

Havaintoja ja tuloksia kuusen koeviljelysten korovaurioista

Marja-Leena Napola ja Jaakko Napola

Metlan työraportteja / Working Papers of the Finnish Forest Research Institute - sarjassa julkaistaan tutkimusten ennakkotuloksia ja ennakkotulosten luonteisia selvityksiä. Sarjassa voidaan julkaista myös esitelmiä ja kokouskoosteita yms.

Sarjassa ei käytetä tieteellistä tarkastusmenettelyä. Kirjoitukset luokitellaan Metlan julkaisu toiminnassa samaan ryhmään monisteiden kanssa.

Sarjan julkaisut ovat saatavissa pdf-muodossa sarjan Internet-sivuilta.

<http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/>
ISSN 1795-150X

Toimitus

PL 18, 01301 Vantaa
puh. 029 532 2111
sähköposti julkaisutoimitus@metla.fi

Julkaisija

Metsäntutkimuslaitos
PL 18, 01301 Vantaa
puh. 029 532 2111
sähköposti info@metla.fi
<http://www.metla.fi/>

Tekijät Napola, Marja-Leena & Napola, Jaakko			
Nimeke Havaintoja ja tuloksia kuusen koeviljelysten korovaurioista			
Vuosi 2014	Sivumäärä 51	ISBN 978-951-40-2475-7 (PDF)	ISSN 1795-150X
Alueyksikkö / Tutkimusohjelma / Hankkeet Etelä-Suomen alueyksikkö / Hanke 3580 Tulokas- ja vieraslajit sekä kuusen patogeenit			
Hyväksynyt Anne Uimari, hankepäällikkö, 28.5.2014			
Tiivistelmä <p>Kuusen koeviljelyksissä havaittiin 2000-luvun alkupuolella puiden rungoilla mustia koroja, mustia läiskiä sekä pihkavuotoa. Osalla korovaurioituneista puista latvukset olivat kuivaneet ja osa puista oli kuollut pystyyn. Korolla tarkoitetaan rungon kuoressa olevaa halkeamaa tai muuta vaurioita, jossa on mustaa sienikasvustoa. Koeviljelyksissä mustakoroa ei ollut havaittu aiemmin, joten kokeiden mittausten yhteydessä tehtiin koroinventointi. Mustista koroista on eristetty <i>Neonectria fuckeliana</i> -sieni. Selvityksessä tarkastellaan korovaurioita sisältävien seitsemän alkuperäkokeen, neljän pistokaskloonikokeen ja kahden jälkeläiskokeen mittausten ja inventointien tuloksia. Kokeet olivat iältään 15–40 vuotta. Alkuperien ja koe-erien koro-osuuksien lisäksi raportissa esitetään puiden läpimitta- ja pituustuloksia. Kloonikokeiden erillä on tarkasteltu kevätfenologian ja korovaurioiden välistä suhdetta. Korovauriota esiintyi puiden kaikissa läpimitta- ja pituusluokissa. Ei voitu osoittaa, että suuriläpimittaiset kuuset olisivat herkempiä saamaan korovaurioita kuin pieniläpimittaiset kuuset. Kloonikokeissa runkojen korovauriot inventoitiin kahteen luokkaan: lievä ja paha koroisuus. Pahoin korosairaavat puut olivat pituudeltaan tilastollisesti merkitsevästi terveitä puita lyhyempiä. Koe-erien pituus seitsemän vuoden iässä ei vaikuttanut koropuiden osuuksiin 15 vuoden iässä.</p> <p>Suomalaiset erät olivat valkovenäläisiä ja puolalaisia eriä terveempiä. Virolaiset erien koro-osuudet vaihtelivat suuresti. Ulkomaisten puiden ja suomalaisten puiden välisillä risteymillä pahojen korojen osuus oli keskimäärin 14 % ja eteläsuomalaisilla alkuperillä keskimäärin 7 %. Pahojen korojen osuudet olivat suurimmat saksalaisperäisillä jälkeläistöillä, joilla täysin terveiden puiden osuus oli alimmillaan 10 %. Suomessa Saksan Carlsfeldin alkuperästä valitun isäpuun vaikutus erityyppisten jälkeläistöjen korovaurioihin oli selkeä.</p> <p>Keväällä myöhään kasvuun lähtevät kloonierät olivat terveempiä kuin samoista alkuperistä valitut aikaisin kasvuun lähtevät kloonierät. Eteläsuomalaisten pluspuiden myöhäisten kantataimien kloonierillä terveiden puiden osuus oli keskimäärin 48 % ja vastaavilla aikaisilla erillä 8 %.</p>			
Asiasanat kuusi, koro, runkovauriot, alkuperä, <i>Neonectria fuckeliana</i>			
Julkaisun verkko-osoite http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2014/mwp296.htm			
Tämä julkaisu korvaa julkaisun			
Tämä julkaisu on korvattu julkaisulla			
Yhteydenotot Marja-Leena Napola. Haapastensyrjäntie 34, 12600 Läyliäinen. Sähköposti marja-leena.napola@metla.fi			
Muita tietoja			

Sisällys

1 Johdanto	5
2 Kuusikokeissa tehdyt mittaukset sekä runkovauriohavainnot	8
3 Korovauriot kuusen alkuperäkokeissa	13
3.1 Virolaisten ja puolalaisten alkuperien korovauriot koesarjassa 270/01, /03 ja /04...	13
3.2 Runkovauriot koesarjan 655/01–04 valkovenäläiserissä	16
3.3 Kokeen 995/02 alkuperien korovauriot	19
4 Korovauriot Karkkilan Haaviston kloonikokeissa	24
4.1 Korovauriotuloksia kokeesta 1862/01	24
4.1.1 Koropuiden määrä ja koroisuuden vaikutus pituuskasvuun	24
4.1.2 Koe-erien alkuperän ja valintatavan merkitys	27
4.1.3 Kasvuunlähdon merkitys	30
4.2 Kokeen 1863/02 pituuskasvu ja korovauriot	31
4.3 Tuloksia kokeesta 1480/01.....	35
4.4 Korovauriot kokeessa 1478/02	40
5 Tuloksia Keski-Suomen jälkeläiskokeista	41
5.1 Korovauriot ja koe-erien kasvu Saarijärven kokeessa 976/01	41
5.2 Jälkeläistöjen korovauriot Lieksan kokeessa 976/02	43
6 Tulosten tarkastelu	45
7 Päätelmiä	48
8 Kirjallisuus	50

1 Johdanto

Metsäntutkimuksen eräs tärkeimmistä työmenetelmistä on aineistojen kasvatus koeolosuhteissa. Kuusen jalostuksessa kokeet voidaan jaotella lyhytkestoisiin testaustarhakokeisiin ja pitkäkestoisiin kenttäkokeisiin. Pitkään tapahtuvaa seurantaa tarvitaan erityisesti alkuperien (provenienssien) siirtojen arvioinnissa sekä alkuperäristeymien (provenienssihybridien) ja kantapuiden testauksessa.

Kasvukausien ja talvien säätilojen vaihtelu, ilmastolliset ääri-ilmiöt sekä abioottiset ja bioottiset tuhot vaikuttavat kuusen koeaineistojen kehitykseen monin tavoin. Kokeissa tehtävät mittaukset, luokittelut ja havainnoinnit antavat tietoa alkuperien tai yksilöiden sopeutuneisuudesta ja kasvukyvyistä sekä mahdollistavat geneettisesti korkealaatuisen materiaalin valinnan tulevia käyttötarkoituksia varten.

Nuorissa kuusikokeissa yleisimpiä latvatuhojen aiheuttajia ovat olleet halla, pitkäkestoiset alhaiset lämpötilat, kevätahava sekä tuomiruoste. Pääverson vaurioiden vuoksi kuusentaimet ovat kärsineet monilatuaisuudesta, mikä on johtanut ranganvaihdoksiin ja rungon laadun heikkeneemiseen. Tuomiruostesieni on joissain tapauksissa saattanut vaurioittaa myös varttuneempaa koepuustoa useana perättäisenä vuonna. Latvatuhot on merkitty muistiin kokeiden kuntotarkastusten ja pituusmittausten yhteydessä.

Kuusen runkojen vaurioista koeviljelyksissä ei ole kerätty tietoa etenkin, kun vaurioita harvennattomissa kokeissa ei yleensä ole ollut. Hirvien aiheuttamat kuorihankaumat on ollut helppo tunnistaa ja usein tällaiset kuorivauriot ovat johtaneet puun kuolemiseen. Kuusenjalostaja Marja-Leena Napolan tekemissä kuusikokeiden tarkastuksissa vuosien 1986–1999 aikana ei havaittu rungoissa pihkaa vuotavia halkeamia tai muita selviä vikoja.

Metsäntutkimuslaitoksessa evaluoitiin vuonna 2001 kenttäkokeita, ja tähän liittyen M-L Napola tarkasti suuren joukon kuusikokeita erityisesti Keski-Suomessa. Saarijärvellä Pataman taimitarhan läheisyydessä kasvavassa kokeessa 976/01 hän havaitsi, että joidenkin puiden latvat olivat kuolleet kahden vuoden pituudelta. Kyseessä ei ollut tuomiruosteen aiheuttama sairaus, sillä latvakasvaimet ja sivuoksat olivat normaaleja.

Tarkastellessaan puita lähemmin hän huomasi sairaiden puiden runkojen yläosassa oudon näköisiä mustia läiskiä sekä alempana rungolla mustia koroja. Koe oli ollut hyvässä kunnossa jalostajan vuonna 1996 tekemässä edellisessä tarkastuksessa. Kokeen tarkastuslomakkeen lisähuomioihin 10.7.2001 kirjattujen tietojen mukaan puut olivat noin kuusimetrisiä ja 10–20 prosentilla koepuista latvat olivat kuolleet. Rungoissa näkyi 'mustareunakoroja'. Koe 976/01 harvennettiin 2003, mutta koro-ilmiötä ei silloin tutkittu tarkemmin, varsinkin kun alueen muut kuusikokeet olivat terveitä.

Vuonna 2005 Jaakko Napola ja Marja-Leena Napola aloittivat mittaukset sekä inventoinnit J. Napolan kuusen ulkomaisia alkuperiä koskevaa tutkimustyötä varten. Tutkimuksessa selvitetään itä- ja keskieurooppalaisten kuusien menestymistä Etelä-Suomessa sijaitsevilla alkuperäkokeilla (Napola 2014). Inventoinneissa löytyi runsaasti puita, joilla oli erilaisia runkovaurioita, kuten halkeamia, mustia runkoläiskiä, mustia koroja ja tummaa pihkavuotoa. Runkovauriot otettiin välittömästi mukaan inventointeihin. Myöhemmin useissa muissa ulkomaisia alkuperiä sisältävissä kokeissa tehtiin runkovaurioiden inventointi tai silmävarainen tarkastus.

Koska koroisuus näytti liittyvän kuusen ulkomaisiin alkuperiin, tarkastettiin kuusen proveniensihybridejä (esim. suomalainen x ulkomainen kuusi -risteymät tai Suomessa kasvavan ulkomaisen kuusen vapaapölytysjälkeläistöt) sisältäviä 25-vuotiaita kokeita Nurmijärvellä. Kokeista oli 1990-luvun lopulla valittu kantapuita ja koe-erät olivat olleet hyväkasvuisia ja terveitä. Syksyllä 2005 kokeista löytyi runsaasti koroisia ja pihkaa vuotavia puita sekä pystyyn kuolleita puita. Muutaman vuoden kuluttua löydettiin vastaavia alkuperiä sisältävien 1990-luvun alussa istutettujen kloonikokeiden puista myös koroja.

Kuusen korojen tai runkohalkeamien aihepiiristä oli vuoteen 2005 mennessä julkaistu vain muutamia suomalaisia artikkeleita ja tutkimuksia. Kirjassaan 'Metsän taudit' (1994) Timo Kurkela käsittelee mm. pakkasen ja kuivuuden aiheuttamia runkovauriota sekä esittelee tehtyjä selvityksiä. Kuusen runkohalkeamia ja koroisuutta käsitteleviä tutkimuksia oli sen sijaan julkaistu jo vuonna 1985 Norjassa (Dietrichson ym. 1985) sekä myöhemmin Ruotsissa (Persson 1994) ja Liettuassa (Vasiliauskas 2001).

Kuusikokeiden korohavaintotiedot ja alustavat tulokset koottiin monisteeksi 'Mustien korojen esiintyminen Metlan kuusikokeissa' (Napola & Napola 2005). Moniste sekä valokuvia koroista esiteltiin Metlan metsäpatologeille tapaamisessa marraskuussa 2005. Paikalla ollut prof. Kurkela mainitsi mustakoroja muistuttavien runkovaurioiden olevan tyypillisiä liian runsaasti lannoitetuissa kuusikoissa. Metsäpatologit päättivät tulla katsomaan kuusien runkokoroja ja kävivät kesäkuussa 2007 hakemassa näytteitä koroista mm. proveniensihybridikokeen 711/01 (Nurmijärvi) puista.

Keväällä 2008 havaittiin yllättäen erittäin runsaasti koroja Karkkilan Haavistossa kasvavissa kuusen pistokasjälkeläistöjä testaavissa 15-vuotiaissa kenttäkokeissa. Kokeista poistettiin pituusmittausta haittaavaa lehtipuustoa, ja tässä yhteydessä metsätalousteknikot Arvi Laurila ja Markku Ahlqvist kiinnittivät huomion runkojen outoihin mustiin läiskiin ja mustiin koroihin sekä pystyyn kuolleisiin puihin. Vuosikymmeniä kokeita mitanneille korovauriot olivat uusi ilmiö ja asiasta kerrottiin M-L Napolalle. Tarkastuskäynnin jälkeen korovauriot päätettiin luokitella puiden piteuden mittauksen yhteydessä. Koroisuuden merkitystä jälkeläistöille käsiteltiin suppeasti pistokaskokeiden tuloksia esittelevässä Metsäntutkimuslaitoksen työraportissa 229 (Napola 2012).

Skogsbruket-lehden numerossa 11/2008 sipoolainen metsänomistaja kertoi kuusen taimien latvojen kuivettumisesta sekä rungoilla havaitusta 'mustasta massasta'. Lehtiartikkelissa oli haastateltu Metlan tutkijoita Arja Liljaa ja Jaakko Napolaa, sekä todettu mustakorojen vaivaavan erityisesti ulkomaisia alkuperiä, joiden maahantuonnissa olisi oltava varovainen. 'Skall vi nu vara oroliga för att svartkräftan sprids till våra granskogar?' kysytään lehtiartikkelin lopussa.

Lisää julkisuutta kuusen koroilmiö sai keväällä 2010 M-L Napolan Taimiuutisiin kirjoittamasta artikkelista (Napola, M-L 2010) sekä Taimitarhapäivillä pidetystä korovaurioita käsittelevästä esitelmästä. Kuusen alkuperäkokeista (proveniensiikokeista) saatujen tulosten mukaan alttiimpia korosairaudelle olivat puololalaiset ja valkovenäläiset alkuperät, joilla koropuiden osuus oli 7–9 prosenttiyksikköä korkeampi kuin suomalaisilla alkuperillä (Napola, J. 2011). Koroherkkyyden vuoksi em. alkuperien käyttöä metsänviljelyssä suositeltiin vältettäväksi.

'Korotauti vioittaa ulkomaista alkuperää olevia kuusia': uutisoitiin Maaseudun Tulevaisuuden numerossa 101 syyskuussa 2010. Liian eteläiset siemenalkuperät ja koristekasvien tuonti todettiin riskitekijöiksi kasvitautien leviämisessä. Vieraslajien kulkeutuminen ja ilmaston lämpiäminen saattavat aiheuttaa tuhoepidemioita metsissämme.

Metsäntutkimuslaitoksen metsäpatologioiden ryhmän tuloksia kuusikoroissa kasvavista sienistä julkaistiin Taimiuutiset-lehden numerossa 3/2011 (Lilja ym. 2011). Artikkelissa 'Neonectria-sieni, uusi koropatogeeni kuusella?' kerrotaan, että Metlan tutkijoiden mukaan *Neonectria fuckeliana* -sieni on yleinen kuusen koroissa maassamme. Tämä sienilaji on saanut aikaan pihkojen (*Abies* spp.) neulasten ruskettumista Norjassa ja Tanskassa. Artikkelissa mainitaan myös, että amerikkalaisten tutkijoiden tartutuskokeissa harmaapihtojen (*Abies concolor*) ja palsami-*pihtojen* (*Abies balsamea*) korojen muodostumiseen oli kulunut 1–2 vuotta. Uudessa Seelannissa sieni on aiheuttanut karsittujen radiatamäntyjen (*Pinus radiata*) rungoille samanlaisia koroja, halkeamia ja pihkavuotoa kuin meillä kuusella. Suomessa taimitarhakuusille tehdyt tartutukset aiheuttivat vaurion leviämisen rungon ympäri, mikä johti taimien kuolemaan. Testatut sienikannat olivat siis patogeenisiä.

Metsäntutkimuslaitoksen hanke nro 3580 'Tulokas- ja vieraslajit sekä kuusen patogeenit' käynnistyi vuoden 2012 alusta MMT Arja Liljan johdolla. Vuonna 2014 hankevastaava on vanhempi tutkija Anne Uimari. Hankkeen tavoitteena on selvittää tiedossa olevien patogeenilajien levinneisyys, isäntäkasvit sekä infektiobiologia. Yhdessä osahankkeessa tutkitaan *Neonectria fuckeliana* -sienen yhteyttä kuusilla esiintyviin koroihin ja pihkavuotoon sekä eri alkuperää olevien puiden tautikestävyyttä. Tämä raportti on osa hankkeeseen 3580 liittyvää tutkimustoimintaa.

Tässä työraportissa on hyödynnetty Metlan hankkeissa nro 3413 (Metsänjalostus- ja siemenviljelyohjelmat) ja nro 3457 (Jalostetun metsänviljelyaineiston tuotannon ja käytön tehostaminen), sekä näitä hankkeita aikaisemmissa tutkimuksissa ja metsänjalostuksen testaustoiminnassa kehitettyjä mittausaineistoja, inventointeja ja havaintoja.

Selvityksessä esitetään tuloksia koroinventoiduista kokeista tavoitteena löytää yhteyksiä korovaurioiden ja puiden kasvuominaisuuksien välillä. Alkuperäkokeiden tulosanalyysissä korovaurioita on tarkasteltu myös alkuperäalueittain, jolloin tulosten perusteella voidaan arvioida eri kuusialkuperien sopivuutta metsänviljelyyn Suomessa.

Koska kuusen mustat runkoläiskät, mustakoro ja pihkaa vuotavat halkeamat ovat uusia, aiemmin tutkimattomia ilmiöitä, on runkovaurioiden esiintymistä sekä analysoitujen kokeiden taustaa selostettu tavanomaista tarkemmin. Raportin tärkeänä tarkoituksena on myös dokumentoida ja koota yhteen kuusen runkokoroja koskevat havainnot sekä julkaistut artikkelit tulevia aihepiiriin liittyviä tutkimuksia tai selvityksiä varten.

2 Kuusikokeissa tehdyt mittaukset sekä runkovauriohavainnot

Runkojen korovaurioiden luokitukset ja puiden mittaukset on tehty osana kulloistakin tutkimusaineiston keräystä eri julkaisuja tai selvityksiä varten. Mittausta varta vasten koroisuuden tutkimista varten ei siis ole tehty. Työraporttia varten analysoitujen kokeiden koe-erien sisältöä selostetaan tarkemmin kunkin kokeen korovauriotulosten yhteydessä. Tässä raportissa käsiteltyjen kokeiden koetiedot ovat taulukossa 1.

Pernajan Isnäsin peltomaalle vuonna 1970 istutettu 35-vuotias alkuperäkoe (provenienssikoe) 270/04 ja Vihdissä kasvava 24-vuotias alkuperäkoe 655/01 olivat ensimmäiset kenttäkokeet, joissa tehtiin rungoittainen koroinventointi. Kokeen 655/01 puiden koroista otettiin myös valokuvia tarkastuksen yhteydessä kesällä 2005 (kuvat 1–4).

Metsänjalostussäätiön perustamien Karkkilan Haaviston kloonikokeiden aineistot ovat peräisin Metsänjalostussäätiön Haapastensyrjän metsänjalostuskeskuksen tarhalle vuonna 1988 kylvetyistä 41 alustavasti testatusta kuusierästä. Kylvöeristä 21 edusti Etelä-Suomen pluspuiden jälkeläistöjä, 18 alkuperäristeymiä (provenienssihybridejä) ja kaksi eristä oli metsikköalkuperää. Taimierien joukosta tehtiin pituuteen ja kevätfenologiaan perustuvia valintoja yksittäisten kloonien testausta ja joukkomonistuksen (bulk-lisäys) tutkimusta varten (Napola 1999, 2008, 2011).

Taulukko 1. Raportissa käsiteltyjen mitattujen ja koroinventoitujen kuusikokeiden koetietoja.

Kokeen numero	Paikkakunta	Istutusajankohta	Istutuspaikan tyyppi	Koe-eriä, kpl	Lohkoja, kpl	Taimia ruudussa, kpl	Istutusväli, m	Koroinventointivuosi	Kocaineistojen kuvaus
1. Alkuperäkokeet (provenienssikokeet)									
270/01	Loppi	9.10.1969	MT	24	8	49	2 x 2	2008	Ulkomaisia ja kotimaisia eriä
270/03	Parainen	28.5.1970	MT	22	4	49	2 x 2	2009	Ulkomaisia ja kotimaisia eriä
270/04	Pernaja	23.5.1970	Pelto	24	7	49	2 x 2	2005	Ulkomaisia ja kotimaisia eriä
655/01	Vihti	27.5.1982	Pelto	30	6	25	2 x 2	2006	Valkovenäläisiä ja kotimaisia eriä
655/02	Tammisaari	31.5.1982	Pelto	28	6	25	2 x 2	2009	Valkovenäläisiä ja kotimaisia eriä
655/03	Kemiö	26.5.1982	Pelto	21	4	25	2 x 2	2009	Valkovenäläisiä ja kotimaisia eriä
995/02	Tammisaari	29.5.1987	Pelto	30	4	25	2 x 2	2007	Ulkomaisia ja kotimaisia eriä
2. Pistokaskloonikokeet									
186201	Karkkila	19.5.1994	Pelto	36	3	25	2 x 2	2008	Bulk-pistokaseriä ja V-kloonieriä
186302	Karkkila	20.5.1994	Pelto	25	3	25	2 x 2	2008	Bulk-eriä ja klooniyhdistelmiä
147802	Karkkila	24.5.1993	Pelto	30	5	9	2 x 2	2008	Bulk-eriä ja klooniyhdistelmiä
1480/01	Karkkila	5.5.1993	Pelto	58	5	9	2 x 2	2008	Bulk-eriä ja klooniyhdistelmiä
3. Jälkeläiskokeet									
976/01	Saarijärvi	30.5.1985	Pelto	43	4	25	0.75 x 1.5	2008	Pluspuujälkeläistöjä ja vertailueriä
976/02	Lieksa	7.6.1985	Taimitarha	31	4	25	0.75 x 1.5	2011	Pluspuujälkeläistöjä ja vertailueriä



Kuva 1 ja kuva 2. Mustaläiskäinen koro sekä korojälki kuori poistettuna Vihdin kokeen 655/01 valko-venäläisessä koepuussa elokuussa 2005.



