Journal of Forest Research* 11: 703–709.
- Deans, J.D., Lundberg, C., Tabbush, P.M., Cannell, M.G.R., Sheppard, L.J. & Murray, M.B. 1990. The influence of desiccation, rough handling and cold storage on the quality and establishment of Sitka spruce planting stock. *Forestry* 63: 129–141.
- Grossnickle, S.C. 2000. Ecophysiology of northern spruce species: the performance of planted seedlings. NRC. Research Press, Ottawa, Ontario, Canada. 409 s. ISBN 0-660-17959-8.
- Heiskanen, J. 1993. Water potential and hydraulic conductivity of peat growth media in containers during drying. Tiivistelmä: Kasvuturpeiden vesipotentiaali ja vedenjohtavuus paakuissa kuivumisen aikana. *Silva Fennica* 27(1): 1–7.
- Helenius, P., Luoranen, J. & Rikala, R. 2002. Effect of drought on growth and mortality of actively growing Norway spruce container seedlings planted in summer. *Scandinavian Journal of Forest Research* 17: 218–224.
- Huuri, O. 1972. Kenttävarastoinnin suoritustavan vaikutus kuusen taimien alkukehitykseen. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 79(5). 41 s.
- Kauppi, P. 1984. Stress, strain and injury: Scots pine transplants from lifting to acclimation on the planting site. Tiivistelmä: Metsänviljelytaimien vaurioituminen noston ja istutuksen välillä. *Acta Forestalia Fennica* 185. 49 s.
- Kiiskila, S. 1999. Container stock handling. Julkaisussa: Gertzen, D., van Steenis, E., Trotter, D., Kolotelo, D. & Summers, D. (toim.). *Proceedings: Forest Nursery Association of British Columbia. Annual meeting 1999, Vancouver, BC. Extension services, Tree improvement Branch, BC Ministry of Forestry, Surrey BC.* s 77–81.
- Korpilahti, E. 1982. Istutusta edeltäneen kuivatuksen vaikutus männyn taimien fotosynteesiin ja kasvuun. Helsingin yliopiston metsänhoitotieteen laitoksen tiedonantoja 37. 96 s.
- Larcher, W. 1995. *Physiological plant ecology. Ecophysiology and stress physiology of functional groups.* Third edition. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 506 s. ISBN 0-387-58116-2.
- Luoranen, J. 2000. Control of growth and frost hardening of silver birch container seedlings: growth retardants, short day treatment and summer planting. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 777. 167 s.
- , Kontinen, K., Rikala, R. & Smolander, H. 2001. Ennakkotuloksia kuusen paakkutaimien kesäistutuksesta. Julkaisussa: Poteri, M. (toim.). *Taimitarhatutkimuksen vuosikirja 2001. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 813. s. 24–31.
- McKay, H.M. 1997. A review of the effect of stresses between lifting and planting on nursery stock quality and performance. *New Forests* 13: 369–399.
- Metsänviljelyopas. 2001. *Metsätehon opas.* 22 s. ISBN 951-673-173-2.
- Puttonen, P. 1986. Carbohydrate reserves in *Pinus sylvestris* seedling needles as an attribute of seedling

- vigor. *Scandinavian Journal of Forest Research* 1: 181–193.
- Ritchie, G.A. 1986. Relationships among bud dormancy status, cold hardiness, and stress resistance in 2+0 Douglas-fir. *New Forests* 1: 29–42.
- Ryypö, A., Iivonen, S., Rikala, R., Sutinen, M.-L. & Vaavuori, E. 1998. Responses of Scots pine seedlings to low root zone temperature in spring. *Physiologia Plantarum* 102: 503–512.
- SPSS® for Windows™. 1993. Base system user's guide, release 6.0.1993. SPSS Inc., Chigago, USA.
- Stjernberg, E.I. 1997. Mechanical shock during transportation: effects on seedling performance. *New Forests* 13: 401–420.
- Yli-Vakkuri, P. 1957. Tutkimuksia taimien pakkauksesta ja kuljetuksesta. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 49(1). 59 s.

## 21 viitettä