METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN TIEDONANTOJA 668, 1998



Rauduskoivu tänään – ja tulevaisuudessa

Tutkimuspäivä Tampereella 12.3.1997

Toimittaneet
Pentti Niemistö
Tuula Väärä

MUHOKSEN TUTKIMUSASEMA

METLA

Kansikuva: "Koivuvainio", 25 vuotta sitten peltomaalle istutettu raudus-koivikko Pieksämäellä (valokuvannut Pentti Niemistö).

METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN TIEDONANTOJA 668, 1998

Rauduskoivu tänään — ja tulevaisuudessa

Tutkimuspäivä Tampereella 12.3.1997

Toimittaneet
Pentti Niemistö
Tuula Väärä

MUHOKSEN TUTKIMUSASEMA

Niemistö P. ja Väärä, T. 1998 (toim.). Rauduskoivu tänään — ja tulevaisuudessa. Tutkimuspäivä Tampereella 12.3.1997. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 668. 174 s. ISSN 0358-4283, ISBN 951-40-1601-7.

Rauduskoivua on uudistettu pääasiassa istuttaen. Tutkimustietoon ja kokemukseen perustuen koivun taimituotanto ja istutus hallitaan kohtuullisen hyvin, vaikka edelleenkin myyrät ja muut nisäkkäät sekä versolaikut aiheuttavat takaiskuja. Osuva kasvupaikan valinta sekä tehokas maanmuokkaus ja heinäntorjunta ovat avainasemassa. Koivun kesäistutuskokeet ovat antaneet lupaavia tuloksia, mutta menetelmää on vielä testattava. Rauduskoivun luontainen uudistaminen on lisääntynyt viime vuosina, mutta tulokset ovat hyvin vaihtelevia, kuten myös muutamissa kylvökokeiluissa.

Rauduskoivutaimikon tavoitetiheys 1 600 kpl/ha on yleensä sopiva, mutta viljavimmilla kasvupaikoilla hyvä oksaisuuslaatu edellyttää suurempaa tiheyttä. Rivi-istutuskokeiden perusteella koivun istuttaminen tasavälein ei ole välttämätöntä. Ensiharvennukset on ajoitettava tiheydestä riippuen 13–16 metrin valtapituuteen. Taloudellisesti kannattavalle harvennukselle on aikaa vain 3–5 vuotta ennen kuin latvukset alkavat kärsiä ylitiheydestä. Rauduskoivikon kokonaistuotos taantuu harventamattomuuden seurauksena.

Tyvitukin oksien kuoltua rauduskoivikko kannattaa harventaa voimakkaasti. Ennen päätehakkuuta tarvitaan vielä toinen harvennus, josta pyritään jo saamaan vaneritukkia. Voimakkaat harvennukset edistävät koivun laatua jouduttaen tyven karsiutumista ja rungon järeytymistä. Koivutukkeihin värivikoja aiheuttavien kuivien tai lahojen oksien vyöhyke jää tällöin pieneksi.

Metsämaille istutetut koivut ovat lähes kaikilta laatuominaisuuksiltaan peltokoivuja parempia eivätkä poikkea suuresti luontaisista rauduskoivuista. Tuotos on peltomailla voimakkaamman paksuuskasvun takia korkeampi. Viljavat moreenit ja hietamaat ovat sekä laadun että tuotoksen kannalta rauduskoivun parhaita kasvupaikkoja. Tuotos on tällöin 50 vuoden kiertoajassa noin 500 m^3/ha, josta puolet on vaneritukkia.

Sydänlahon ja ruskotäplien esiintymisen pelätään alentavan istutuskoivurunkojen sisäistä laatua. Syitä puun ytimessä esiintyviin värivikoihin ei vielä tunneta. Istutuskoivuissa esiintyy hyvin yleisesti kovaa lahoa rajoitetusti aiheuttavia bakteereja ja sieniä, mutta vakavat lahottajasienet ovat 40–50 vuoden kiertoajalla harvinaisia. Koivun sorvauksessa oksaviat ovat suurempi haitta. Ruskotäpläkärpäsen toukkakäytäviä esiintyy lähes kaikissa istutuskoivuissa. Metsänkäsittelyllä niitä ei pystytä torjumaan, koska hyönteinen suosii kasvuisimpia koivuja. Koivutukin ruskotäpläisyyttä voidaan vähentää jalostusvalinnalla ja kasvattamalla tukit järeiksi. Sekapuuna kasvavan koivun paremmuudesta ei ole vielä tieteellistä näyttöä.

Avainsanat: rauduskoivu, istutuskoivu, puun laatu, kasvu, tuotos, harvennus, kasvumalli, pellonmetsitys, kesäistutus, värivika, ruskotäplät, versolaikut.

Hyväksynyt: Tutkimusjohtaja Matti Kärkkäinen 14.11.1997.
Julkaisija: Metsäntutkimuslaitos, Muhoksen tutkimusasema, Kirkkosaarentie 7, FIN-91500 MUHOS. Puh. (08) 5312 200, faksi (08) 5312 211.
Tilaukset: Metsäntutkimuslaitos, Helsingin tutkimuskeskus, Kaija Westin, Unioninkatu 40 A, 00170 HELSINKI. Puh. (09) 8570 5721, faksi (09) 8570 5717.

SISÄLLYS

Matti Kärkkäinen, Koivu ennen ja nyt 1
Timo Saksa, Rauduskoivun uudistaminen – luontaisesti vai viljellen 5
Jaana Luoranen, Risto Rikala ja Heikki Smolander, Koivun paakkutaimien kesäistutus 11
Pentti Niemistö, Istutustiheyden ja rivivälin vaikutus rauduskoivun kasvuun ja ulkoiseen laatuun 17
Jyrki Hytönen, Rauduskoivun alkukehitys pellonmetsitysaloilla 37
Pentti Niemistö ja Eero Poutiainen, Ensiharvennus istutetuissa rauduskoivikoissa 47
Pentti Niemistö ja Marja-Leena Piiroinen, Istutuskoivikoiden kasvu- ja tuotoserot pelto- ja metsämailla 61
Anneli Viherä-Aarnio ja Pirkko Velling, Rauduskoivujälkeläistöjen kasvu ja laatu – tuoreita tuloksia Rautalahdesta 69
Jouni Siipilehto, Koivun kasvumallit ja niiden mukaiset tuotosennusteet 85
Pentti Niemistö, Istutuskoivun ulkoinen laatu pelto- ja metsämailla 103
Anna-Maija Hallaksela ja Pentti Niemistö, Istutuskoivurunkojen väriviat ja niissä esiintyvät mikrobit 115
Erkki Verkasalo, Raudus- ja hieskoivun laatu puuaineen tiheyden perusteella arvioituna 127
Arja Lilja ja Risto Heikkilä, Istutuskoivujen sienituhoista 141
Tiina Ylioja ja Matti Rousi, Koivun ruskotäpläkärpäsen elintavat – avain vahinkojen vähentämiseen 151
Pentti Niemistö, Ruskotäplät pelto- ja metsämaan rauduskoivuissa 163

KIRJOITTAJIEN OSOITTEET:

Tutkimusjohtaja Matti Kärkkäinen, Metsäntutkimuslaitos, Helsingin tutkimuskeskus, Unioninkatu 40 A, 00170 Helsinki
MMT Timo Saksa, Metsäntutkimuslaitos, Suonenjoen tutkimusasema, Juntintie 40, 77600 Suonenjoki
MMM Jaana Luoranen, Metsäntutkimuslaitos, Suonenjoen tutkimusasema, Juntintie 40, 77600 Suonenjoki
MML Risto Rikala, Metsäntutkimuslaitos, Suonenjoen tutkimusasema, Juntintie 40, 77600 Suonenjoki
MMT Heikki Smolander, Metsäntutkimuslaitos, Suonenjoen tutkimusasema, Juntintie 40, 77600 Suonenjoki
MH Pentti Niemistö, Metsäntutkimuslaitos, Parkanon tutkimusasema, Kaironiementie 54, 39700 Parkano
MMT Jyrki Hytönen, Metsäntutkimuslaitos, Kannuksen tutkimusasema, PL 44, 69101 Kannus
Tutkimusmestari Eero Poutiainen, Metsäntutkimuslaitos, Muhoksen tutkimusasema, Kirkkosaarentie 7, 91500 Muhos
FM Marja-Leena Piiroinen, Metsäntutkimuslaitos, Muhoksen tutkimusasema, Kirkkosaarentie 7, 91500 Muhos
MML Anneli Viherä-Aarnio, Metsäntutkimuslaitos, Vantaan tutkimuskeskus, PL 18, 01301 Vantaa
MMT Pirkko Velling, Metsäntutkimuslaitos, Vantaan tutkimuskeskus, PL 18, 01301 Vantaa
MMK Jouni Siipilehto, Metsäntutkimuslaitos, Vantaan tutkimuskeskus, PL 18, 01301 Vantaa
MMT Anna-Maija Hallaksela, Metsäntutkimuslaitos, Vantaan tutkimuskeskus, PL 18, 01301 Vantaa
MMT Erkki Verkasalo, Metsäntutkimuslaitos, Joensuun tutkimusasema, PL 68, 80101 Joensuu
MML Arja Lilja, Metsäntutkimuslaitos, Vantaan tutkimuskeskus, PL 18, 01301 Vantaa
MMT Risto Heikkilä, Metsäntutkimuslaitos, Vantaan tutkimuskeskus, PL 18, 01301 Vantaa
MMK Tiina Ylioja, Metsäntutkimuslaitos, Punkaharjun tutkimusasema, PL 10, 58451 Punkaharju
MMT Matti Rousi, Metsäntutkimuslaitos, Punkaharjun tutkimusasema, PL 10, 58451 Punkaharju

LUKIJALLE

Rauduskoivu tänään - ja tulevaisuudessa -tutkimuspäivään koottiin yhteen Metlan tuoreimmat tutkimukset rauduskoivusta ja sen kasvattamisesta. Tämä kirja on toimitettu 12.3.1997 Tampereella pidettyjen esitelmien pohjalta. Esiteltävänä oli suurelta osin käynnissä olevien tutkimusten ennakkotuloksia tai käytännönläheisiä yhteenvetoja aikaisemmin julkaistuista tuloksista. Tarkastelun piirissä oli rauduskoivujen kehitys ja kasvatus uudistamisesta harvennusten kautta tukkikoivikoiksi unohtamatta tuhoriskejä ja puun laatua.

Koivututkimus on edennyt 1990-luvulla pitkin harppauksin monesta syystä:

1. Vanhimmat istutuskoivuaineistot ovat kypsyneet uudistamisikään ja tukkipuukokoisilta viljelyksiltä saadaan nyt riittävän edustavaa aineistoa mm. tuotos- ja laatututkimuksiin. Myös koivun alkuperäkokeissa voidaan tehdä vertailuja varttuneissa puustoissa.

2. Kiinnostus koivikoiden perustamiseen on lisääntynyt voimakkaasti 1970-luvun alkuinnostuksen ja 1970–1980-lukujen vaihteen aallonpohjan jälkeen. Pellonmetsityksen rinnalla kiinnostaa myös metsämaiden uudistaminen koivulle viljellen tai yhä useammin myös luontaisesti.

3. Koivu kiinnostaa myös metsien monimuotoisuuden ja kasvihuoneilmiön oletettujen vaikutusten takia. Koivun määrän arvellaan lisääntyvän voimakkaasti Suomen metsissä, mutta ylilyöntien välttämiseksi on tunnettava sen todelliset mahdollisuudet erilaisissa olosuhteissa.

4. Puunjalostuksen tarpeet ovat myös osaltaan lisänneet koivututkimusta. Koivukuitupuu on tällä hetkellä selkeästi sellainen puutavaralaji, jota ei saada tarpeeksi kotimaasta. Myös hyvälaatuisesta koivutukista on jatkuvasti puutetta ja vaneriteollisuus onkin selvästi epävarma istutuskoivikoissa tuotettavan raaka-aineen laadusta ja määrästä.

Toivomme lukijan löytävän tämän kirjan sivuilta vastauksia useisiin kysymyksiinsä ja kääntyvän lisätietoja tarvitessaan myös suoraan eri tutkimusaloja edustavien kirjoittajien puoleen.

Muhoksella 20.03.1998

toimittajat

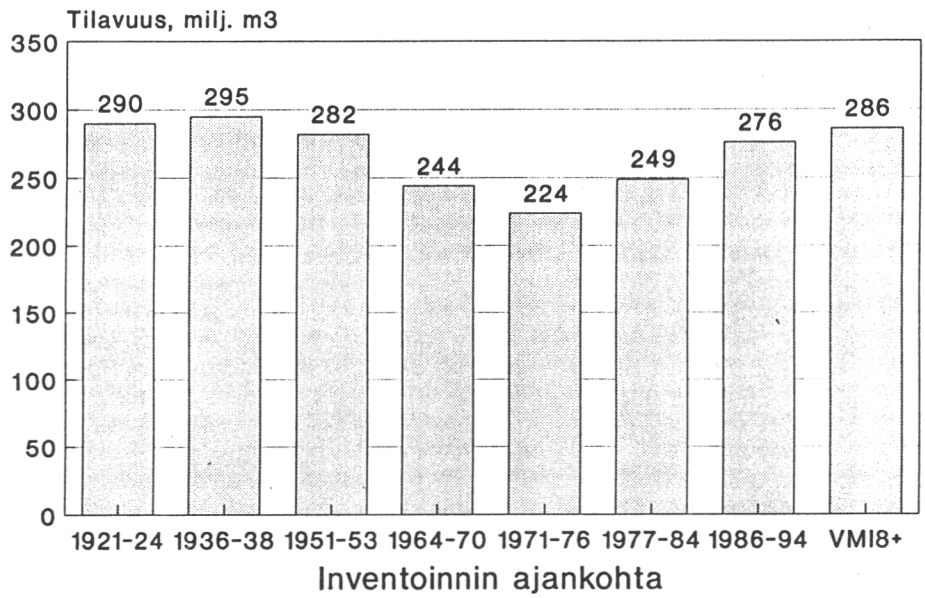
KOIVU ENNEN JA NYT

Matti Kärkkäinen

Maallikoilla ja, hämmästyttävää kyllä, myös metsäalan ammattilaisilla on liuta vääriä käsityksiä Suomen koivuvaroista ja niiden kehityksestä. Yleinen hokema on takavuosien koivuviha, jonka vuoksi koivua ei kuuleman mukaan enää ole metsissä ja sitä joudutaan siksi tuomaan rajan takaa. Yksi ja toinen voi omakohtaisesti jopa muistella koivun säälimätöntä maahan kaatamista joskus 1950-luvulla.

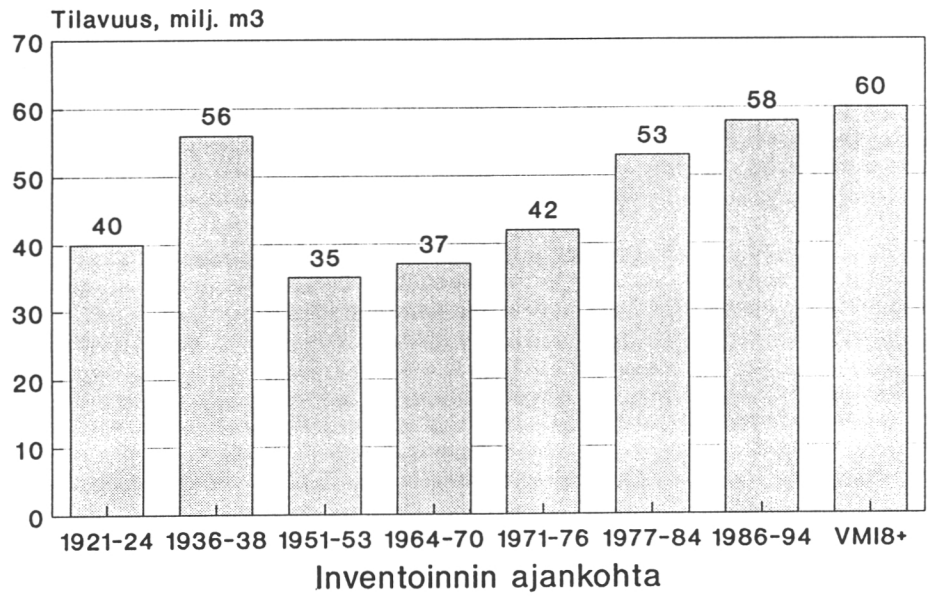
Muistikuvat saattavat olla oikeita. Mutta itse väitetyllä ilmiöllä, koivuvihalla, on ollut vain vähäinen vaikutus koivun runkotilavuuteen.

Ensimmäisestä 1920-luvulla tehdystä inventoinnista alkaen koivuvarat ovat vaihdelleet eri inventoinnissa suhteellisen pienissä rajoissa välillä 224 ja 295 milj. m^3 (kuva 1). Viimeisimmän vuoteen 1995 päivitetyn inventoinnin (VMI8+) mukaan koivuvarat ovat 286 milj. m^3 ja trendinä kasvaneet 1970-luvun alusta. Kun otetaan huomioon alueluovutukset, koivua on Suomen metsissä nykyään enemmän kuin kaskikauden jälkeen 1920-luvulla.



Kuva 1. Koivu eri inventoinneissa. Metsä- ja kitumaa.

Koivu ei ole toki ainoa lehtipuu Suomessa. Koko sodanjälkeisen ajan haavan, leppälajien, raidan ja muiden lehtipuiden määrä on kasvanut johdonmukaisesti (kuva 2). Kyseessä ei ole varmaankaan mikään jo 1950-luvulla virinnyt biodiversiteetin suojelu, vaan maaseutuasujamiston vähentynyt puunkäyttö ja kauppahalon keskittyminen koivuun. Yhdessä koivu ja muut lehtipuut muodostavat nykyään, kuten ovat aina muodostaneet pienen notkahduksen ollessa 1960- ja 1970-luvuilla, merkittävän osan Suomen puustosta.

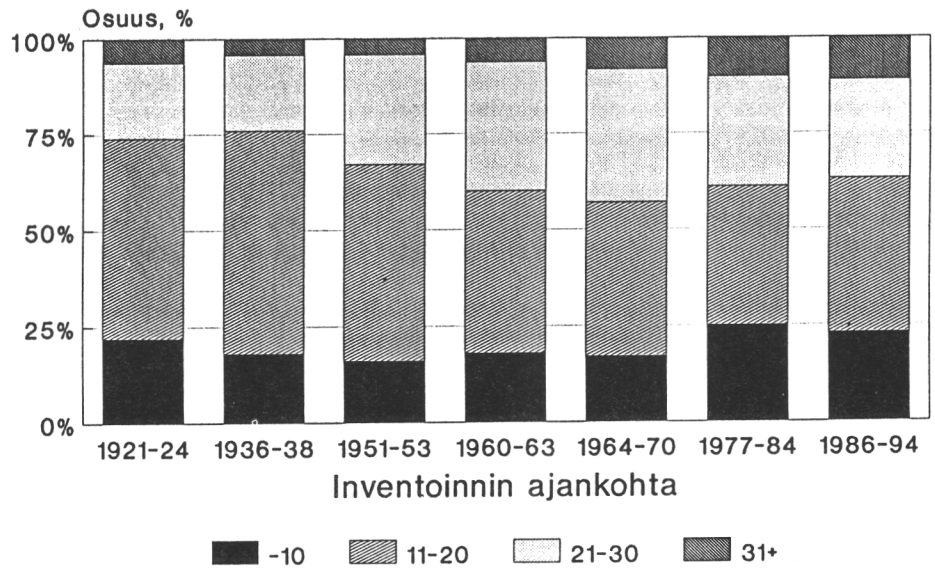


Kuva 2. Muu lehtipuu eri inventoinneissa. Metsä- ja kitumaa.

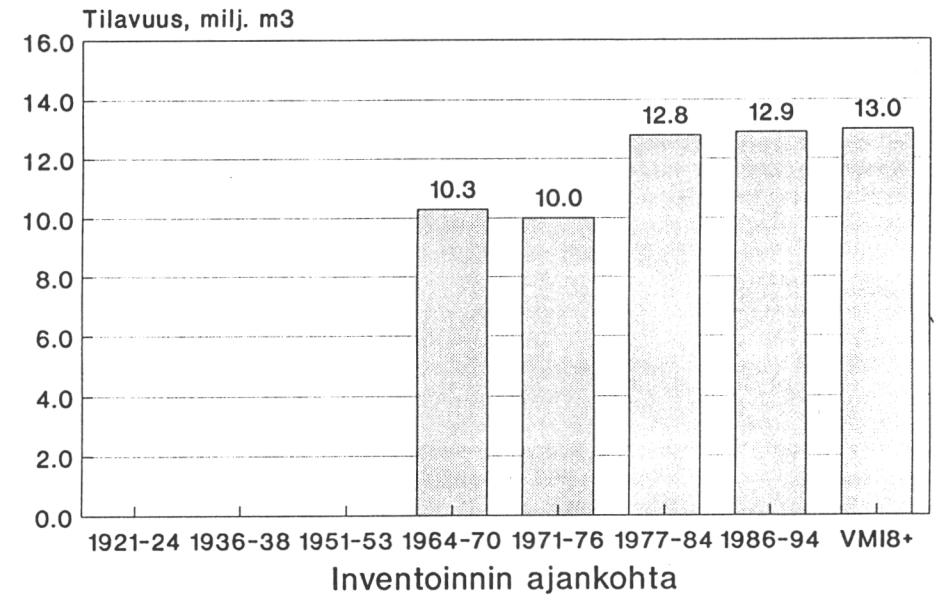
Tulevaisuuden näkymät koivuvarojen runsastumiselle ovat hyvät ainakin kasvun puolesta. Viimeisimmässä päivitysinventoinnissa (VMI8+, 1995) kasvu oli 30 % suurempi kuin 1960- ja 1970 -lukujen taitteessa (kuva 3).

Toinen koivuvaroihin liittyvä myytti on, että ainakin järeä koivu on vähentynyt. Aina kun teknologialtaan vanhentunut koivuvaneritehdas suljetaan, on tullut tavaksi viitata pulaan järeästä koivusta.

Vaikka vaneritukin kaupallinen saatavuus ei olekaan sama kuin koivun fyysinen määrä metsässä, merkittävää on, että Etelä-Suomessa (jossa koivun järeydestä on järkevää puhua: Pohjois-Suomessa vanerikoivua ei juuri ole) järeimmän koivun osuus on kasvanut trendinä koko sodanjälkeisen ajan. Rinnantasaltaan yli 31 cm koivua on nykyään kaksinkertainen määrä 1950-luvun alkuun verrattuna (kuva 4).



Kuva 3. Koivun vuotuinen kasvu eri inventoinneissa. Metsä- ja kitumaa.



Kuva 4. Lehtipuun järeys (cm) metsämaalla Etelä-Suomessa.