Kuva 3. Molemminpuolinen rungon korovaurio on aiheuttanut rungon muotohäiriöitä.

Kuva 4. Katkennut korovaurioinen koepuu Vihdin kokeessa 655/01 vuonna 2005.



Kuvat 5 ja 6. Pahoja korovaurioita ja lievää mustaa koroläiskää Karkkilan kokeessa 1862/01 syksyllä 2013.



Kuvat 7 ja 8. Pahoja vanhoja korovaurioita ja pihkaa vuotava tuore lievä vaurio Karkkilan kokeessa 1862/01 syksyllä 2013.



Kuvat 9 ja 10. Pahoin korovaurioisia puita Karkkilan kokeessa 1863/02 syksyllä 2013



Kuvat 11 ja 12. Lievä korovaurio ja lievä musta läiskävaurio kokeessa 1863/02 syksyllä 2013.



Kuvat 13 ja 14. Pahoja ja lieviä koroja Karkkilan kokeessa 1481/01 syksyllä 2013



Kuva 15. Katkennut pahoin korovaurioinen puu Karkkilan kokeessa 1481/01 vuonna 2013.

Karkkilan Haavistossa sijaitsevat kokeet on pituusmitattu vuonna 1998 6–7 vuoden iässä sekä Metsäntutkimuslaitoksen hankkeen 3457 toimesta vuonna 2008. Korovaurioiden löytyminen puiden rungoilta oli mittajille aiemmin tuntematon ilmiö. Edellisessä mittauksessa samat mitaajat eivät olleet havainneet vaurioita tai puiden pystyyn kuolemista. Karkkilan kokeita ei tarkastettu eikä seurattu aktiivisesti vuosien 1999 ja 2007 välillä. Tästä syystä ei tiedetä, missä vaiheessa rungoille on ilmestynyt mustaa koroa.

Karkkilan kokeiden korovauriot luokiteltiin silmävaraisesti koron tai koroisuuden perusteella kahteen luokkaan: lievään korovaurioon ja pahaan korovaurioon (kuvat 5–15). Näiden lisäksi puut luokiteltiin joko terveiksi tai pystyyn kuolleiksi. Koroja sekä mustia läiskiä esiintyi puiden rungoilla tyviosista latvukseen ja niiden määrä sekä koko vaihtelivat.

Jälkeläiskoesarjassa 976/01–/02 tehtiin Jaakko Napolan tutkimukseen (Napola 2014) sekä kuusen jalostukseen liittyen pituuden ja läpimitan mittausta sekä koropuiden luokitukset vuosina 2008 (osakoe 1) ja 2011 (osakoe 2). Kokeissa kasvaa kotimaisten kantapuiden lisäksi vertailuerinä kaksi virolaista erää ja yksi koillispuolalainen erä. Saarijärven koe 976/01 oli ensimmäinen kuusikoe, jossa runkojen koroja ja mustia läiskiä havaittiin vuonna 2001.

3 Korovauriot kuusen alkuperäkokeissa

3.1 Virolaisten ja puolalaisten alkuperien korovauriot koesarjassa 270/01, /03 ja /04

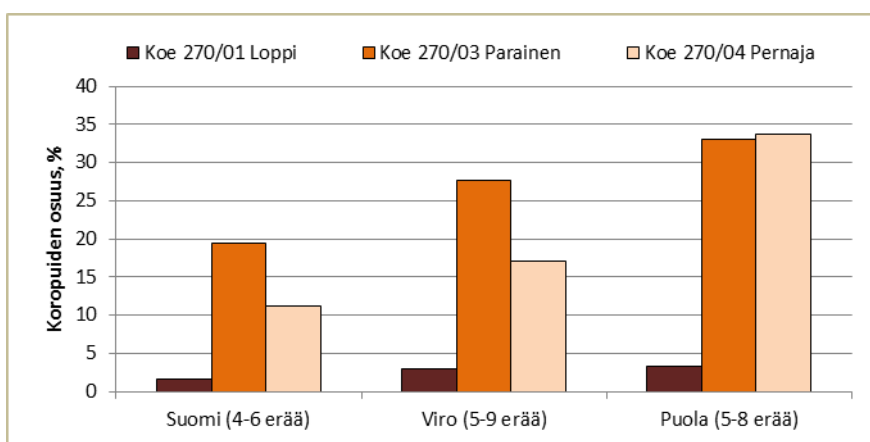
Metlan suunnitteleman koesarjan 270 tarkoituksena on seurata virolaisten ja puolalaisten kuusierien kasvua ja kehitystä sekä verrata näiden alkuperien menestystä suomalaisiin metsikköeriin (6 kpl). Koesarjan kokeissa 270/01 Loppi ja 270/04 Pernaja kasvaa 24 koe-erää ja osakokeessa 270/03 Parainen 22 koe-erää (koetiedot taulukossa 1). Paraisten kokeessa koroinventointi tehtiin 15 erästä. Pernajan osakoe oli harvennettu.

Puolan eristä työnumerot 7 ja 8 ovat maan itäosasta, läheltä Valko-Venäjän rajaa, nro 14 pohjoisrannikon tuntumasta ja muut viisi erää maan koillisnurkasta. Viron eristä Tallinna, Kohila ja Rakvere (nrot 18, 19 ja 21) ovat peräisin maan pohjoisosasta, Kilingi-Nõmme (nro 22) lounaisosasta ja muut viisi erää itä- ja kaakkoisosista. Slovakian erä Hohe Tatra on vuoristosta yli 1000 metrin korkeudelta läheltä Puolan rajaa. Suomen eristä Sund (nro 1) on Ahvenanmaalta ja nro 3 Tammisaaresta, muut neljä erää Etelä-Suomen sisämaasta (ks. Napola 2014).

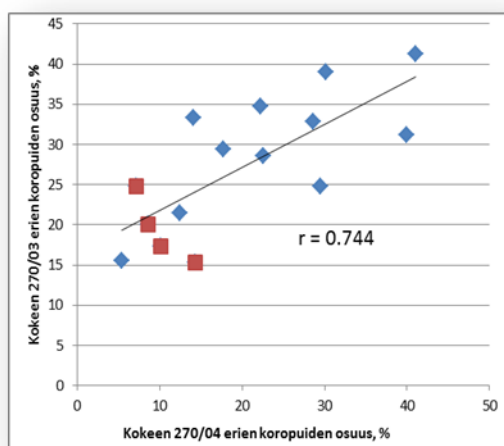
Suomalaiset metsikköerät olivat terveimpiä ja puolalaiset erät koroisimpia tarkastelluissa kolmessa kokeessa (kuva 16). Lopen kivisellä metsämaalla kasvavassa kokeessa 270/01 koroutuneita puita oli vähän, keskimäärin 3 % puista, eivätkä alkuperäryhmät poikenneet tilastollisesti merkitsevästi toisistaan. Pernajan kokeessa 270/04 Puolan alkuperillä koropuiden osuus oli 22 prosenttiyksikköä suurempi kuin suomalaisilla alkuperillä. Puolan ryhmä poikkesi tässä kokeessa koropuiden osuudessa merkitsevästi sekä Suomen että Viron ryhmästä. Virolaisilla erillä koropuiden osuus oli keskimäärin 6–9 prosenttiyksikköä suomalaisia erää suurempi Paraisten ja Pernajan kokeissa.

Koe-erien koropuuosuuksien ja vastaavien erien suhteellisten läpimitta-arvojen välinen suhde oli heikko kaikissa osakokeissa. Koroisuuden ja suhteellisen läpimitan välinen korrelaatio Pernajan kokeessa oli negatiivinen ($r = -0.263$) samoin kuin Paraisten kokeessa ($r = -0.165$). Lopen kokeessa korrelaatio oli heikko, mutta positiivinen, $r = 0.188$. Koe-erien pituuskeskiarvojen ja koro-osuuksien välillä ei myöskään ollut merkitsevää korrelaatiota.

Lopen kokeen koe-erien koroisuus ei korreloinut muiden kokeiden erien koroisuuden kanssa. Sen sijaan peltomailla kasvaneiden kokeiden 270/03 ja 270/04 koe-erien koropuiden osuuksien välinen suhde oli etenkin ulkomaisten alkuperien kohdalla vahva (kuva 17). Kokeiden tervein koe-erä oli virolainen Kohilan erä nro 19 ja koroisin erä puolalainen Gorowon erä nro 13.

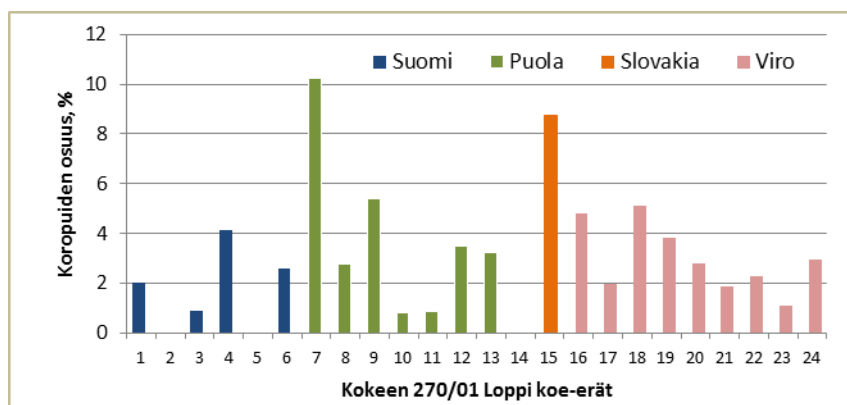


Kuva 16. Koropuiden keskimääräiset osuudet kokeiden 270/01 (39 v), 270/03 (40 v) ja 270/04 (36 v) alkuperäryhmissä.

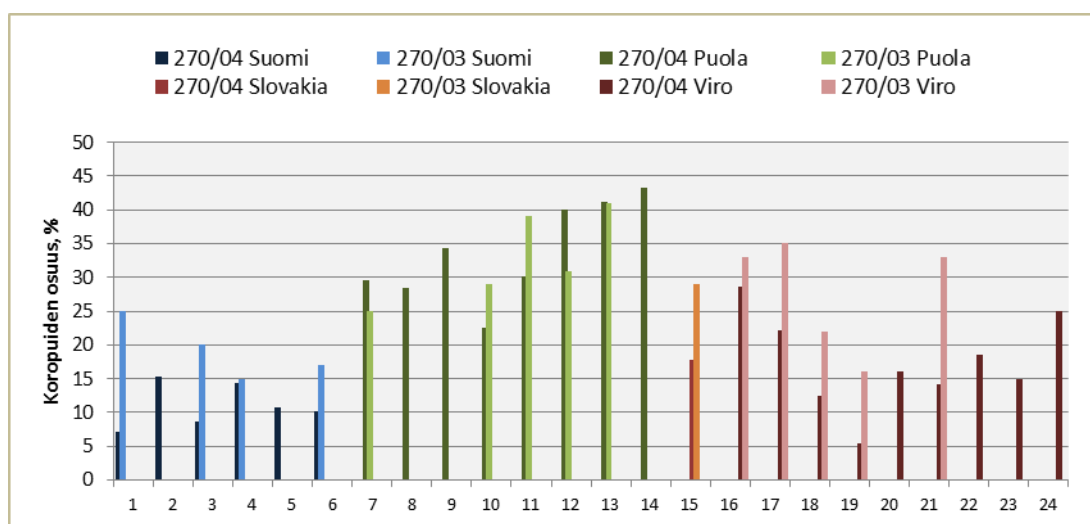


Kuva 17. Kokeiden 270/03, Parainen (40 v) ja 270/04, Pernaja (36 v) koe-erien koro-osuuksien välinen suhde. Suomalaiset erät esitetty punaisella, ulkomaiset erät sinisellä.

Koe-erien koro-osuudet kolmessa alkuperäkokeessa on esitetty kuvissa 18 ja 19. Kuvista voidaan havaita, että Lopen metsämaalla (kuva 18) kasvavan kokeen korovaurioisimmat erät nro 7 (Puola) ja nro 15 (Slovakia) eivät peltomaakokeissa (kuva 19) kuulu pahiten koroutuneiden koe-erien joukkoon. Suomalaisista eristä ahvenanmaalaisen metsikköerän (erä 1) koroisuus vaihtelee Paraisten ja Pernajan kokeissa, kun taas Jokioisten erän (erä 4) koro-osuudet ovat samansuuruiset molemmissa kokeissa. Lopen kokeessa kaksi suomalaista alkuperää (nro 2 Hamina ja 5 Melilä) sekä puolalainen erä nro 14 Mestwinowo ovat olleet täysin terveitä. Mestwinowon erän suhteellinen läpimitta on kokeen 270/01 suurin, mutta sama erä Pernajan kokeessa 270/04 on kokeen korosairain.



Kuva 18. Koe-erien (24 kpl) koropuiden osuudet kokeessa 270/01, Loppi (39 v.) Erien 2, 5 ja 14 koroisuus oli 0 %.



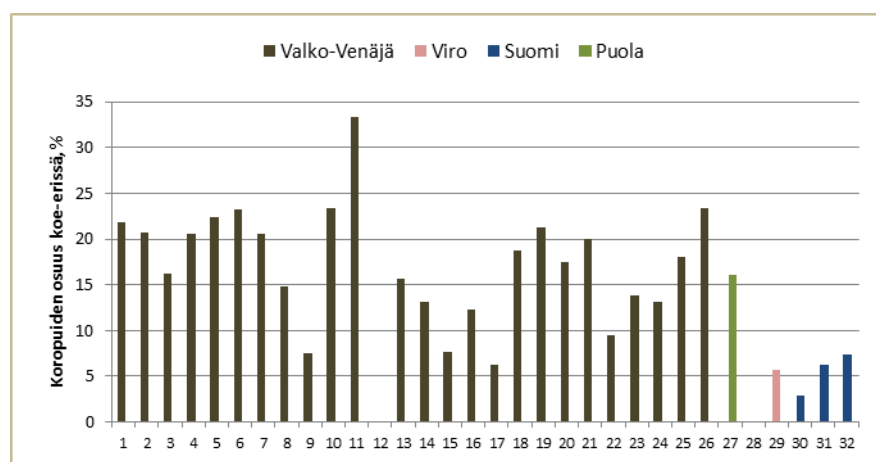
Kuva 19. Kokeiden 270/04 Pernaja (24 erää) ja 270/03 Parainen (15 erää) koe-erien koropuiden osuudet.

3.2 Runkovauriot koesarjan 655/01–04 valkovenäläisessä

Koesarjan 655/01-04 kokeissa on 21–30 koe-erää, jotka ovat peräisin suurimmaksi osaksi Valko-Venäjän kolmelta alkuperäalueelta: Vitebsk, Minsk ja Grodno. Näiden lisäksi kokeissa kasvaa 2–3 suomalaista metsikköerää Eurajoelta, Tuusulasta ja Virolahdelta sekä yksi erä Viron Viljandista sekä yksi erä Koillis-Puolan Augustowista. Mitattujen kokeiden tiedot on esitetty taulukossa 1. Lisätietoja alkuperistä on Napolan (2014) tutkimuksessa.

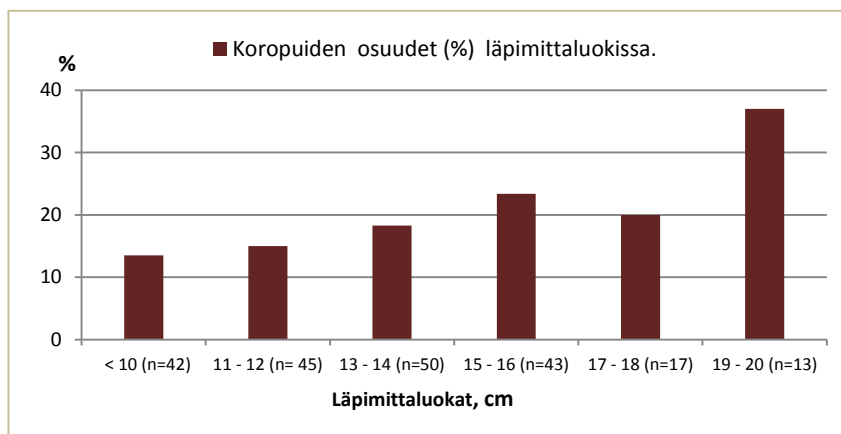
Vihdin harventamattomassa ylitiheässä osakokeessa 655/01 tehtiin syksyllä 2006 lohkoissa 1, 2 ja 4 puiden läpimitan mittausta ja koroinventointi, jossa korojen ja pihkaa vuotavien halkeamien määrä rungolla laskettiin. Mittauksen ja inventoinnin teki M-L Napola. Kokeessa oli useita pystyyn kuolleita, katkenneita ja kaatuneita puita. Suomalaisten alkuperien keskimääräinen elävyys oli 90 % ja valkovenäläisten erien 84 %.

Kokeen 655/01 mitatuista elävistä puista 15 % kärsi korosta tai pihkahalkeamista. Kaikissa koe-erissä havaittiin vaurioita. Koroisten (korot ja pihkahalkeamat) puiden osuus suomalaisilla alkuperillä oli 5 % ja valkovenäläisillä erillä 18 %. Ainoan virolaisen erän, Viljandin, koroisuus oli alhainen, 5 %. Korkein vaurio-osuus oli valkovenäläisessä koe-erässä 11, Grodno, 33 % (kuva 20). Vaurioituneilla 210 puulla keskimäärin 85 prosentilla oli rungolla 1–2 koroa ja 15 prosentilla oli rungolla 3–9 koroa. Koropuiden suhteelliset osuudet kolmessa mitatussa toistossa eivät poikenneet toisistaan.

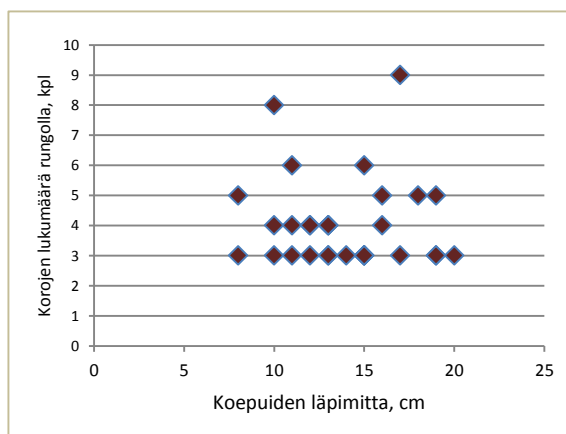


Kuva 20. Koropuiden osuudet kokeen 655/01 (Vihti) koe-erissä 25 vuoden iässä. Työnumerot 12 ja 28 puuttuvat kokeesta.

Koropuiden osuudet läpimittaluokissa on esitetty kuvassa 21. Suurimmassa läpimittaluokassa koropuiden osuus on korkein, 37 %. Puut, joiden rungolla vaurioita oli 1–2 kpl, olivat keskimäärin 13 cm:n paksuisia. Pahoin koroiset puut olivat 14 cm paksuisia. Terveiden puiden läpimitta oli keskimäärin 12,4 cm. Sekä paksuilla että ohuilla rungoilla oli pahaa koroa eli kolme tai useampi vauriota rungolla (kuva 22).



Kuva 21. Koropuiden osuudet kokeen 655/01 (Vihti) läpimittaluokissa 25 vuoden iässä.



Kuva 22. Runsaasti koroja sisältävien puiden läpimitat kokeessa 655/01 (Vihti) 25 vuoden iässä.

Koe 655/02 on istutettu vuonna 1982 Tammisaaren Solbackaan peltomaalle. Istutusala ympäröivät läheiselle järvelle laskevat päävaltaojat, ja koeruuturivien väleissä kulkee 15 sarkaojaa. Ennen kokeen ensiharvennusta jalostaja M-L Napola kävi läpi kokeen ruudut ja valitsi vuoden 2000 syyskuussa kolmekymmentä ehdokaspuuta mahdollista jatkojalostusta varten. Koealue oli hyväkasvuinen ja yksi rehevimmistä jalostajan koskaan evaluoimista kuusikokeista. Kokeessa ei ollut havaittavissa runkovaurioita tai katkenneita puita. Koska valittuja puita ei tarvittu, kokeessa ei käyty vuosien 2000–2008 aikana.

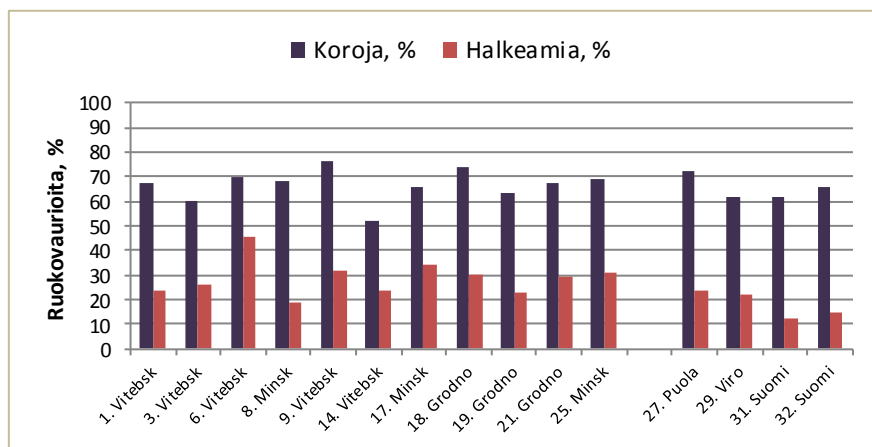
Vuonna 2009 kokeen 655/02 eristä mitattiin viidestä lohkoista 11 valkovenäläistä alkuperää sekä yksi puolalainen ja virolainen erä. Suomalaisia eriä mitattiin kaksi. Kokeen runkoluku oli 2000-luvun alkupuolella harvennettu puoleen. Mittauksen yhteydessä inventoitiin runkojen korot sekä halkeamat. Inventoinnin tekivät Esa Ek ja Elvi Pääkkönen.