Kiintoisa tutkimuskohde olisi selvittää, mistä johtuu koivua koskevien väärien käsitysten yleisyys ja sitkeys. Kyseessä ei ole tietämättömyys eli ettei ole mitään käsitystä koivuvarojen kehityksestä, vaan selkeästi virheellinen tieto. Onko kyseessä omien silmävaraisten havaintojen väärä tulkinta siksi, että havupuun määrä on lisääntynyt suhteessa koivuun, vai joidenkin vaikutusvaltaisten kirjoittajien esittämien otaksumien kritiikitön toistaminen. Oli miten oli, ainakin alan ammattilaisten olisi syytä omaksua mittauksiin perustuva käsitys koivuvaroista.

RAUDUSKOIVUN UUDISTAMINEN — LUONTAISESTI VAI VILJELLEN

Timo Saksa

Taustaksi

Rauduskoivun viljelyala kasvoi Suomessa voimakkaasti 1980-luvulla. Laajimmillaan rauduskoivun viljely oli 1990-luvun alussa. Tällöin rauduskoivun taimituotanto nousi 20 miljoonaan taimeen vuodessa, mutta on sen jälkeen laskenut alle 15 miljoonaan taimeen, joilla istutetaan vuosittain noin 10 000 ha. Koivua on kylvetty tilastojen mukaan muutamalle sadalle hehtaarille vuosittain. Sen sijaan koivun luontainen uudistaminen on yleistynyt viime vuosina voimakkaasti. Vuonna 1994 koivun luontaiseen uudistamiseen tähtääviä siemenpuuasentoja tehtiin jo 5 900 ha:lla (Aarne 1996).

Rauduskoivun viljely

Rauduskoivun istutustulos on useimmissa tutkimuksissa ja käytännön kokemustenkin perusteella todettu yleensä männyn ja kuusenkin istutustulosta paremmaksi. Metsämaiden uudistusaloille istutetuista rauduskoivuista on taimikon vakiintuessa ollut elossa keskimäärin 80–95 % (taulukko 1). Pellonmetsityskohteilla istutustulos on jäänyt tätä heikommaksi.

Rauduskoivun kylvöstä on melko vähän tutkimustuloksia, mutta ne osoittavat yhdenmukaisesti koivun kylvön epävarmuutta. Yleensä taimellisten kylvökohtien määrä jää 4–5 vuoden kuluttua kylvöstä 20 % tasolle, eikä koivun kylvöllä tutkimusten mukaan yleensä päästä tyydyttävään uudistamistulokseen. Huonon kylvötuloksen syynä on usein pidetty kasvualustan liiallista kuivumista sirkkataimien alkukehitysvaiheessa (Sarvas 1948, Raulo & Lähde 1976).

Taulukko 1. Rauduskoivun istutus- ja kylvötulos eri tutkimusten mukaan.

Tutkimus	Metsityskohde (kokeen ikä)	Onnistumis-sadannes
Rauduskoivun istutus		
Leikola 1976	Pellonmetsityskoe (3–4 v.)	5–80 %
Kubin 1990	Metsänuud. koe (5 v.)	76 %
Raulo & Rikala 1981	Metsänuud. koe (4 v.)	43 %
Valtanen 1991	Pellonmetsitys (16 v.)	62 %
Kaunisto 1987	Metsänuud. koe (4–5 v.)	88–98 %
Valtanen & Engberg 1987	Metsänuud. koe (5–10v.)	75–90 %
Parviainen ym. 1989	Metsänuud. koe (3 v.)	83 %
Raulo ym. 1994	Metsänuud. koe	80–95 %
Hytönen 1995a	Pellometsityskoe (5 v.)	63 %
Kinnunen 1995	Metsänuud. koe (7 v.)	yli 90 %
Rauduskoivun kylvö		
Raulo & Lähde 1979	Metsänuud. koe (2–3 v.)	alle 20 %
Hytönen 1995b	Pellonmetsityskoe (5 v.)	alle 10 %
Kinnunen 1996	Metsänuud. koe (3–5 v.)	20–40 %

Rauduskoivun luontainen uudistaminen

Koivun luontaisen uudistumisen erona mäntyyn ja kuuseen verrattuna on mm. siementen pienempi koko mutta suurempi määrä ja tehokkaampi leviäminen. Hyvät siemensadot toistuvat koivulla useammin kuin havupuilla ja itävää siementä tulee jonkin verran lähes joka vuosi (Sarvas 1948). Käsittelemättömällä uudistusalalla tämäkään yhdistelmä ei yleensä takaa riittäviä edellytyksiä koivun taimettumiselle. Aikanaan jo Heikinheimo (1915) ja Sarvas (1948) totesivat kaskeamisen ja kulotuksen parantavan koivun uudistumista oleellisesti. Myös metsänuudistusalojen inventoinneissa on avohakkuualoille todettu syntyvän runsaasti lehtipuuta (esim. Räsänen ym. 1985). Tuoreen kankaan muokatuille männynviljelyaloille syntyy reunametsän ansiosta Etelä-Suomessa 3 000–5 000 siemensyntyistä koivua hehtaarille, joista keskimäärin noin puolet on rauduskoivuja (Saksa 1992). Nämä inventointitutkimukset antavat viitteitä koivun luontaisen uudistumisen mahdollisuuksista, mutta niistä ei kuitenkaan saada luotettavaa käsitystä aktiivisen rauduskoivun luontaisen uudistamisen (siemenpuumenetelmä) onnistumisesta.

Varsinaisesti rauduskoivun luontaista uudistamista käsittelevissä tutkimuksissa on korostunut taimettumisen voimakas riippuvuus uudistusalan maanpinnan käsittelystä. Normaalia tehokkaamman maanmuokkauksen seurauksena koivun siementaimien määrä on noussut jopa kymmeniin tuhansiin hehtaarilla (esim. Raulo & Mälkönen 1976, Raulo 1981). Pohjois-Karjalassa tehdyn selvityksen

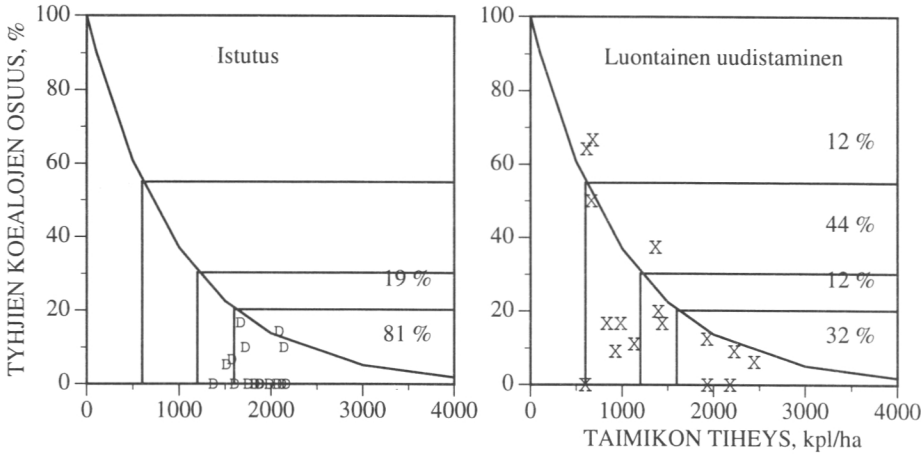
mukaan käytännön metsänuudistusaloilla parhaisiin tuloksiin on päästy aiemmin kuusivaltaisissa kohteissa ja tällöin kehityskelpoisten rauduskoivujen määrä on yltänyt lähes 3 000 taimeen hehtaarilla (Pynttäri & Rissanen 1994). Lehtomaisillakin kankailla koivun luontainen uudistaminen on onnistunut kaivinkonelaikutuksella, jossa vähintään puolet maanpinnasta on muokattu (Hiltunen 1996).

Viljelyn ja luontaisen uudistamisen vertailua

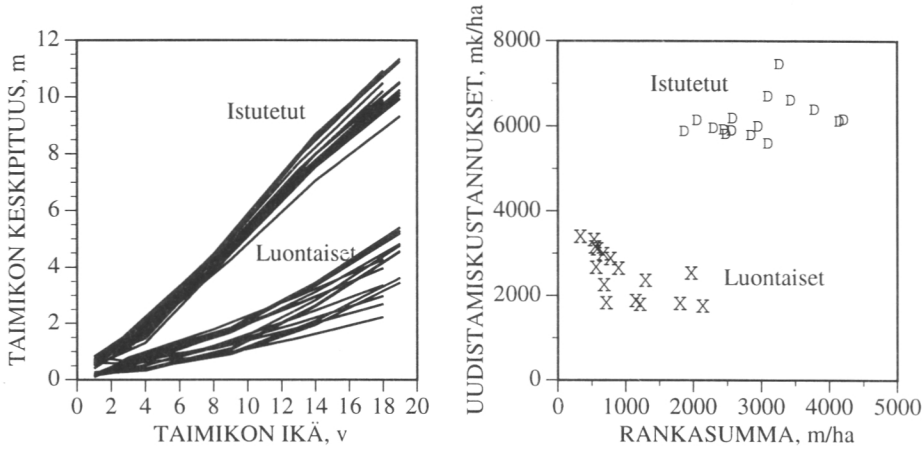
Kokeellisia vertailututkimuksia rauduskoivun luontaisesta uudistamisesta ja viljelystä ei juuri ole maassamme tehty. Pellonmetsitysaloille perustettiin vuosina 1990–91 laaja koesarja, jossa eri puulajien viljelyjä verrataan myös luontaiseen uudistamiseen (Ferm ym. 1993). Viiden vuoden kuluttua muokkauksesta luontainen uudistaminen todettiin mahdolliseksi osalla turvemaapelloista, jolloin useimmiten päädytään hieskoivuvaltaiseen taimikkoon (Hytönen 1995b).

Pohjois-Savoon perustettiin 1991–92 kuusitoista koekenttää tuoreen kasvupaikan kuusikon uudistamistapojen vertailua varten. Tutkimuksessa olivat mukana myös rauduskoivun istutus (1 600 kpl/ha) ja koivun luontainen uudistaminen reunametsän avulla (tavoitetiheys 1 000 koivun tainta/ha, joista vähintään 500 rauduskoivua). Istutuksista 81 % luokiteltiin täystiheiksi ja 19 % tyydyttäviksi 3–4 vuoden kuluttua perustamisesta. Luontaisessa uudistamisessa vastaavat osuudet olivat tuolloin 32 % ja 12 % (kuva 1). Istutustaimikoiden keskimääräisestä 1 830 kasvatuskelpoisesta taimesta 98 % oli raudus- tai hieskoivuja. Luontaisesti uudistetuissa taimikoissa vastaavat luvut olivat 1 655 kpl/ha ja 72 %. Koivujen lisäksi luontaisissa taimikoissa oli 26 % (430 kpl/ha) kasvatuskelpoisia kuusia. Vaikka nuorimmilla koekentillä luontaisen uudistamisen tulos myöhemmin hieman parani, jäi se silti istutusta heikommaksi. Luontaisia taimikoita täydennettiin 4–5 vuoden iällä keskimäärin 310 rauduskoivun taimella/ha.

Kasvatuskelpoisten taimien keskipituus vaihteli istutustaimikoissa 110 cm:n ja 205 cm:n välillä 3–4 vuoden kuluttua metsikön perustamisesta. Luontaisesti uudistetuissa koivikoissa vastaava vaihteluväli oli 32 cm:stä 93 cm:iin 4–5 vuotta muokkauksen jälkeen. Pituuskehitysmallien mukaan istutustaimikon ja luontaisen koivikon keskipituusero on kymmenen vuoden iällä keskimäärin kolme metriä (kuva 2). Luontaisen taimikon keskipituuden kehitystä heikentää kasvatuskelpoisten kuusten hidas ja täydennyskoivujen viivästynyt pituuskehitys.



Kuva 1. Rauduskoivun istutuksen ja luontaisen uudistamisen uudistamistulos 3–4 vuoden kuluttua istutuksesta (4–5 vuotta muokkauksesta ennen täydennysistutusta). Kuviin on lisäksi laskettu tutkimusaineiston prosenttijakauma yksityismetsien metsänhoito-ohjeiston (Luonnonläheinen metsänhoito 1994) mukaisesti: täystiheisiin, tyydyttäviin, aukkoisiin ja erittäin aukkoisiin taimikoihin.



Kuva 2. Rauduskoivun istutustaimikoiden ja luontaisesti uudistettujen koivikoiden pituuskehitysennusteet (a) ja uudistamiskustannukset suhteessa tuotettuun rankasummaan (taimikon keskipituus * taimien lukumäärä). Istutettujen rauduskoivujen pituuskehitysmallina on käytetty Niemistön (1996, ei julkaistu) esittämää istutettujen rauduskoivikoiden pituuskehitystä (H_{50} = 24). Luontaisen rauduskoivun (H_{50} = 24), hieskoivun (H_{50} = 22) ja kuusen (H_{100} = 27) pituuskehitystä ennustettiin Mielikäisen (1985) laatimilla pituuskasvumalleilla.

Taimikoiden perustamisen (raivaus, äestys, istutus, perkaus sekä täydennysistutus) kustannukset ovat istutuskoivikossa keskimäärin 6 170 mk/ha. Luontaisen uudistamisen kustannukset ovat alle puolet tästä, keskimäärin 2 525 mk/ha (kuva 2). Mutta jos uudistamistulosta mitataan esim. taimikon rankasummalla (= keskipituus x taimien lukumäärä/ha), saavutetaan istutuskoivikoissa yli kolme kertaa luontaista vaihtoehtoa suurempi tuotos 3–4 vuoden kuluttua perustamisesta. Parhaimmin onnistuneissa luontaisesti uudistetuissa taimikoissa on tällöin saavutettu saman tasoinen tulos (noin 2 000 m/ha) kuin heikoimmin onnistuneissa istutuskoivikoissa. Jos tulosta tarkastellaan keskimääräisenä tuotos/panos -suhteena (rankasumma/uudistamiskustannukset), nousee se tämän koesarjan istutuskoivikoissa 30 % luontaista uudistamista suuremmaksi. Istutusvaihtoehdossa markan panostuksella on tuotettu keskimäärin 0,47 rankametriä (vaihteluväli 0,32–0,68) kun luontaisessa koivikossa vastaava luku on 0,37 rankametriä (vaihteluväli 0,10–1,22) 3–4 vuoden kuluttua taimikon perustamisesta.

Lopuksi

Istutuksen paremmuus rauduskoivikon uudistamisessa johtuu varmemmasta uudistamistuloksesta (pienemmästä riskistä) ja taimikon nopeammasta alkukehityksestä (lyhyemmästä uudistamisajasta) luontaiseen uudistamiseen verrattuna. Parhaimmillaan luontaisen uudistamisen kohteissa saavutetaan riittävä uudistamistulos istutusta edullisemmin, mutta luontaisen taimikon pituuskehitys jää huomattavasti hitaammaksi. Vielä taimikon vakiintumisen jälkeenkin koivikon kehitystä uhkaavat monet satunnaisluonteiset tuhot (esim. myyrät ja hirvet), jotka saattavat vaikuttaa uudistamisvaihtoehtojen edullisuuteen ainakin yksittäisissä tapauksissa.

Kirjallisuus

Ferm, A., Hytönen, J., Koski, K., Vihanta, S. & Kohal, O. 1993. Peltojen metsitysmenetelmät. Kenttäkokeiden esittely ja metsitysten kehitys kolmen ensimmäisen vuoden aikana. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 463. 127 s.

Heikinheimo, O. 1915. Kaskiviljelyn vaikutus Suomen metsiin. Acta Forestalia Fennica 4. 264 s.

Hiltunen, T. 1996. Rauduskoivun luontainen uudistaminen. Tutkielma. Rovaniemen metsäoppilaitos. Moniste. 37 s.

Hytönen, J. 1995a. Taimien alkukehitys pellonmetsitysaloilla. Teoksessa: Hytönen, J. & Polet, K. (toim.). Peltojen metsitysmenetelmät. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 581: 12–23.

Hytönen, J. 1995b. Kylvö ja luontainen uudistaminen pellonmetsityksessä. Teoksessa: Hytönen, J. & Polet, K. (toim.). Peltojen metsitysmenetelmät. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 581: 24–35.

Kaunisto, S. 1987. Lannoituksen ja muokkauksen vaikutus männyn ja rauduskoivun istutustaimien kasvuun suonpohjilla. Folia Forestalia 681. 23 s.
Kinnunen, K. 1995. Onko rehevien maiden uudistamisessa vaihtoehtoja. Teoksessa: Laiho, O. & Luoto, T. (toim.). Metsäntutkimuspäivä Tampereella 1994. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 538: 15–22.
Kinnunen, K. 1996. Kevät- ja syyskylvön onnistuminen eri puulajeilla. Teoksessa: Laiho, O. & Luoto, T. (toim.). Metsäntutkimuspäivä Porissa 1995. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 593: 4–9.
Kubin, E. 1990. Pohjanmaan alavien kankaiden metsän uudistaminen. Teoksessa: Valtanen, J., Murtovaara, I. & Moilanen, M. (toim.). Metsäntutkimuspäivät Oulussa 1989. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 361: 67–80.
Leikola, M. 1976. Maanmuokkaus ja pintakasvillisuuden torjunta peltojen metsittämisessä. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 88.3. 101 s.
Luonnonläheinen metsänhoito. Metsänhoitosuositukset. Metsäkeskus Tapion julkaisuja 6/1994. 72 s.
Metsätilastollinen vuosikirja 1996. SVT Maa- ja metsätalous 1996: 3. 352 s.
Mielikäinen, K. 1985. Koivusekoituksen vaikutus kuusikon rakenteeseen ja kehitykseen. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 133. 79 s.
Parviainen, J., Kangas, J. & Knuutinen, P. 1989. Kolmevuotiaiden istutusrauduskoivikoiden alkukehitys Itä-Savossa. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 332. 48 s.
Pynttäri, J. & Rissanen, J. 1994. Männyn kylvö ja luontainen uudistaminen sekä koivun luontainen uudistaminen tuoreilla kankailla ja sitä rehevimmillä mailla. Tutkielma. Joensuun metsä- ja puutalousoppilaitos.
Raulo, J. 1981. Koivukirja. Gummerus. 131 s.
Raulo, J. & Mälkönen, E. 1976. Koivun luontainen uudistuminen muokatulla kangasmaalla. Folia Forestalia 252. 15 s.
Raulo, J. & Lähde, E. 1976. Ennakkotuloksia rauduskoivun kylvökokeista Lapissa. Folia Forestalia 279. 11 s.
Raulo, J. & Lähde, E. 1979. Rauduskoivun suojakylvö Lapissa. Rovaniemen tutkimusaseman tiedonantoja 17. 17 s.
Raulo, J. & Rikala, R. 1981. Istutettujen männyn, kuusen ja rauduskoivun taimien alkukehitys eri tavoin käsitellyllä viljelyalalla. Folia Forestalia 462. 13 s.
Raulo, J., Lähde, E., Rokkonen, J., Kuismin, R. & Piitulainen, M. 1994. Taimien kasvatus- ja istutuskokeita ja niiden tuloksia. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 530. 31 s.
Räsänen, P.K., Pohtila, E., Laitinen, E., Peltonen, A. & Rautiainen, O. Metsien uudistaminen kuuden eteläisimmän piirimetsälautakunnan alueella. Vuosien 1978-1979 inventointitulokset. Folia Forestalia 637. 30 s.
Saksa, T. 1992. Männyn istutustaimikoiden kehitys muokatuilla uudistusaloilla. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 418. 48 s.
Sarvas, R. 1948. Tutkimuksia koivun uudistumisesta Etelä-Suomessa. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 35.4. 91 s.
Valtanen, J. 1991. Peltojen metsityksen onnistuminen Pohjois-Pohjanmaalla 1970-luvulla. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 381. 55 s.
Valtanen, J. & Engberg, M. 1987. Vuosina 1970-72 perustetun aurausalueiden metsänviljelykokeen tulokset Kainuussa ja Pohjanmaalla. Folia Forestalia 686. 42 s.

KOIVUN PAAKKUTAIMIEN KESÄISTUTUS

Jaana Luoranen, Risto Rikala ja Heikki Smolander

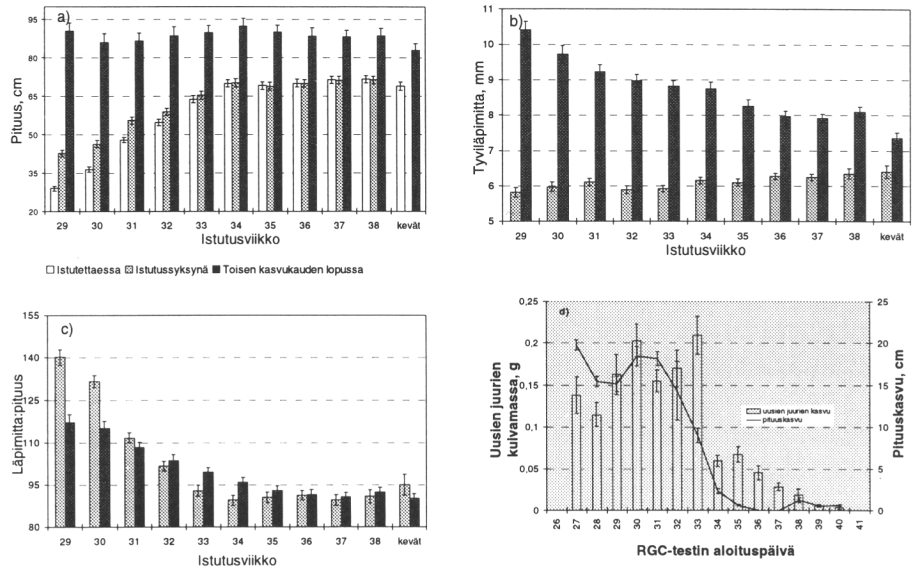
Koivun paljasjuuristen- ja paakkutaimien istutusajankohdiksi suositellaan kevään lisäksi Etelä-Suomessa syyskuuta ja Pohjois-Suomessa elokuuta (Metsänviljelyopas 1993). Rikalan (1996) tutkimuksen mukaan yksivuotiaiden koivun paakkutaimien juurten kasvu alkaa keväällä hitaasti ja nopeutuu vasta kesäkuun alun jälkeen, kun lehdet ovat saavuttaneet täyden koon. Samassa tutkimuksessa havaittiin, että keväällä kylvettyjen ja samana kesänä eri ajankohtina istutettujen taimien juurten kasvu on voimakkainta heinäkuun puolessa välissä ja heikkenee suoraviivaisesti syksyä kohti. Pellolle perustetuissa istutusajankohtakokeissa keväällä kylvettyjen ja samana kesänä istutettujen koivun paakkutaimien alkumenestys oli yhtä hyvä tai parempi kuin seuraavana keväänä istutettujen taimien alkukehitys (Rikala 1996). Näiden tulosten edelleen testaamiseksi ja varmistamiseksi on vuosina 1995-1996 perustettu ja vuoden 1997 aikana perustetaan laajoja istutusajankohtakokeita Pohjois- ja Itä-Savon alueille.