Kokeen 655/02 mitatuista puista (1012 kpl) koroiksi luokiteltiin 66 %, mikä on korkein lukema missään inventoidussa kokeessa. Halkeamia rungossa oli 26 prosentilla puista. Kokeen lohkot eivät poikenneet toisistaan tilastollisesti merkitsevästi korojen tai halkeamien osuuksien

suhteen. Valko-Venäjän alkuperien keskimääräinen koro-osuus oli 67 % ja halkeamaosuus 29 %. Suomalaisilla erillä oli muita eriä vähemmän runkohalkeamia, mutta koropuiden osuus oli suomalaisilla erillä lähes yhtä korkea kuin valkovenäläiserillä (kuva 23).

Mitattujen puiden läpimitta kokeessa oli keskimäärin 19 cm, jota läpimittaa pienempien puiden ryhmässä koropuita oli saman verran kuin suurempien puiden ryhmässä. Keskimääräistä läpimittaa pienempien puiden ryhmässä runkohalkeamapuiden osuus oli 19 % ja keskiläpimittaa suurempien puiden ryhmässä 34 %.

Korovaurioiden suureen osuuteen on voinut vaikuttaa ensiharvennus, jonka yhteydessä runkoihin on voinut syntyä korjuuvaurioita. Tuoreiden runkohalkeamien osuudet saattavat osoittaa luotettavammin alkuperien vaurioherkkyyttä. Kokeiden 655/01 (harventamaton) ja 655/02 yhteisten koe-erien koro-osuuksien välinen korrelaatio oli 0.169. Osakokeen 01 koro-osuuksien ja osakokeen 02 halkeamaosuuksien välinen korrelaatio oli 0.416.



Kuva 23. Korojen ja rungon kuorihalkeamien osuudet kokeen 655/02 (Tammisaari) alkuperissä 27 vuoden iässä.

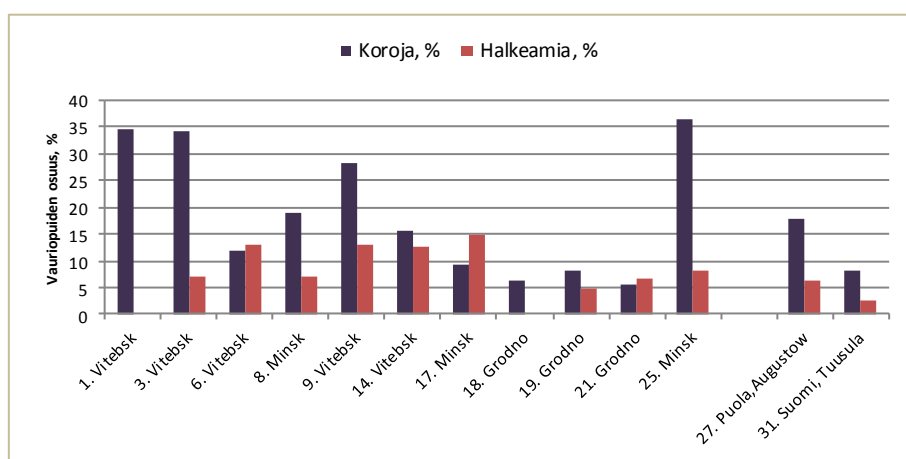
Kemiön alkuperäkokeesta 655/03 mitattiin toukokuussa 2009 kaikista neljästä lohokosta 13 koe-erää, yhteensä 323 puuta, joista 11 alkuperää oli valkovenäläisiä, yksi puolalainen ja yksi suomalainen erä. Mitatut Valko-Venäjän erät olivat samat kuin Tammisaaren osakokeessa 02. Koe oli harvennettu ennen mittausta. Useimmissa tapauksissa ruuduissa kasvoi vähemmän kun kymmenen puuta. Mittaajina toimivat Ek ja Pääkkönen. Koe oli viisivuotiaana kärsinyt erilaista tuhoista, jolloin sen elävyys oli laskenut 53 prosenttiin. Vuonna 2000 M-L Napolan tarkastuksessa koe oli kasvuisa mutta harventamaton. Halkeamista tai koroisuudesta ei ollut havaintoja.

Valko-Venäjän erillä keskimääräinen korovaurio-osuus oli 19 % ja halkeamien osuus 8 %. Suomalaisella Tuusulan metsikköerällä koroja oli 8 prosentilla ja halkeamia 3 prosentilla puista (kuva 24). Vaurioita oli tasaisesti kokeen kaikissa lohkoissa.

Puiden keskiläpimitta oli kokeessa 17 cm, jota suurempien ja pienempien puiden ryhmässä koropuita oli lähes saman verran. Haljenneita puuta oli eniten (84 %) keskiläpimittaa suurempien puiden ryhmässä. Paksuimmilla (yli 23 cm) puilla (35 kpl), ei ollut lainkaan koroa, mutta sen

sijaan niistä seitsemällä oli runkohalkeamia, joiden määrä rungolla oli enimmillään neljä kappaletta.

Kemiön kokeen 655/03 ja Tammisaaren kokeen 655/02 yhteisten inventoitujen koe-erien korosuuksien välillä ei ollut korrelaatiota, $r = 0.050$. Halkeamien osuuksien välinen korrelaatio oli vahvempi, $r = 0.536$.



Kuva 24. Koropuiden ja haljenneiden puiden osuudet kokeen 655/03 (Kemiö) alkuperissä 27 vuoden iässä.

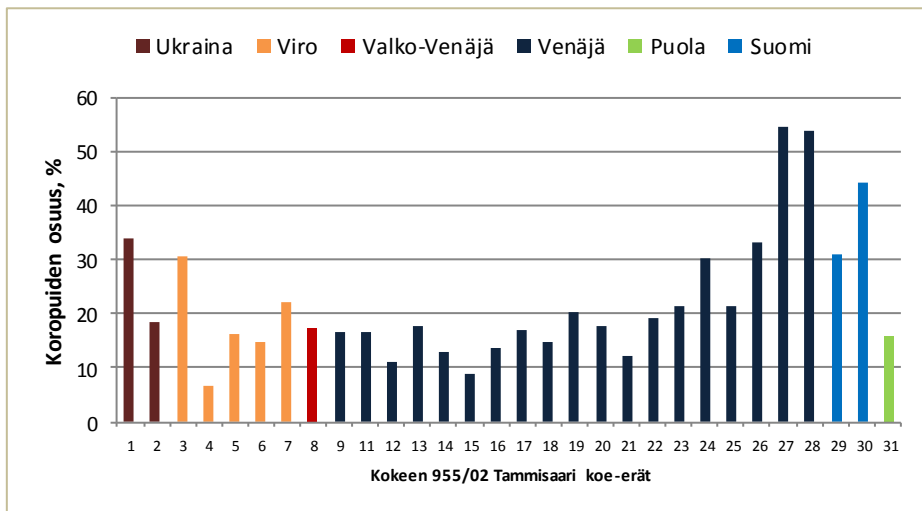
Osakoe 655/04 Paimiossa on istutettu kolme vuotta myöhemmin kuin muut osakokeet, mutta taimet olivat samaa kasvatuserää. Kokeessa istutusväli on 3 x 3 metriä eli suurempi kuin muissa osakokeissa. Kokeen elävyys on säilynyt korkeana hyvän hoidon ansiosta ja oli 96 % vuonna 2005. Kokeessa ei ole havaittu koroja eikä halkeamia. Viimeisimmän tarkastuksen teki M-L Napola kesällä 2013.

3.3 Kokeen 995/02 alkuperien korovauriot

Koe 995/02 (Tammisaari) on istutettu vuonna 1987 ja sen elävyys 12 vuoden iässä oli 89 % (koetiedot taulukko 1). Koe sisältää pääasiassa venäläisiä metsikköalkuperiä, joista 16 erää on Länsi-Venäjältä, kaksi erää Itä-Venäjältä (nrot 26 ja 28) sekä yksi erä Pohjois-Venäjältä (nro 27). Lisäksi kokeessa on viisi erää Virosta, kaksi vuoristoerää Ukrainasta sekä yksi erä Valko-Venäjältä ja Koillis-Puolasta. Suomalaisia alkuperiä on kaksi: metsikköerät Tammisaaresta ja Tuusulasta.

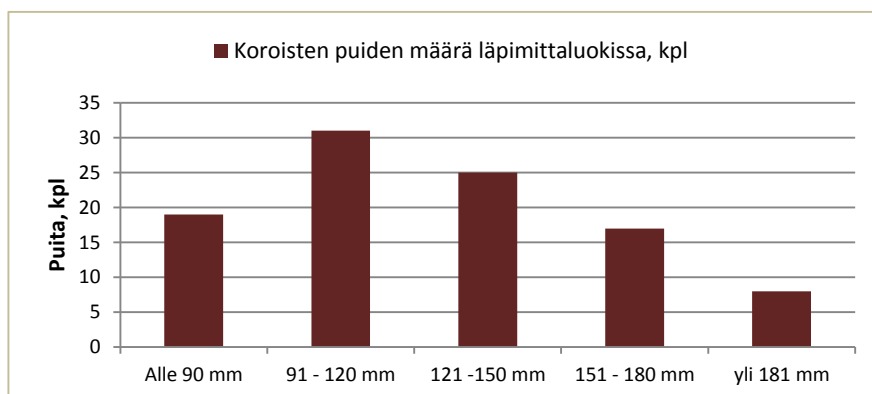
Kokeen lohkoista 1–4 mitattiin syksyllä 2007 rinnankorkeusläpimitat 2359 puusta ja inventoitiin runkovauriot Esa Ekin ja Elvi Pääkkösen toimesta. Kokeen nuoruusvaiheessa kaikissa koe-erissä oli tehty puiden (267 kpl) hakkuuta harvennuksena tai mahdollisesti joulupuiden kaatona. M-L Napola teki kokeessa evaluoinnin kantapuupalintoja varten vuonna 2009 sekä muutamien alkuperäruutujen laatuarvioinnin. Valokuvia vaurioituneista puista on kuvissa 30–33 sivulla 23.

Koropuiden (491 kpl) osuus mitatuista puista oli 22 %. Lohkojen välillä ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja keskimääräisessä koroisuudessa tai elävyydessä. Länsivenäläisten alkuperien koropuiden osuus oli 9–30 %. Virolaisten alkuperien koropuiden osuus oli keskimäärin 16 % ja suomalaisten 38 %. Alin koropuuosuus, 7 %, oli Viron Raplan alkuperällä (nro 4) ja korkein osuus, 54 %, Pohjois-Venäjän Komin alkuperällä (nro 27). Komin alkuperä erosi tilastollisesti koroisuudessa muista alkuperäryhmistä paitsi Suomen ryhmästä. Pahoin koroinen suomalainen koe-erä nro 30, Tammisaari oli elävyydeltään koe-keskiarvoa selvästi heikompi ja lisäksi erän ulkoinen laatu oli huono (kuva 25).



Kuva 25. Koropuiden osuudet Tammisaaren kokeen 955/02 koe-erissä 21 vuoden iässä. (Työnumero 10 puuttuu kokeesta.)

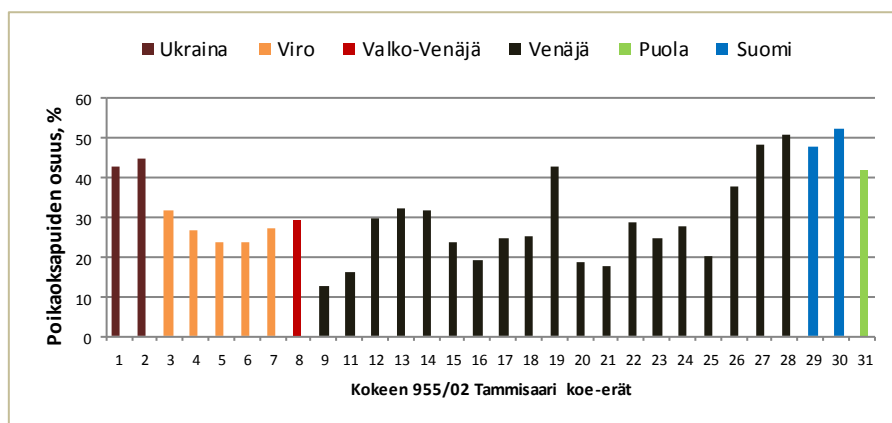
Kokeen puiden keskiläpimitta oli 131 mm, terveiden puiden 133 mm ja korovaurioisten puiden 124 mm. Koroutuneet puut olivat keskimäärin 7 % terveitä puita ohuempia. Koroutuneiden puiden ryhmässä 19 % puista oli läpimitaltaan alle 9 cm paksuisia ja 8 % puista yli 18 cm paksuisia (kuva 26). Puut, joilla havaittiin useita koroja, olivat enimmäkseen kokeen keskimääräistä läpimittaa ohuempia. Puita, joilla oli yli neljä koroa, oli 22 kpl eli 4 % kaikista koropuista.



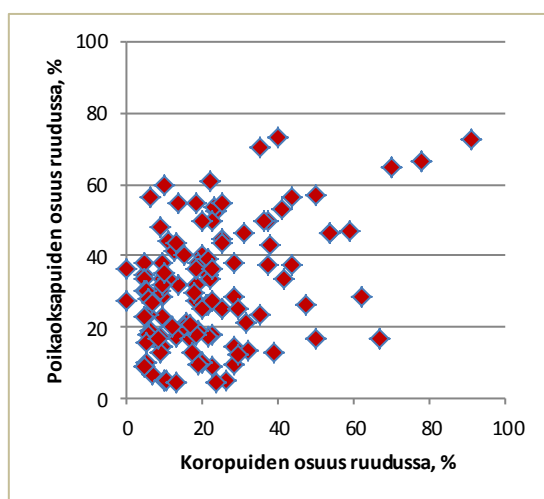
Kuva 26. Koropuiden määrät läpimittaluokittain Tammisaaren kokeessa 995/02

Kokeen 995/02 mitatuista puista 30 prosentilla havaittiin poikaoksia, mikä on 8 prosenttiyksikköä koropuita korkeampi osuus. Koropuiden ryhmässä poikaoksapuiden osuus oli 41 % ja eikoroisten puiden ryhmässä 27 %. Poikaoksapuita oli eniten suomalaisilla ja ukrainalaisilla alkuperällä. Venäläisistä eristä Komin (nro 27) ja Kemerovon (nro 28) alkuperät sisälsivät runsaasti poikaoksaisia puita (kuva 27). Kuudella alkuperällä poikaoksapuiden keskimääräinen osuus oli suurempi kuin koropuiden keskimääräinen osuus.

Poikaoksien ja korovaurioiden välinen riippuvuus ei ollut vahva. Kuvassa 28 on esitetty kokeen neljän lohkon alkuperäruutujen koro-osuudet ja vastaavat poikaoksaosuudet. Koroutunut ja poikaoksaainen työnnumero 30 vaikuttaa voimakkaasti korrelaatioon ja alkuperän poistaminen laskee kertoimen arvoon 0.345. Kun koropuiden osuus ruudussa on alle 20 %, vaihtelevat poikaoksaisuuden osuudet erittäin voimakkaasti. Esimerkiksi puolalaisella alkuperällä kolmen lohkon koro-osuudet olivat 5–10 % ja vastaavat poikaoksaosuudet 27–60 %.



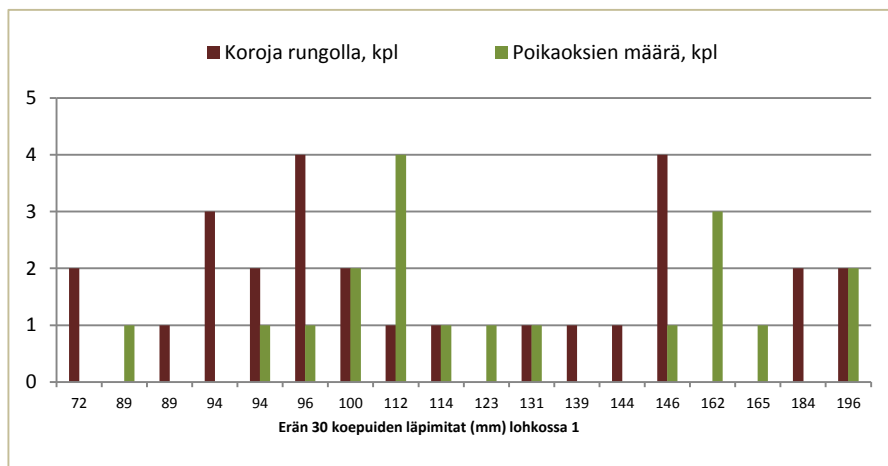
Kuva 27. Poikaoksapuiden osuudet kokeen 995/02 (Tammisaari) koe-erissä.



Kuva 28. Kokeen 995/02 (Tammisaari) erien koeruutujen koro-osuuksien ja poikaoksaosuuksien välinen suhde ($r = 0.408$).

Poikaoksia ja koroja ei välttämättä ole samassa rungossa eikä puun suuri poikaoksien määrä liity selkeästi suureen koromäärään. Rungon läpimittakaan ei vaikuta poikaoksaisuuteen.

Esimerkkinä kuvassa 29 on kokeen eräs vaurioituneimmista ruuduista, joka kasvaa ensimmäisen lohkon reunimmaisessa rivissä. Tammissaaren erän nro 30 koropuiden osuus ruudussa oli 78 % ja poikaoksapuiden osuus 67 %. Mitatuista 18 puusta vain poikaoksia sisältäviä puita oli 4 kpl ja ainoastaan koroja sisältäviä puita 6 kpl. Useiden runkokorojen määrä ei näytä johtuvan poikaoksaisuudesta.



Kuva 29. Tammissaaren metsikköerän (nro 30) puiden koro- ja poikaoksamäärät lohkon 1 ruudussa kokeessa 995/02 (Tammissaari).

Kokeen 995/02 puiden läpimittojen, korovaurioiden ja poikaoksien lisäksi luokiteltiin myös tuoreet runkohalkeamat, joita löytyi lähes kaikilta koe-eriltä muutamia. Minkään alkuperän runkohalkeamaosuus ei ollut muita selvästi suurempi. Ukrainalaisilla alkuperillä halkeamaosuudet olivat korkeimmat eli keskimäärin 5 %, valkovenäläisellä erällä 4 %, suomalaisilla erillä 2 % ja virolaisilla erillä 1 %. Runkohalkeamia sisältävien puiden keskiläpimitta oli 145 mm eli ne olivat 11 % kokeen keskiarvoa paksumpia. Yli puolella halkeamapuista ei ollut rungolla lainkaan koroa.

Pystyyn kuolleita puita havaittiin kokeessa 75 kpl, joista lohkoissa 1 ja 2 tällaisia puita oli eniten eli 28 kpl kummassakin (kuva 30). Kuudessa erässä ei ollut lainkaan pystyyn kuolleita puita, näistä eristä kolme oli virolaisia. Eniten kuolleita puita oli erällä 9 Vologda (9 kpl), erällä 1 Ukraina (8 kpl) ja erällä 31 Puola (6 kpl). Molempien suomalaisten erien puiden joukosta löytyi yksi pystyyn kuollut puu. Kuolleiden puiden määrä koe-erissä ei korreloinut koropuiden eikä halkeamapuiden määrän kanssa.



Kuva 30. Kuollut ukrainalainen puu lohkossa 1.



Kuva 31. Tuusulan erän huonolaatuinen puu



Kuvat 32 ja 33. Itä-Venäjän Kemerovon alkuperän (nro 28) koropuita. Kuvat kokeen 995/02 lohkoista 2.

4 Korovauriot Karkkilan Haaviston kloonikokeissa

4.1 Korovauriotuloksia kokeesta 1862/01

Karkkilan Haaviston Kalatien pellolle vuonna 1994 istutetussa harventamattomassa kloonikokeessa 1862/01 tehtiin vuonna 2008 pituusmittaus ja koroluokitus kokeen kaikissa kolmessa lohossa. Koe-erien määrä on 36 kpl ja puiden määrä ruudussa on 25 kpl. Koe sisältää 25 pistokaskoe-erää neljästä jälkeläistöstä, jotka kylvettiin vuonna 1988 Lopen Haapastensyrjän taimitarhalle.

Pistokkaiden lähtöaineiston alkuperät ovat:

- 1) H 5126 x E 4350, Loppi x Tsekkoslovakia (CS) nykyisin todennäköisesti Slovakia/Tuusula Ruotsinkylän metsäviljelmä nro 136
- 2) E 7188 x E 4280, Loppi x Saksa, Carlsfeld/Tuusula Ruotsinkylän metsäviljelmä nro 133
- 3) E 1515, Mynämäki/kotimaisten kantapuiden huone 11, Haapastensyrjä
- 4) E 5519, Loppi, Haapastensyrjän jalostuskuusikon pluspuun vapaapölytyserä

Neljästä yllä mainitusta jälkeläistöstä lisättiin kasvullisesti pistokkaina joukkomonistuseriä (bulk-eriä), myöhään kasvuun lähtevien kantataimien eriä sekä yksittäisklooneja (V-klooneja). Vertailuerinä kokeessa on mukana pistokkaiden lähtöaineistojälkeläistöjä vastaavia siementaimieriä, standardimetsikköeriä siementaimina ja pistokkaina, Kangasniemen Leppäniemen siemenviljelyksen nro 111 erä sekä pendulakuusen risteytyserä.

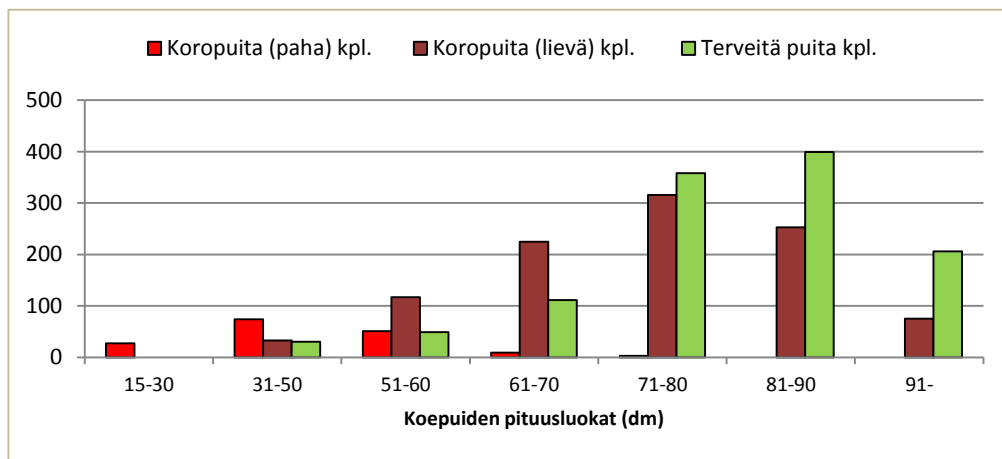
4.1.1 Koropuiden määrä ja koroisuuden vaikutus pituuskasvuun

Kokeen mitatuista 2336 puusta puolella oli rungossa korovaurioita, joko vähäisiä pieniä ja lieviä koroja tai erittäin pahoja isoja koroja. Pahoihin vaurioihin luettiin isojen korojen lisäksi myös suuret halkeamat ja laajat pihkavuodot. Kokeen eri lohkojen välillä ei ollut eroja koropuiden määrässä eivätkä kahden kororyhmän osuudet myöskään vaihdelleet merkittävästi lohkojen välillä. Pahoin koroutuneiden puiden osuus kokeessa oli 7 %.

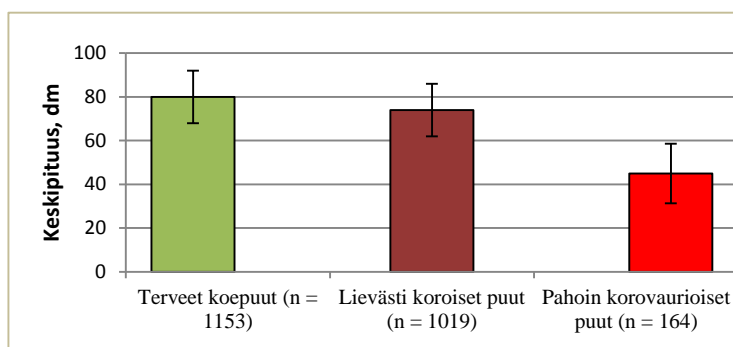
Pystyyn kuolleita erittäin koroisia puita oli 26 kpl, josta määrästä lähes puolet kasvoi kolmannen lohkon metsikönpuoleisissa reunaruuduissa. Tarkasteltaessa kuolleiden puiden pituuksia vuoden 1999 mittaustiedoista voitiin havaita, että vuosien 1999 ja 2008 välisenä aikana kuolleiden puiden joukossa oli sekä pitkiä että lyhyitä puita. Kuolleiden puiden pituusuhde (mittaus 1999) ruutunsa keskiarvoon (100 %) vaihteli 37 prosentista 118 prosenttiin ja oli keskimäärin 82 %. Puiden kohdalla ei ollut merkintöjä latvavaurioista.

Hidaskasvuilla puilla oli vuoden 2008 mittauksessa enemmän korovaurioita kuin nopeakasvuilla puilla. Lievästi koroisten puiden osuus oli terveiden puiden osuutta suurempi kokeen pituuskeskiarvoa (76 dm) pienemmissä pituusluokissa (kuva 34). Pisimpien puiden luokassa lievästi koroisia puita oli 27 %.

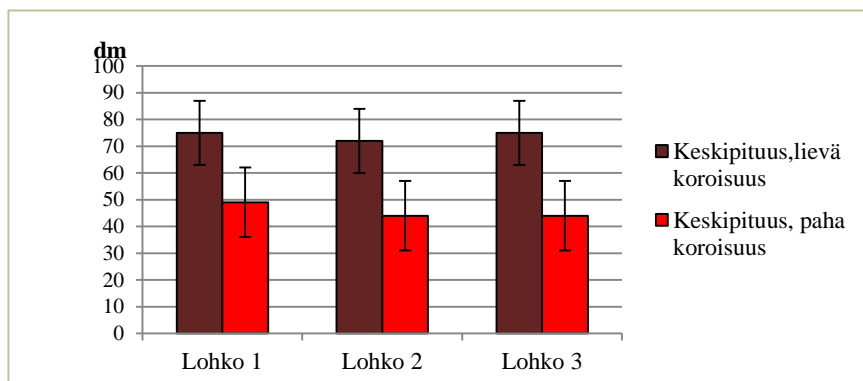
Lievästi koroisten puiden keskipituus koko kokeessa oli 6 % pienempi ja pahoin koroisten puiden keskipituus 48 % pienempi kuin terveiden puiden keskipituus. Pahasti korovaurioisten ryhmä erosi muista ryhmistä tilastollisesti merkittävästi (kuva 35). Sekä lievästi koroisten että pahasti koroisten puuryhmien lohkoittaiset keskipituudet eivät ryhmien sisällä poikenneet toisistaan (kuva 36).



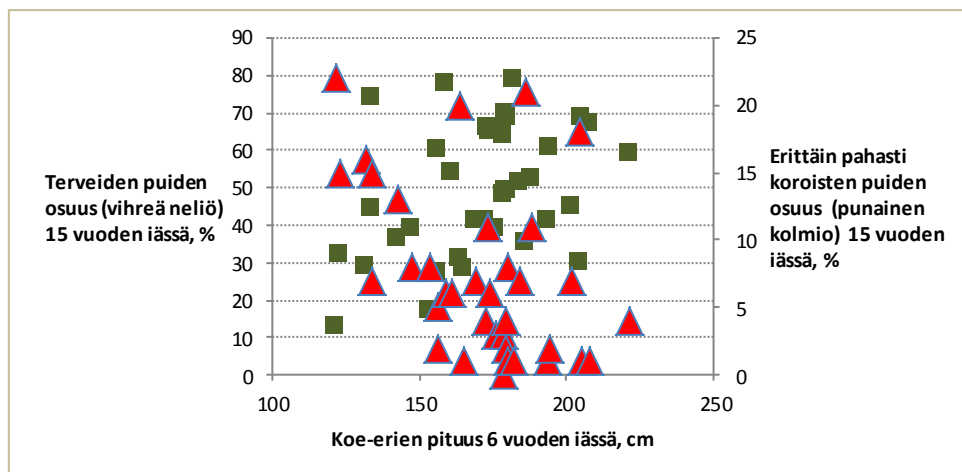
Kuva 34. Pahoin koroisten, lievästi koroisten ja terveiden puiden määrät pituusluokittain (dm) Karkkilan kokeessa 1862/01 15 vuoden iässä.



Kuva 35. Puiden keskipituudet (dm) eri korovaurioryhmissä sekä ryhmien keskihajonta kokeessa 1862/01 Karkkila 15 vuoden iässä.



Kuva 36. Korovaurioryhmien keskipituudet ja keskihajonnat kokeen 1862/01 lohkoissa.

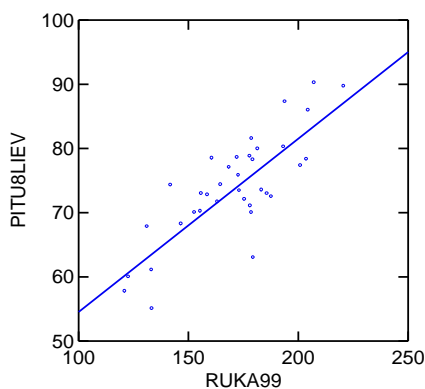


Kuva 37. Koe-erien kuuden vuoden iän keskipituuden suhde terveiden puiden ja pahoin koroisten puiden osuuksiin 15 vuoden iässä kokeessa 1862/01.

Koe-erien pituusjärjestys on kokeen ikääntymisen aikana pysynyt stabiilina. Vuosien 1994, 1999 ja 2008 väliset pituuskorrelaatiot olivat vahvoja ja erittäin merkitseviä, $p < 0.001$. Laskennassa ei huomioitu pahasti koroisten puiden vuoden 2008 pituuksia.

Koe-erien keskipituus kuuden vuoden iässä ei korreloinut terveiden puiden eikä pahasti korotuneiden puiden osuuksien (ikä 15 v) kanssa. Kuuden vuoden iän keskipituuden ja terveiden puiden prosentiosuuksien (ikä 15 v) suhde ei ollut tilastollisesti merkitsevä, $r = 0.384$, $p = 0.062$. Tarkasteltaessa kuvassa 37 esitetyjä kokeen 1862/01 koe-erien keskipituuksia kuuden vuoden iässä sekä vastaavien erien tervepuuosuuksia ja korovaurio-osuuksia 15 vuoden iässä, voidaan havaita, että vaurioita on sekä nuorena nopeakasvuisissa että myös hidaskasvuisissa koe-erissä.

Lievä koroisuus ei vaikuttanut merkittävästi koe-erien pituuskasvuun ja sijajärjestykseen kuuden ja 15 ikävuoden välisenä aikana. Kuuden vuoden iän pituuskeskiarvojen ja lievästi koroisten puiden pituuskeskiarvojen (15 v) välinen korrelaatio on voimakas ja erittäin merkitsevä. (kuva 38).

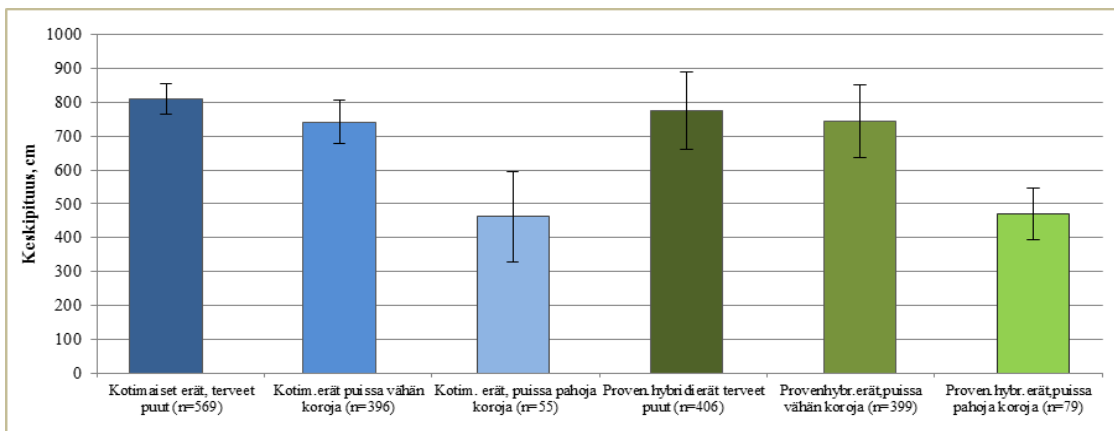


Kuva 38. Vuoden 1999 pituuden eräkeskiarvojen ja vuoden 2008 lievästi koroisten puiden pituuden eräkeskiarvojen suhde kokeessa 1862/01, $r = 0.789$, $p < 0.001$.

4.1.2 Koe-erien alkuperän ja valintatavan merkitys

Pahoin koroisten puiden osuus on hieman suurempi provenienssihybridijälkeläistojen ryhmässä (9 %) kuin pluspuujälkeläistojen ryhmässä (5 %). Myös lievästi koroisten puiden osuus oli provenienssihybridien ryhmässä 6 prosenttiyksikköä eteläsuomalaisten ryhmän osuutta korkeampi. Erot johtuvat saksalaisperäisten jälkeläistojen koroherkkyydestä.

Kahden eteläsuomalaisen pluspuun (E 1515, Mynämäki ja E 5519, Loppi) jälkeläistöryhmässä lievästi korovaurioituneet puut olivat pituuskasvultaan terveisiin verrattuna 8,2 % hidaskasvuisempia ja pahoin korovaurioituneet 41,7 % lyhyempiä. Lievästi koroiset provenienssihybridipuut olivat keskimäärin 3,5 % ja pahasti korovaurioiset keskimäärin 52,7 % terveitä hybridipuita hidaskasvuisempia (kuva 39).

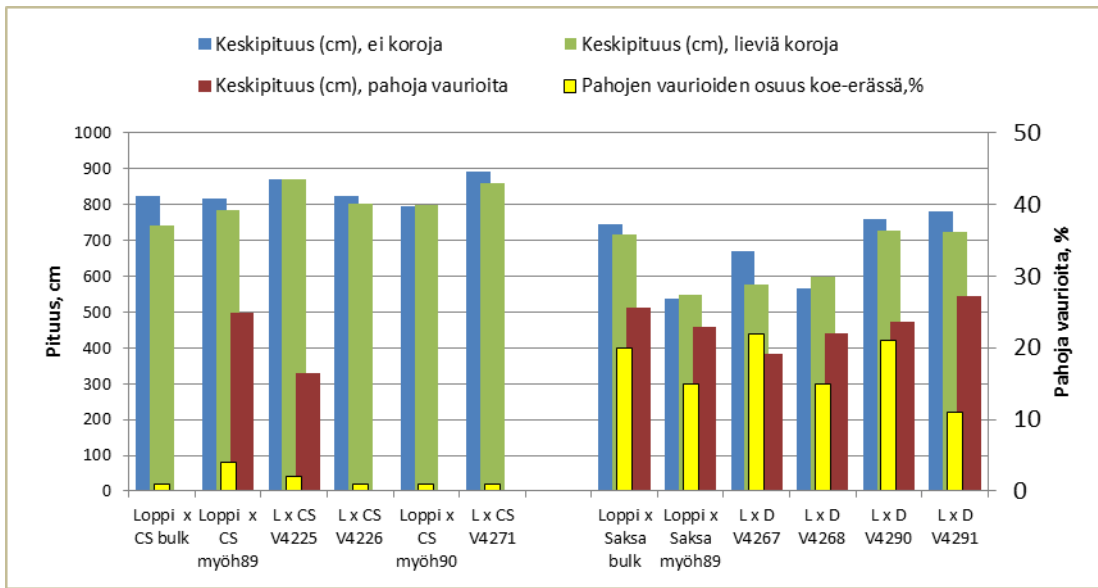


Kuva 39. Eteläsuomalaisten pluspuujälkeläistojen sekä provenienssihybridijälkeläistojen keskipituus kokeen 1862/01 (Karkkila) vaurioluokissa 14 vuoden iässä. Virhejana osoittaa keskihajonnan.

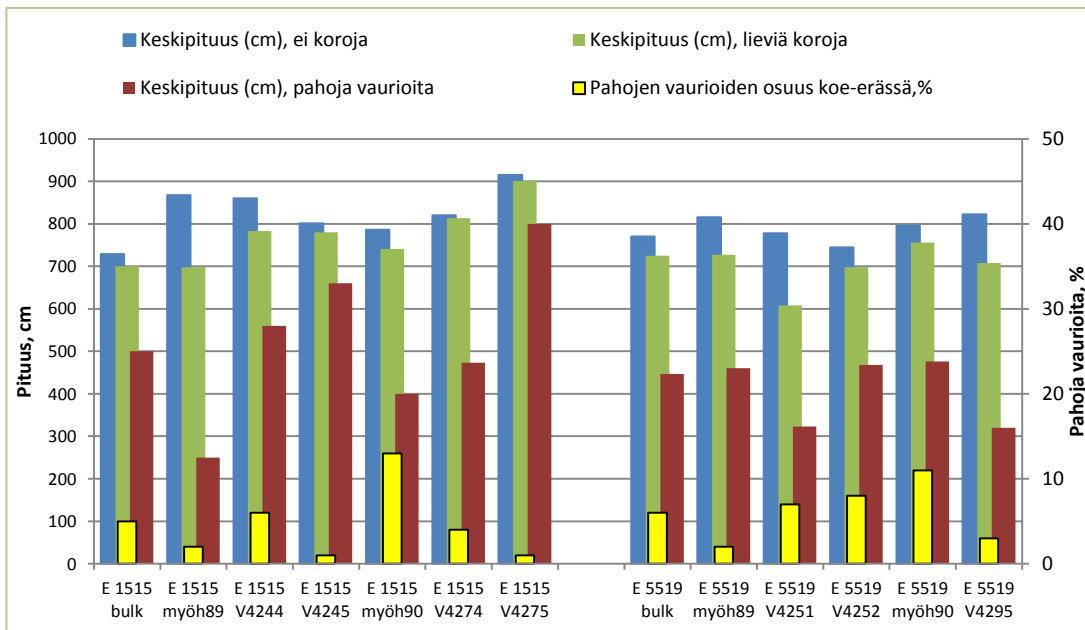
Lieviä korovaurioita sisältäneet puut olivat keskimäärin terveitä puita hidaskasvuisempia lähes kaikissa kokeen erissä. Kuvissa 40–42 on esitetty pahoin korovaurioituneiden puiden osuus erässä sekä erien keskipituudet ryhmiteltyinä korovaurioluokittain. Terveiden ja lievästi koroisten puiden pituusero t-testissä oli 17 koe-erällä merkitsevä. Esimerkiksi kuvassa 41 esitetyn Lopen pluspuun E 5519 pistokaskloonin V 4295 terveiden puiden ryhmä (43 puuta) erosi pituudeltaan erittäin merkitsevästi lievästi koroisten puiden ryhmästä (22 puuta). Lievästä korosta kärsivän kloonin V 4295 pistokaspuiden pituudet vaihtelivat 5,4–9,1 metrin välillä. Terveiden pistokaspuiden pituudet vaihtelivat 6,4–10,3 metrin välillä.

Risteytysalkuperä Loppi x Saksa, Carlsfeld erosi pituuskasvultaan muista alkuperistä erittäin merkitsevästi sekä terveiden puiden suhteen ($F = 47.85$, $p < 0.001$) että lievästi koroisten puiden suhteen ($F = 52.32$, $p < 0.001$). Alkuperässä keskimäärin 22 prosentilla puista oli pahoja koroja. Loppi x Saksa, Carlsfeld -kylvöerästä valitut yksittäiskloonit (V-kloonit) ja joukko-monistuserät sekä myös vastaava siementaimierä kärsivät kaikki pahoista korovaurioista ja olivat muita koe-eriä heikkokasvuisempia (kuva 40).

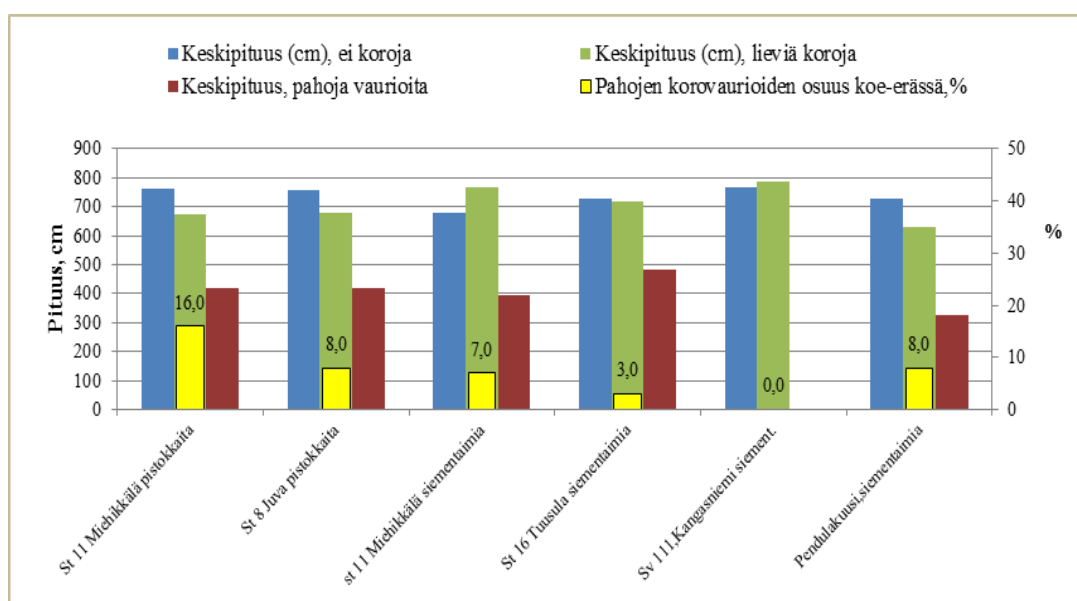
Miehikkälän metsikköerän pistokaserässä pahoin korovaurioituneiden puiden osuus oli vertailuerien korkein. Kangasniemen siemenviljelyksen (sv 111) erässä ei sen sijaan esiintynyt lainkaan pahoja vaurioita ja lievätkään vauriot eivät olleet vaikuttaneet pituuskasvuun (ks. kuva 42).



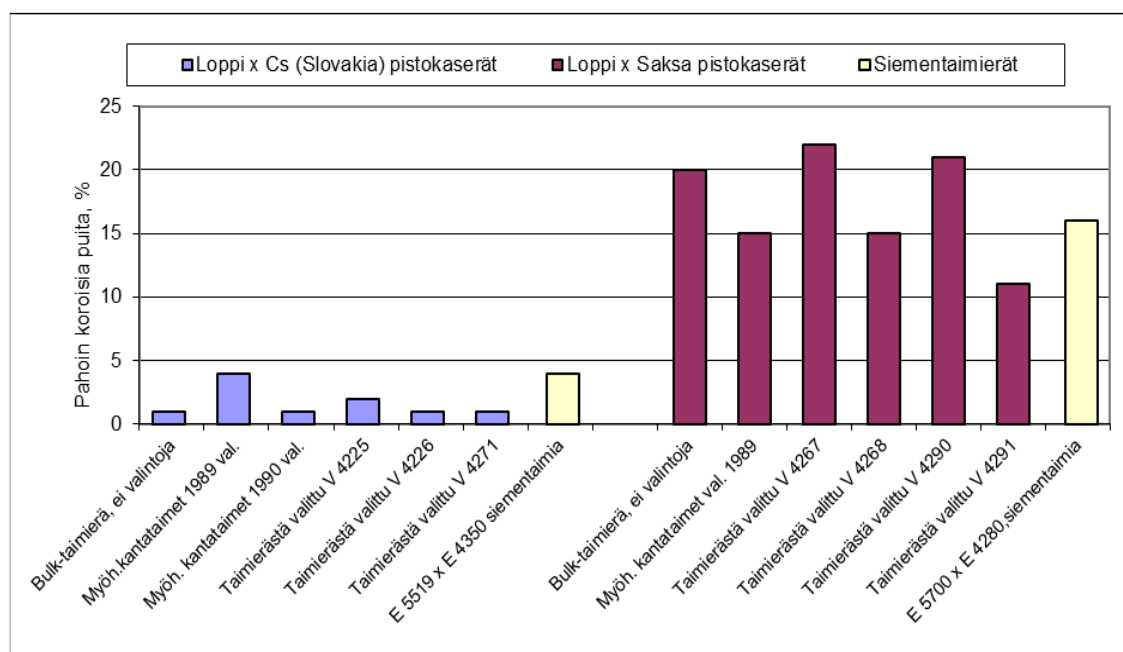
Kuva 40. Provenienssiristeytysten (Loppi x CS, Slovakia ja Loppi x Saksa) pistokaserien ja V-kloonien keskipituudet korovaurioluokissa sekä pahoin vaurioituneiden puiden osuudet kokeessa 1862/01 15 vuoden iässä.



Kuva 41. Eteläsuomalaisten pistokaserien ja V-kloonien keskipituudet korovaurioluokissa sekä pahoin vaurioituneiden puiden osuudet kokeessa 1862/01 15 vuoden iässä.



Kuva 42. Vertailuerien keskipituudet vaurioluokissa sekä pahoin vaurioituneiden puiden osuudet kokeessa 1862/01.