Ennakkotuloksia kesäistutuskokeista

Suonenjoen tutkimusaseman ja Itä-Suomen Taimi Oy:n yhteistyönä on perustettu vuosina 1995-1996 10 koealuetta taimitarhapelloille ja 1 koealue metsäkohteelle Suonenjoella. Jokaiselle kohteelle on istutettu 12 tainta 6 lohkoon viikon välein heinäkuun puolivälistä (viikko 29) syyskuun puoliväliin (viikko 38). Kesän 1995 kokeiden vertailuerä istutettiin keväällä 1996, kesän 1996 osalta vertailuistutus tehdään keväällä 1997. Taimien pituus mitattiin heti istutuksen jälkeen, istutussyksynä ja toisen kasvukauden loputtua. Läpimitta mitattiin istutussyksynä ja toisen kasvukauden lopussa. Mittausten yhteydessä inventoitiin myös mahdolliset taimituhot. Yleisimpiä tuhonaiheuttajia olivat jänikset ja myyrät, yhdellä kohteella hirvet söivät muutamasta taimesta latvan. Versolaikkutautia esiintyi yllättävän vähän. Tuhojen osalta taimitarhapelloille perustetut kokeet eivät kerro koko totuutta tuhoriskeistä, mutta luotettavampia tuloksia on saatavissa muutaman vuoden kuluttua kesän 1997 aikana pellonmetsitys- ja metsänviljelykohteille perustettavista maastokokeista.

Kesällä istutettujen taimien pituuden ja läpimitan kasvu oli seuraavan kasvukauden aikana selvästi voimakkaampaa kuin nykyisen käytännön mukaisesti keväällä istutetuilla taimilla (kuva 1). Vaikka heinä-elokuussa istutetut taimet oli-

vatkin lyhyempiä ensimmäisen kasvukauden lopussa, ne ottivat eron kiinni ja menivät jopa ohi keväällä istutetuista taimista. Verrattaessa keskikesän ja loppusyksyn tai kevään istutuksia nähdään, että taimet olivat tyviläpimitaltaan sitä paksumpia suhteessa pituuteen, mitä aikaisemmin taimet oli istutettu (kuva 1c). Kesällä istutettujen taimien tanakkuus indikoi, että taimilla on jo istutuksen jälkeisenä keväänä laajat vahvat juuristot. Niiden turvin ne voivat hyödyntää maan kosteuden alkukesän aikana paremmin kuin keväällä istutettavat taimet, joiden juuristot vahvistuvat vasta sitten kun lehdet on kasvatettu. Keväällä istutettujen taimien juurtenkasvu paakusta ulos ympäröivään maahan voikin olla ensimmäisenä kasvukautena hyvin hidasta huolimatta hyvistä kasvuolosuhteista .



Kuva 1. Vuosina 1995 ja 1996 heinäkuun puolivälistä (viikko 29) syyskuun puoliväliin (viikko 38) viikoittain ja toukokuussa 1996 (kevät) istutettujen taimien a) pituus (cm) istutettaessa, istutussyksyn lopussa ja toisen kasvukauden lopussa sekä b) läpimitta (mm) ja c) tanakkuus ((läpimitta (mm)/pituus (cm))* 1000) istutussyksyn ja toisen kasvukauden lopun inventoinneissa. d) Kesän 1996 Suonenjoen kasvatuserän taimien juurten kasvupotentiaali (paakusta uloskasvaneiden juurten kuivamassa (g)) ja pituuskasvu (cm) 3 viikon kasvihuonekasvatuksen jälkeen.

Kesäistutusten ajankohtaa ajatellen on mielenkiintoista tarkastella juurten kykyä tuottaa uusia juuria optimiolosuhteissa (kasvupotentiaali) loppukesän aikana. Kesällä 1996 Suonenjoella kasvatetusta ja istutetusta taimierästä määritettiin taimien juurten kasvupotentiaali viikoittain heinäkuun alusta lokakuun puoliväliin. Juurten kasvupotentiaali ilmoitettiin paakusta kolmen viikon kasvihuonekasvatuksen aikana uloskasvaneiden juurten kuivamassana. Viikon 33 (elokuun puoliväli) jälkeen juurten kasvu hidastui selvästi (kuva 1d). Pituuskasvun hidastumi-

nen alkoi jo muutamaa viikkoa aikaisemmin ja päättyi viikolla 34. Luonnonoloissa pituuskasvun hidastuminen ja päättyminen tapahtui hieman nopeammin kuin juurten kasvupotentiaalitestissä kasvihuoneessa. Juurten kasvu istutuskesänä näyttäisi selittävän hyvin taimien seuraavan kesän pituuskasvua.

Yhteenvetona tuloksista voidaan todeta, että istutettaessa koivuntaimia kylvövuoden kesällä, heinäkuun puolivälissä istutetut taimet kasvavat paremmin seuraavana kesänä, ainakin huolellisesti perustetuissa kokeissa. Laajempia käytännön metsänviljelykokeita kuitenkin tarvitaan, jotta voidaan kartoittaa kesäistutukseen liittyviä riskejä.

Kesäistutukseen liittyviä riskitekijöitä

Kesäistutusajan edullisuutta seuraavaan kevääseen verrattuna selittää osin se, että sekä juurten kasvupotentiaalin huippu että juurten kasvun kannalta maan optimaaliset lämpöolot ajoittuvat samaan ajankohtaan heinä-elokuussa. Uusien juurten kasvu on voimakkaasti riippuvainen kasvualustan lämpötilasta (Vapaavuori ym. 1992). Kesäistutusta ajatellen korkea lämpötila ja siihen kesäaikana liittyvä kuivuus ovat myös riskitekijöitä. Heinä-elokuussa istutettavat taimet ovat aktiivisesti kasvavina ja yhteyttävinä alttiimpia kuivuudelle kuin keväällä lehdettöminä istutettavat taimet. Toisaalta ilman suhteellinen kosteus kasvaa ja haihdunta pienenee kesän puolivälin jälkeen, koska sadanta keskimäärin ylittää haihdunnan. Näin taimien juurtumiselle muodostuu suotuisat olosuhteet. Onnistuakseen kesäistutus on tehtävä ajankohtana, jolloin ilman ja maan lämpötilat ovat riittäviä, mutta maa ei ole liian kuiva taimien vedenottoa ja juurtumista ajatellen.

Kuivuuden lisäksi kesäistutuksiin liittyy mekaanisten vioitusten riski varsinaisessa istutustyössä. Kesällä koivun taimien kuori on pehmeämpi ja herkempi vaurioitumaan kuin keväällä osittain vielä lepotilassa olevien taimien kuori. Kuorivioitukset saattavat edesauttaa erilaisten sienitautien tunkeutumista taimiin (Lilja 1996).

Kesällä 1996 taimitarhapellolle perustetuissa kokeissa ilmeni, että kesällä istutetut pienet, lyhytpäiväkäsitellyt taimet olivat alttiita nisäkästuhoille. Kasvukauden aikaiset jänistuhot olivat selvästi sitä yleisempiä mitä aikaisemmin (ts. lyhyempinä) taimet oli istutettu. Ero oli selvä myös samanaikaisesti istutettuihin kookkaampiin käsittelemättömiin taimiin verrattuna. Varsinaisissa istutusajankohtakokeissa ei ilmennyt ensimmäisen talven aikana kovinkaan suuria alttiuseroja nisäkästuhoille eri viikkoina istutettujen taimien välillä, vaan taimia oli syöty satunnaisesti istutusajankohdasta riippumatta.

Myös taimihuollon kannalta kesäistutukset ovat kevätistutuksia hankalampia ja vaativat suurempaa huolellisuutta. Lehdessä olevat taimet haihduttavat lehdet-

tömiä enemmän, joten taimien kastelu vaatii suurta huolellisuutta ja tarkkuutta. Myöskään lehdettömien taimien kuljetukseen tarkoitetut menetelmät eivät todennäköisesti sovellu lehdellisille, kasvaville taimille.

Kesällä istutettavien, lehdellisten koivun paakkutaimien kuivuudenkestävyyttä, nisäkästuhoja sekä muita kesäistutukseen liittyviä riskejä (mm. taimien pakkasen kestävyys istutuksen jälkeen) tutkitaan Metlan Suonenjoen tutkimusaseman, Itä-Suomen Taimi Oy:n ja Pohjois-Savon metsäkeskuksen yhteistyönä toteutettavassa 'Koivun paakkutaimien tuotanto- ja viljelyketju' -hankkeessa.

Kesäistutuksella saavutettavia etuja kevätistutukseen verrattuna

Kesäistutuksella voidaan saavuttaa monia etuja kevätistutukseen verrattuna. Nykyisin valtaosa istutuksista tehdään keväisin. Vain pieni osa istutuksista tehdään elokuun lopulla ja syyskuussa. Tämä merkitsee sekä taimitarhoille että istutuksesta huolehtiville varsin kiireistä aikaa keväisin. Taimitarhoille lähetysten kasaantuminen kevääseen on ehkä vielä ongelmallisempaa kuin itse istutustyössä. Jos osa taimista voitaisiin lähettää metsään jo kylvökesänä, pystyttäisiin työruuhkia tasoittamaan koko kasvukauden ajalle. Lyhyempi kasvatusaika lisää myös taimituotannon joustavuutta ja taimia voitaneen tuottaa entistä lyhyemmällä tilausajalla.

Taimitarhoilla optimaalisissa kasvuolosuhteissa kasvatetut koivun taimet eivät välttämättä ehdi karaistua kunnolla kestämään aikaisia syyshalloja. Havupuun taimet pystytään usein suojaamaan syyshallojen yllättäessä kastelulla, levittämällä harsoja yms. keinoilla. Koivuntaimilla vastaavat suojauskeinot ovat hankalampia. Jos taimet istutetaan kesällä, nopeuttaa olosuhteiden muutos kasvun päättymistä ja ilmeisesti myös taimien karaistumista. Eri ajankohtina kesällä ja alkusyksyllä istutettujen taimien pakkaskestävyys testataan meneillään olevan hankkeen kuluessa. Mikäli pakkastestit eivät muuta osoita, voidaan kesäistutusta pitää myös eräänä keinona ratkaista koivuntaimien hitaan karaistumisen ongelma taimitarhoilla.

Koko metsänviljelyketjua ja sen kustannuksia ajatellen kesäistutuksiin menevät taimet ovat taimitarhakustannuksiltaan edullisempia kuin kevätistutuksiin menevät taimet. Kesäistuksiin tarkoitettujen taimien tavoitekoko voinee olla nykyistä pienempi ja ne voitaneen kasvattaa pienemmissä paakuissa kuin kookkaammat kevätistutuksiin tarkoitetut taimet, jolloin nykyinen koivun paakkutaimien runsas tilantarve vähenisi. Kun taimet istutetaan jo ensimmäisenä kasvatuskesänä, ei näitä taimia varten tarvita talvivarastointia. Myös loppukesän kasvatustoimenpiteet jäävät pois.

Loppuyhteenveto

Koivun taimien kesäistutus vaikuttaa lupaavalta, mutta laajemmin käytäntöön sovellettavaksi emme kesäistutusta suosittele ennen kuin edellä kuvatut riskitekijät on lehdellisten koivun paakkutaimien osalta selvitetty.

Kirjallisuus

Lilja, A. 1996. Versolaikkujen ja värivikojen aiheuttajat koivun taimilla. Folia Forestalia - Metsätieteen aikakauskirja 2: 157–161.

Metsänviljelyopas. 1993. Metsäteho. 25 s.

Rikala, R. 1996. Koivun paakkutaimien juurten kasvupotentiaali ja istutusajankohta. Folia Forestalia - Metsätieteen aikakauskirja 2: 91–99.

Vapaavuori, E. M., Rikala, R. & Ryyppö. A. 1992. Effect if root temperature on growth and photosynthetic characteristics in conifer seedlings during bud burst. Tree Physiology 10: 217–230.

ISTUTUSTIHEYDEN JA RIVIVÄLIN VAIKUTUS RAUDUSKOIVUN KASVUUN JA ULKOISEEN LAATUUN

Pentti Niemistö

Johdanto

Suuri osa rauduskoivikoista perustetaan edelleen istuttamalla, vaikka koivun luontainen uudistaminen onkin lisääntynyt voimakkaasti ja kylvöäkin on kokeiltu vaihtelevin tuloksin. Koivun istutustaimet ovat useimmiten kookkaita ja siksi myös kalliita, joten uudistamisen taloudellisuus riippuu oleellisesti viljelytiheydestä. Taimimäärää pienentämällä kustannukset tosin alenevat, mutta vajaapuustoisuuden riski kasvaa ja puiden tekninen laatu kärsii (esim. Persson 1977, Varmola 1980). Harvan istutustiheyden haittoja voidaan osittain vähentää jalostetuilla isokokoisilla taimilla, tehokkaalla maanmuokkauksella ja huolellisella viljelytyöllä (Raulo & Koski 1977, Raulo 1978). Istutuskoivun nopean pituuskehityksen vuoksi muiden puulajien luontaiset taimet eivät yleensä häiritse tai uhkaa rauduskoivun kehitystä, joten niiden avulla voidaan turvallisesti lisätä metsikön tiheyttä koivun teknisen laadun hyväksi.

Koneellisen maanmuokkauksen ja peltojen metsityksen myötä viljelytaimet kasvavat usein riveissä. Viljelytiheyden ohella onkin herännyt kiinnostus rivivälin suurentamiseen siten, että taimiväli muokkausjäljessä lyhenee. Kustannussäästöjä katsotaan saatavan muokkausta ja heinäntorjuntaa vähentämällä (Hämäläinen & Kaila 1985) sekä viljelytyötä koneellistamalla (Rummukainen & Tervo 1994). Jos taimikossa esiintyy työkoneiden mentäviä rivivälejä, syntyy säästöä myös taimikonhoidossa ja ensiharvennuksen puunkorjuussa. Istutusvälin vaikutuksia on tutkittu runsaasti puiden teknisen laadun ja kasvun näkökulmasta etenkin nuorissa havupuumetsissä (esim. Daniels & Schultz 1975, Persson 1977, Dippel 1982, Lindman ym. 1985, Handler & Jakobsen 1986, Kellomäki & Väisänen 1986, Salminen & Varmola 1993), mutta niukasti koivumetsissä.

Rauduskoivu soveltuu erityisesti lehtomaisille ja niitä paremmille kangasmaille, mutta myös tuoreet kankaat tulevat kysymykseen (Raulo 1981, Lehto & Leikola 1987). Hyvin usein raudusta käytetään kivennäismaan peltojen metsityksessä. Turvemailla tai vettyvillä kivennäismailla rauduskoivun viljely useimmiten

epäonnistuu (Raulo 1979), vaikka poikkeuksiakin on havaittu (Saramäki 1994). Nykyinen tiheyssuositus istutuksessa on 1 600/ha (Raulo 1983, Metsänhoitosuositukset 1989). Jos alueelle syntyy luontaista lehtipuutäydennystä, hyväksytään 1 200 taimen istustustiheys hehtaarille.

Metsäntutkimuslaitoksessa perustettiin 1970-luvun alussa istutusvälikokeita, joista viisi oli rauduskoivikoita (Vuokila 1986). Salminen ja Varmola (1993) ovat julkaisseet taimikkovaiheen tuloksia männiköistä. Tässä työssä tarkastellaan tiheyksiin 400/ha–5 000/ha istutettujen rauduskoivutaimikoiden kehitystä 25–27 vuoden ikään saakka. Lisäksi selvitetään koivikon kehitystä 3,5 ja 5,0 metrin rivivälillä verrattuna tasaiseen istutusväliin. Tuloksia on julkaistu aikaisemmin (Niemistö 1995 a ja b) lukuunottamatta tuoreimpia tietoja viimeiseltä 5-vuotiskaudelta.

Tavoitteena on selvittää istutustiheyden vaikutukset rauduskoivun tuotokseen, kokojakaumaan ja runkomuotoon sekä oksikkuuteen ja latvusten kehitykseen. Lisäksi aineiston avulla selvitetään, kuinka paljon tasaisesta istutusvälistä voidaan poiketa ja millaisia vaikutuksia rivivälin suurentamisella on koivujen kasvuun ja ulkoiseen laatuun.

Aineisto ja menetelmät

Alunperin viidestä rauduskoivun istutusvälikokeesta hirvet tuhosivat Pudasjärvelle perustetun kokeen ja Parkanossa kasvupaikka oli sopimaton. Varkauteen perustetussa kokeessa on kaksi kasvupaikaltaan erilaista lohkoa 1a ja 1b. Koe 2 sijaitsee Muhoksella ja koe 3 Suonenjoella. Kasvupaikat ovat viljavia kivennäismaan peltoja. Kokeista 1 ja 3 on puutteellisen kuivatuksen takia jouduttu hylkäämään pieni osa. Puuston mittaukset on toistettu 4–5 vuoden välein 10–27 vuoden iässä.

Koemetsikkö 1 istutettiin kynnettyyn peltoon puoli vuotta muovihuoneessa ja puoli vuotta avomaalla kasvatetuilla taimilla keväällä 1971. Ensimmäinen mittaus tehtiin 11 kasvukautta myöhemmin ja sen jälkeen viiden vuoden välein. Viimeisessä mittauksessa koivikon ikä oli 27 vuotta ja valtapituus 17–20 metriä.

Koemetsikkö 2 istutettiin keväällä 1974 maanviljelysauran viiluun vuoden muovihuoneessa kasvatetuilla taimilla ja täydennettiin seuraavana keväänä. Voimakas heinittyminen hidasti taimien kehitystä ensimmäisenä kesänä. Mittaukset tehtiin 10, 14 ja 18 vuotta perustamisen jälkeen. Ikä viimeisessä mittauksessa oli 19 vuotta ja valtapituus 13 metriä.

Koemetsikkö 3 istutettiin keväällä 1973 metsänviljelyauran palteeseen. Kokeen puusto mitattiin syksyllä 1990 ja 1995. Ikä viimeisessä mittauksessa oli 19 vuotta ja valtapituus 17,6 metriä.

Koejärjestely sisälsi tiheydet 400, 800, 1 100, 1 600, 2 500 ja 5 000 kpl/ha tasaisella istutusvälillä. Tiheydet 800/ha–2 500/ha istutettiin tämän lisäksi myös 3,5 ja 5,0 metrin rivivälein (taulukko 1). Maastossa eri vaihtoehdot arvottiin yli neljänneshehtaarin suuruisille koelohkoille. Koe 2 sisälsi poikkeuksellisesti myös 8 metrin rivivälin tiheydessä 800/ha.

Taulukko 1. Istutustiheys ja -kuviointi koemetsiköissä.

Viljely-tiheys kpl/ha	Neliö-mäinen	Riviväli 3,5 m	Riviväli 5,0 m	Riviväli 8,0 m [1)]
400	5,0 x 5,0			
800	3,5 x 3,5		5,0 x 2,45	8,0 x 1,53
1 100	3,0 x 3,0	3,5 x 2,6	5,0 x 1,8	
1 600	2,5 x 2,5	3,5 x 1,8	5,0 x 1,25	
2 500	2,0 x 2,0	3,5 x 1,15	5,0 x 1,15	
5 000	1,4 x 1,4			

[1)] esiintyy vain kokeessa 2.

Mittausten yhteydessä kaikista istutusvaihtoehdoista rajattiin suorakaiteen muotoiset koealat (keskimäärin 900 m^3). Mikäli samalle käsittelylohkolle mahtui useampia koealoja, osa niistä on harvennettu. Vähintään yksi koeala kokeen jokaisesta istutusvaihtoehdosta jää harventamatta.

Koealan kaikista puista mitattiin sijainti, rivinsuuntainen ja sitä vastaan kohtisuora läpimitta 1,3 metrin korkeudelta ja arvioitiin silmävaraisesti latvuskerros, tekninen laatu ja terveydentila. Kaikilta koealoilta valittiin vähintään 30–40 koepuuta, joista mitattiin läpimitat 6,0 ja 3,0 metrin korkeuksilta, puun pituus sekä elävän ja kuolleen latvuksen alarajan korkeus maasta. Ensimmäisessä mittauksessa valitut puut mitattiin myöhemminkin koepuina.

Koepuista mitattiin myös tulevan tyvitukin osuudelta (5 m) paksuimman elävän ja kuolleen oksan läpimitta ja korkeus maasta. Kokeessa 2 tutkittiin oksaisuutta muita koemetsiköitä tarkemmin: koepuista selvitettiin kaikkien oksien läpimitta, elävyys ja sijainti neljän metrin korkeuteen saakka vuosina 1987 ja 1991. Oksamittausten perusteella tutkittiin kasvutilan koon ja muodon vaikutuksia oksien kasvuun, kuolemiseen ja karsiutumiseen. Oksaisuutta tarkasteltiin erikseen rivien suuntaisissa ja niitä vastaan kohtisuorissa sektoreissa.

Koealakohtaiset tulokset laskettiin Metsäntutkimuslaitoksen KPL-ohjelmalla (Heinonen 1994). Kuitupuupölkyn minimipituus oli 3,0 m ja minimiläpimitta 6,5 cm kuoren päältä.

Tulokset

Koivujen elävyys

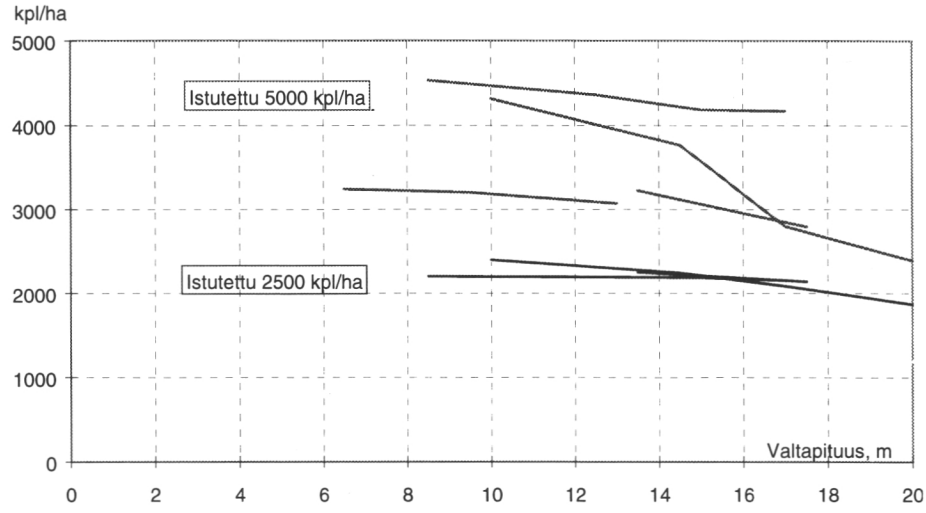
Viljavalla peltomaalla pintakasvillisuuden kilpailu haittasi koivuntaimien alkukehitystä. Taimien suuren koon ja tehokkaan heinäntorjunnan ansiosta valtaosa koivuista selviytyi kilpailusta. Täydennysistutukseen vuotta myöhemmin käytettiin kokeella 2 keskimäärin 400 tainta hehtaarilla.