Kuva 43. Vuoden 1988 bulk-kylvöeristä H 5126 x E 4350, Loppi x CS (Slovakia) ja E 7188 x E 4280, Loppi x Saksa, Carlsfeld lisättyjen pistokaserien ja V-kloonierien sekä isäristetyksiä vastaavien siementaimierien vaurio-osuudet (pahoin korovaurioiset). V-kloonit on valittu vuonna 1991. Myöhään kasvuun lähtevä kantataimia pistokkaiden valintaryhmässä on 10 kpl.

Saksalaisen Carlsfeldin alkuperän isäpuun E 4280 jälkeläistöt ovat sekä pistokastaimina että siementaimina herkempiä saamaan korovaurioita kuin slovakialaisen isäpuun E 4350 jälkeläistöt (kuva 43). Kuvasta 43 voidaan havaita, että kaikki saksalaisperäiset erät eli joukko-monistuserä, myöhään kasvunsa aloittava pistokaserä, neljä yksittäiskloonierää sekä pistokkaiden juurrutusvuonna kylvetty siementaimierä olivat 15 vuoden iässä yli 10-prosenttisesti pahoin korovaurioisia.

Täysin terveitä puita oli saksalaisperäisessä pistokasryhmässä keskimäärin 34 % ja siementaimierässä 30 %. Terveiden puiden osuus suomalais-slovakialaisessa pistokasryhmässä oli 53 % ja siementaimierässä 59 %. Mynämäen pluspuun E 1515 pistokasryhmässä täysin terveiden puiden osuus oli 58 % ja siementaimierällä 58 %. Lopen pluspuun E 5519 pistokasryhmässä terveitä puita oli 54 % ja siementaimierässä 45 %. Vertailumetsiköiden ryhmässä terveiden puiden osuus oli 37 %. Kangasniemen siemenviljelyserässä ei ollut pahasti koroisia puita, mutta täysin terveiden puiden osuus oli 48 %.

Loppi x Slovakia (CS) taimijälkeläistöstä valitut kuusi pistokaskoe-erää sekä Loppi x Saksa jälkeläistöstä valitut kuusi pistokaskoe-erää poikkesivat ryhminä pituudeltaan toisistaan erittäin merkitsevästi ($p < 0.001$) istutusvuonna yhden kasvukauden jälkeen vuonna 1994 ja vuonna 2008 15 vuoden iässä. Kuuden vuoden iässä ryhmien pituuseron merkitsevyys oli 0.028.

Loppi x Slovakia alkuperää edustavat koe-erät eivät poikenneet pituudessa toisistaan merkitsevästi missään ikävaiheessa. Loppi x Saksa koe-erien välillä erojen merkitsevyys vuoden iässä oli 0.023, kuuden vuoden iässä 0.009 ja 15 vuoden iässä 0.015.

Ruutukeskiarvoilla lasketut mittausvuosien väliset pituuskorrelaatiot olivat Loppi x Saksa ryhmässä vahvoja ja erittäin merkitseviä. Loppi x Slovakia ryhmässä ensimmäisen vuoden ja kuuden vuoden välinen korrelaatio oli merkitsevä, $p = 0.003$ ja kuuden vuoden sekä 15 vuoden välinen pituussuhde erittäin merkitsevä.

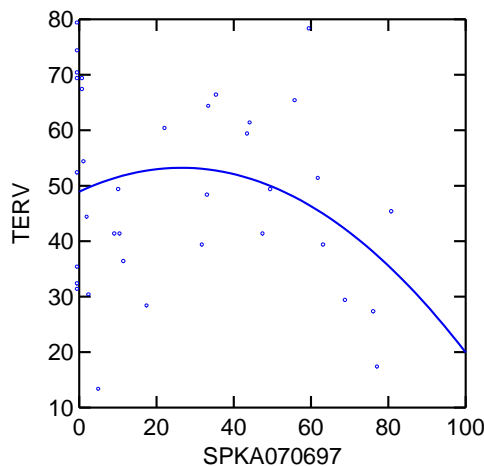
Kummassakaan pariristeytysryhmässä taimien pituus vuoden tai kuuden vuoden iässä ei vaikuttanut pahojen korojen määrään viidentoista vuoden iässä. Saksalaisperäisillä erillä korovaurioosuudet olivat korkeat istutusvuoden taimipituuksista (20 – 40 cm) riippumatta.

4.1.3 Kasvuunlähdon merkitys

Kokeessa 1862/01 (Karkkila) oli tehty silmunpuhkeamisen luokitusta useana vuonna. Vuoden 1997 luokituksessa onnistuttiin havainnoimaan kasvuun lähtöä muita vuosia paremmin. Silmunpuhkeamisen luokitus ruuduissa muunnettiin kasvuun lähteneiden prosenttiosuuksiksi luokitusajankohtana. Kasvu katsottiin alkaneeksi, kun taimen latvusosan silmujen aukemisuusluokaksi tuli luokka nro 3 (Krutzsch 1973).

Kokeen erien keskimääräinen prosentuaalinen kasvuunlähtö ei vaikuttanut merkitsevästi terveiden puiden osuuksiin (kuva 44). Esimerkiksi luokituspäivänä 7.6.1997 osa koe-eristä ei vielä ollut lainkaan aukaissut silmujaan ja vain kolme erää oli 80-prosenttisesti aloittanut kasvun. Näiden aikaisin silmuun puhkeavien erien koro-osuudet olivat korkeita. Myöhään kasvunsa aloittaneet erät olivat kymmenen vuoden kuluttua havainnoinnista lähes täysin terveitä tai sitten suurimmaksi osaksi koroisia.

Provenienssihybridien ryhmän ja eteläsuomalaisten jälkeläistöjen ryhmän tuloksia kokeen lohossa 2 tarkasteltiin lähemmin, koska tässä lohossa oli kaikista koe-eristä edustettuna täydet 25 taimen koeruudut. Tuloksista voitiin havaita, että ryhmien kasvuunlähdon arvojen ja terveiden puiden osuuksien väliset korrelaatiot olivat vahvoja, mutta pienestä havaintomäärästä johtuen ne eivät olleet tilastollisesti merkitseviä. Myöhäiset eteläsuomalaiset erät olivat provenienssihybridieriä terveempiä. Provenienssihybridien kasvuunlähdon ja terveiden puiden osuuksien korrelaatio oli 0.769, kun taas eteläsuomalaisten erien ryhmässä vastaava korrelaatiokertoimen arvo oli - 0.842.



Kuva 44. Kokeen 1862/01 (Karkkila) kaikkien erien keskimääräisen kasvuunlähttöprosentin (7.6.1997 tehty silmunpukkeamisluku) ja täysin terveiden puiden (mittaus 2008) keskimääräisen osuuden välinen suhde, $r = -0.163$, $p = 0.342$.

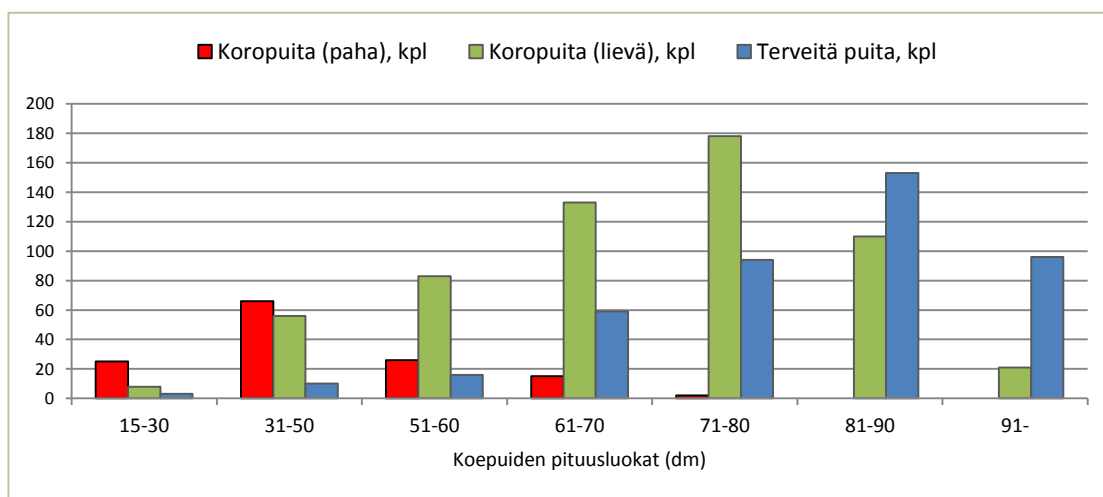
4.2 Kokeen 1863/02 pituuskasvu ja korovauriot

Kloonikoe 1863/02 istutettiin keväällä 1994 Karkkilaan samalle Kalatien peltoalueelle kuin koe 1862/01. Koe-erien määrä oli 25, lohkoja 3 ja ruutuihin puita oli istutettu 25 kpl. Harventamattoman kokeen kahdessa lohossa tehtiin pituusmittaus ja koroluokitus 15 vuoden iässä vuonna 2008. Edellinen pituusmittaus oli tehty vuonna 1999, jolloin kokeessa ei ollut havaittu korovaurioita eikä mainittavasti tuomiruostetta. Koe-erien vuosien 1999 ja 2008 pituuskeskiarvojen välinen korrelaatio oli vahva ja merkitsevä, $r = 0.704$, $p = 0.005$.

Kokeen 1863/02 aineisto koostuu erityyppisistä, lähinnä fenologisesti valituista joukkomonistetuista pistokassekoituksista, yksittäiskloonisekoituksista sekä vertailueristä. Tässä raportissa tarkastellaan lähemmin vain eteläsuomalaisten pluspuiden jälkeläistöistä ja provenienssihybridijälkeläistöistä joukkomonistettuja eriä sekä vertailueriä.

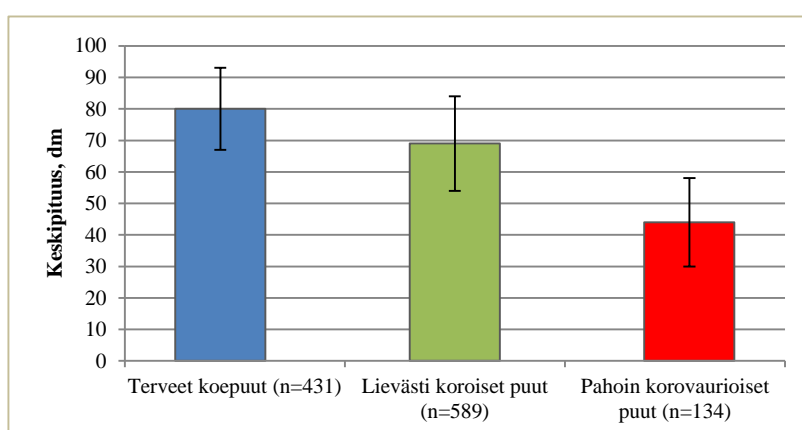
Kokeen mitatuista 1154 puusta täysin terveitä oli 37 % ja 51 prosentilla oli rungossa lieviä korvoja. Pahoin korovaurioisten puiden osuus oli 12 %. Pahoin korovaurioisia puita oli eniten pienimmässä pituusluokissa, mutta lievästi koroutuneita puita havaittiin kaikissa pituusluokissa (kuva 45).

Kokeen ensimmäisessä lohossa lievästi koroisia puita oli 39 % ja pahoin koroisia 12 % lohkon mitatuista puista. Toisessa lohossa lievästi koroisia oli 61 % ja pahoin koroisia 8 %. Pystyyn kuolleita puita lohossa 1 oli 4 kpl ja toisessa lohossa 11 kpl. Pahasti koroutuneita ja kuolleita puita esiintyi sekä kokeen reunimmisissa että keskellä sijaitsevilla ruuduissa.



Kuva 45. Koropuiden ja terveiden puiden määrät kokeen 1863/02 (Karkkila) kahden lohkon puiden pituusluokissa (dm) 15 vuoden iässä.

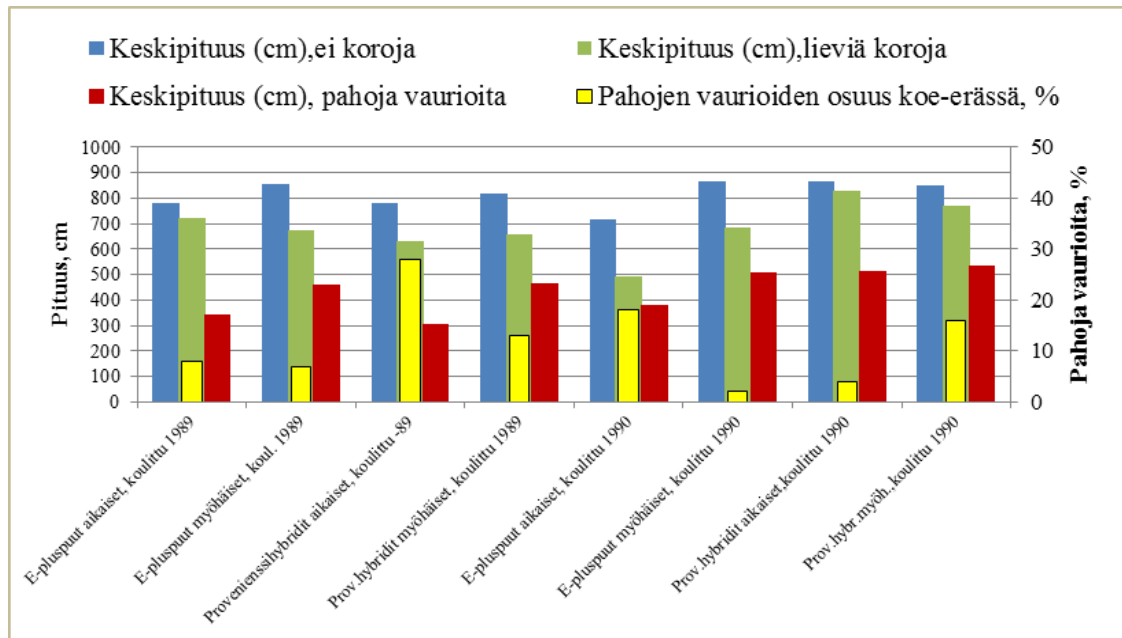
Korovaurioiset puut olivat pituudeltaan selvästi terveitä puita heikkokasvuisempia. Lievästi koroisten puiden ryhmä oli keskipituudeltaan 14 % ja pahasti koroisten puiden ryhmä 45 % terveiden puiden ryhmää lyhyempi (kuva 46). Ryhmien pituuserot olivat tilastollisesti erittäin merkitseviä, $p < 0.001$.



Kuva 46. Puiden keskipituudet (dm) korovaurioluokissa kokeessa 1863/02, 15 vuoden iässä. Virhejana osoittaa keskihajonnan.

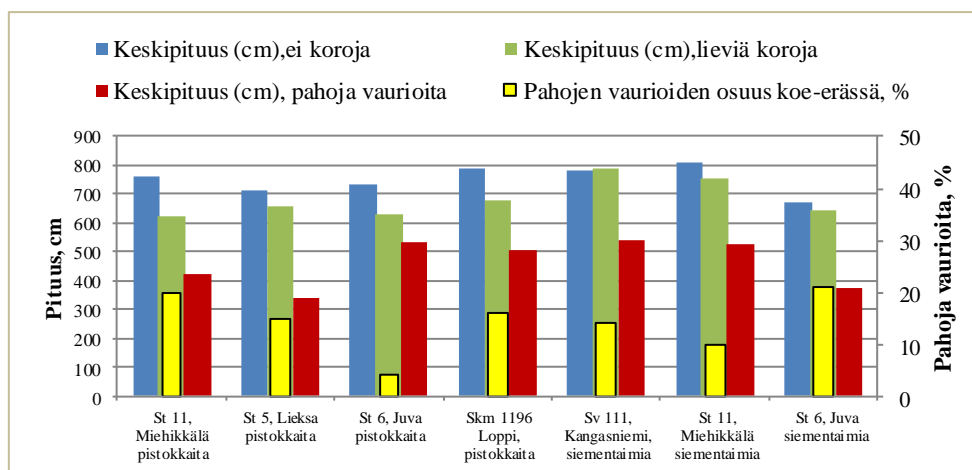
Joukkomonistetuilla eteläsuomalaisilla pluspuujälkeläistöillä oli vähemmän erittäin pahoja korovaurioita (8,7 %) kuin provenienssihybridierillä (15,2 %). Eniten korovaurioista kärsivät vuonna 1989 koulittujen aikaisin kasvuun lähtevien provenienssihybridien kantataimien pistokaspuut sekä vuonna 1990 koulittujen Etelä-Suomen pluspuiden aikaisin kasvuun lähtevien kantataimien pistokaspuut. Viimeksi mainitussa erässä lievästi koroisten puiden pituuskasvu oli 31 % terveiden puiden kasvua heikompi. Koroluokkien keskipituuksien erot koe-erissä olivat lähes kaikissa erissä tilastollisesti merkitseviä (kuva 47).

Myöhään kasvuun lähtevä Etelä-Suomen pistokaserä (1990) oli aikaisin kasvuun lähtevää Etelä-Suomen pistokaserää (1990) 17 % pitempi sekä selvästi terveempi. Aikaisin keväällä silmunsa aukaisevien eteläsuomalaisten kantayksilöiden pistokaserässä oli vain 14 % täysin terveitä puita. Samoista jälkeläistöistä valittujen myöhäisten kantayksilöiden pistokaserä oli 61-prosenttisesti täysin terve.



Kuva 47. Eteläsuomalaisten pluspuiden sekä provenienssihybridien jälkeläistöistä vuosina 1989 ja 1990 valittujen aikaisin ja myöhään kasvuun lähtevien kantataimien pistokaserien keskipituudet koroluokittain kokeessa 1863/02.

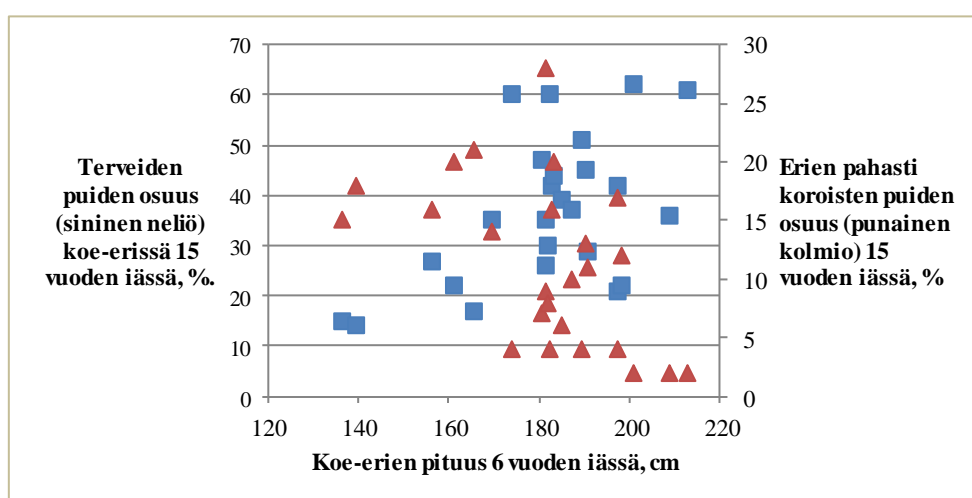
Myös kokeen vertailuerissä korovaurioiset puut olivat keskimäärin lyhyempiä kuin terveet puut. Pahojen vaurioiden osuus vertailusimentaimierillä oli samaa tasoa kuin vertailupistokaserillä ja vaurioluokan pituuserot terveisiin verrattuna olivat enimmäkseen merkitseviä (kuva 48). Juvan standardimetsikön nro 6 simentaimierä oli kärsinyt eniten pahasta korosta ja ainoastaan tässä vertailuerässä oli pystyyn kuolleita puita. Juvan metsikköerän puista vain 17 prosenttia oli täysin terveitä.



Kuva 48. Kokeen 1863/02 vertailuerinä käytettyjen jälkeläistöjen keskipituudet koroluokissa sekä pahojen korovaurioiden osuus erässä.

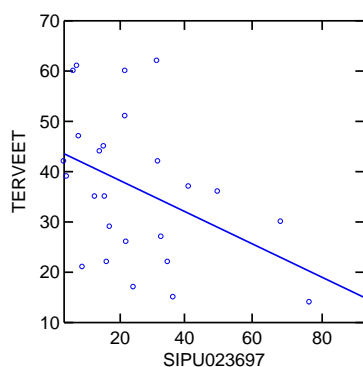
Koe-erien nuoruusvaiheen pituuskasvun taso ei selkeästi vaikuttanut koroutumiseen, vaikka kuuden vuoden ikäisten lyhimpien erien tervepuuosuudet 15 vuoden iässä olivat aineiston alhaisimpia (kuva 49). Koe-erien kuuden vuoden iän (1999 mittaus) keskipituuksien ja terveiden puiden osuuskien (2008 mittaus) välinen positiivinen korrelaatio ei ollut tilastollisesti merkitsevä, $r = 0.546$, $p = 0.263$. Myöskään erien kuuden vuoden keskipituuksien ja pahoin koroisten osuuskien välinen negatiivinen korrelaatio ei ollut merkitsevä, $r = -0.522$, $p = 0.408$.

Erityisen heikkokasvuinen on ollut kokeen työnnumero 5, joka sisältää Haapastensyrjän taimitarhalla (kylvö 1988) 18 eteläsuomalaisesta taimiperheestä vuonna 1990 valittuja aikaisin silmuun puhkeavia ja erilleen koulittuja kantataimia joukkomonistettuna pistokaseränä. Tämä pistokaserä oli kuuden vuoden iässä 139 cm pitkä ja vuonna 2008 kaksi metriä koekeskiarvoa lyhyempi. Erän puista 18 %:lla oli pahoja koroja.



Kuva 49. Koe-erien kuuden vuoden iän keskipituuden suhde terveiden puiden ja pahasti korovaurioisten puiden osuuksiin 15 vuoden iässä kokeessa 1863/02.

Kokeen erien kesäkuussa 1997 havainnoidut prosentuaaliset kasvuunlähdön arvot eivät korreloineet merkittävästi lievän eivätkä pahan koroisuuden prosenttiarvojen kanssa. Kasvuunlähdön ja terveiden puiden osuuksien välinen suhde ei myöskään ollut tilastollisesti merkitsevä. Kuvas-
ta 50 voidaan kuitenkin havaita, että myöhään kasvuunlähtevien erien joukossa on sekä erittäin terveitä että korosairaita koe-eriä. Myöhään silmuun puhkeavien provenienssihybridien pahoin koroisten osuus on 14 % ja eteläsuomalaisten myöhään puhkeavien erien pahoin koroisten osuus on 4 %.