Tiheimmillä koealoilla (5 000/ha) keskimäärin kolmannes puista oli kuollut noin 20 vuodessa (taulukko 2). Tiheydessä 800/ha istutustiheys ylitti tavoitteen joillakin koealoilla jo alunperin, joten tavoitteen mukainen puumäärä ei alittunut vielä mittausvaiheessakaan. Muissa tiheyksissä koivuista oli kuollut 10–20 %. Rivivälin suurentaminen 3,5 metriin ei lisännyt koivujen kuolemista, mutta viiden metrin rivivälillä puita kuoli noin kaksinkertaisesti tasaiseen istutusväliin verrattuna.

Koivuja oli kuollut pääasiassa taimivaiheessa, mutta tiheimmissä vaihtoehdoissa myös mittausjakson aikana. Taimituhojen syitä ei tutkittu, mutta tärkeimmät lienevät hitaasti kasvuun päässeiden koivujen tukahtuminen aluskasvillisuuteen ja eläinten aiheuttamat tuhot. Kymmenen ja kahdenkymmenen ikävuoden välillä kuoli tiheydessä 5 000/ha keskimäärin 700 ja tiheydessä 2 500/ha 100–200 koivua hehtaarilta. Kokeissa 1a ja 1b taimia oli kuollut alkuvaiheessa vähiten, joten puuston tiheydestä johtuva luontainen poistuma tuli niissä parhaiten esille (kuva 1). Elävien rauduskoivujen enimmäismäärä 20 metrin valtapituudessa näyttää olevan 2 500/ha.

Taulukko 2. Viljelytiheyden ja rivivälin vaikutus rauduskoivujen keskimääräiseen elossaoloon 19–22 vuoden iässä.

Viljely-tavoite kpl/ha	Neliö-mäinen kpl/ha (%)	Riviväli 3,5 m kpl/ha (%)	Riviväli 5,0 m kpl/ha (%)	Riviväli 8,.0 m kpl/ha (%)
400	375 (94)			
800	810 (101)		700 (88)	780 (98)
1 100	960 (87)	995 (91)	805 (73)	
1 600	1380 (86)	1285 (80)	1180 (74)	
2 500	2104 (81)	2170 (87)	1830 (73)	
5 000	3318 (66)			



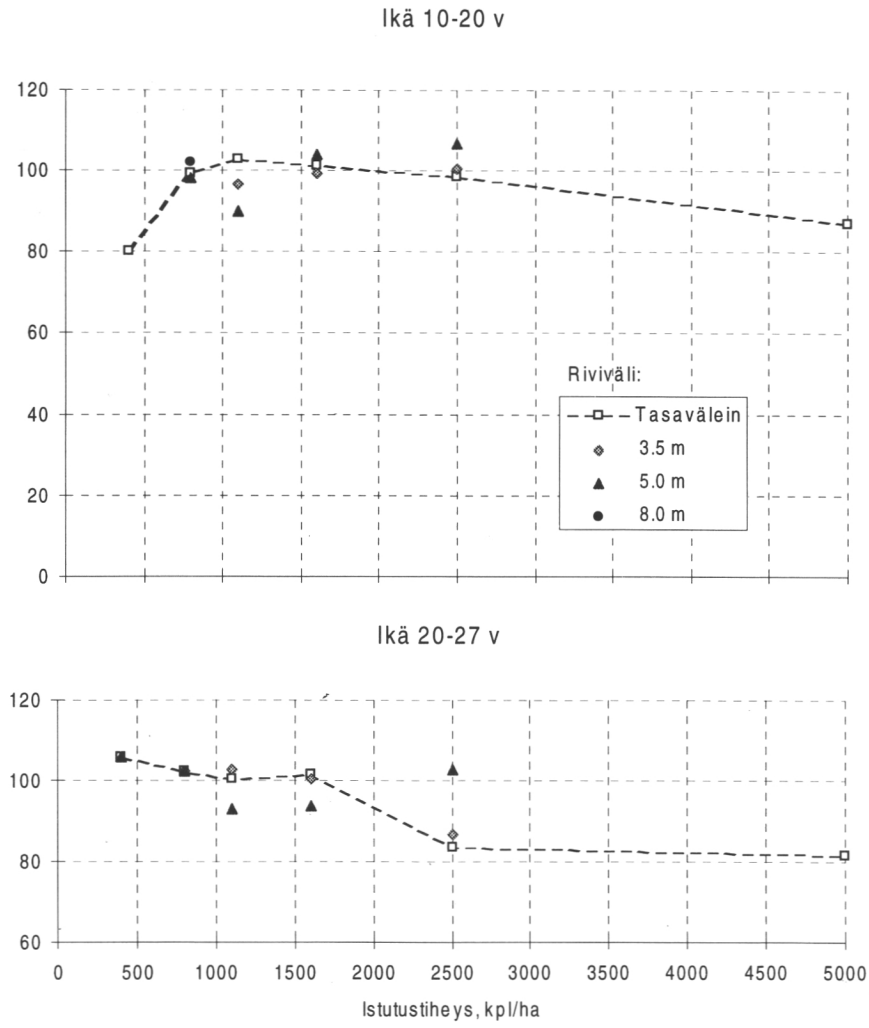
Kuva 1. Rauduskoivujen luontainen kuoleminen tiheään istutetuissa metsiköissä eri valtapituusvaiheissa.

Pituuskasvu

Valtapituuden kehitystä verrattiin Oikarisen (1983) pituusboniteettikäyriin. Varkauden koivikoissa valtapituus kehittyi aluksi kokeessa 1a boniteetin $H_{50} = 28$ ja kokessa 1b boniteetin 26 mukaisesti, mutta pituuskasvu aleni selvästi noin 20 ikävuoden tienoilla ja valtapituudet jäivät lähes metrin mainittujen käyrien alapuolelle. Vesitalouden heikentyminen koemetsiköissä saattoi alentaa pituuskasvua, koska täydennysojituksen jälkeen pituudet jatkoivat kehitystä em. käyrien mukaisesti. Kokeessa 2 puuston valtapituus vastasi boniteetin $H_{50} = 25$ mukaisesta kehitystä, mutta kokeessa 3 valtapituuden kasvu oli nopeampaa kohoten 20 vuoden ikävaiheessa boniteetista 26 boniteetin 27 mukaiselle käyrälle.

Tiheyksien 800/ha ja 2 500/ha välillä valtapituuden kehityksessä ei ollut merkitseviä eroja (kuva 2). Sen sijaan 400 puun hehtaaritiheydessä koivut jäivät noin 2 metriä lyhyemmiksi kuin tiheämmässä kasvaneet. Ero ei lisääntynyt 20 ikävuoden jälkeen, kun latvusto alkoi harvassakin puustossa sulkeutua. Tiheyteen 5 000/ha istutettujen koivujen pituuskasvu alkoi kärsiä ylitiheydestä 15 metrin valtapituudessa ja viimeisellä mittausjaksolla näkyi samanlaisia merkkejä myös tiheydessä 2 500/ha.

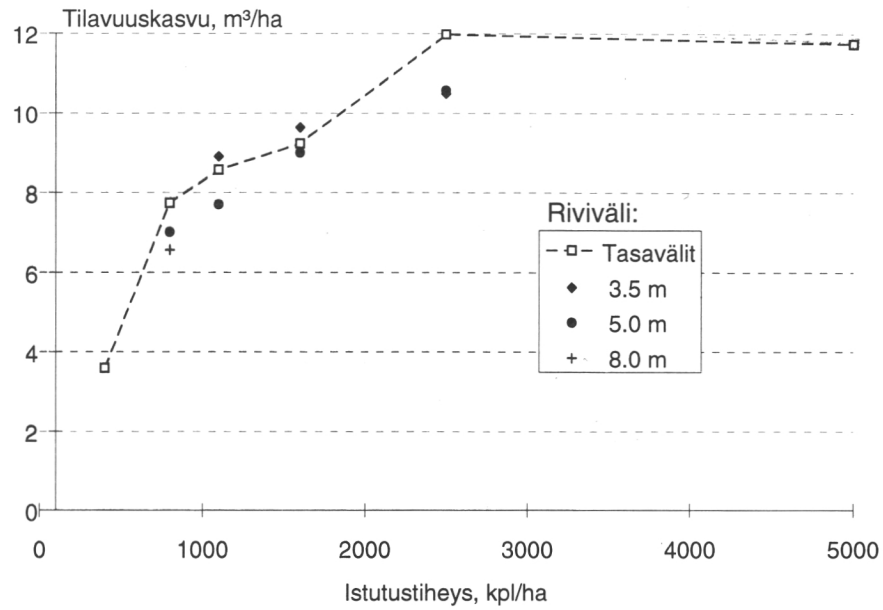
Rivivälin suurentamisen vaikutus pituuden kehitykseen jäi epäselväksi. Suurennetulla rivivälillä latvuston sulkeutuminen tapahtuu myöhemmin, joten pituuskasvu saattaa aluksi kärsiä.



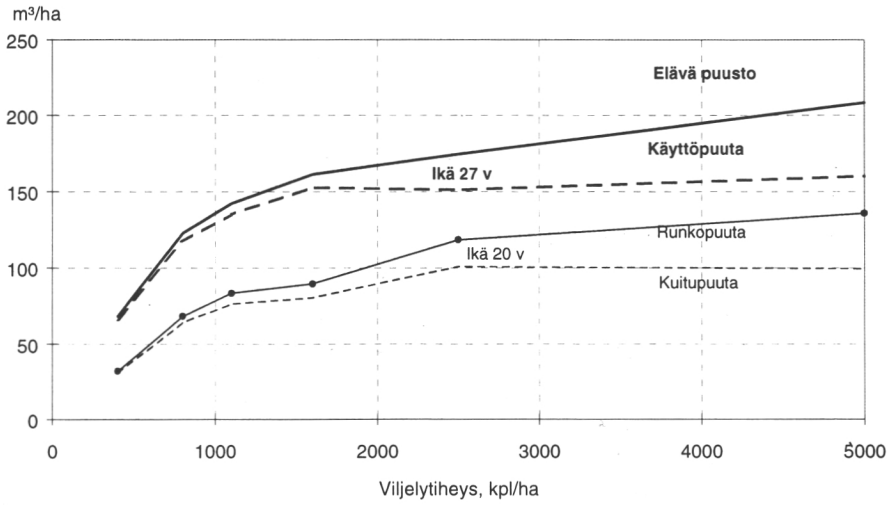
Kuva 2. Istutustiheyden ja rivivälin vaikutus rauduskoivun pituuskasvuun eri ikävaiheissa (100 = keskimääräinen pituuskasvu tiheyksissä 800–2 500 kpl/ha).

Puuston tilavuuskasvu

Ainakin 20 vuoden ikään saakka rauduskoivun tilavuuskasvu riippui selvästi istutustiheydestä (kuva 3). Käyttöpuun tuotos oli kuitenkin yhtä suuri viljeltäessä 2 500 tai 5 000 tainta hehtaarille (kuva 4). Jos puusto olisi harvennettu ajallaan, olisi tiheydessä 2 500/ha tuotettu 20 m^3/ha enemmän kuitupuuta kuin käytännön ohjetiheydessä 1 600/ha. Harvennuksen viivästyessä esim. 27 vuoden ikään saakka ei kuitupuun tuotoksessa ollut enää eroja yli 1 500 koivun hehtaaritiheyksien välillä.



Kuva 3. Istutustiheyden ja rivivälin vaikutus rauduskoivikon tilavuuskasvuun 11–20 vuoden iässä (kokeiden 1 ja 2 keskiarvo).



Kuva 4. Istutustiheyden vaikutus rauduskoivikon tilavuuskasvuun normaalissa ensiharvennusvaiheessa (20 v.) ja harvennuksen viivästyessä (27 v.).

Suurennettu riviväli alensi rauduskoivun paksuuskasvua vasta silloin kun riviväli oli vähintään kolminkertainen rivissä olevien taimien etäisyyteen verrattuna. Silloinkin tuotostappio oli verrattain pieni (kuva 3) ja johtui osittain taimien runsaammasta kuolemisesta 5 metrin rivivälillä. Tiheissä koivikoissa rivivälin vaikutus keskiläpimittaan oli supistumassa ensiharvennusikään tultaessa, mutta harvaan viljellyillä koealoilla erot pysyivät ennallaan.

Tiheänä kasvattaminen alensi selvästi puuston valtaläpimittaa (= sadan paksuimman puun keskiläpimitta). Viljelytiheyden pudotessa alle 1 100/ha ei kasvutilan väljentyminen enää lisännyt suurimpien puiden kasvua 20 vuoden ikään mennessä. Ensiharvennusiässä ei rivivälin suuruudella ollut vielä vaikutusta valtaläpimittaan. Valtapuiden kasvussa oli kuitenkin havaittavissa ero, joka viittasi siihen, että ensiharvennuksen viivästyessä valtapuut hyötyvät suurennetusta rivivälistä.

Tulosten mukaan viljelytiheyden lisääminen vauhditti rauduskoivujen eriytymistä vallitseviksi ja vallituiksi puiksi. Suurimpien koivujen läpimitan kasvu jäi kuitenkin kolmannesta pienemmäksi tiheydessä 2 500/ha kuin tiheydessä 800/ha. Tasaikäisessä viljelykoivikossa puiden välinen kilpailu rajoitti siis selvästi myös suurimpien puiden kasvua.

Rungon epäpyöreys

Koivujen läpimitta istutusrivien suunnassa oli keskimäärin pienempi kuin rivejä vastaan kohtisuora läpimitta. Rungon epäpyöreys oli tyypillistä suurennetuilla riviväleillä, mutta rivin suunnalla oli yllättäen vaikutusta myös tasavälisessä istutuksessa lukuunottamatta tiheyksiä 2 500/ha ja 5 000/ha. Suurinta puiden epäpyöreys oli tiheydessä 400/ha, jossa ero oli keskimäärin 6 mm. Epäpyöreys lisääntyi enää vähän mittausjakson (10–20 v.) aikana.

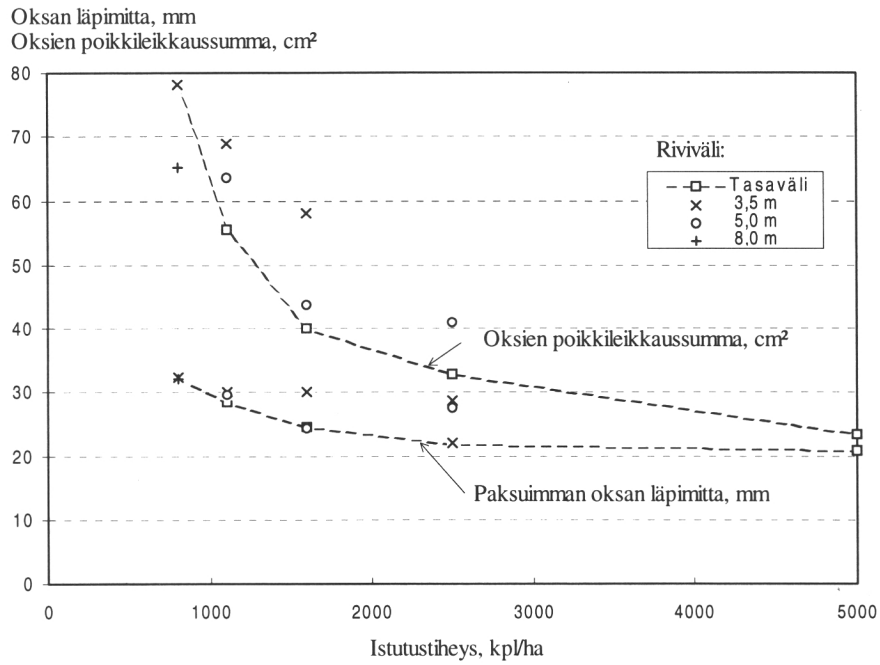
Rungon epäpyöreyttä esiintyi siis myös tasavälisessä istutuksessa, mikäli rivien väli oli 2,5 m tai enemmän (tiheys 1 600/ha tai vähemmän). Epäpyöreys näytti liittyvän enemmän rivivälin suuruuteen kuin kasvutilan muotoon. Syynä epäpyöreyteen saattavatkin olla tuulet, jotka kohdistuvat puuriveihin voimakkaammin sivusuunnassa kuin pitkittäissuunnassa.

Oksikkuus ja rungon kapeneminen

Istutustiheys vaikutti voimakkaasti koivun oksikkuuteen, mutta rivivälillä ei ollut vaikutusta paksuimman oksan läpimittaan tai oksien kokonaismäärään tyvitukissa (kuva 5). Puun läpimitta selitti kuitenkin paksuimman oksan läpimittaa siten, että samankokoiset koivut olivat yhtä oksikkaita riippumatta istutustiheydestä.

Ainoastaan metsiköissä 1a ja 1b oli havaittavissa kaikkein suurimman tiheyden positiivinen ja harvimman puuston negatiivinen vaikutus oksanpaksuuksiin. Salmisen & Varmolan (1990) tutkimuksessa tiheyden vaikutus samankokoisten mäntyjen oksikkuuteen jäi hyvin lieväksi, mutta Perssonin (1977) ja Varmolan (1980) mukaan samankokoiset männyt olivat harvassa puustossa paksuoksaisempia kuin tiheässä. Joka tapauksessa puuston tiheydellä on ennen ensiharvennusta hyvin positiivinen vaikutus koivun oksaisuuslaatuun, koska myöhemmin tapahtuva järeytyminen ei enää lisää tyvitukin oksikkuutta ja ohuet oksat karsiutuvat paksuja aikaisemmin.

Ensiharvennusvaiheessa 13–15 metrin valtapituudessa oli paksuimman oksan läpimitta tiheydessä 800/ha keskimäärin 31 mm ja tiheydessä 5 000/ha 23 mm (taulukko 3). Paksuimmat oksat viiden metrin matkalla puun tyvellä olivat tässä vaiheessa useimmiten eläviä, mutta viisi vuotta myöhemmin ne olivat kuolleita lukuunottamatta tiheyksiä 400/ha ja 800/ha. Rivivälin suurentamisella ei ollut selvää vaikutusta paksuimman oksan läpimittaan, vaikka yksittäisten koealojen välillä olikin merkitseviä eroja kumpaankin suuntaan (taulukko 3).



Kuva 5. Istutustiheyden ja rivivälin vaikutus rauduskoivun tulevan tyvitukin (4 m) paksuimman oksan läpimittaan ja oksien poikkileikkaussummaan 19 vuoden iässä (Koe nro 2).

Kokeen 2 koepuista mitattiin kaikkien oksien läpimitta neljän metrin korkeuteen saakka 15 ja 19 vuoden iässä. Paksuimman oksan läpimitta selitti regressioanalyysissä 52 % oksien poikkileikkaussumman vaihtelusta 1–4 metrin korkeudella. Selvästi parempi selittäjä oli toiseksi paksuimman oksan läpimitta, jonka selitysaste oli 69 %. Tutkituista tunnuksista paras yksittäinen selittäjä oli kuitenkin rungon kapeneminen, joka selitti yksinään 74 % oksien poikkileikkaussumman vaihtelusta.

Kaikilla neljällä kokeella tiheyden lisääminen pienensi selvästi rungon kapenemista ($d_{1,3}$–$d_{6,0}$). Kapeneminen riippui suoraviivaisesti puun läpimitasta, mutta sen lisäksi myös puuston tiheys vaikutti siihen selvästi. Saman kokoisilla koivuilla kapeneminen alentui noin 10 mm istutustiheyden alentuessa 5 000:sta 800:aan puuhun hehtaarilla. Vastaavan eron männiköissä ovat havainneet Salminen & Varmola (1990). Rivivälin lisäämisellä ei ollut vaikutusta kapenemiseen eikä oksien poikkileikkaussummaan.

Taulukko 3. Paksuimman oksan läpimitan keskiarvot rauduskoivikoissa 13–15 m valtapituudessa (H_{dom}) istutustiheyden ja rivivälin vaihdellessa.

Koe 1a	Ikä 17 v	H_{dom} 14,5 m		**Koe 1b**	Ikä 22 v	H_{dom} 15 m	
kpl/ha	Riviväli= taimiväli	3,5 m	5,0 m	kpl/ha	Riviväli= taimiväli	3,5 m	5,0 m
400	34,7		43,4	400	29,7		29,7
800	31,2	31,2	38,4*	800	25,1	25,1	26,9
1 600	30,6	34,6	40,4*	1 600	23,2	26,0	28,7**
2 500	33,8	23,9"		2 500	22,5	23,3	
5 000	25,4			5 000	21,3		
Koe 2	Ikä 19 v	H_{dom} 13 m		**Koe 3**	Ikä 20 v	H_{dom} 13,5 m	
kpl/ha	Riviväli= taimiväli	3,5 m	5,0 m	kpl/ha	Riviväli= taimiväli	3,5 m	5,0 m
800	30,8	30,8					
1 100	30,2	29,3	27,0'	1 100	25,8	23,4	22,5
1 600	25,4	28,7*	28,0*	1 600	20,2	23,0	22,2
2 500	27,0	23,5"	26,4	2 500	24,0	24,0	20,7
5 000	25,8			5 000	25,3		

* 5 %:n ja **0,5 %:n riskillä rivivälin suurentaminen on lisännyt paksuimman oksan läpimittaa
' 5 %:n ja " 0,5 %:n riskillä rivivälin suurentaminen on pienentänyt paksuimman oksan läpimittaa

Oksien suuntautuminen

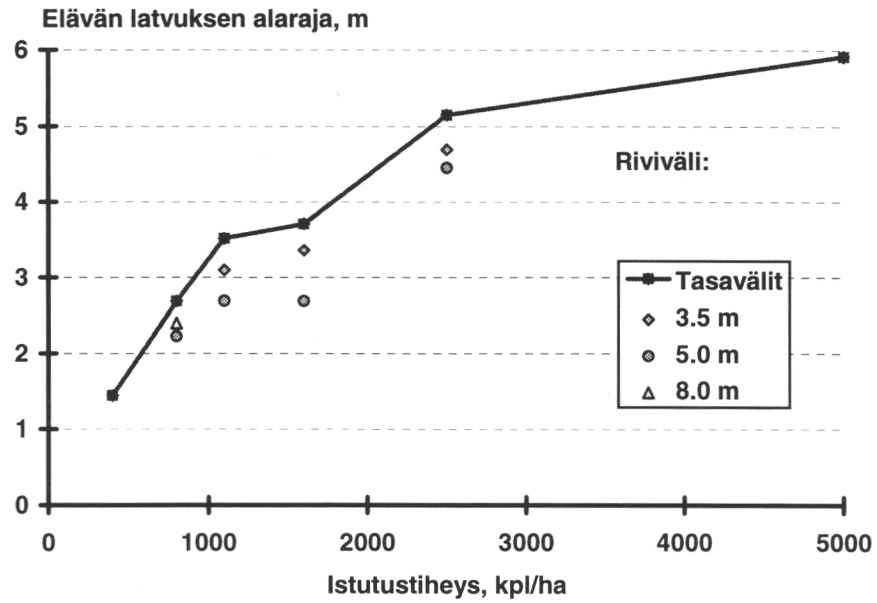
Kokeessa 2 verrattiin myös oksien paksuutta ja määrää rivien suuntaisissa ja rivejä vastaan kohtisuorissa 90° sektoreissa. Rivivälien avoimeen tilaan suuntautuneet sektorit olivat selvästi oksikkaampia kuin rivien suuntaiset sektorit. Ero oli sitä suurempi mitä enemmän kasvutila poikkesi neliöstä. Tasavälein kasvaneissa koivuissa eroa ei ollut. Sektoreitten paksuimman oksan läpimitassa ero oli ensiharvennusvaiheessa noin 15 %, jos riviväli oli 2–3-kertainen taimiväliin verrattuna. Oksien poikkileikkaussumman ero oli tällöin 30 %. Kun riviväli kasvoi 4–6-kertaiseksi taimiväliin verrattuna, paksuimman oksan läpimittaero sektorien välillä oli 20–30 % ja poikkileikkaussumman ero 50–100 %.

Tasaisilla istutusväleillä oksaisuutta tutkittiin myös eri pääilmansuunnissa. Koivun tyvipölkyn oksien lukumäärässä ei ollut merkitseviä eroja ilmansuuntien välillä, mutta oksien läpimitat erosivat merkitsevästi. Oksien poikkileikkaussummasta muodostivat etelään ja länteen suuntautuvat oksat 28 % kummatkin ja itään ja pohjoiseen suuntautui kumpaankin 22 %. Myös paksuimmat yksittäiset oksat löytyivät useimmiten etelän tai lännen suunnasta.

Oksien kuoleminen ja karsiutuminen

Kaikissa tutkituissa tiheyksissä koivun alaoksat alkoivat kuolla noin viiden metrin pituusvaiheessa, jonka jälkeen latvusrajan kohoaminen oli sitä nopeampaa, mitä suurempi oli puuston runkoluku. Kellomäki (1984) on todennut saman ilmiön männiköissä. Viljelytiheydessä 5 000/ha elävä latvus vakiintui yhdeksän metrin pituusvaiheessa noin kuuden metrin pituiseksi. Tiheydessä 1 600/ha latvuksen pituus vakiintui myöhemmin noin kahdeksan metrin mittaiseksi ja tiheydessä 800/ha yli kymmenen metrin mittaiseksi.

Valtapituudessa 13–15 m oksat olivat jo kuolleet tyvitukin osuudelta tiheyksissä 2 500/ha ja 5 000/ha (kuva 6). Tavanomaisessa viljelytiheydessä 1 600/ha oli elävän latvuksen raja tässä pituusvaiheessa keskimäärin 3,7 metrin korkeudessa. Elävän latvuksen alaraja mitattiin alimman elävän oksan sijainnin perusteella maanpinnasta. Vihreä lehtevä latvus alkaa rauduskoivulla keskimäärin 1,3 m korkeammalta (Niemistö ym. 1997). Poikkeaminen tasaisesta istutusvälistä hidasti latvusrajan kohoamista 3,5 metrin rivivälillä 0,4 m ja 5 metrin rivivälillä keskimäärin 0,8 m ensiharvennukseen mennessä.

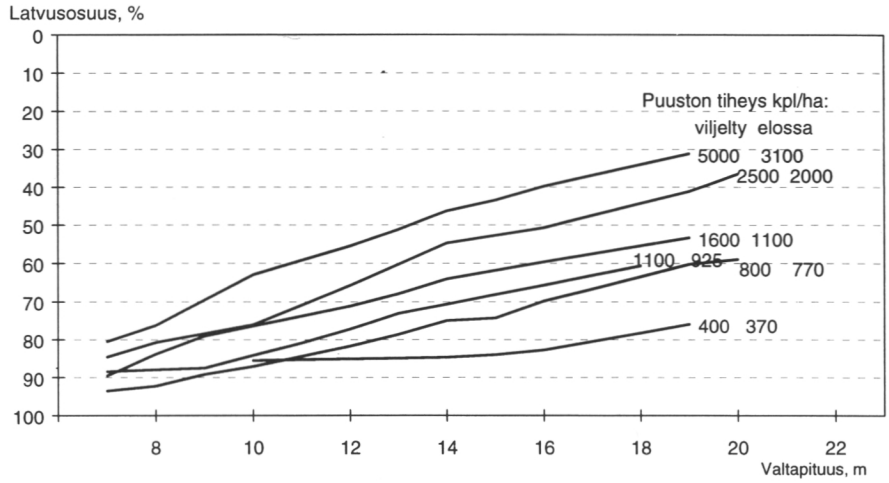


Kuva 6. Istutustiheyden ja rivivälin vaikutus rauduskoivun elävän latvuksen alarajan korkeuteen maasta normaalissa ensiharvennusvaiheessa (neljän kokeen keskiarvo valtapituudessa 12,5–14,5 m).

Tiheydessä 1 600/ha latvusraja oli 17 metrin valtapituudessa 7 m ja 20 metrin valtapituudessa 9 m. Tiheydessä 2 500/ha oksat olivat tässä vaiheessa kuolleet noin kaksi metriä ylemmäksi ja tiheydessä 5 000/ha ero oli kolme metriä.

Koivun kasvukyky alenee, mikäli elävän latvuksen osuus laskee alle puoleen puun pituudesta (Niemistö 1991). Alimman elävän oksan perusteella laskettuna 55 prosenttia voidaan pitää rajana, jonka alle latvusosuus ei saisi laskea ennen ensiharvennusta. Tällä perusteella ensiharvennus olisi pitänyt tehdä tasaisella istutusvälillä viljelytiheydessä 5 000/ha viimeistään 12 metrin valtapituudessa (kuva 7). Tiheydessä 2 500/ha vastaava raja oli 14 metriä ja tiheydessä 1 600/ha 17 metriä. Tulosta tulkittaessa on huomattava, että elossa olevien koivujen määrä mainituilla viljelytiheyksillä oli keskimäärin 3 300, 2 100 ja 1 400 kpl/ha. Rivivälin suurentaminen hidasti elävän latvuksen supistumista.

Kokonaan oksista karsiutunut osuus rauduskoivun tyvessä oli 17 vuoden iässä alle metrin pituinen lukuunottamatta tiheyttä 5 000/ha, jossa oksat puuttuivat 2–3 metrin korkeudelle saakka. Viisi vuotta myöhemmin tyvitukin osuus oli oksaton tiheimmässä koivikossa, mutta tavanomaisessa viljelytiheydessä 1 600/ha oksaton runko ulottui vasta 1,7 metriin. Rivivälin lisääntyminen ei vaikuttanut karsiutumiseen.



Kuva 7. Rauduskoivun elävän latvuksen osuus puun pituudesta valtapituuden funktiona tasavälein eri tiheyksiin istutetuilla koealoilla.

17 vuoden iässä harvennetuilla koealoilla elävän latvuksen alarajan kohoaminen hidastui keskimäärin 77 cm viiden vuoden jaksolla verrattuna vastaaviin harventamattomiin koealoihin. Näissä harvennuksissa jätettiin kasvamaan puolet puiden alkuperäisestä lukumäärästä tiheyksissä 1 600–5 000/ha. Harventaminen nopeutti puolestaan kuivien oksin karsiutumista. Oksaton osa rungon tyvellä pidentyi 5-vuotisjaksolla noin 40 cm enemmän harvennetuissa koivikoissa kuin harventamattomissa. Kaikkein tiheimmillä koealoilla harvennuksen (5 000:stä 2 500:een /ha) vaikutusta ei havaittu eikä myöskään 5 metrin rivivälille istutetuissa koivikoissa.

Tulosten tarkastelu

Rauduskoivun kasvatuksen tavoite on korkealaatuisen tukkipuun tuottaminen vaneri- ja puusepänteollisuuden tarpeisiin. Tukin ja kuitupuun sekä erilaatuisten vaneriviilujen suuren hintaeron takia tuotetun puun laadulla on suuri merkitys. Puuston viljely- ja kasvatustiheydessä on laatu- ja määrätavoitteiden lisäksi otettava huomioon uudistamisen kustannukset ja tuhoriskit, taimikonhoidon tarve sekä harvennushakkuiden ajankohdat, kustannukset ja tuotot.

Tutkituissa koivikoissa oli ensiharvennusvaiheessa elossa enimmillään 4 000 istutettua rauduskoivua hehtaarilla ja 20 metrin valtapituudessa noin 2 500/ha. Ylitiheys alkoi tällöin hidastaa koivikon pituus- ja tilavuuskasvua 15 metrin valtapituudessa. Puiden välinen kilpailu alensi valtapuiden paksuuskasvua kolmanneksella tiheyden lisääntyessä 800:sta 2 500:aan puuhun hehtaarilla. Kuitupuun tuotos lisääntyi 20 m^3/ha mikäli 1 600 koivun sijasta hehtaarille istutettiin 2 500 tai

enemmän. Salminen & Varmola (1990) ovat saaneet samanlaisia tuloksia vastaavissa mäntykokeissa ennen ensiharvennusvaihetta.

Tiheys vaikutti rauduskoivun pituuskasvuun vain ääritapauksissa. Pituuskasvu aleni kaikkein harvapuustoisimmilla tutkimuskoealoilla (400/ha) selvästi mutta tilapäisesti ja tiheimmissä puustoissa lievästi 15 metrin valtapituusvaiheen jälkeen. Tulokset eivät tue niitä männiköistä saatuja tuloksia, joiden mukaan pituuskasvu on nopeinta tiheässä metsässä (Näslund 1971, Vuokila 1972). Sen sijaan Petterssonin (1955), Parviaisen (1978) ja Salmisen & Varmolan (1990) tulokset ovat samankaltaisia, kun ottaa huomioon ettei niissä ollut mukana yhtä harvoja puustoja kuin tässä tutkimuksessa.

Jos istutusrivien väliä suurennettiin 5 metriin ja taimiväliä rivissä vastaavasti pienennettiin, aleni koivun paksuus- ja tilavuuskasvu kaikissa tutkituissa tiheyksissä. Sen sijaan 3,5 metrin rivivälillä kasvu aleni vain tiheimmässä vaihtoehdossa. Riviväliä paremmin istutuskuvion vaikutusta kasvuun selitti rivivälin ja taimivälin suhde. Koivikon kasvu aleni mikäli riviväli oli yli kolminkertainen taimiväliin verrattuna. Havaittu kasvuero alkoi pienentyä 15 ikävuodesta lähtien. Samanlaisessa koejärjestelyssä männyllä eivät Salminen & Varmola 1993 havainneet kasvueroja, mutta puut olivat vielä taimivaiheessa.

Suurennetulla rivivälillä puusto ei ilmeisesti kärsinyt yhtä herkästi ylitiheydestä kuin tasavälisessä istutuksessa, koska lyhyt taimiväli riveissä aiheutti luontaista harvenemista ja latvuskerrokset eriytyivät nopeammin. Lisäksi suurentunut riviväli hidasti latvusten supistumista ja valtapuiden paksuuskasvu kärsi vähemmän ylitiheydestä kuin tasavälisessä koivikossa. Riviväliä suurentamalla voitaisiin ensiharvennuksen ajankohtaa näin ollen siirtää vähän myöhemmäksi.

Oksien paksuuskasvulla ja rungon kasvunopeudella oli voimakas keskinäinen riippuvuus. Teknisen laadun kannalta suuresta viljelytiheydestä oli kuitenkin selvää etua, koska tiheissä koivikoissa oksat jäivät ohuiksi, kuolivat varhain ja myös karsiutuivat aikaisin eikä ensiharvennuksen jälkeinen järeytyminen enää heikennä oksaisuuslaatua. Varjostus tiheässä puustossa nopeutti myös paksujen oksien kuolemista. Liiasta tiheydestä saattoi oksien kuoltua olla jo haittaakin, koska harventamisen havaittiin nopeuttavan kuivien oksien karsiutumista. Saman ovat todenneet Heikinheimo (1953), Heiskanen (1965), Varmola 1980 ja Jokinen & Kellomäki (1982).

Suurin tutkittu viljelytiheys 5 000/ha tuotti laadultaan parasta puuta, mutta ero tiheyteen 2 500/ha jäi pieneksi. Tiheissä koivikoissa oksat kuolivat tyvitukin osuudelta noin 12 metrin valtapituuteen mennessä. Myös tiheydessä 1 600/ha tyvitukin oksat ehtivät kuolla ennen ensiharvennusta. Myöhäisessä taimivaiheessa vastaaviin tiheyksiin harvennetuissa männiköissä latvuksen kehitys oli samankaltaista (Salminen & Varmola 1990).

Kuivien oksien luontainen karsiutuminen oli hidasta. Harvennushakkuussa kaadettujen puiden latvukset katkoivat osan oksista ja harvennetussa puustossa myös luontainen karsiutuminen nopeutui, ilmeisesti tuulen ja lumen vaikutuksesta. Myös harvennuksen jälkeen lisääntyvä paksuuskasvu voi edistää oksien karsiutumista. Kuivat oksat puuaineen sisällä alentavat sen arvoa (Niemistö ym. 1997, Verkasalo & Rintala 1996), joten ne kannattaa karsia pois tyvitukin pituudelta viimeistään ensiharvennuksen yhteydessä. Tällä tavalla koivutukin lopullinen oksikkuus ei eroa suuresti viljelytiheyksien 1 600–5 000/ha välillä. Ilman aktiivista karsintaa tyvitukit olivat kokonaan oksattomia tiheimmissä koivikoissa 16–17 metrin valtapituudessa.

Yli 20 mm paksujen kuivien oksien karsimista koivuista on värivikojen ja lahon takia vältettävä. Tulokset elävien oksien karsinnasta ovat ristiriitaisia (Heikinheimo 1953, Heiskanen 1958, Vuokila 1976 ja Raulo 1983). Alle 10 mm paksujen elävien oksien karsinta ei aiheuttanut Rintalan & Verkasalon (1996) tutkimuksessa koivulle värivikaa. Turvallisinta aikaa pystykarsinnalle oli alku- ja keskikesä ja riskialtteinta kevään mahla-aika ja syksy.

Viljelytiheyden alarajaa arvioitaessa kannattaa tarkastella samanaikaisesti oksien kuolemista ja rungon paksuutta. Tiheydessä 800/ha tyvitukin oksat olivat kuolleet 16 cm keskiläpimittaan mennessä, joten oksaisen puun osuus lopputuotteesta on suuri. Tiheydessä 1 600/ha vastaava läpimitta oli 12 cm ja tiheydessä 2 500/ha 10 cm. Luontaista karsiutumista odotettaessa puu ehtii kasvaa vielä 3–4 cm paksummaksi. Edelleen on otettava huomioon oksien kylestymisen vaatima aika, jonka jälkeen runkoon alkaa vasta muodostua ehjää ja oksatonta puuta.

Paksuin oksa karsiutuu yleensä viimeisenä ja sitä käytetään myös tukin laadun mittarina. Tyvitukin osuudella paksuimman oksan läpimitta oli tiheimmissä koivikoissa keskimäärin 24 mm ja lisääntyi 6 mm tiheyden alentuessa 800 puuhun hehtaarilla. Persson (1977) ja Varmola (1980) ovat havainneet männyllä yhtä suuren eron vastaavissa tiheyksissä ja Kellomäen & Tuimalan (1981) sekä Huurin ym. (1984) mukaan tiheyden vaikutus on männyllä vähän suurempi.

Tiheydellä 5 000/ha oli viljelykustannusten lisäksi muitakin haittoja. Latvus supistui herkästi alle puoleen puun pituudesta. Ensiharvennus olisi tehtävä 12 metrin valtapituuteen mennessä, mutta silloin ei vielä saada kuitupuuta. Toisaalta taimikon harventaminen lisäisi kustannuksia. Istutustiheydessä 2 500/ha vihreät latvukset säilyivät riittävän elinvoimaisina 14 metrin valtapituuteen, jolloin voimakas ensiharvennus alkaa olla taloudellisesti kannattava. Harvennus on tehtävä täsmälleen oikeaan aikaan ennen kuin latvukset supistuvat liikaa.

Viljelytiheydessä 1 600/ha aikaa kannattavalle ensiharvennukselle jäi 4–5 vuotta 14,5–16,5 metrin valtapituudessa. Harvennuspoistuma oli pienempi tai yhtä suuri kuin tiheämmässä metsikössä, mutta poistettavien puiden keskikoko oli suurempi, 60–80 dm^3.

Putkimalliteorian (Shinozaki ym. 1964) mukaan rungon poikkileikkaus on yhtä suuri kuin yläpuolella olevien oksien poikkileikkausten summa. Tutkimusaineistossa teoria piti hyvin paikkansa niin kauan, kun oksia ei ollut vielä karsiutunut. Osittaisesta karsiutumisesta huolimatta rungon kapeneminen selitti parhaiten oksien poikkileikkaussumman vaihtelua tulevan tyvitukin pituudella. Toiseksi paksuimman oksan läpimitta oli lähes yhtä hyvä selittäjä.

Sen sijaan paksuin oksa selitti oksaisuutta heikommin, koska yksittäinen paksu oksa on usein poikkeava havainto, esim. poikaoksa. Toisaalta tukin laatuluokka määrätään usemmiten paksuimman oksan perusteella. Tästä syystä puun oksaisuuden mittauksessa on tarkoituksenmukaisinta käyttää oksien määrän mittarina rungon kapenemista, ja mitata tukkien laatuluokitusta varten paksuimman oksan läpimitta.

Rivivälin suurentamisella tai kasvutilan muodolla ei ollut vaikutusta koivun oksaisuuteen kokonaisuudessaan. Sen sijaan istutusrivien suuntaiset ja rivejä vastaan kohtisuorat suunnat erosivat selvästi toisistaan. Kun riviväli oli 4–6-kertainen taimiväliin verrattuna, olivat rivien välissä olevaan vapaaseen kasvutilaan suuntautuvat suurimmat oksat 35 % paksumpia ja oksien poikkileikkaussumma oli 70 % suurempi. Taimiväliin nähden 2–3 kertainen riviväli aiheutti puolta pienemmät erot suuntien välille. Männiköissä vastaavan koejärjestelyn tulokset olivat samansuuntaisia, mutta puuston hitaamman varttumisen takia erot tässä vaiheessa pienempiä (Salminen & Varmola 1993).

Myös puiden rivinsuuntainen läpimitta oli keskimäärin kohtisuoraa läpimittaa pienempi. Epäpyöreyden suuruus riippui kuitenkin enemmän istutusrivien etäisyydestä kuin kasvutilan muodosta. — Myös tasavälisillä istutuskuvioilla läpimitat poikkesivat merkitsevästi, jos riviväli oli 2,5 metriä tai enemmän. — Syynä epäpyöreyteen olivat ilmeisesti tuulet, jotka kohdistuivat puihin voimakkaimmin istutusrivien poikittaissuunnassa. Rungon käyttöominaisuuksiin ja arvoon muutaman millimetrin epäpyöreydellä ei ollut merkittävää vaikutusta (Kärkkäinen 1977).

Mikäli tavanomaisen viljelytiheyden 1 600/ha sijasta istutettaisiin 2 500 koivua hehtaarille, lisäkustannus olisi nykyrahassa noin 2 500 mk/ha. Suuremmasta kasvatustiheydestä hyödytään kahdella tavalla: kuitupuun tuotos on tulosten mukaan 20 m^3/ha suurempi ja vanerikoivun tekninen laatu paranee. Kuitupuun kantohinta on noin 100 mk/m^3 ja lisäys realisoituu pääasiassa toisessa harvennuksessa 30 vuoden kuluttua istutuksesta. Vaneripuuta arvioidaan kertyvän päätehakkuusta 45 vuoden iällä 200 m^3/ha. Viljelytiheyden lisäys olisi kannattava, jos parantuneen laadun takia vaneritukista maksettaisiin 3 % korkokannalla vähintään 35 mk ja 5 % korkokannalla noin 100 mk korkeampi hinta kuutiometriltä. Nykyiseen kantohintaan verrattuna korotuksen pitäisi olla valitusta korkokannasta riippuen joko 20 % tai 50 %.

Riviväliä suurentamalla säästetään jonkin verran viljelykustannuksia. Viiden metrin rivivälillä ajokertojen väheneminen merkitsee äestyksessä noin 200 mk:n säästöä hehtaarilla (Hämäläinen & Kaila 1985). Mätästyksessä säästö jää vähäiseksi, koska istutuspaikkojen määrä ei pienene. Jos pintakasvillisuuden torjumiseksi ruiskutetaan 1,4 metrin levyisiä kaistoja, on torjunta-aineen tarve 2,5 metrin rivivälillä 56 %, 3,5 m välein 40 % ja 5,0 m välein 28 % koko alueen käsittelyyn tarvittavasta ainemäärästä. Kustannussäästöt esim. Folar-valmistetta käytettäessä ovat vastaavasti noin 350, 480 ja 580 mk/ha. Suuremmalla rivivälillä istutuksen kustannus miestyönä pienenee noin 50 mk/ha siirtymisten vähentyessä (Häggblom & Kaila 1982).

Koivunviljelyn ja kemiallisen heinäntorjunnan yhteenlasketut kustannukset alenevat 5 metrin rivivälillä noin 500 mk/ha ja 3,5 metrin rivivälillä 250 mk/ha. Istutuksen, taimikonperkauksen ja ensiharvennuksen koneellistamisen yhteydessä rivivälin suurentamisesta saatavien säästöjen määrä riippuu käytössä olevasta teknologiasta.

Saatujen tulosten mukaan rauduskoivun edullisin viljelytiheys on 1 600/ha, mikäli taimituhot jäävät pieniksi. Pelloilla ja muilla erityisen viljavilla kasvupaikoilla kannattaa taimikkovaiheessa harkita suurempaa tiheyttä oksaisuuden vähentämiseksi. Tähän tarkoitukseen kelpaavat yhtä hyvin luontaiset lehtipuut, jotka peratаan pois alle 10 metrin pituudessa. Tiheyden 2 500/ha ylittämisestä ei ole suurta hyötyä. Näillä ohjeilla oksat kuolevat ensiharvennukseen mennessä tyvitukin pituudelta ja niiden karsiminen parantaa oleellisesti tukin laatua.