Kuva 50. Kokeessa 1863/02 tehdyn kasvuunlähdön luokituksen (3.6.1997) mukaisen eräkohtaisten silmunpuhkeamisen osuuksien (0 % = ei kasvuunlähtöä, 100 % = kaikki taimet lähteneet kasvuun) ja vuonna 2008 mitattujen terveiden puiden osuuksien välinen suhde ($r = -0.409$, $p = 1.000$).

4.3 Tuloksia kokeesta 1480/01

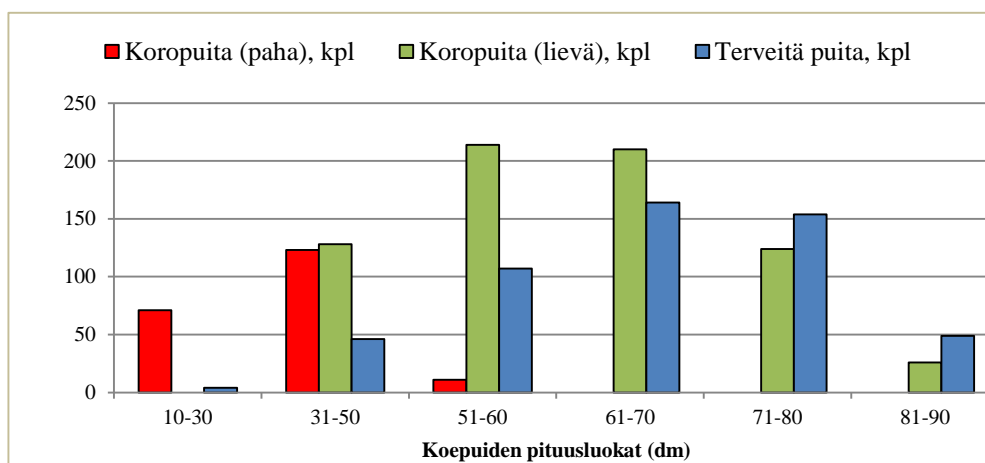
Kenttäkoe 1480/01 istutettiin Kalatien pellolle Karkkilan Haavistoon keväällä 1993. Kokeessa on viisi lohkoa ja 58 koe-erää. Harventamattoman kokeen kolmessa ensimmäisessä lohossa tehtiin pituusmittaus ja koroluokitus vuonna 2008. Taimimäärä ruudussa on 9, joten erää kohti koeputia on mitattu enintään 27 kpl.

Koe sisältää 33 provenienssihybridijälkeläistöä sekä 6 eteläsuomalaisen pluspuun jälkeläistöä joukkomonistettuina koe-erinä, eteläsuomalaisia siementaimeriä sekä vertailueriä. Provenienssihybridien eristä 20 edustaa valvottuja pariristeytyksiä, joissa emopuu on loppilainen kantapuu ja isäpuu Suomessa kasvavasta provenienssimetsiköstä valittu kantapuu.

Mitattujen kolmen lohkon 1431 elävästä puusta täysin terveitä oli 36 %. Lievä korovaurio oli 49 prosentilla puista ja 15 prosentilla oli paha korovaurio. Pystyyn kuolleita puita oli 23 kappaletta 18 erästä.

Pahoin koroisista 205 puusta 100 puuta kasvoi kokeen toisessa lohossa. Tämän lohkon pelto-
tien varren kolmen reunimmaisen ruuturivin puiden joukossa oli 11 pystyyn kuollutta puuta ja 38 pahoin korosairaudesta kärsivää puuta. Muissa kokeen mitatuissa lohkoissa havaitut vaurioituneet puut olivat sijainniltaan tasaisemmin jakautuneita lohkojen eri osiin.

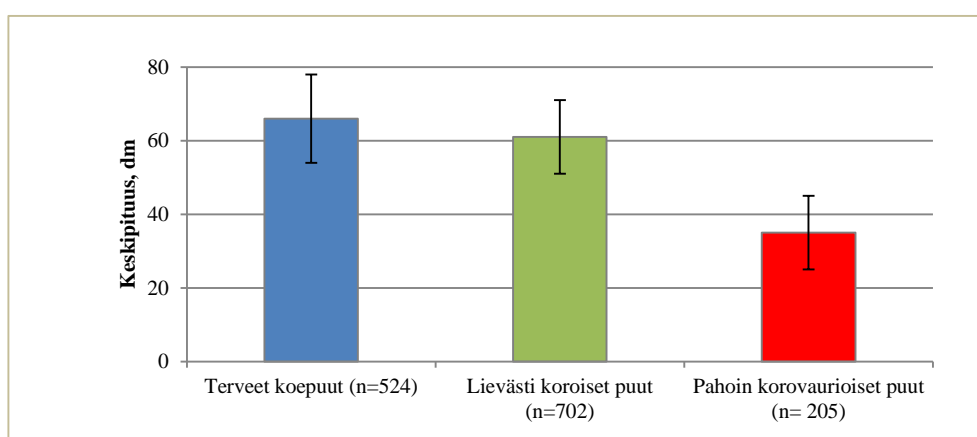
Pahoin korovaurioisia puita oli vain kokeen pituuskeskiarvoa, 60 dm, pienimmissä pituusluokissa, kun taas lievästi korovaurioisia puita oli eniten kokeen keskimääräistä pituutta lähellä olevissa pituusluokissa (kuva 51).



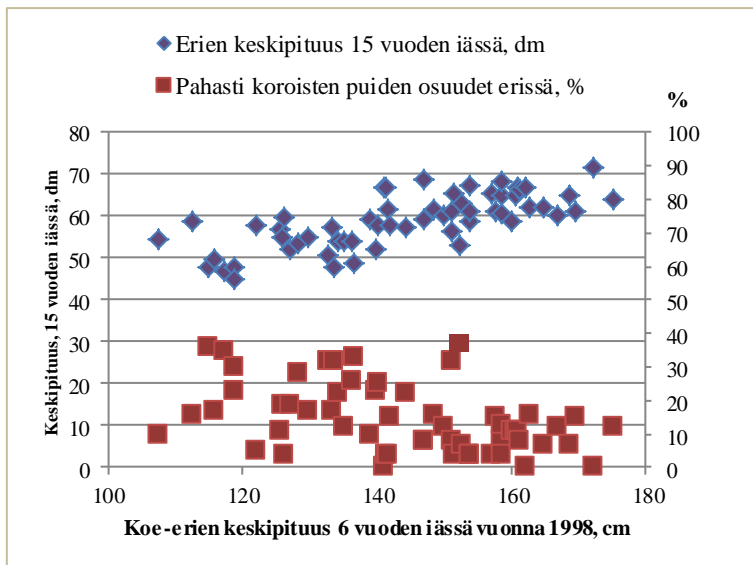
Kuva 51. Koropuiden ja terveiden puiden määrät pituusluokittain (dm) kokeessa 1480/01 (Karkkila) 15 vuoden iässä.

Lievästi vaurioituneiden puiden ryhmä oli keskipituudeltaan 7,5 % ja pahoin vaurioituneiden ryhmä 47 % terveiden puiden ryhmän keskipituutta lyhyempi (kuva 52). Korovaurioryhmien välinen pitusero oli erittäin merkitsevä. Lievien korojen ryhmässä lohko kolme erosi pituudessa merkitsevästi kahdesta muusta lohkoista. Muiden ryhmien lohkokeskisarvot eivät poikenneet toisistaan. Kokeen erien välillä ei ollut erittäin merkitseviä pituseroja.

Koe-erien vuoden 1998 pituuksien (vastaavat kolme lohkoa) ja vuonna 2008 luokiteltujen pahojen korojen prosentiosuuksien välinen korrelaatio ei ollut vahva eikä tilastollisesti merkitsevä, $r = -0.415$, $p = 0.059$ (kuva 53). Vuoden 1998 pituuden ja terveiden puiden osuuksien välinen korrelaatio oli myös heikko, $r = 0.442$, $p = 0.026$. Kokeen 2008 pituuksien ja pahoin koroutuneiden osuuksien välinen korrelaatio oli merkitsevä, $r = -0.797$, $p < 0.001$.

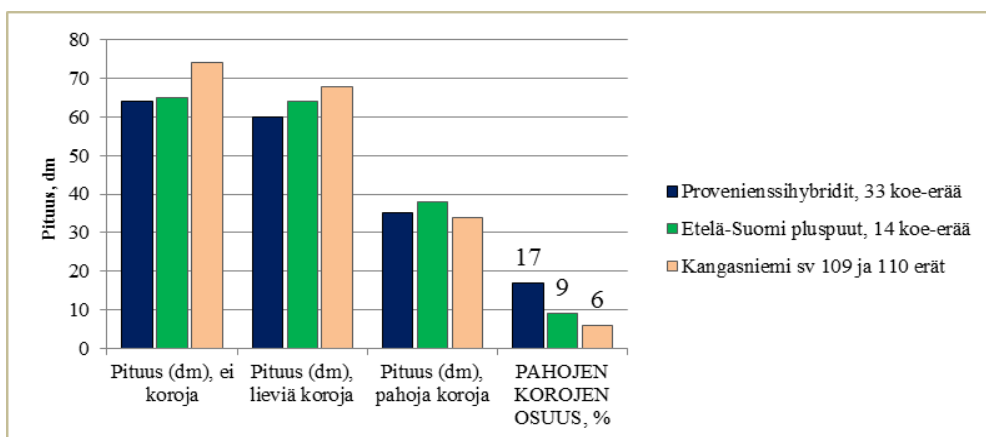


Kuva 52. Korovaurioryhmien keskipituus kokeessa 1480/01 15 vuoden iässä. Virhejana osoittaa keskihajonnan.

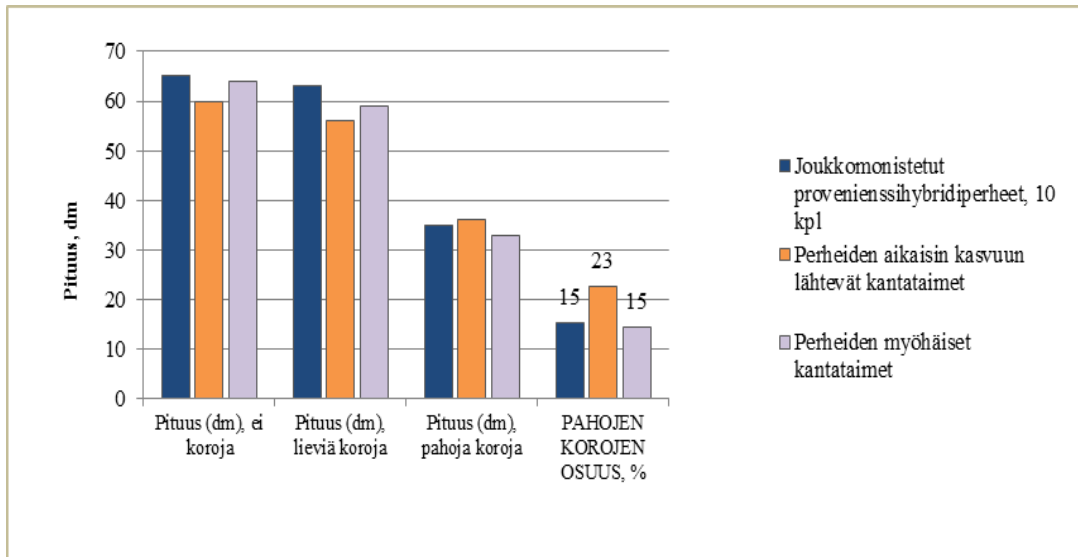


Kuva 53. Kokeen 1480/01 kolmen ensimmäisen lohkon erien kuuden vuoden keskipituuksien suhde 15 vuoden keskipituuksiin sekä pahasti korovaurioisten puiden osuuksiin.

Joukkomonistettujen eteläsuomalaisten erien ja provenienssihybridierien väliset pituuserot korovaurioryhmissä eivät olleet tilastollisesti merkitseviä (kuva 54). Koroisuus ei ollut heikentänyt provenienssihybridiryhmän kasvua eteläsuomalaiseen ryhmään verrattuna. Sen sijaan erittäin pahojen korojen ryhmässä provenienssihybridien muita korkeampi koroisuusosuus (17 %) poikkesi eteläsuomalaisten koro-osuudesta (9 %), ($p = 0.015$). Kokeen vertailuna käytetyt kaksi Kangasniemen siementaimierää olivat saaneet runkoihinsa selvästi vähemmän pahoja korovaurioita kuin provenienssihybridipuut. Lievien korojen osuus kuvan 54 alkuperäryhmissä oli kaikissa sama, eli 48 prosenttia.



Kuva 54. Kokeen 1480/01 provenienssihybridiryhmän ja eteläsuomalaisten pluspuiden ryhmän pituuskeskiarvot (dm) korovaurioluokittain sekä pahojen korojen osuudet (%) alkuperäryhmissä. Vertailuna Kangasniemen siementiljelysryhmän, sv109 ja sv110 keskiarvot.



Kuva 55. Aikaisin ja myöhään kasvuun lähtevien sekä valikoimattomien provenienssihybridiperheiden joukkomonistuserien keskipituudet (dm) kokeen 1480/01 korovaurioluokissa. Pahoin koroutuneiden osuudet (%) fenologisissa perheluokissa 15 vuoden iässä.

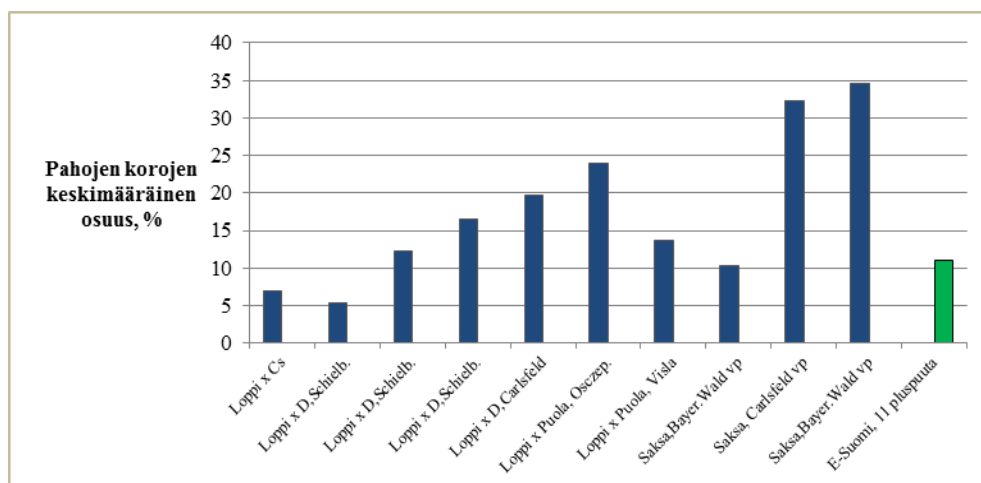
Fenologiset provenienssihybridiryhmät (keskimääräiset, aikaiset ja myöhäiset) eivät pituudessa eronneet tilastollisesti toisistaan terveiden ja pahoin koroisten luokissa (kuva 55). Sen sijaan lievästi koroisten luokassa aikaisten ja joukkomonistettujen eli keskimääräistä kasvuunlähtöä edustavien pistokasryhmien pituuskeskiarvot poikkesivat tilastollisesti toisistaan, $p = 0.026$.

Aikaisin kasvuun lähtevissä provenienssihybridipistokkaissa oli keskimäärin 7 prosenttiyksikköä enemmän pahojen korojen runtelemia puita kuin joukkomonistetuissa erissä tai myöhään kasvuun lähtevissä pistokaspuissa, mutta ero ei ollut tilastollisesti merkitsevää.

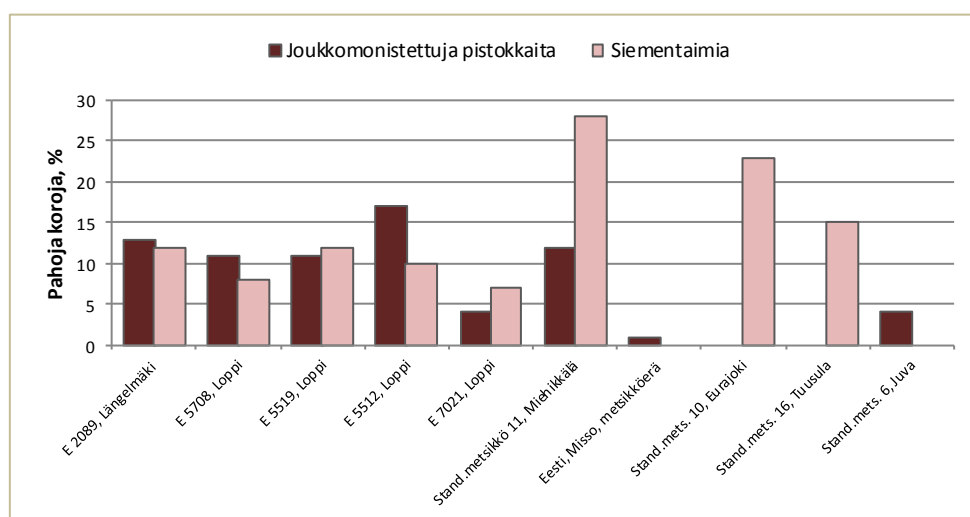
Koroisuuden määrä vaihteli kokeen alkuperien välillä. Pahojen korojen osuudet olivat suurimmat Metlan Solbölen provenienssimetsiköstä valittujen kantapuiden E 1903, Saksa, Carlsfeld sekä E 2480, Saksa, Bayerischer Wald vapaapölytysjälkeläistöjen pistokkailla (kuva 56). Carlsfeldin kantapuun jälkeläisistä täysin terveitä oli vain 10 %.

Pariristeytysjälkeläistöistä pahiten korovaurioisin oli E 7058 x E 4421, Loppi x Puola, Oszepsk/Tuusula Ruotsinkylä. Loppilais-puolalaisista puista täysin terveitä oli keskimäärin 17 % ja aikaisin kasvuun lähtevistä puista 8 %. Korosairauteen pystyyn kuolleista puista 43 % oli loppilaisen emopuun ja ulkomaisen isäpuun jälkeläisiä. Ulkomaista alkuperää edustavia erittäin korosairaita ja kuolleita puita sisältävät ruudut muodostivat tihentymän kokeen kolmannen lohkon reuna-alueella.

Yhtenä vertailueränä kokeessa käytettiin yhdentoista eteläsuomalaisen pluspuun kylvöeristä valittujen myöhään kasvuun lähtevien kantayksilöiden joukkomonistuserää. Tämä erä erosi koro-osuudeltaan tilastollisesti merkitsevästi kahdesta pahiten vaurioituneesta joukkomonistetusta saksalaiserästä (kuva 56). Täysin terveiden puiden osuus eteläsuomalaisessa vertailuerässä oli 48 %.



Kuva 56. Ulkomaista alkuperää edustavien paristeutysperheiden ja vapaapölytysperheiden (vp) pahasti korovaurioisten puiden osuudet perheluokittain kokeessa 1480/01. Pistokaspuita 60 – 80 kpl/perhe.



Kuva 57. Pahojen korovaurioiden osuus (%) kokeen 1480/01 eteläsuomalaisissa koe-erissä sekä metsikkövertailuerissä 15 vuoden iässä.

Valikoimattomista siementaimista lisätty eestiläinen joukkomonistuserä (M50-84-007, Eesti, Misso) oli yksi kokeen terveimmistä eristä (kuva 57). Koe-erän puista kolmella prosentilla oli koroa ja pahasti koroisia oli vain yksi prosentti. Eestiläisen erän kaikki kolme koeruutua kasvoivat erittäin korosairaiden ruutujen ympäröiminä.

Pluspuiden siementaimierät eivät koroisuudessa eronneet kasvullisesti lisätyistä eristä. Kuvassa 57 esitetyt pluspuuerät edustavat siementaimina ja pistokkaina samaa karistuserää ja taimikasvatustapaa. Pahojen korojen osuudet Etelä- Suomen pluspuilla vaihtelivat neljän ja seitsemäntoista prosentin välillä. Miehikkälän ja Eurajoen metsikköjen siementaimikoe-erät sisälsivät yli 20 % pahasti koroisia puita. Miehikkälän metsikköerän siementaimilla oli selvästi pistokas- taimia enemmän pahaa koroa.

Kokeessa 1480/01 oli vuoden 1997 keväällä tehty kasvuunlähdon luokitus. Koe-erien keskimääräinen kasvuunlähtö ilmaisi kunakin luokitusajankohtana silmunsuunnan avanneiden taimien prosentuaaliset osuudet. Esimerkiksi luokituspäivänä 7.6.1997 koe-eristä 20 prosenttia ei vielä ollut lähtenyt lainkaan kasvuun, kun taas yli 50 % taimiensa silmuista avanneiden erien osuus kaikista koe-eristä oli 25 %.

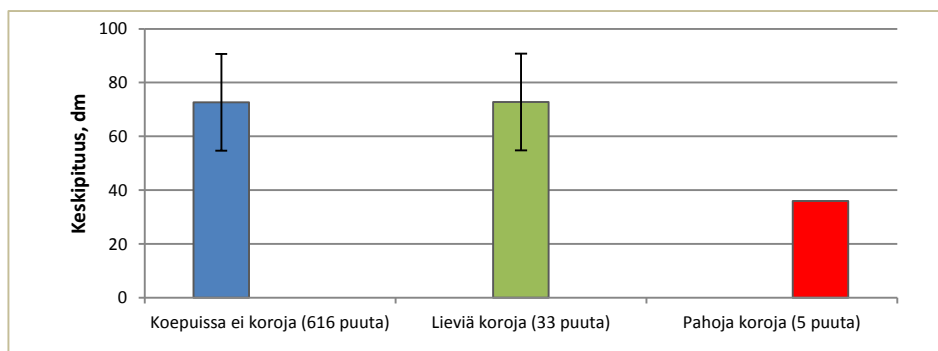
Koe-erien kasvuunlähtö ei vaikuttanut erien koro-osuuksiin eikä erien terveiden puiden osuuksiin. Kasvuunlähdon prosenttien (luokitus 7.6.1997) ja pahoin koroisten osuuksien välinen korrelaatio oli heikko, $r = -0.220$, $p = 1.000$. Fenologialla ei voitu myöskään selittää pahasti koroisten, lievästi koroisten tai terveiden ryhmien erien pituusvaihtelua eikä kokeen erien pituusvaihtelua kuuden ja viidentoista vuoden iässä.