Viljelyn ja puuston käsittelyn kustannuksia voidaan alentaa istutusrivien väliä suurentamalla ja vastaavasti taimiväliä rivissä pienentämällä. Puuston koneellinen käsittely edellyttää 4–5 metrin riviväliä, jonka todettiin alentavan tuotosta vain lievästi. Käytännössä kasvutappio jää hyvin pieneksi, koska vain joka toisen tai kolmannen rivivälin tarvitsee olla normaalia suurempi. Tutkimuksen tulosta voidaan käyttää hyväksi myös viljellen perustettavissa sekametsissä. Esimerkiksi kaksijaksoinen kuusi-koivu sekametsä voidaan viljellä vuororivein tai "1 rivi koivua/2 riviä kuusta" jne. Tällöin nopeammin kehittyvän koivujakson harventaminen ja poistaminen ei kovin herkästi vaurioita alempaa kuusijaksoa.

Kirjallisuus

Daniels, F.W. & Schultz, C.J. 1975. Rectangular planting patterns in Pinus Patula stands in the Eastem Transvaal. Forestry in South Africa. No. 16: 61–62.

Dippel, M. 1982. Auswertung einer NELDER-Pflanzverbadsversuchs mit Kiefer im Forstamt Walsrode. Allgemeine Forst und Jagdzeitung 153. Jahrgang, Heft 8: 137–152.

Handler, M.M. & Jakobsen, B. 1986. Nyere danske planteafstandsforsok med rodgran (Recent danish spacing experiments with Norway spruce). Det

forstlige forsogsvaesen i Danmark (The Danish Forest Experiment Station). Beretninger Udgivne ved den forstlige forsogskomission. Reports. Bind XXX. Haefte 4: 359–442.
Heikinheimo, O. 1953. Puun rungon luontaisesta karsiutumisesta. Summary: On natural pruning of tree stems. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 41(5). 39 s.
Heinonen, J. 1994. Koealojen puu- ja puustotunnusten laskentaohjelma KPL. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 504. 80 s.
Heiskanen, V. 1958. Tutkimuksia koivun karsimisesta. Summary: Studies on prunging of birch. Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuja 49(3). 68 p.
Heiskanen, V. 1965. Puiden paksuuden ja nuoruuden kehityksen sekä oksaisuuden ja sahapuulaadun välisistä suhteista männiköissä. Summary: On the relations between the development of the early age and thickness of trees and their branchiness in pine stands. Acta Forestalia Fennica 80(2). 62 p.
Huuri, O., Lähde, E. & Huuri, L. 1984. Tiheyden vaikutus istutusmännikön laatuun. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 167. 22 p.
Häggblom, R. & Kaila, S. 1982. Metsänistutuksen ajanmenekkisuhteet. Metsätehon katsaus 8. 4 s.
Hämäläinen, J. & Kaila, S. 1985. Metsämaan äestyksen ja aurauksen työvaikeustekijät, ajankäytön jakautuminen ja tuottavuus. Work difficulty factors, time distribution and productivity of forest site preparation with disc ploughs and wing ploughs. Metsätehon tiedotus 393. 16 s.
Jokinen, P. & Kellomäki, S. 1982. Havaintoja metsikön kasvatustiheyden vaikutuksesta runkojen oksaisuuteen varttuneissa männyn taimikoissa. Abstract: Observations on the effect of spacing on branchiness of Scots pine stems at pole stage. Folia Forestalia 508. 12 s.
Kellomäki, S. 1984. Havaintoja puuston kasvatustiheyden vaikutuksesta mäntyjen oksikkuuteen. Summary: Observations on the influence of stand density on branchiness of young Scots pines. Silva Fennica 18(2): 101–112.
Kellomäki, S. & Tuimala, A. 1981. Puuston tiheyden vaikutus puiden oksikkuuteen taimikko- ja riukuvaiheen männiköissä. Summary: Effect of stand density on branchiness of young Scots pines. Folia Forestalia 478. 27 s.
Kellomäki, S. & Väisänen, H. 1986. Kasvatustiheyden ja kasvupaikan viljavuuden vaikutus puiden oksikkuuteen taimikko- ja riukuvaiheen männiköissä. Malleihin perustuva tarkastelu. Summary: Effect of stand density and site fertility on the branchiness of Scots pines at pole stage. A study based on models. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 139. 38 s.
Keskusmetsälautakunta Tapio. 1989. Metsänhoitosuositukset. 55 s.
Kärkkäinen, M. 1977. Puu. Sen rakenne ja ominaisuudet. Helsingin yliopisto. Moniste. 442 s.
Lindman, J., Näslund, B.-A., Olsson, P. & Samuelsson, H. 1985. Radförband. Summary: Rectangular line planting. Ett NSR-projekt redogorelse nr 8. Forskningsstiftelsen Skogsarbeten. 31 s.
Metsänhoitosuositukset. 1989. Keskusmetsälautakunta Tapio. Moniste, 55 s.
Niemistö, P. 1991. Hieskoivikon kasvatustiheys ja harvennusmallit Pohjois-Suomen turvemailla. Summary: Growing density and thinning models for Betula pubescens stands on peatlands in northern Finland. Folia Forestalia 782. 36 s.

Niemistö, P. 1995a. Influence of initial spacing and row-to-row distance on the crown and branch properties and taper of silver birch (Betula pendula). Scandinavian Journal of Forest Research 10: 235–244.
Niemistö, P. 1995b. Influence of initial spacing and row-to-row distance on the growth and yield of silver birch (Betula pendula). Scandinavian Journal of Forest Research 10: 245–255.
Niemistö, P. , Hukki, P. & Verkasalo E. 1997. Kasvupaikan ja puuston tiheyden vaikutus rauduskoivun ulkoiseen laatuun 30-vuotiaissa istutuskoivikoissa. Hyväksytty käsikirjoitus, Folia Forestalia – Metsätieteen aikakauskirja. 36 s.
Näslund, M. 1971. Nytt material for skoglig produktionsforskning. Studia Forestalia Suecica 89. 124 s.
Oikarinen, M. 1983. Etelä-Suomen viljeltyjen rauduskoivikoiden kasvatusmallit. Summary: Growth and yield models for silver birch (Betula pendula) plantations in southern Finland. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 113. 75 s.
Parviainen, J. 1978. Taimisto- ja riukuvaiheen männikön harvennus. Referat: Durchforstung im Kiefernbestand in der Jungwuchs- und Stangenholzphase. Folia Forestalia 346. 40 s.
Persson, A. 1977. Kvalitetsutveckling inom yngre förbandsförsök med tall. Summary: Quality development in young spacing trials with Scots pine. Rapporter och uppsatser 45. Institution for skogsproduktion. Skogshögskolan. 152 s.
Pettersson, H. 1955. Barrskogens volymproduktion. Meddelande från Statens Skogsforskningsinstitut. 45. lA. 391 s.
Raulo, J. 1977. Development of dominant trees in Betula pendula Roth and Betula pubescens Ehrh. plantations. Seloste: Viljeltyjen raudus- ja hieskoivikoiden valtapuiden kehitys. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 90(4). 14 s.
Raulo, J. 1978. Forestation chain for birch (Betula pendula Roth) in Finland. Seloste: Rauduskoivun (Betula pendula Roth) viljelyketju Suomessa. Silva Fennica 12(1): 17–24.
Raulo, J. 1983. Koivukirja. Gummerus. Jyväskylä. 130 s.
Raulo, J. & Koski, V. 1977. Growth of Betula pendula Roth progenies in southern and central Finland. Seloste: Rauduskoivujälkeläistöjen kasvu Etelä- ja Keski-Suomessa. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 90(5). 38 s.
Rintala P. & Verkasalo, E. 1996. Rauduskoivun pystykarsintavikojen riippuvuus oksien paksuudesta ja laadusta sekä karsintavuodenajasta. Metsätieteen aikakauskirja Folia Forestalia. Käsikirjoitus.
Rummukainen, A. & Tervo, L. 1994. Metsänviljelyn koneellistamisen mahdollisuudet. Metsäntutkimuspäivä Järvenpäässä 16.11.1993. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 491: 63–67.
Salminen, H. & Varmola, M. 1990. Puolukkatyypin kylvömänniköiden kehitys taimikon myöhäisestä harvennuksesta nuoren metsän ensiharvennukseen. Summary: Development of seeded Scots pine stands from precommercial thinning to first commercial thinning. Folia Forestalia 752. 29 s.
Salminen, H. & Varmola, M. 1993. Influence of initial spacing and planting design on the development of young Scots pine (Pinus sylvestiris L.) stands. Seloste: Istutustiheyden ja -kuvioinnin vaikutus mäntytaimikoiden kehitykseen. Silva Fennica 27(1): 21–28.

Shinozaki, K., Yoda, K., Hozumi, K. & Kira, T. 1964a. A quantitative analysis of plant form - the pipe model theory I. Basic analysis. Jap. J. Ecol. 14: 97–105.
Shinozaki, K., Yoda, K., Hozumi, K. & Kira, T. 1964b. A quantitative analysis of plant form - the pipe model theory II. The evidence of the theory and its application in forest ecology. Jap. J. Ecol. 14: 133–139.
Varmola, M. 1980. Männyn istutustaimistojen ulkoinen laatu. Summary: The external quality of pine plantations. Folia Forestalia 451. 21 s.
Vuokila, Y. 1972. Taimiston käsittely puuntuotannolliselta kannalta. Summary: Treatment of seedling stands from the viewpoint of production. Folia Forestalia 141. 36 s.
Vuokila, Y. 1976. Karsimisen vaikutus männyn ja koivun terveystilaan. Summary: Effect of green pruning on the health of pine and birch. Folia Forestalia 281. 13 s.
Vuokila, Y. 1986. Puuntuotoksen tutkimussuunnan kestokokeiden periaatteita ja suunnitelmia. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 239. 229 s.

RAUDUSKOIVUN ALKUKEHITYS PELLONMETSITYSALOILLA

Jyrki Hytönen

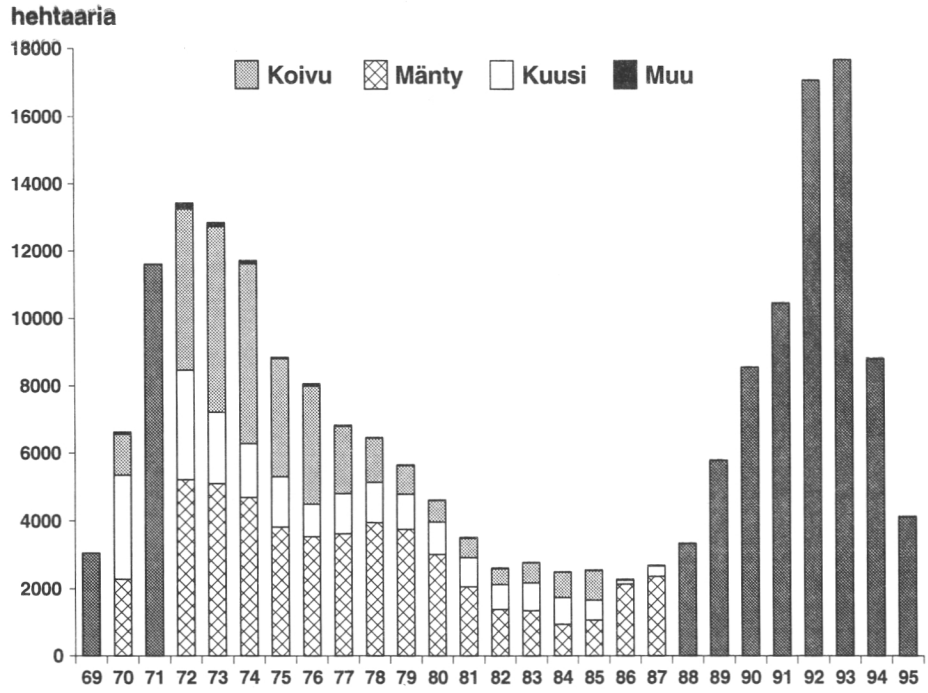
Johdanto

Peltojen metsitys Suomessa liittyy maatalouden toimintaympäristössä tapahtuneisiin muutoksiin. Maatalouden ylituotanto ja ylituotannosta koituvat markkinointiongelmat tulivat ajankohtaisiksi 1960-luvulla ja ovat jatkuneet siitä lähtien. Lähtökohta peltojen metsitykseen onkin ollut maatalouspoliittinen. Maatalouspolitiikan eräs keskeinen kysymys on ollut vaihtoehtoisten tuotantosuuntien löytäminen maataloustuotannon tilalle ja rinnalle. Metsätalous perinteisenä maatalouselinkeinona ja usein ennestään tärkeänä maatilatalouden osana on luonteva vaihtoehto maataloustuotantoa supistavalle tai lopettavalle tilalle (Petäjistö ym. 1993).

Suomen viljelyksessä oleva peltopinta-ala on tällä hetkellä 2,2 milj. ha. Vuodesta 1969 lähtien peltoja on metsitetty yli 200 000 ha. Vuotuiset metsityspinta-alat voivat vaihdella hyvin paljon johtuen mm. tukipolitiikan muutoksista.

Rauduskoivu on aina ollut suosittu pellonmetsityksen puulaji (kuva 1). Metsätilastollisessa vuosikirjassa ei vuoden 1987 jälkeen puulajeja ole eroteltu. 1990-luvulla männyn osuus metsityksissä on vähentynyt huomattavasti ja vastaavasti koivujen, erityisesti rauduskoivun ja myös kuusen osuus on lisääntynyt.

Pellonmetsityksessä koettujen lukuisten vaikeuksien ja epäonnistumisten vuoksi käynnistettiin Metsäntutkimuslaitoksessa Peltojen metsitysmenetelmät -tutkimushanke tavoitteena metsitykseen soveltuvien metsittämistapojen täsmentäminen, jo tehtyjen metsitysten onnistumisen selvittäminen, peltojen luokituksen kehittäminen, ravinne- ja pintakasvillisuusongelmien tutkiminen, tuhoriskien arvioiminen ja metsitysten yksityistaloudellisen edullisuuden tarkastelu.



Kuva 1. Metsitetty peltoala vuosina 1969–1995 ja sen jakautuminen eri puulajien kesken vuosina 1970–1987.

Pellonmetsityskokeet

Peltojen metsityskokeita perustettiin yli 50 eri puolille Suomea vuosina 1990 ja 1991 (koejärjestelyt, mittaukset ja kokeiden sijainti: ks. Ferm & Hytönen 1991, Ferm ym. 1993, Hytönen 1995). Kokeissa tutkittiin mm: puulajivalintaa (rauduskoivu, hieskoivu, mänty, kuusi ym.), uudistamismenetelmiä (viljely, kylvö, luontainen uudistaminen), muokkaustapoja (pallekyntö, täysmuokkaus, mätästys, metsäauraus), ravinne-epätasapainon korjaamista lannoituksella sekä vertailtiin taimilajeja ja pintakasvillisuuden torjuntamenetelmiä.

Osaa kenttäkokeista (17 kpl) mitattiin kerran vuodessa syksyisin. Taimet kartoitettiin ja samat taimet mitattiin kuusi kertaa. Taimien historia on siten varsin hyvin tiedossa. Toistuvat mittaukset ovat olleet tärkeitä pyrittäessä selvittämään nopeassa tahdissa muuttuvia tuhonaiheuttajia. Monet pellonmetsitystä uhkaavista tuhoista ajoittuvat taimien elämän ensimmäisille vuosille. Inventoitaessa 10 tai lähes 20 vuotta vanhoja metsityksiä päätelmät epäonnistumiseen johtaneista syistä ovat jääneet vääjäämättä arvailujen varaan. Ei myöskään tiedetä, olisiko joku toinen puulaji menestynyt paremmin.

Tässä esitetään näistä kokeista saatuja tuloksia rauduskoivun osalta.

Maalaji ja ravinnetalous

Peltojen maalajit vaihtelevat hyvin paljon maan eri osissa (Urvas 1995). Kolmasosa pelloista on hietoja; eniten niitä on Pohjanmaalla. Savipeltoja on viidesosa ja ne esiintyvät suurimmaksi osaksi Etelä- ja Lounais-Suomessa. Hiesumaita Suomen pelloista on noin 10 %. Pirkanmaalla pelloista lähes puolet on hiesupeltoja. Moreenipeltoja on eniten Savossa. Multapeltoja oli koko maan pelloista 1980-luvulla 13 % ja varsinaisia turvepeltoja puolet vähemmän. Metsittäjälle ongelmallisista turve- ja multapelloista yli puolet on Pohjanmaalla ja Lapissa.

Suuri osa Suomen pelloista on raivattu maamme viljavimmista metsämaista. Peltoviljelyssä muokkaus, lannoitus, kalkitus ja muut maanparannustoimenpiteet sekä koneiden käyttö ovat muuttaneet maan muokkauskerroksen fysikaalisia ja kemiallisia ominaisuuksia (Wall & Hytönen 1995). Pääravinteiden määrät ovat pelloilla yleensä melko suuria metsämaihin verrattuna. Viimeisten vuosikymmenien aikana peltojen pH on noussut, ja erityisesti fosfori-, mutta myös kalium-, magnesium- ja kalsiumpitoisuudet ovat nousseet. Maanviljely ei ole kuitenkaan merkittävästi lisännyt hivenravinteiden määrää maassa, ja esim. kalkitus voi ehkäistä puiden boorin ottoa. Ravinneperäinen kasvuhäiriö, joka liittyy yleensä typen runsauteen ja boorin puutteeseen sekä ravinteiden väliseen epätasapainoon on riskitekijä myös rauduskoivun kasvatuksessa. Peltomaan runsaiden pääravinnevarojen perusteella peltomaan puuntuotoskyky voi olla huomattavan suuri edellyttäen, että vesitalous on kunnossa ja ravinnetalous tasapainossa.

Rauduskoivun kasvatusmahdollisuutta arvioitaessa on tarkasteltava pellon maalajia. Kaikki pellot eivät sovellu koivun kasvatukseen. Raulon (1981) mukaan rauduskoivu ei sovi hyvin hienojakoisille maille. Hieta- ja hiesupellot ovat jo hyviä koivun kasvupaikkoja (Raulo 1981). Rauduskoivua viljeltiin 1970-luvulla paljon turvepelloille, joilla ne ovat menestyneet huonosti. Rauduskoivu näyttää viihtyvän hieskoivua huonommin myös runsaasti orgaanista ainetta sisältävillä multapelloilla.

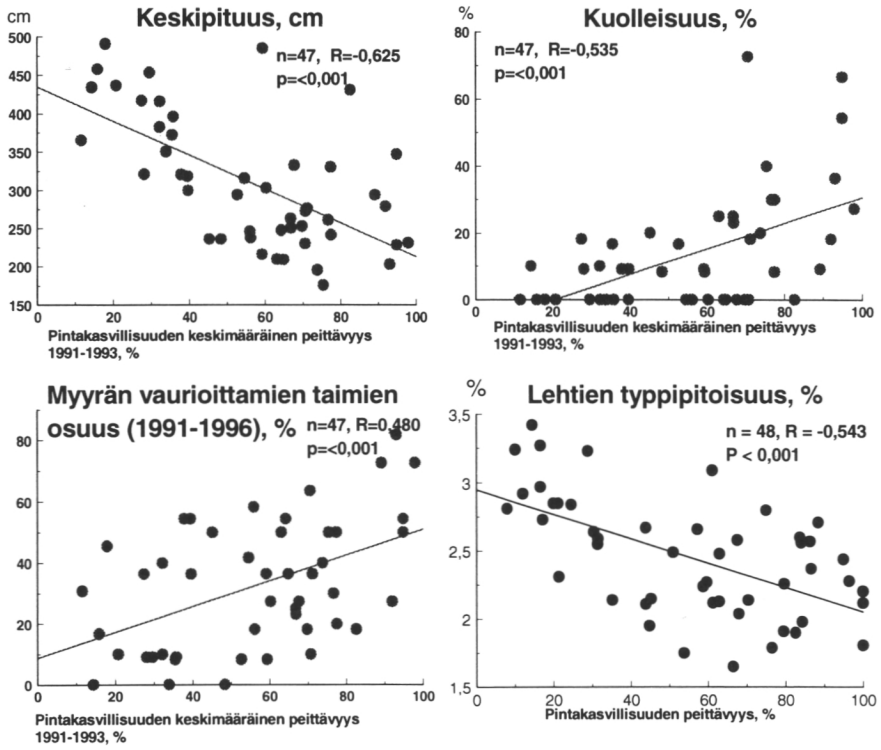
Koivun viljelyssä pelloilla tärkeää on myös maanmuokkaus, erityisesti käytettäessä pienikokoisia taimia (Leikola 1976). Ilman maanmuokkausta on koivu kasvanut huonosti kokeissa (Torpo 1991).

Pintakasvillisuus

Metsitettävillä pelloilla pintakasvillisuuden kehitys on hyvin nopeaa ja voimakasta. Rikkakasvit ovat kasvu- ja lisääntymisominaisuuksiltaan hyvin aggressiivisia kilpaillen tehokkaasti taimien kanssa valosta, vedestä ja ravinteista. Ne voivat myös mekaanisella painamisella vahingoittaa taimia. Jos kasvillisuuden kehityk-

seen ei puututa niin jo parissa vuodessa rikkakasvien maanpäällinen ja erityisesti maanalainen biomassa voi olla monisatakertainen puuntaimien vastaaviin verrattuna.

Pintakasvillisuuden kilpailun pienentäminen on lisännyt rauduskoivun taimien elossaoloa ja pituuskasvua (kuva 2, Hytönen & Lilja 1985). Parhaimmillaan tehokas pintakasvillisuuden torjunta lisäsi rauduskoivun taimien pituuskasvua yli puolitoista metriä seitsemässä vuodessa. Onnistuneella pintakasvillisuuden torjunnalla voidaan usein pienentää taimien kuolleisuutta ratkaisevasti ja saada aikaan täystiheä taimikko. Paras torjuntatulos saadaan poistamalla rikkakasvien maanalainen juuristokilpailu taimen ympäriltä (Ferm ym. 1994).



Kuva 2. Pintakasvillisuuden peittävyyden vaikutus rauduskoivun taimien keskipituuteen, kuolleisuuteen, myyrän vioittamien taimien määrään ja lehtien typpipitoisuuteen Vilppulassa sijaitsevalla kokeella. Koejärjestelyt: Ferm ym. 1994, Hytönen & Lilja 1995.