4.4 Korovauriot kokeessa 1478/02

Koe 1478/02 on istutettu keväällä 1993 Karkkilan Haaviston maantien varteen noin kahden kilometrin päähän varsinaisesta usean kloonikokeen testausalueesta (koetiedot taulukossa 1). Alue kärsi varhaishoidon puutteesta, josta syystä noin 20 prosenttia taimista kuoli heinikon sisään. Koe sisältää suomalaisten kantapuiden sekä provenienssihybridien joukkomonistuseriä, yksittäisklooniseoksia, V-klooneja sekä vertailueriä, yhteensä 30 koe-erää. Harventamattomassa kokeessa tehtiin vuonna 2008 pituusmittaus sekä koroluokitus kolmessa lohossa.

Kokeen 16 vuoden ikäisistä puista 6 prosenttia kärsi koroista ja 9 erää 30 erästä oli täysin terveitä. Lievästi koroisia puita oli saman verran jokaisessa kolmessa lohossa. Vain yksi puu pistokaskloonista Loppi x Saksa, Schmiedewald oli erittäin korovaurioisena kuollut pystyyn. Kuollut puu sekä suurin osa pahoin koroisista puista kasvoi kokeen ensimmäisen lohkon maantien puoleisissa riveissä.

Lievästi koroisten puiden ryhmän keskipituus ei poikennut terveiden puiden keskipituudesta. Pahasti koroisia puita oli vain viisi kappaletta ja ne olivat ryhmänä keskipituudeltaan puolta lyhyempiä kuin lievästi koroisten puiden ryhmä (kuva 58).



Kuva 58. Terveiden ja korovaurioisten puuryhmien keskipituudet (dm) sekä keskihajonta kokeessa 1478/02, Karkkila 16 vuoden iässä.

Puun pituus tai alkuperä ei vaikuttanut puiden korovaurioihin. Lievästi koroisia puita löytyi lähes jokaisesta koe-erästä. Kuuden vuoden iässä tehdyn pituusmittauksen tulosten ja vuoden 2008 koroluokituksen tulosten perusteella voitiin havaita, että koroja oli vuoden 1999 jälkeen ilmaantunut nuoren taimikon sekä lyhyisiin että pitkiin puihin. Myöskään 16 vuoden iässä tehty pituusmittaus ei osoittanut, että lievä koroisuus olisi yhteydessä puun pituuteen. Pahoin vaurioituneet puut olivat sen sijaan pituuskasvultaan heikkoja.

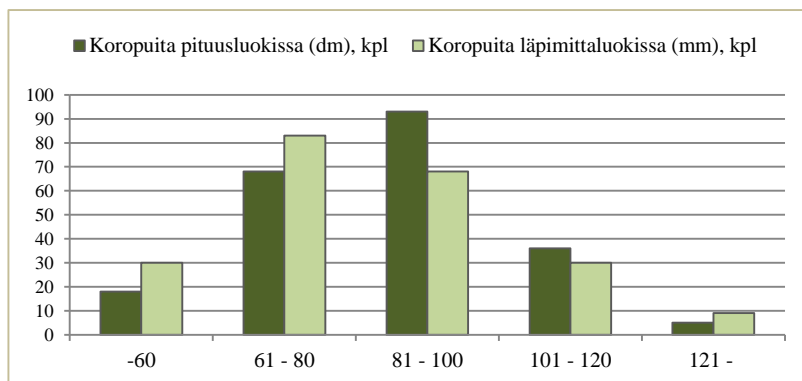
Koe-erien kasvuunlähdon ajankohta ei vaikuttanut merkittävästi erien koroherkkyyteen. Kokeessa kesäkuussa 1997 tehtyjä silmunpuhkeamisen luokitusten eräkohtaisia kasvuunlähdeprosentteja verrattiin vastaavien erien koro-osuuksiin. Sekä aikaisin silmunsa aukaisevissa että myöhään silmunsa aukaisevissa erissä oli jonkin verran korovaurioita.

5 Tuloksia Keski-Suomen jälkeläiskokeista

5.1 Korovauriot ja koe-erien kasvu Saarijärven kokeessa 976/01

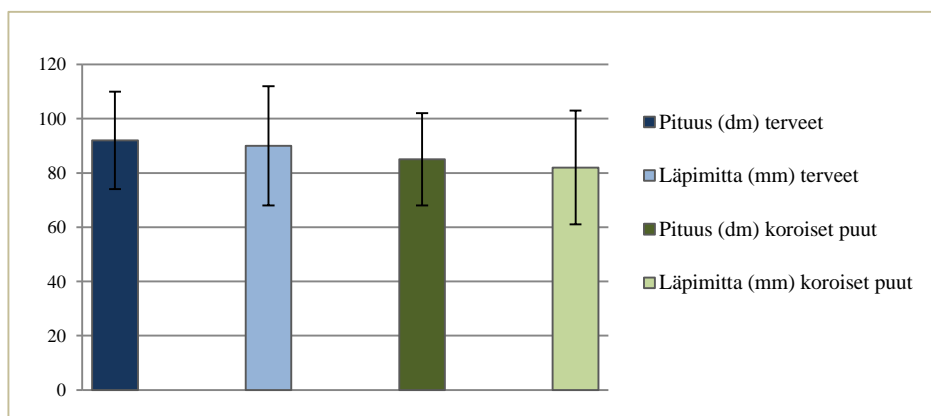
Saarijärvelle Pataman taimitarhan läheisyyteen istutettiin vanhalle peltomaalle vuonna 1985 jälkeläiskoe nro 976/01, jonka tarkoituksena oli eteläsuomalaisten ja keskisuomalaisten pluspuujälkeläistojen testaus (koetiedot taulukko 1). Kokeessa kasvaa 35 pluspuujälkeläistöä, ja ne edustavat kaikkia lähtöisyysalueita sekä seitsämää siemenviljelystä. Kokeen vertailuerinä on viisi standardimetsikköerää, kaksi virolaista metsikköerää sekä yksi koillispuolalainen metsikköerä. Kokeen kuntotarkastuksessa 11.9.1996 ei havaittu rungoissa tai latvuksissa mitään vikojia. Kesällä 2001 tehdystä tarkastuksesta havaittiin latvuskuolemia sekä rungoilla mustia läikkiä ja mustia koroja.

Tiheät, 25 taimen ruudut harvennettiin vuonna 2003, jolloin latvukseltaan kuolleet ja huonokuntoisimmat puut poistettiin. Ruutuihin jäi keskimäärin 13 puuta. Kokeessa tehtiin pituusmittaus vuonna 2004 ja vuonna 2008 mitattiin pituuden lisäksi puiden läpimitta kolmesta lohokosta. Koeerien mittausvuosien keskipituuksien välinen suhde oli vahva ja erittäin merkitsevä ($r = 0,982$, $p < 0,001$). Korovaurioiden inventoinnissa vuonna 2008 käytettiin kahta luokkaa: rungolla on koro/koroja sekä rungolla ei ole lainkaan koroja. Korojen laatua, kokoa tai määrää rungolla ei inventoitu.



Kuva 59. Koropuiden määrä kokeen 976/01 (Saarijärvi) puiden pituus- ja läpimittaluokissa vuoden 2008 mittauksessa 24 vuoden iässä.

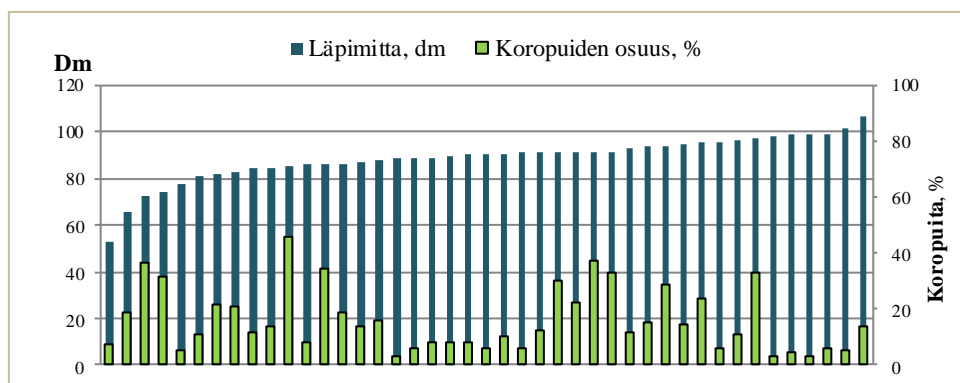
Koroisia puita kokeen kolmen lohkon mitatuista 1418 puusta oli 16 % eli 220 kpl. Eniten koropuita (94 kpl) oli lohkossa kolme ja lohkossa yksi (81 kpl), vähiten lohkossa neljä. Koroutuneita puita oli sekä kokeen pisimpien että lyhimpien puiden joukossa, mutta määrällisesti eniten koropuita löytyi koekeskiarvoa 91 dm lähimmästä pituusluokista (kuva 59). Koroisten puiden ryhmä oli terveiden puiden ryhmää 70 cm lyhyempi, mutta ryhmä ei poikennut keskipituudeltaan eikä myöskään keskiläpimitaltaan terveiden puiden ryhmästä (kuva 60).



Kuva 60. Puiden korovaurioluokittaiset keskipituudet (dm) ja keskiläpimitat (mm) sekä ryhmien keskihajonnat kokeessa 976/01 24 vuoden iässä.

Koe-erien suhteellisen koroisuuden ja keskipituuksien välillä ei ollut tilastollisesti merkitsevää riippuvuutta kumpanakaan mittausvuotena (2004 ja 2008). Myöskään neljän kasvukauden pituuskasvu ei korreloinut koroisuuden kanssa ($r = -0,238$). Kokeen lohkojen eräpituuksien ja erien neljän kasvukauden pituuskasvun suhde koroisuuteen oli heikko ja merkityksetön.

Erien keskiläpimitta ei korreloinut suhteellisen koroisuuden kanssa kokeen kolmessa lohkossa eikä myöskään koko kokeessa (kuva 61). Kokeen eteläsuomalaisten pluspuiden ryhmän (21 erää) kohdalla tarkasteltiin lähemmin koroisuuden vaikutusta kasvuun. Tulosanalysissä ei voitu osoittaa koropuiden osuuksien merkitsevää riippuvuutta pituuden, läpimitan tai tilavuuden kanssa.



Kuva 61. Koe-erien keskiläpimitta pienimmästä suurimpaan (dm) ja vastaavat koropuiden osuudet ($r = -0,176$) Saarijärven kokeessa 976/01.

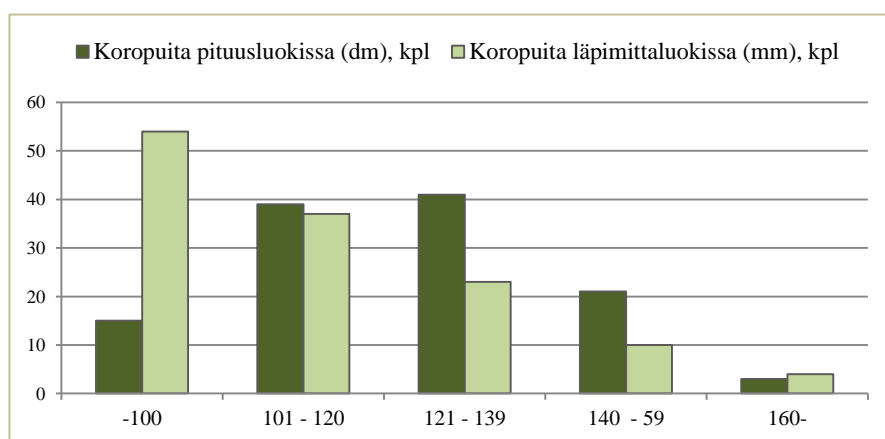
Eniten koropuita havaittiin erässä nro 17 (E 178, Kuopio) 46 % ja erässä nro 9 (Puola, Augustow) 37 %. Kummankin keskiläpimitta oli kokeen läpimittakeskiarvoa (89 mm) pienempi. Mittattujen puiden määrä puolalaisella erällä oli 30 kpl ja kuopiolaisella erällä vain 24 kpl.

Terveimpiä eräiä olivat Miehikkälän metsikköerä (nro 4) ja ruokolahtelainen kantapuu E 3355B (nro 49), joiden molempien koro-osuus oli 3 %. Eri siemenviljelysten erien koro-osuuksien vaihtelu oli suurta, joten ei voitu havaita jonkin viljelyksen erien olevan muita koroutuneempia. Esimerkiksi Jäppilän siemenviljelyksen nro 40 erien koro-osuudet kokeessa 976/01 vaihtelivat 6 %:sta 46 %:iin (kuva 64).

5.2 Jälkeläistöjen korovauriot Lieksan kokeessa 976/02

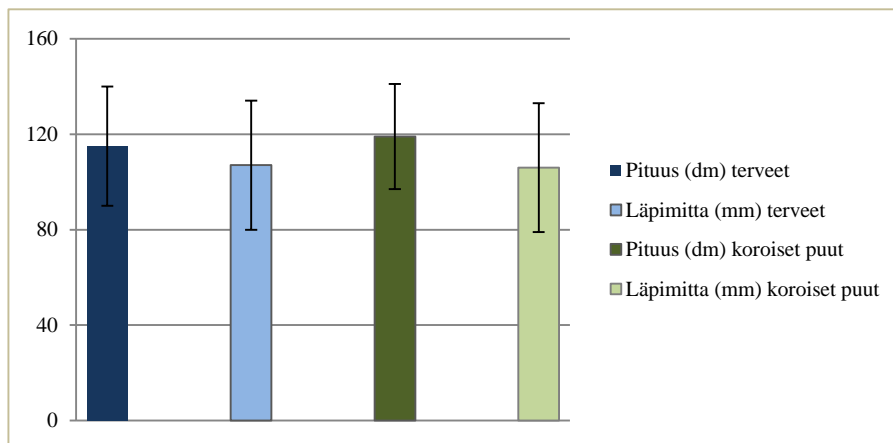
Keväällä 1985 Lieksan Pussilaan vanhalle taimitarhalle istutettu jälkeläiskoe 976/02 sisältää vähemmän koe-eräiä kuin Saarijärven osakoe 976/01. Lieksan osakokeessa kasvaa 25 siemenviljelysten jälkeläistöä, kaksi suomalaista metsikköerää, kaksi virolaista metsikköerää ja yksi koillispuolalainen metsikköerä. Koe harvennettiin vuonna 2003, joten vuoden 2011 mittauksessa ja koroinventoinnissa pystyissä oli keskimäärin 40 puuta/erä alun perin sadasta puusta. M-L Napola oli tehnyt kokeen tarkastuksen kesällä 2001. Runkojen koroja, mustia läiskiä tai kuivuneita latvoja ei tuolloin havaittu, toisin kuin rinnakkaiskokeen 976/01 (Saarijärvi) kohdalla.

Koroisia puita kokeessa oli 128 kpl eli 10 % mitatuista 1235 puusta. Korojen luokittelua lieviin tai pahoihin koroihin ei tehty, vaan rungolla havaittujen korojen kappalemäärä merkittiin mittatiedostoon. Lohkoissa 1 ja 2 koroutuneita puita oli kummassakin yli 40 kpl, mutta lohkoissa neljä vain yhdeksän kappaletta. Puita, joiden rungolla oli enemmän kuin kaksi koroa, oli eniten toisen lohkon keskimmaisissa ruuduissa. Koroja havaittiin sekä pitkissä että lyhyissä puissa, eikä suuresta runkokohtaisesta korojen määrästä kärsivät puut kuuluneet mihinkään tiettyyn pituusluokkaan. Kokeen keskiläpimittaa 106 mm pienempien puiden joukossa koropuita oli 63 kpl eli 49 % koropuiden määrästä (kuva 62).



Kuva 62. Koropuiden määrät kokeen 976/02 (Lieksa) puiden pituus- ja läpimittaluokissa vuoden 2011 mittauksessa 27 vuoden iässä.

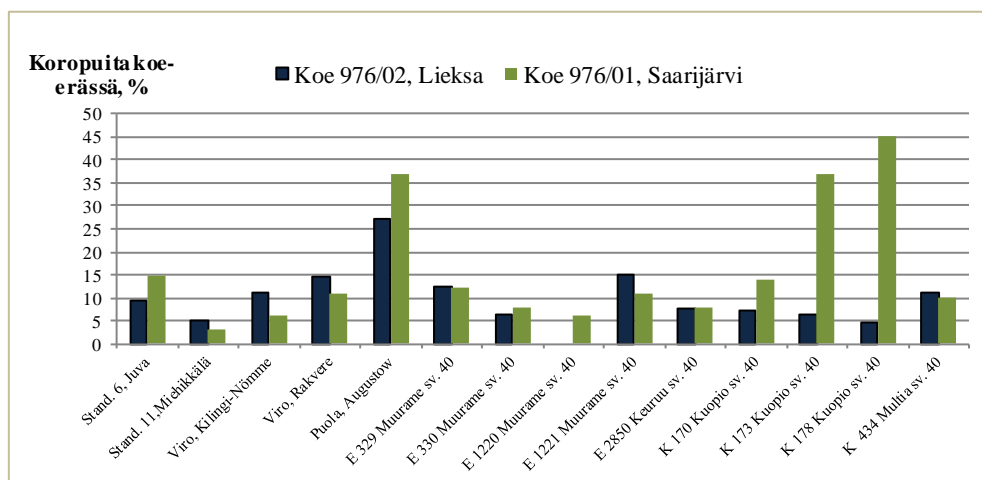
Koropuut olivat ryhmänä hieman terveiden puiden ryhmää pitempiä. Lämpimittakeskiarvoltaan ryhmät olivat samansuuruisia. Koropuiden ryhmän keskipituus oli 119 dm ja terveiden puiden keskipituus 115 dm. Ryhmät eivät pituudeltaan ja läpimitaltaan eronneet toisistaan. (kuva 63).



Kuva 63. Puiden korovaurioluokittaiset keskipituudet (dm) ja keskilämpimitat (mm) sekä ryhmien keskihajonnat Lieksan kokeessa 976/02 27 vuoden iässä.

Korovaurioisten puiden ryhmässä koe-erät eivät eronneet toisistaan pituudeltaan eivätkä läpimitaltaan. Terveiden puiden suuremmassa ryhmässä koe-erät erosivat toisistaan erittäin merkittävästi sekä pituudeltaan ($F = 5.227$, $p < 0.001$) että läpimitaltaan ($F = 3.589$, $p < 0.001$). Virolaiset koe-erät eivät eronneet kokeen muista koe-eristä, mutta sen sijaan puolalaisen huonokasvuisen erän ero muihin eriin on tilastollisesti merkittävä. Puolalainen erä oli pituudeltaan kokeen keskiarvoa yli kolme metriä lyhyempi.

Siemenviljelysten erien pituudet eivät poikenneet toisistaan, mutta korovaurio-osuudet vaihtelivat nollan ja 34 prosentin välillä. Koroisuuden ja pituuden välillä ei ollut merkittävää riippuvuutta. Pluspuun lähtöisyysalue tai siemenviljelyksen sijainti eivät vaikuttaneet koroisuuteen.



Kuva 64. Koropuiden osuudet (%) vertailuerissä sekä Jäppilän Kivimäen siemenviljelyksen nro 40 erissä kokeessa 976/02, Lieksa (27 vuotta) ja 976/01, Saarijärvi (24 vuotta).

Kuvassa 64 on esitetty Lieksan kokeen 976/02 ja Saarijärven kokeen 976/01 vertailuerinä käytettyjen metsikköalkuperien sekä Jäppilän siemenviljelyksen nro 40 toisen lähtöisyyalueen pluspuuerien koropuiden osuudet. Jäppilän siemenviljelyksen alkuperistä Muuramen pluspuuerä E 1220 oli Lieksan kokeessa täysin terve, vaikka erän ruudut ovat koroisten ruutujen ympäröiminä. Samasta metsiköstä valitun puun E 1221 erässä koropuiden osuus oli samassa osakokeessa 15 %. Tässä jälkeläistössä koroisuus ei kuitenkaan ollut vaikuttanut puiden pituuteen kasvua heikentävästi.

Lieksan kokeen puolalaisessa erässä koroisia puita oli suhteellisesti eniten, mutta puiden jäljellä oleva lukumäärä oli kokeen alhaisin. Puolalaisessa erässä oli pystyssä vain 20 puuta, joista 9 oli latvasta poikki. Yhdessä puolalaispuussa korovaurioita rungolla oli jopa neljä kappaletta. Tämä viittaa harvennuksessa poistettujen huonolaatuisten puiden suureen määrään. Saarijärven osakokeessa puolalaisessa erässä oli enemmän koropuita kuin vertailu-metsikköerissä, mutta vähemmän kuin runsaasti koropuita sisältäneessä pluspuuerässä K 178, Kuopio.

6 Tulosten tarkastelu

Tässä raportissa tarkasteltujen kokeiden tulosten mukaan korovaurioituneita puita oli kaikissa läpimitta- ja pituusluokissa. Koropuiden keskiläpimitat eivät alkuperäkokeissa eronneet terveiden puiden keskiläpimitasta. Kloonikokeissa inventoidut lievästi koroiset puut poikkesivat terveistä puista vain muutamassa kokeessa. Sen sijaan erittäin pahoin korovaurioiset puut olivat pituudeltaan tilastollisesti merkitsevästi terveitä puita lyhyempiä. Koroisuus ei myöskään vaihdellut kokeiden eri lohkoissa.

Alkuperäkokeet:

Suomalaiset erät olivat puolalaisia ja valkovenäläisiä eria terveempiä useimmissa alkuperäkokeissa. Tammisaaren kokeissa 655/02 ja 955/02 suomalaiset metsikköerät olivat pahoin korovaurioisia. Virolaisilla erillä koro-osuudet vaihtelivat suuresti ja kokeissa kasvoi sekä erittäin koroisia että erittäin terveitä alkuperiä. Koesarjan 270 peltomaakokeiden ulkomaisten koe-erien koroisuuksien välinen korrelaatio oli vahva.

Napolan (2011) esittämien tulosten mukaan koropuiden osuus suomalaisilla metsikköerillä oli keskimäärin 18 %. Tuloslaskennassa oli mukana yhdentoista alkuperäkokeen koroinventointi. Puolan ja Valko-Venäjän alkuperillä koropuiden osuus oli 7–9 prosenttiyksikköä korkeampi kuin Suomen alkuperillä. Parhaat Viron alkuperät olivat suomalaisia alkuperiä terveempiä. Pelloille istutettujen kokeiden ulkomaisten erien koro-osuus oli kaksinkertainen metsämaalle istutettujen kokeiden koroisuuteen verrattuna (Napola 2011).