Pintakasvillisuuden kilpailun merkitystä rauduskoivun kasvatuksessa korostaa myös se, että pienikokoisten taimien kuolleisuus oli huomattavasti suurempi kuin kookkaiden taimien (Hytönen 1995). Myös vanhemman taimimateriaalin käyttäminen on parantanut selvästi taimien elossaoloa (Torpo 1991). Pintakasvilli-

suuden torjunnan ja maanmuokkauksen välillä voi vallita yhdysvaikutuksia. Leikolan (1976) tulosten mukaan pienikokoisia rauduskoivun taimia käytettäessä tehokas maanmuokkaus oli tarpeen, mutta käytettäessä isoja taimia vähemmänkin tehokkaat menetelmät antoivat tyydyttävän tuloksen. Pelloille tulisi istuttaa vain kookkaita taimia.

Pintakasvillisuus vaikuttaa suoran kilpailun ja mekaanisen haitan lisäksi puuntaimien menestymiseen myös välillisesti (kuva 2). Pintakasvillisuus pelloilla voi vaikuttaa myös taimien ravinnetalouteen (kuva 2, Ferm ym. 1994) sekä maan lämpö- ja vesitalouteen (Kolström & Nuutinen 1995, Siipilehto 1995). Monet pelloilla esiintyvät rikkakasvit ovat myyrien suosimia ravintokasveja. Peltokasvillisuus kiinnostaa myös hirviä, peuroja ja poroja. Ruohikossa viihtyvän, erityisesti pelloilla esiintyvän ruohokaskaan munintaviillot koivujen rungoilla voivat johtaa sieni-infektioihin.

Tuhot

Pellonmetsitykset ovat tavallista metsänviljelyä alttiimpia erilaisille tuhonaiheuttajille. Tämä johtuu osaksi peltojen runsaasta pintakasvillisuudesta ja ravinteisuudesta. Tärkeimpiä tuhonaiheuttajia ovat myyrät, hirvet, heinät, halla, erilaiset sienitaudit ja ravinneongelmat. Pintakasvillisuustuhojen merkitystä esitellyissä kenttäkokeissa pienensi niillä tehty heinäntorjunta.

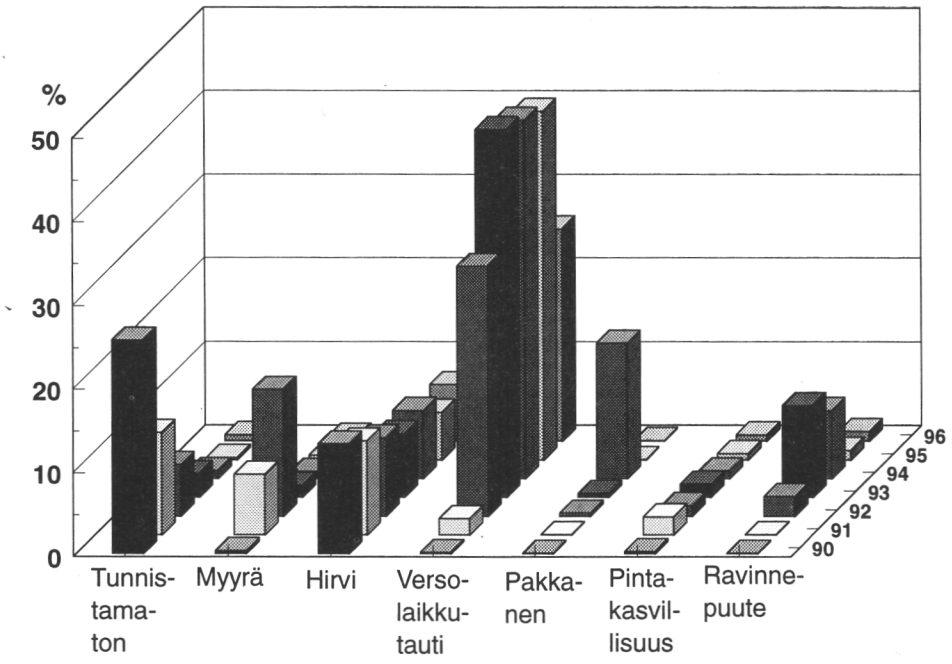
Istutuksen jälkeisinä ensimmäisinä vuosina myyrätuhoriski on pelloilla moninkertainen muihin metsänuudistamisaloihin verrattuna. Pellonmetsityskokeilla rauduskoivujen myyrätuhot ajoittuivat toiseen ja kolmanteen kasvukauteen (kuva 3). Koivuja myyrät nakersivat toisena kasvukautena 6–8 % taimista ja kolmantena 11–13 % taimista. Myyräkantojen runsaudenvaihtelun huomioiminen, tehokas pintakasvillisuuden torjunta, suojaputket ja karkotteet vähentävät myyrätuhoja (Henttonen ym. 1995). Myyrien aiheuttamista vioituksista voivat sieni-infektiot päästä helposti rauduskoivun taimeen ja aiheuttaa värivikoja.

Pellonmetsitysaloilla rauduskoivuntaimien hirvituhoriski on suuri ensimmäisinä istutuksen jälkeisinä vuosina (kuva 3). Jo ensimmäisestä vuodesta alkaen hirvet olivat pellonmetsityskokeilla vaurioittaneet vuosittain noin 8–12 % taimista. Rauduskoivua oli vioitettu hieman yleisemmin kuin hieskoivua. Toistuvaa syöntiä esiintyi yli 20 %:ssa vioitetuista koivuista (Heikkilä & Härkönen 1995). Myös jänis voi katkoa koivujen latvoja ja oksia.

Nuorissa koivun taimissa on ollut runsaasti versolaikkutautia; rauduskoivulla enemmän kuin hieskoivulla. Rauduskoivuista peräti 49 % kärsi versolaikkutaudista syksyllä 1994. Tartunta tapahtunee ruohokaskaiden munintajäljistä, myyrän syöntijäljistä tai muusta mekaanisesta vauriosta. Lievistä vikuutuksista

taimiin leviää helposti sieni-infektioita, joilla saattaa olla suuri merkitys koivun värivian synnyssä.

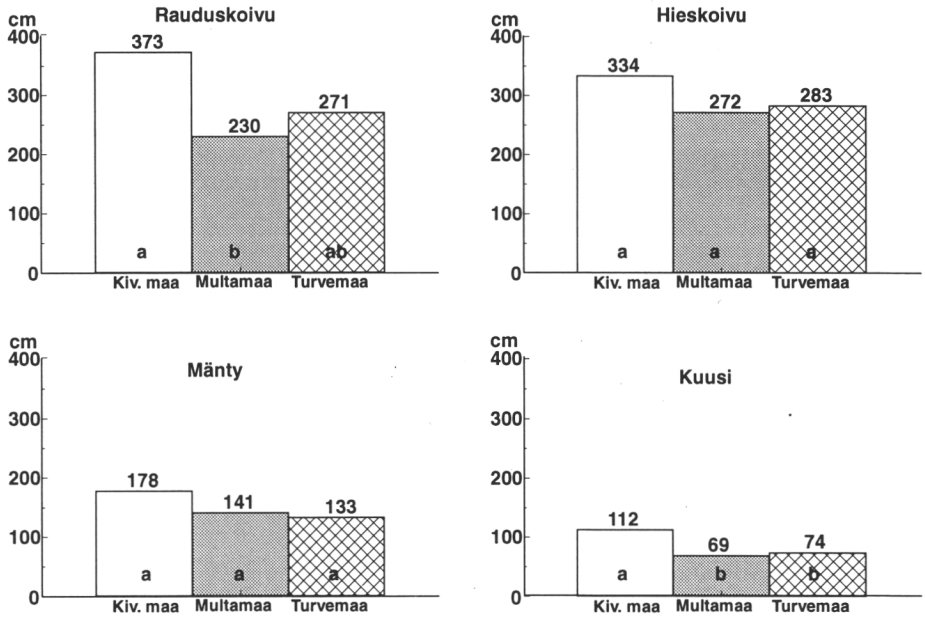
Taimien tuhoriski vaihtelee suuresti eri vuosina. Myös puulajien välillä on eroja. Rauduskoivu näyttää pellonmetsitysalueilla olevan hieman hieskoivua alttiimpi myyrätuhoille (Henttonen 1991, Henttonen ym. 1995), hirvituhoille (Heikkilä 1991, Heikkilä & Härkönen 1995) ja versolaikkutaudille (Hytönen 1995).



Kuva 3. Rauduskoivun taimien tärkeimmät tuhonaiheuttajat pellonmetsityskokeissa (17 vuosittain mitattua koetta).

Kasvu ja kuolleisuus

Rauduskoivut olivat kasvaneet hieman hieskoivuja paremmin ja huomattavasti nopeammin kuin männyt ja kuuset (kuva 4). Rauduskoivun taimet olivat pisimpiä kivennäismailla ja lyhyimpiä turve- ja multamailla. Hieskoivut olivat kasvaneet rauduskoivuja paremmin multamaa- ja turvepelloilla.

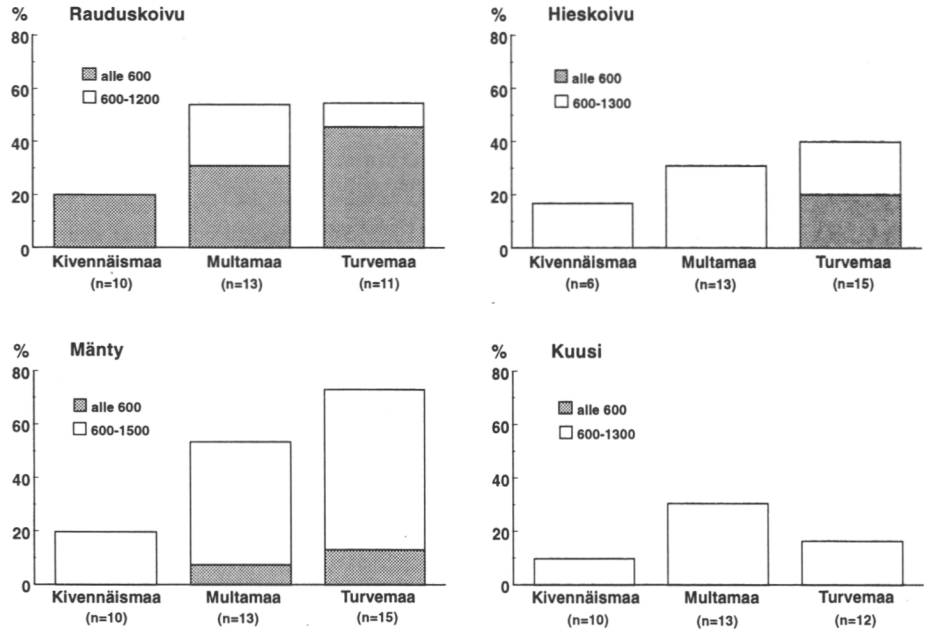


Kuva 4. Rauduskoivun, hieskoivun, männyn ja kuusen taimien keskipituus kivennäismaalla, multamaalla ja turvepellolla seitsemän kasvukauden kuluttua istutuksesta. Samalla kirjaimella merkitty keskiarvot, jotka eivät poikkea tilastollisesti merkitsevästi ($p > 0,05$) toisistaan.

Rauduskoivun taimien kuolleisuus kokeissa oli suuri. Seitsemän vuoden kuluttua istutuksesta taimista oli kuollut kivennäismaalla 41 %, multamailla 68 % ja turvemailla 43 %. Rauduskoivujen kuolleisuus oli huomattavasti suurempi kuin hieskoivujen. Suureen kuolleisuuteen ovat vaikuttaneet mm. myyrä- ja hirvituhojen lisäksi runsas versolaikkutautisten taimien määrä.

Metsitystulos

Kasvatuskelpoisten taimien määrä arvioitiin taimien kunnon perusteella. Kaikki kuolleet sekä kituvat taimet ja puolet heikentyneistä taimista arvioitiin kasvatuskelvottomiksi. Istutustiheytenä käytettiin kokeiden tavoitetiheyttä 3 000 tainta hehtaarille kaikilla puulajeilla. Metsänhoitosuositusten perusteella (Luonnonläheinen metsänhoito 1994) etsittiin puulajeittain ne kokeet, joissa olisi täydennys- tai uusintaviljelytarvetta. Kaikilla puulajeilla tämä oli suurin turvemailla. Turvemailla puolet rauduskoivikoista olisi uusintaviljeltävä (kuva 5). Luontaisesti syntyneiden taimien huomioiminen olisi parantanut tulosta hieman.



Kuva 5. Täydennys- ja uusintaviljelyn tarve pellonmetsityskokeilla (% kokeista). Laskettu kasvatuskelpoisiksi arvioitujen taimien määrän perusteella eri maalajeille. Uusintaviljelyraja 600 tainta/ha. Mukana kaikki ne kokeet, jotka on mitattu viiden kasvukauden kuluttua istutuksesta. Alkuperäinen viljelytiheys oli 3 000 tainta hehtaarille.

Peltojen metsitystuloksessa on hyvin suurta vaihtelua eri alueiden, kasvupaikkojen, puulajien ja jopa aikakausien välillä. Taimikoiden perustamisajankohdalla on ollut selvä vaikutus tulokseen, johtuen ilmeisesti myyräkantojen vaihtelusta ja muista tuhoista, joiden määrä vaihtelee vuosittain. Alueittaiset erot johtunevat suureksi osaksi kasvupaikkaeroista. Erityisesti Keski- ja Etelä-Suomen kivennäismaapelloille viljellyt rauduskoivikot ovat mittausten mukaan kehittyneet erittäin hyvin.

Koivunviljelyn onnistuminen ja hyvä kehitys pelloilla edellyttää oikeaa kasvupaikan valintaa, maanmuokkausta sekä pintakasvillisuuden kilpailun ja tuhoriskin hallintaa.

Kirjallisuus

Ferm, A. & Hytönen, J. 1991. Kenttäkokeet peltojen metsitysmenetelmät -hankkeessa. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 391: 9–14.

Ferm, A., Hytönen, J., Koski, K., Vihanta, S. & Kohal, O. 1993. Peltojen metsitysmenetelmät. Kenttäkokeiden esittely ja metsitysten kehitys kolmen ensimmäisen vuoden aikana. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 463. 127 s.

Ferm, A., Hytönen, J., Lilja, S. & Jylhä, P. 1994. Effects of weed control on the early growth of Betula pendula seedlings established on an agricultural land. Scandinavian Journal of Forest Research 9: 347–359.

Heikkilä, R. 1991. Hirvituhon vaikutus pellonmetsityksen onnistumiseen. Abstract: Effect of moose damageon afforestation outcome on former agricultural land. Julkaisussa: Ferm, A. & Polet, K. (toim.). Peltojen metsitysmenetelmät. Tutkimushankkeen väliraportti. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 391: 100–104.

Heikkilä, R. & Härkönen, S. 1995. Hirvituhojen vaikutus pellonmetsitysalojen alkukehitykseen. Julkaisussa: Hytönen, J. & Polet, K. (toim.) Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 581: 118–122.

Henttonen, H. 1991. Myyrätuhot peltojen metsityksessä. Abstract: Damage by microtine rodents in farmland afforestations in Finland: Risk and control. Julkaisussa: Ferm, A. & Polet, K. (toim.) Peltojen metsitysmenetelmät. Tutkimushankkeen väliraportti. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 391: 92–99.

Henttonen, H., Niemimaa, J. & Kaikusalo, A. 1995. Myyrät ja pellonmetsitys. Julkaisussa: Hytönen, J. & Polet, K. (toim.) Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 581: 97–117.

Hytönen, J. 1995. Taimien alkukehitys pellonmetsitysaloilla. Julkaisussa: Hytönen, J. & Polet, K. (toim.). Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 581: 12–23.

Hytönen, J. & Lilja, S. 1995. Pintakasvillisuuden torjunnan vaikutus taimien ensikehitykseen pellonmetsitysaloilla. Julkaisussa: Hytönen, J. & Polet, K. (toim.) Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 581: 63–73.

Kolström, T. & Nuutinen, J. 1995. Pintakasvillisuuden määrän vaikutus maan kosteus- ja lämpöoloihin sekä koivuntaimien kehitykseen. Julkaisussa: Hytönen, J. & Polet, K. (toim.) Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 581: 74–89.

Leikola, M. 1976. Maanmuokkaus ja pintakasvillisuuden torjunta peltojen metsittämisessä. Summary: Soil tilling and weed control in afforestation of abandoned fields. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 88.3. 101 s.

Luonnonläheinen metsänhoito. Metsänhoitosuositukset. 1994. Metsäkeskus Tapion julkaisuja 6. 72 s.

Petäjistö, L., Mustonen, M. & Selby, J.A. 1993. Metsittääkö vai ei? Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 448. 32 s.

Raulo, J. 1981. Koivukirja. 131 s.

Siipilehto, L. 1995. Heinäntorjuntamenetelmien vaikutus peltomaan lämpötilaan. Julkaisussa: Hytönen, J. & Polet, K. (toim.) Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 581: 90–96.

Torpo, J. Peltojen metsitysmenetelmät 20-vuotta vanhojen kokeiden valossa. Abstract: Field afforestation in the light of 20-year-old experiments. Julkai-

sussa: Ferm, A. & Polet, K. (toim.) Peltojen metsitysmenetelmät. Tutkimushankkeen väliraportti. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 391: 39–48.
Urvas. L. 1995. Suomen peltojen maalajit, ravinnetaso ja viljavuusluokitus. Julkaisussa: Hytönen, J. & Polet, K. (toim.). Peltojen metsitysmenetelmät. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 581: 123–132.

ENSIHARVENNUS ISTUTETUSSA RAUDUSKOIVIKOSSA

Pentti Niemistö ja Eero Poutiainen

Harvennuksen ajankohdan ja voimakkuuden vaikutusta tutkittiin viljelykoivikoissa, joiden valtapituus vaihteli 9 ja 17 metrin välillä. Tutkimusaineiston 17 koetta (yhteensä 174 koealaa) sijaitsevat Etelä- ja Keski-Suomessa.

Valtapuut kasvoivat voimakkaan harvennuksen jälkeen 30 % enemmän kuin vastaavat puut harventamattomassa koivikossa. Pienempien puiden kasvureaktio oli vielä voimakkaampi. Voimakkaasta harvennusreaktiosta huolimatta ensiharvennus alensi puuston tilavuuskasvua ja kuitupuun tuotosta noin 10 vuodeksi. Poikkeuksena olivat ylitiheydestä kärsineet koivikot, joiden tuotos laski harvennuksen viivästyessä. Kasvamaan jätettyjen rauduskoivujen harvennusreaktio korvasi ensimmäisellä 5-vuotiskaudella noin 20 % suuruista puustopääoman alentumista vastaavan tilavuuskasvun menetyksen. Esimerkiksi 48 %:n vähentyminen tilavuudessa johti 28 %:n kasvutappioon. Kasvun alentuminen oli kuitenkin ohimenevä, koska toisella 5-vuotiskaudella kasvutappio jäi jo selvästi pienemmäksi.

Erittäin voimakas harvennus alensi tilapäisesti myös koivun pituuskasvua. Oksien kuoleminen hidastui suoraviivaisesti harvennusvoimakkuuden lisääntyessä. Harventamattomissa koivikoissa alaoksat kuolivat keskimäärin 40 cm matkalta vuodessa ja elävän latvuksen pituus pysyi lähes vakiona. Normaalissa viljelytiheydessä (1 600 kpl/ha) ensiharvennus voitiin tehdä järkevästi 14,5–17 metrin valtapituudessa. Oikea-aikaiseen harvennukseen oli tällöin aikaa korkeintaan 4–5 vuotta. Tiheämmissä koivikoissa harvennus oli tehtävä selvästi aikaisemmin ja järkevä harvennusajankohta supistui 2–3 vuoteen. Yli 2 500 kpl/ha sisältävä rauduskoivikko on harvennettava jo taimivaiheessa. Istutuskoivikoissa näyttää edullisimmalta soveltaa kahden voimakkaan harvennuksen ohjelmaa.

Johdanto

Tällä hetkellä Suomessa arvioidaan olevan noin 150 000 ha istutuskoivikoita, joista vanhimmat, yli 30-vuotiaat, on harvennettu 2–3 kertaa. Ensiharvennustarve lienee lähivuosien aikana noin 4 000 ha/v. 1980-luvun puolivälissä lisääntyneen koivun istutuspinta-alan takia ensiharvennustarve alkaa lisääntyä vuoden 2005 tienoilla.

Rauduskoivikon istutustiheydeksi on Suomessa vakiintunut 1 600 kpl/ha, luontaisen lehtipuun täydentäessä suositellaan myös 1 200 kpl/ha (Metsänhoitosuositukset 1989). Niemistön (1995a ja b) mukaan tämä viljelyohje sopii muille paitsi viljavimmille peltomaille, joissa oksien paksuuskasvun ja rungon kapenemisen hillitsemiseksi tarvitaan suurempaa tiheyttä taimivaiheessa. Kasvatustiheyden lisääminen vähentää koivujen oksaisuutta ja rungon kapenemista, mutta yli 2 500 kpl/ha menevä runkoluku ei ole enää perusteltu.

Kestokokeisiin perustuvia harvennusohjeita ovat julkaisseet Raulo (1983) ja Niemistö (1993, 1995a). Aineistoltaan suppeisiin ja usein myös melko nuorista puustoista saatuihin tuloksiin nojautuen tutkijat ovat suositelleet istutetuille rauduskoivikoille verrattain voimakkaita harvennuksia. Ensiharvennuksessa suositellaan jätettäväksi noin 800 puuta hehtaarille. Viljelykoivikon nopean pituuskehityksen vuoksi oikea-aikainen ensiharvennus on tärkeä toimenpide. Niemistön (1995b) mukaan aikaa taloudellisesti kannattavaan, mutta samalla latvusten suotuisan kehityksen turvaavaan ensiharvennukseen on vain muutama vuosi.

Tässä työssä selvitetään eri valtapituudessa tehtyjen eriasteisten ensiharvennusten vaikutuksia istutuskoivikon kasvuun ja tuotokseen. Samalla tarkastellaan harvennuspoistuman määrää ja latvusten kehitystä suotuisan ensiharvennusajankohdan määrittämiseksi.

Aineisto ja menetelmät

Suurin osa tutkimusaineiston 17 harvennuskokeesta perustettiin vuosina 1988–1990, joten käytettävissä on ensimmäisen 5-vuotiskauden kasvutulokset. Koesarjaan kuuluu lisäksi kolme vuonna 1980 perustettua koetta, joista on käytettävissä useampi mittausjakso. Kymmenessä koemetsikössä kasvupaikka on entinen kivennäismaapelto ja metsämailla viidessä tapauksessa MT ja kahdessa OMT (taulukko 1). Varttuneiden koivikoiden vähäisyyden takia aineistoon sisällytettiin myös kaksi ennen kokeen perustamista lievästi harvennettua koivikkoa (kokeet 835 ja 841).

Koemetsikköjen valtapituusboniteetti H_{50} vaihteli Oikarisen 1983 julkaisemien boniteettikäyrien mukaan 22:n ja 29:n välillä (= valtapituus 50 vuoden iässä). Varsinaisissa ensiharvennuksissa oli istutuksesta kulunut 14–21 kasvukautta ja koivujen biologinen ikä oli kaksi vuotta tätä suurempi (taulukko 1).