Pernajan kokeessa 270/04 puolalaisten erien keskimääräinen koro-osuus oli suurin, 34 % ja suomalaisten erien pienin, 11 %. On mahdollista, että korovaurioherkkyys liittyy joidenkin alkuperien nopeakasvuisuuteen ja heikkoon talvenkestävyyteen. Hagmanin (1986) tulosten mukaan Pernajan kokeessa 270/04 oli ankaran talven 1984–85 aiheuttamia pakkasvaurioita eniten Puolan erillä, toiseksi eniten Viron erillä ja vähiten Suomen erillä. Dietrichson ym. (1985) ja Persson (1994) ovat tutkimuksissaan todenneet, että nopeakasvuisilla Keski-Euroopan kuusialkuperillä on enemmän runkovaurioita kuin hidaskasvuisilla Norjan, Ruotsin ja Suomen alkuperillä. Erityisesti Koillis-Puolan alkuperät ovat Norjassa kärsineet talvituhoista ja runko-halkeamista (Skrøppa ja Dietrichson 1986).

Koesarjan 655/01-03 kokeista osakoe 655/01 (Vihti) oli harventamaton, joten korojen esiintyminen ei selity korjuuvaurioilla. Vihdin kokeessa koropuita oli kaikissa lohkoissa ja kaikissa erissä. Suomalaiset erät olivat valkovenäläisieriä terveempiä. Kokeen lievästi koroiset, pahoin koroiset ja terveet puut eivät keskiläpimitaltaan eronneet toisistaan. Monikoroisten puiden rungot vaihtelivat ohuesta järeään, joten koroherkkyys ei näytä liittyvän rungon läpimitaan.

Napolan (2014) tutkimuksen mukaan koropuita oli Valko-Venäjän alkuperillä Etelä-Suomen koeviljelyksissä keskimäärin $9,2 \pm 1,4$ % -yksikköä enemmän kuin suomalaisilla vertailu-alkuperillä.

Tämän selvityksen kolmen alkuperäkokeen aineistoissa havaittiin, että runkohalkeamia oli enemmän koekeskiarvoa paksummissa rungoissa kuin koekeskiarvoa ohuemmissa rungoissa. Runkohalkeamia ei inventoitu kaikissa kokeissa. Kun pahoja koroja havaittiin kokeiden sekä ohuissa että paksuissa rungoissa, kuorihalkeamat näyttivät olevan järeille rungoille ominainen ilmiö. Mustakorot, mustat runkoläiskät sekä halkeamat eivät selkeästi liittyneet toisiinsa ja ne ovat vauriona erinäköisiä. Halkeamapuissa ei aina ollut koroja, ja joissain puissa oli sekä halkeama että koroja.

Kuusen runkohalkeamia on esiintynyt 1980-luvulla runsaasti Ruotsin ja Norjan kuusiviljelyksissä, joissa käytettiin ulkomaisia alkuperiä (Dietrichson ym. 1985, Persson 1994). Etenkin Etelä-Ruotsissa istutettiin laajoja alueita romanialaisilla kuusialkuperillä huonoin tuloksin. Kuusenjalostaja M-L Napola on tutustunut sekä Norjan että Ruotsin kuusikoiden runkohalkeamaongelmiin. Runkojen halkeamat ei muistuta tämän raportin mustakoroja, eivätkä pihkaa vuotavia tuoreita runkovioituksia.

Persson (1994) ja Dietrichson ym. (1985) ovat kumpikin todenneet, että nopeakasvuissa alkuperissä oli enemmän halkeamia kuin hidaskasvuissa erissä ja paksuissa rungoissa oli enemmän halkeamia kuin ohuissa. Perssonin (1994) mukaan halkeaminen liittyi kesäpuun kehitykseen ja heinäkuusiin helteisiin. Talvivauriot eivät olleet syynä halkeamiin ja talvivaurioista kärsineet hidaskasvuisemmat puut olivat sen sijaan vähemmän alttiita saamaan halkeamia. Tässä tutkimuksessa havaittiin vastaavanlainen järeiden runkojen halkeamistaipumus.

Kloonikokeet:

Karkkilan Haaviston kloonikokeet olivat kaikki harventamattomia, joten korot eivät ole voineet syntyä hakkuuvaurioiden seurauksena. Haaviston Kalatien samalla peltoalueella kasvavat kaksi koetta ja lähistöllä kasvanut yksi koe sisälsivät koroisia puita keskimäärin 59 %. Muutaman kilometrin päässä sijaitsevassa kokeessa 1478/02 koropuiden määrä oli vähäinen.

Pahasti koroutuneiden puiden osuus Kalatien kokeissa oli keskimäärin 11 %. Lievästi koroiset puut olivat keskimäärin 9 % ja pahoin koroiset 47 % terveitä puita lyhyempiä. Lievää koroa oli kaiken pituisissa puissa. Pahasti koroisten pituusero terveisiin oli tilastollisesti merkitsevä kaikissa kloonikokeissa. Lievästi koroiset puut eivät poikenneet kaikissa kloonikokeissa keskipituudeltaan tilastollisesti merkitsevästi terveiden puiden pituudesta. Koe-erien pituus 6–7 vuoden iässä ei vaikuttanut koro-osuuksiin tai terveiden puiden osuuksiin 15 vuoden iässä.

Yksittäisistä emotaimista lisättyjen pistokaskloonien (V-klooneja) terveet pistokaspuut olivat pitempiä kuin lievästi koroiset pistokaspuut. Korosairautta ei näytä olevan pelkästään saman kloonin pitkissä ja suuriläpimittaisissa rungoissa vaan kaikenkokoisissa puissa.

Pahojen korojen osuus Kalatien kokeiden provenienssihybridien (alkuperäristeymien) ryhmässä oli keskimäärin 14 % ja Etelä-Suomen alkuperien ryhmässä 7 %. Pahoin koroiset provenienssihybridipuut olivat 10 prosenttiyksikköä suomalaisia puita lyhyempiä. Korojen pituuskasvua heikentävä vaikutus kohdistui samansuuruisesti sekä provenienssihybrideihin että eteläsuomalaisiin ryhmiin, joten ryhmien väliset pituuserot eivät olleet tilastollisesti merkitseviä.

Pahoin koroutuneiden ja pystyyn kuolleiden puiden ruudut sijaitsivat useassa tapauksessa tihentymänä kloonikokeiden reunaosissa. Kuolleet puut olivat vielä vuonna 1999 hyväkasvuisia, latvukseltaan terveitä ja pituudeltaan vaihtelevia, eli sekä pitkiä että lyhyitä. Korokuoleman ajankohta ei ole tiedossa. Kokeen 1480/01 pahoin koroisten ja kuolleita puita sisältävien reuna-ruutujen keskellä kasvoi täysin terveitä virolaista alkuperää olevia puita. Kuolleita puita em. kokeessa havaittiin viidellätoista erällä.

Metsälehdessä nro 18/2013 artikkelissa 'Mystinen sieni vaivaa kuusia' Laura Kakkonen oli haastatellut keskisuomalaisesta metsänomistajasta Reijo Hyvöstä, jonka varttuneessa istutuskuusikossa mustat korot ja pihkahalkeamat aiheuttivat koron yläpuolisen latvan kuivumisen, ja lopulta vaurioituneet puut kuolivat pystyyn lyhyessä ajassa (Kakkonen 2013). Mustakorosairauden ensioireet oli havaittu vuonna 2011 ja korosairaus levisi epidemiaksi keväällä 2013, jonka seurauksena satoja puita kuoli.

Mustakorosta on vuoden 2013 loppukesältä ja syksyltä lukuisia havaintoja Pohjois-Savon ja sitä ympäröivien maakuntien alueelta (Heino ja Pouttu, 2014). Mustakoro vaivaa erityisesti nopeakasvuisia peltomaalle istutettuja kuusentaimikoita. Mustakoron vaurioittamissa kuusikoissa on yleisesti esiintynyt *Neonectria fuckeliana* -sieni ja myös hyönteistuhoja on ollut havaittavissa sienitaudin vaivaamissa puissa.

Koroisuuden määrä vaihteli suuresti kokeiden ulkomaisten alkuperien välillä. Pahojen korojen osuudet olivat suurimmat Metlan Solbölen provenienssimetsiköstä valittujen kantapuiden E 1903 (Saksa, Carlsfeld) sekä E 2480 (Saksa, Bayerischer Wald) vapaapölytysjälkeläistöjen pistokkailta. Kokeessa 1480/01 carlsfeldilaisista puista täysin terveitä oli vain 10 %. Provenienssi-kuusikoiden kantapuut saattavat olla ulkomaisten isäpuiden pölyttämiä, jolloin jälkeläistöt ovat kokonaan ulkomaista alkuperää.

Myös risteytysjälkeläistö Loppi x Saksa, Carlsfeld oli erittäin korovaurioinen: terveitä puita tällä jälkeläistöllä oli kokeessa 1862/01 vain 34 %. Tämän risteymän sekä siementaimien että erilaisten pistokastaimien samansuuruinen koroherkkyys on tärkeä havainto. Tulos osoittaa, että koroja ilmaantuu korovaurioille alttiin genotyypin eri tavoin valittuihin ja lisättyihin jälkeläisiin.

Saksalaisen Carlsfeldin alkuperän arkuudesta syyshalloille ja talvipakkasille ovat raportoineet Heikinheimo (1949) ja Hagman (1986). Velling (1976) totesi, että Carlsfeldin alkuperän puilla puuaineen tiheys oli alhainen. Puolalaisessa IUFRO 1964/68 alkuperäkokeessa havaittiin saksalaisalkuperien puiden latvakuivumista, pihkavuotoa rungoilla sekä juuriston nekroosia (Zölciak ym. 2009).

Kloonikokeiden keväällä myöhään kasvuun lähtevillä erillä terveiden puiden osuus oli keskimäärin 17 % -yksikköä suurempi kuin aikaisin kasvuun lähtevillä erillä. Eteläsuomalaisilla myöhäisillä erillä täysin terveiden puiden osuus oli keskimäärin 48 % kun vastaavilla aikaisilla puilla osuus oli 8 %. Myöhään kasvuun lähtevät eteläsuomalaiset pluspuuerät olivat terveempiä kuin myöhäiset provenienssiristeymät.

Erittäin koroherkillä jälkeläistöillä fenologia ei vaikuttanut koropuiden osuuksiin. Sen sijaan pahoista koroista vain hyvin vähän kärsivien jälkeläistöjen aikaisin kasvuun lähtevät puut näyttävät saavan herkästi paljon koroja. Fenologialla ei voitu selittää vaurioryhmien erien pituusvaihtelua viidentoista vuoden iässä.

Kuusen fenologisesta varhaisvalinnasta tehdyn tutkimuksen (Napola 1999) mukaan kasvurytmiä ei vaikuttanut pistokkaiden pituuskasvuun hallattomissa kuuden vuoden ikäisissä kloonikokeissa. Etelä-Suomen pluspuuerien aikaisten ja myöhäisten taimiryhmien pituuskehitys ei poikennut toisistaan. Sen sijaan provenienssihybrideillä myöhäisten kantataimien valinta näytti johtavan pituuskasvun heikentymiseen. Skrøppan ja Magnussenin (1993) mukaan silmun puhkeamiseltaan myöhäiset, pitkän pituuskasvujakson alkuperät tai jälkeläistöt ovat erityisen arkoja syksyn ja talven matalille lämpötiloille. Vastaavia tuloksia on esittänyt myös Karlsson ja Högberg (1998).

Jälkeläiskokeet:

Saarijärven ja Lieksan harvennetuissa jälkeläiskokeissa (976/01-02) koe-erien koro-osuus ei korreloinut keskipituuden eikä keskiläpimitan kanssa. Koropuiden osuus oli koesarjassa keskimäärin 13 %, mikä on selvästi vähemmän kuin alkuperäkokeissa (provenienssikokeissa) ja provenienssihybridejä sisältävissä kloonikokeissa.

Koroisuus ei vaikuttanut kokeissa harvennuksen jälkeen jäljelle jääneiden pluspuiden pituuskasvuun. Runsaskoroinen jälkeläistö saattoi olla joko hidas- tai nopeakasvuinen, samoin kuin vähän koropuita sisältänyt jälkeläistö. Korovaurioisten ruutujen vieressä kasvoi täysin terveitä jälkeläistöjä.

Koillis-puolalaisella Augustowin erällä koropuiden osuus oli koesarjassa keskimäärin 32 %, ja osuudet olivat korkeita kummassakin osakokeessa. Puolalaiset puut olivat heikkokasvuisia sekä usean puun rungot monikoroisia. Puolalaisten pahoin koroisten koeruutujen ympärillä ei kuitenkaan voitu havaita runsaasta koroisuudesta kärsiviä ruutuja.

Virolaisten erien (Kilingi-Nõmme ja Rakvere) keskimääräinen koropuiden osuus oli 11 % eivätkä nämä kaksi alkuperää poikenneet toisistaan. Suomalaisten Juvan ja Miehikkälän vertailuerien keskimääräinen koropuuosuus oli kolme prosenttiyksikköä virolaisia eriä alhaisempi eli 8 %. Pluspuujälkeläistöjen koropuuosuudet olivat erittäin vaihtelevia.

Napolan (2014) alkuperäkokeita koskevan tutkimuksen mukaan Koillis-Puolan alkuperien elävyys oli heikompi ja koropuiden osuus suurempi kuin suomalaisilla vertailuerillä. Viron Kilingi-Nõmmen ja Rakveren koropuuosuus oli keskimäärin 4 prosenttiyksikköä suomalaisia vertailueriä suurempi.

7 Päätelmiä

Mustia koroja sekä mustia pihkaa vuotavia runkoläiskiä on havaittu kuusen koeviljelyksissä 2000-luvun alkupuolelta lähtien. Kuusen rungon korovaurio (mustat korot ja läiskät, pihkavuoto) ilmiönä on varsin monioireinen, sillä korot ovat pituudeltaan, leveydeltään ja syvyydeltään erikokoisia ja erinäköisiä. Lisäksi korojen määrä ja sijainti rungolla voi vaihdella paljon.

Korosairaus voi ilmeisesti johtaa latvuksen kuivettumiseen ja jopa koko puun kuolemaan. Tällaisia puita kasvoi paitsi kokeiden keskellä myös kokeiden reunaosissa väljemmässä kasvutilassa. Lisäksi pystyynkuolleet puut olivat ennen vaurioitumistaan olleet hyväkasvuisia ja terveitä. Eräs korotyyppi aiheuttaa rungon puuaineen ja kuoren sisäänpäinkuroutumista, jonka seurauksena puu voi katketa koron kohdalta. Katkenneita puita oli erityisen paljon valkovenäläisissä alkuperissä.

Žolciakin ym. (2009) julkaisun mukaan puolalaisen alkuperäkokeen sairaiden, kuivalatvaisten ja pihkaa vuotavien kuusten juuret olivat kuolleet. Olisi tärkeää myös Suomessa tutkia korosairauden ja juuriston terveydentilan välistä yhteyttä. Voiko mahdollisesti jokin uusi juuristosairaus aiheuttaa mustakoroja, mustia läiskiä ja latvuksen kuolemaa kuusella?

Korosairauden leviäminen erittäin sairaista yksilöistä tai koeruuduista ei ollut selkeää, sillä koroisuuden kehittymistä ei ollut seurattu. Koeviljelmissä tulisikin tehdä tarkastus riittävän usein, noin joka toinen vuosi. Useissa kokeissa koroiset puut olivat muodostaneet tihentymiä lähinnä kokeiden laitaosiin, mikä viittaa mahdolliseen pakkasen, kylmäkuivumisen tai auringonpaisteen vaikutukseen koroilmiössä. Koropuupesäkkeiden vieressä kasvoi kuitenkin toisinaan täysin terveitä eriä. Kokeessa 995/02 (Tammisaari) näkyi selvästi, että pahoin koroisen ruudun viereisten ruutujen puut olivat koroisia, jos ne kasvoivat sairaan ruudun sairaiden puiden vieressä. Kauempana puut olivat terveitä.

Liljan ym. (2012) mukaan koroista löydetty yleisimmät sienet ovat kuuluneet *Neonectria*-sukuun, josta tunnetaan yli 40 lajia. Sairaana solukon pinnasta leviävät koteloitiöt tartuttavat uusia kasveja kun kosteutta ja lämpöä on riittävästi. *Neonectria fuckeliana* on Euroopassa tunnettu kuusien (*Picea spp.*) ja pihtojen (*Abies spp.*) haavaloinen, joka saa puun muodostamaan koroja. Koroja on muodostunut tartutuskokeissa kahdessa vuodessa.

Oksien karsinta ei vaikuttanut *Neonectria fuckeliana*n iskeytymiseen ja runkokorojen muodostumiseen radiatamännällä (*Pinus radiata*) Uudessa Seelannissa. Ramsfield ym. (2013) totesivat tutkimuksessaan, että pystykarsintahaavat eivät olleet sieni-infektion ensisijainen altistumiskohdta. Karsimattomat puut kärsivät saman verran sienisairaudesta kuin karsitut puut. Mahdollisesti myös tämän selvityksen harvennettujen kokeiden harvennusvaurioiden ja mustakorojen välillä ei ole yhteyttä.

Tässä raportissa pyrittiin selvittämään millaisissa alkuperissä ja puissa mustaa koroa, mustia läiskiä, halkeamia ja pihkavuotoja esiintyy. Korosairaudelle alttiita sekä suhteellisen terveitä koe-eriä löytyi kaikista tarkastelluista koeviljelyksistä. Miksi jotkut erät olivat alttiimpia kuin toiset ja miten runkojen korovauriot saavat alkunsa, ovat vielä avoimia kysymyksiä. Viitteitä saatiin aikaisin keväällä kasvuun lähtevien puiden korovaurioherkkyydestä, mutta nämä havainnot olisi varmennettava taimien tartutuskokeissa.

Koroihin liittyy useita muitakin avoimia kysymyksiä. Onko alkuperien ja puuyksilöiden kuoren rakenteessa tai pihkan kemiallisessa koostumuksessa eroja? Voiko sienitauti päästä runkoon oksiston kautta tai esimerkiksi kaarnakuoriaisen tekemästä reiästä? Miten korosairaus leviää metsikössä? Koroja koskevaa tutkimusta on siis syytä jatkaa ja tehostaa.

8 Kirjallisuus

- Dietrichson, J., Rognerud, P., Haveraaen, O. & Skrøppa, T. 1985. Stem cracks in Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.). Reports of the Norwegian Forest Research Institute. 38.21. 32 s.
- Hagman, M. 1986. Kuusen pakkasvauriot talvella 1984–85 koetulosten valossa. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 263: 68–89.
- Heikinheimo, O. 1949. Tuloksia kuusen ja männyn maantieteellisillä roduilla suoritetuista kokeista. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 37(2): 1–44.
- Heino, E. ja Pouttu, A. (toim.) 2014. Metsätuhot vuonna 2013. Metlan työraportteja 295. <http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2014/mwp295.pdf>
- Kakkonen, L. 2013. Mystinen sieni vaivaa kuusia. Metsälehti 18/2013. s. 7.
- Karsson, B. & Högberg, K.-A. 1998. Genotypic parametres and clone x site interaction in clone tests of Norway spruce. Forest Genetics 5(1): 21–30.
- Koljonen, K. 2010. Korotauti vioittaa ulkomaista alkuperää olevia kuusia. Maaseudun Tulevaisuus 101/2010. s. 10.
- Krutzsch, P. 1973. Norway spruce. Development of buds. IUFRO S2.02.11. Moniste. 4 s.
- Kurkela, T. 1994. Metsän taudit. Metsäpatologian perusteet. Otatieto Oy. 320 s.
- Lenkkeri, J. 2008. Ny svamp angriper granar. Skogsbruket 11/2008. s. 8–9.
- Lilja, A., Rytönen, A., Napola, M-L., Napola, J., Talgo, V., Poteri, M. ja Hantula, J. 2011. Neonectria-sieni, uusi koropatogeeni kuusella? Taimiuutiset 3/2011: 21–23.
- Lilja, A., Rytönen, A., Napola, M-L., Napola, J., Talgo, V., Poteri, M. ja Hantula, J. 2012. Korot ja pihkavuoto metsäkuusen istutustaimikoissa ja puiden alkuperä. Kasvinsuojelulehti 3/2012. s 71–74.
- Napola, J. 2011. Puolan ja Valko-Venäjän kuusialkuperät alttiita korosairaudelle. Taimiuutiset 2/2011: 8–10.
- Napola, J. 2014. Itä- ja keskieurooppalaisten kuusialkuperien menestyminen Etelä-Suomessa. Metlan työraportteja 288. 77 s. <http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2014/mwp288.htm>
- Napola, J. ja Napola, M-L. 2005. Mustien korojen esiintyminen Metlan kuusikokeissa. Moniste. 2 s.
- Napola, M-L. 1999. Alkuperän ja fenologisen valinnan merkitys kuusen kasvullisessa joukkomonistuksessa. Metsänjalostussäätiön työraportteja 55. 27 s.
- Napola, M-L. 2008. Kuusen pistokasaineistojen testaus ja tutkimus Suomessa. Metlan työraportteja 104. 24 s. <http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2008/mwp104.htm>

- Napola, M-L. 2010. Kevätfenologia osoittautunut entistä tärkeämmäksi kuusen jalostuksessa. *Taimiuutiset* 1/2010: 9–12.
- Napola, M-L. 2012. Kuusen kasvullinen joukkomonistus – Pistokasaineistojen kasvu Etelä-Suomen kloonikokeissa. *Metlan työraportteja* 229. 33 s.
<http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2012/mwp229.htm>
- Persson, A. 1994. Stem cracks in Norway spruce in southern Scandinavia: causes and consequences. *Annales des Sciences Forestieres*. 51: 315–327.
- Ramsfield, T., Power, M. & Kimberley, M. 2013. The relationship between pruning and the incidence of *Neonectria fuckeliana* in *Pinus radiata*. *New Zealand Journal of Forestry Science* 2013, 43:13
- Skrøppa, T. & Dietrichson, J. 1986. Winter damage in the IUFRO 1964/68 provenance experiment with Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.). *Meddelelser fra Norsk Institutt for Skogforskning* 39(10): 161–183.
- Skrøppa, T. & Magnussen, S. 1993. Provenance variation in shoot growth components of Norway spruce. *Silvae Genetica* 42: 111–120.
- Vasiliauskas, R., Juska, E., Stenlid, J. & Vasiliauskas, A. 2001. Clonal differences and relations between diameter growth, stem cracks and fungi in a 36-year-old clonal seed orchard of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) *Silvae Genetica* 50(5-6): 227–233.
- Velling, P. 1976. Mänty- ja kuusiprovenienssien tiheyden vaihtelusta. *Folia Forestalia* 257. 32 s.
- Żółciak, A., Oszako, T., and Sabor, J. 2009. Evaluation of the health status of *Picea abies* provenances growing on the IUFRO 1964/68 experimental plots. *Dendrobiologi* 61, Supplement. s. 63–68.