Taulukko1. Istutuskoivun harvennuskokeiden yleistiedot ensiharvennuksessa.

Koe no	Paikkakunta	Yhtenäiskoord Pohj.	Itä	Kasvu-paikka	Pituus-boniteetti*	Ensiharv. vuosi	Biolog. ikä, v	Koealoja kpl
831	Pälkäne	6811	365	Pelto	26	-88	21	8
832	Kannus	7090	359	Pelto	22	-89	22	6
833	Lestijärvi	7056	388	Pelto	25	-89	21	8
834	Kivijärvi	7012	404	Pelto	26	-89	19	12
835	Uurainen	6923	422	MT	26	-89	23	14
836	Kuopio	6984	538	Pelto	29	-89	20	6
837	Konginkangas	6957	439	MT	26	-89	22	15
838	Konginkangas	6957	439	MT	24	-89	23	10
839	Uurainen	6923	422	Pelto	27	-89	16	12
840	Juuka	7026	626	OMT	26	-89	20	9
841	Perho	7009	382	Pelto	25	-90	22	8
842	Suonenjoki	6942	519	Pelto	25	-90	20	12
845	Vesijako	6807	398	OMT	24	-90	22	11
846	Lammi	6797	392	MT	24	-90	23	13
859	Pieksämäki	6901	594	Pelto	27	-80	12, 17	10
860	Pieksämäki	6901	594	MT	26	-80	12, 17	15
867	Kiihtelysvaara	6935	680	Pelto	25	-85	17	5

* H_{50} = Koivikon valtapituus 50 vuoden iässä (Oikarinen 1983)

Koejärjestelyyn sisältyi harventamattomien koealojen ohella kolme eri harvennusastetta, joissa jäävän puuston pohjapinta-alan tavoite oli 80, 65 ja 50 prosenttia harventamattomien koealojen keskiarvosta. Koejärjestely toistettiin niin monta kertaa kuin se koemetsikköön mahtui. Mahdolliset ylimääräiset koealat jätettiin harventamattomina odottamaan myöhempää ensiharvennusta. Koealojen lukumäärä metsikössä oli 5–15 kpl. Harvennus tehtiin alaharvennuksen periaatteita noudattaen ja koivujen laatu otettiin huomioon poistamalla vikaisia tai muuten huonolaatuisia puita. Kokeisiin 859 ja 867 sisältyi tavanomaisesta poiketen erittäin voimakas harvennus, jossa puustotaso oli keskimäärin 34 % harventamattomasta.

Koealan kaikki puut mitattiin ja kartoitettiin lomakkeen 71 mukaisesti (Metsikkökokeiden maastotyöohje 1987). Jokaiselta koealalta valittiin poikkileikkauspinta-alaa painottaen noin 40 koepuuta (Laasasenaho 1973). Koepuista mitattiin läpimitta 6,0 metrin korkeudelta sekä puun pituus ja latvusrajan korkeus. Uusintamittauksessa koepuina olivat samat puut kuin aikaisemminkin. Puustotunnukset laskettiin koealojen peruslaskentaohjelmalla KPL (Heinonen 1994). Tulosten tilastollisessa analysoinnissa käytettiin varianssianalyysiä ja pareittaisiin vertailuihin Tukeyn testiä. Havaintoina olivat toisistaan riippumattomat metsikkökohtaiset keskiarvot käsittelyittäin.

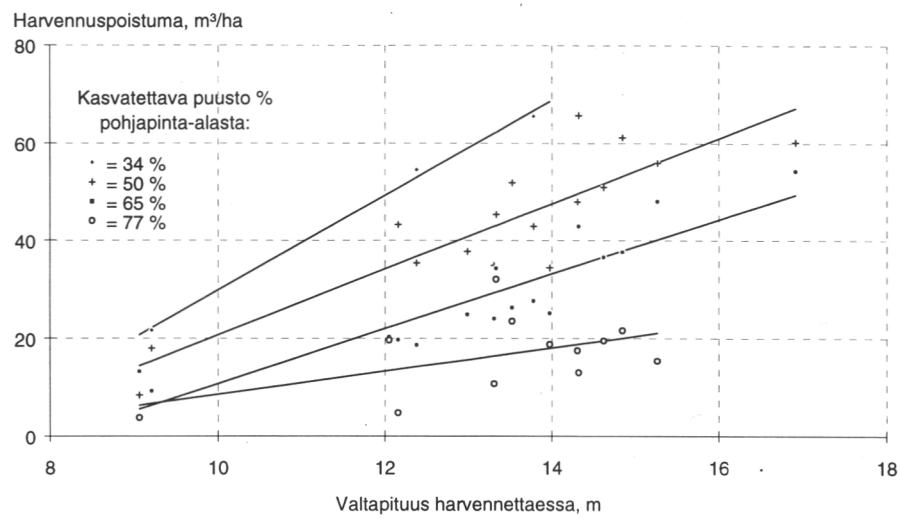
Tulokset

Puuston määrä

Harventamattomien koealojen runkoluku vaihteli välillä 1 400–2 800 kpl/ha (poikkeuksena 1 000 kpl/ha kahdessa aikaisemmin lievästi harvennetussa). Kokeet perustettiin 9–17 m valtapituudessa. Ajankohdaltaan tavanomaiseksi katsottavissa ensiharvennuksissa valtapituus vaihteli 12,1 ja 15,3 metrin välillä ja puuston tilavuus oli ennen harvennusta 69–122 m^3/ha. Harventamattomat istutuskoivikot ylittivät Oikarisen (1983) tutkimuksessa suositellun harvennusrajan 12–14 metrin valtapituudessa. Harvennusmallin tavoitepuusto oli yleensä koejärjestelyssä esiintyneiden 80 %:n ja 65 %:n puustotasojen välissä ja 50 %:n harvennuksessa pohjapinta-ala oli keskimäärin kolmanneksen tavoitepuustoa pienempi.

Voimakkaassa harvennuksessa, jossa poistettiin 50 % pohjapinta-alasta, jäi kasvamaan keskimäärin 690 koivua hehtaarille, kun runkoluku harventamattomilla koealoilla oli keskimäärin 1 870 kpl/ha. Puuston keskimääräiset tilavuudet eri käsittelyissä olivat 51, 65, 78 ja harventamattomassa 97 m^3/ha. Myöhäiset taimikonharvennukset kokeilla 859 ja 860 eivät sisälly näihin keskiarvoihin.

Runkopuun poistuma riippui selvästi sekä harvennuksen ajankohdasta että voimakkuudesta (kuva 1). Eri harvennusasteilla poistuma kasvoi suoraviivaisesti puuston valtapituuden lisääntyessä. Taloudellisesti kannattava 40 kuutiometrin poistuma ylitettiin voimakkaassa 50 %:n harvennuksessa noin 13 metrin valtapituudessa ja lievemmässä 65 %:n puustotasolle tehdyssä harvennuksessa 15,5 metrin valtapituudessa. Myös kuitupuun kertymä lisääntyi harvennuksen myöhentyessä ja sen voimakkuuden lisääntyessä, mutta tiheyseroista johtuen koemetsiköiden välinen vaihtelu oli suurta. Voimakkaissa harvennuksissa poistuman kuitupuuosuus oli aikaisissa ensiharvennuksissa 40–50 prosentin tasolla, mutta myöhemmin yleisesti 80 %:n yläpuolella. Jäävän puuston osuuden vähentäminen 65 %:sta 50 %:n tasolle lisäsi kuitupuukertymää keskimäärin 13 m^3/ha. Alle 7 cm paksuista pieniläpimittaista puuta kertyi lievässä harvennuksessa keskimäärin 8,7 m^3/ha ja voimakkaassa 50 %:n harvennuksessa 14,4 m^3/ha.



Kuva 1. Istutuskoivikoiden ensiharvennuspoistuman riippuvuus puuston valtapituudesta ja harvennusasteesta.

Pituuskasvu

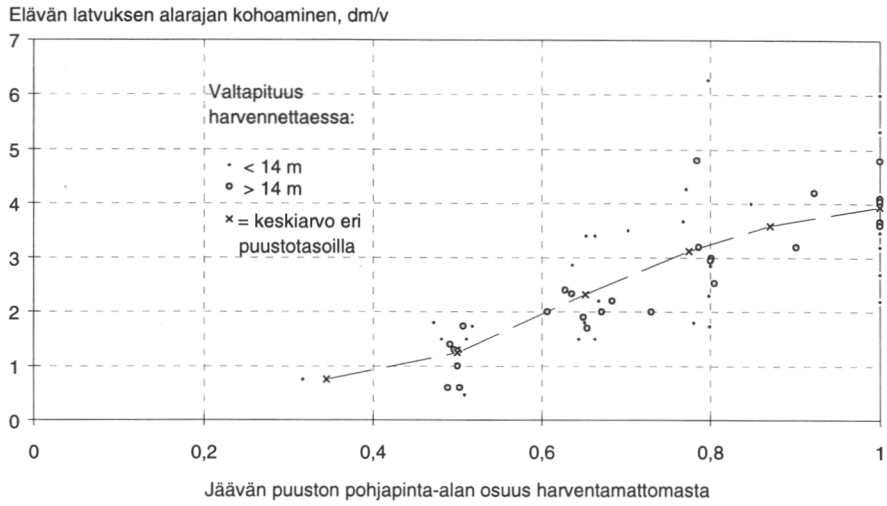
Valtapituuden kasvu oli ensiharvennuksen jälkeisellä 5-vuotisjaksolla keskimäärin 55 cm vuodessa. Voimakkaimman harvennuksen jälkeen valtapituuden kasvu oli keskimäärin 4 cm/v alempi kuin harventamattomassa puustossa. Kahdessa kokeessa oli mukana koejäsen, jossa puuston määrä oli 34 % harventamattomasta ja silloin valtapituuden kasvu oli vain 70 % harventamattoman puuston kasvusta. Toisella 5-vuotiskaudella harvan koivikon pituuskasvu elpyi tiheämpien tasolle ja toisaalta ylitiheys alkoi verottaa harventamattomien koealojen pituuskasvua. Vastaava ilmiö on havaittu myös harvaan ja tiheään istutetuissa rauduskoivikoissa (Niemistö 1995b). Metsikön eripituiset puut kasvoivat pituutta lähes yhtä paljon, joten istutuskoivikon eriytyminen latvuskerroksiin tapahtuu hitaasti.

Latvusten kehitys

Elävän latvuksen alaraja ennen harvennusta vaihteli aikaisten ensiharvennusten 3 metristä myöhäisimmän harvennuksen 7 metriin. Elävän latvuksen pituus oli vastaavasti 6–9 metriä. Puuston pituuden lisäksi latvusrajan korkeuteen vaikutti oleellisesti runkoluku. Tiheissä (yli 1 900 kpl/ha) koivikoissa latvusraja oli keskimäärin metrin ylempänä kuin harvemmissa koivikoissa.

Koivun latvusrajan kohoaminen harvennuksen jälkeen riippui melko suoraviivaisesti kasvamaan jätetyn puuston määrästä (kuva 2). Harventamattoman koivikon alaoksat kuolivat keskimäärin 40 cm matkalta vuodessa eli lähes puun pi-

tuuskasvun nopeudella. Myöhäinen harvennus (valtapituus >14 m) hidasti latvuksen supistumista enemmän kuin vastaava aikainen harvennus.



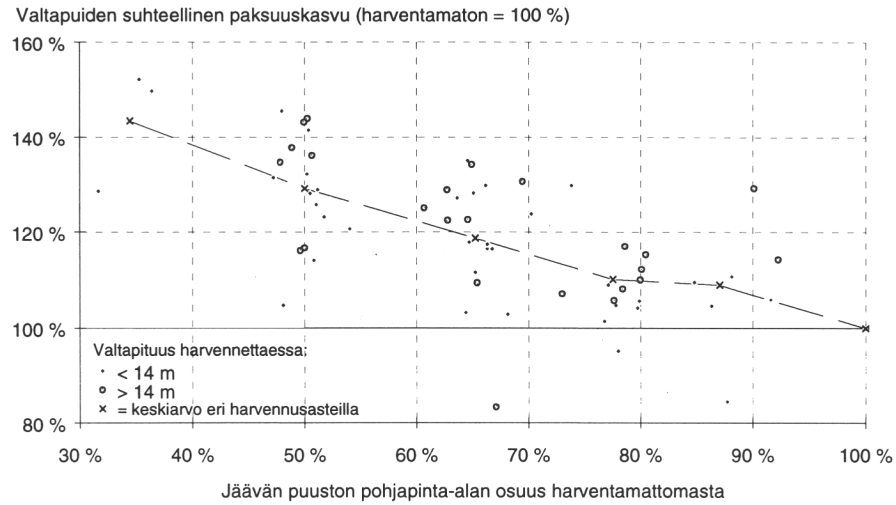
Kuva 2. Istutuskoivujen latvusrajan kohoaminen puustopääoman funktiona 5 vuoden aikana ensiharvennuksen jälkeen.

Elävän latvuksen osuus puun pituudesta oli ennen harvennusta keskimäärin 60 % (vaihteluväli 52–70 %). Harvennuksen jälkeisellä 5-vuotisjaksolla elävän latvuksen osuus kohosi alimmalla puustotasolla keskimäärin 65 prosenttiin. Lievästi harvennetussa ja harventamattomassa koivikossa latvuksen osuus sitä vastoin pieneni. Mittausjakson aikana harventamattoman koivikon latvusosuus alitti viidessä koemetsikössä kriittisen rajan (= 50 %) (Raulo 1983, Niemistö 1991). Jo lieväkin harvennus esti latvuksen liiallisen supistumisen.

Läpimitan ja tilavuuden kasvu

Kuvassa 3 harventamattomien koealojen valtaläpimitan kasvua (= 100 paksuimman keskiarvo hehtaarilla) on merkitty kokeittain arvolla 100. Siihen verrattuna 65 prosentin puustotasolla mitattiin keskimäärin 20 % ja 50 prosentin puustotasolla 30 % suurempi valtaläpimitan kasvu. Puustopääoman vaikutus oli suoraviivaista. Läpimitan keskimääräinen harvennusreaktio oli vielä tätäkin suurempi, koska metsikön suurimpien koivujen paksuuskasvu oli reagoinut harventamiseen vähemmän kuin pienemmät puut. Varhaisissa ensiharvennuksissa (valtapituus <14 m) käsittelyn vaikutus valtaläpimittaan oli lievempi kuin myöhemmin harvennetuissa. Viiden vuoden kuluttua harvennuksesta puun poikkileikkauspinta-alalla painotettu keskiläpimitta oli 50 % puustotasolla 15,3 cm, 65 %:n tasolla 14,8 cm, 77 %:n tasolla 14,3 cm ja harventamattomassa puustossa 13,4 cm.

(Varianssianalyysissä F = 8,0 ja p = 0,0001. Tukeyn testin mukaan harventamattomat koealat poikkesivat harvennetuista.)



Kuva 3. Istutuskoivikon suhteellinen valtaläpimitan kasvu puustopääoman funktiona 5 vuoden aikana ensiharvennuksen jälkeen.

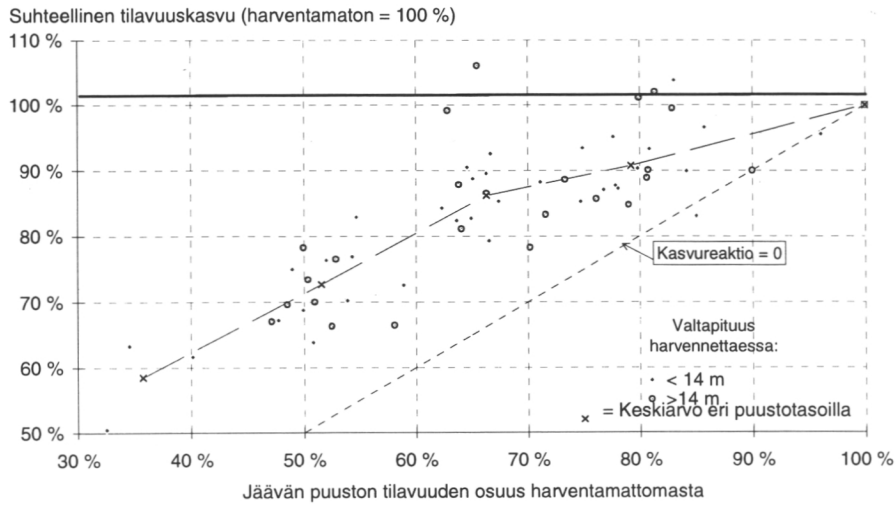
Harventamattomien rauduskoivikoiden tilavuuskasvu oli tutkimusjaksolla keskimäärin 10,5 m^3/ha/v (vaihteluväli 6,7–13,5 m^3/ha/v) (taulukko 2). Lievä harventaminen 77 %:n puustotasolle alensi kasvua keskimäärin 0,9 m^3/ha/v. Keskivahvan harvennuksen aiheuttama kasvun alentuminen oli 1,5 m^3/ha/v ja vahvan 50 %:n harvennuksen 2,9 m^3/ha/v. Luvut eivät sisällä kokeiden 859 ja 860 taimikkovaiheen harvennuksia, mutta tulokset niissä olivat saman suuntaiset. Erittäin voimakas harventaminen 34 %:n puustotasolle pudotti vuotuista tilavuuskasvua noin 4 m^3/ha maksimista.

Kun harventamattoman puuston tilavuuskasvua merkittiin 100:lla ja harvennettujen puustojen kasvua verrattiin siihen, päästiin kuvan 4 mukaiseen tarkasteluun. Rauduskoivujen suhteellinen kasvu lisääntyi harvennuksen voimistuessa siten, että 65 %:n pohjapinta-alatasoa (= 67 % tilavuudesta) vastaava tilavuuskasvun taso oli keskimäärin 87 %. Vastaava luku 50 %:n puustotasolla (52 % tilavuudesta) oli 72 %. Voimakkaan ja keskivahvan harvennuksen aikaansaama lisäys kasvatettavien puiden kasvussa vastasi näin ollen viidennestä puuston maksimikasvusta. Tämän yli menevää osaa poistetun puuston mukana menetetystä kasvupotentiaalista ei rauduskoivujen harvennusreaktio pystynyt korvaamaan ensimmäisellä 5-vuotisjaksolla.

Taulukko 2. Eri voimakkuuksilla harvennettujen istutuskoivikoiden tilavuuskasvu ensiharvennuksen jälkeisellä 5-vuotiskaudella sekä kuitupuun tuotos kasvujakson loppuun mennessä.

Koe	Runkotilavuuden kasvu eri puustotasoilla, m³/ha/v						Kuitupuun (>7cm) tuotos eri puustotasoilla, m³/ha					
no	34%	50%	65%	77%	87%	100%	34%	50%	65%	77%	87%	100%
860		7,3	8,8	9,0	8,6	10,4		46	58	53	48	61
859	9,0	10,7	12,0		12,2	14,3	63	74	81		81	105
832			6,6	7,5		8,4			86	102		99
839		9,5	11,1	11,7		13,5		101	101	103		120
867	3,7	4,9	6,1		7,1	7,3	67	69	86		94	89
860		7,9	9,0	9,6	9,8	10,3		101	101	99	107	102
845		5,9	8,2	8,4		9,3		84	102	97		104
842		7,2	8,9	10,0		9,6		108	125	139		122
834		8,4	9,1	10,5		11,1		127	114	130		128
841		7,2	8,7	9,0				96	109	109		
859	7,5	10,1	11,0			12,2	132	137	118			143
846		4,9	5,8	6,8		6,7		80	86	99		94
838		6,8	6,5	8,7	10,0	9,8		111	84	110	114	133
833		8,6	11,2	11,7		12,5		153	163	142		164
831		7,2	9,4	9,1		10,7		123	137	136		144
840		8,1	11,0	9,2		10,4		136	151	143		151
837		9,1	10,6	11,2	11,8	13,1		147	162	144	137	170
835		6,3	7,4	7,9	8,7			118	134	125	154	
836		9,7	12,5	12,5		12,6		163	189	217		183
x*		7,7	9,1	9,8		10,5		117	120	128		130

* Keskiarvo ei sisällä taimikkovaiheen harvennuksia kokeissa 859 ja 860 eikä ennen kokeen perustamista lievästi harvennettuja koemetsiköitä 835 ja 841.



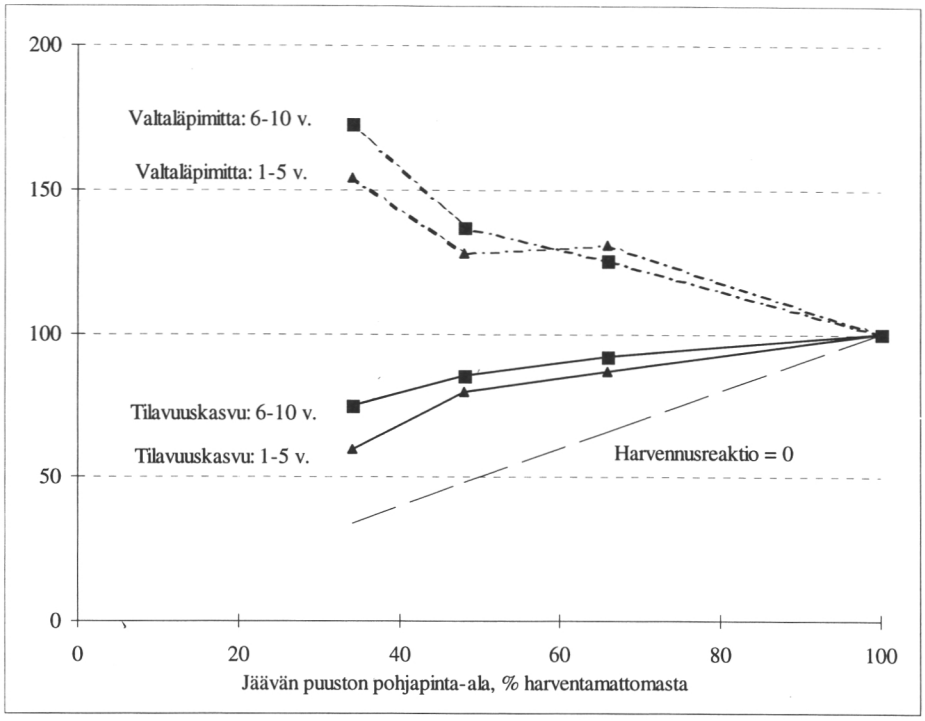
Kuva 4. Istutuskoivikon suhteellinen tilavuuskasvu puustopääoman funktiona 5 vuoden aikana ensiharvennuksen jälkeen.

Harvennusreaktiosta kertyvä lisäpuumäärä ei siis riippunut harvennusasteesta (puustotasot: 67, 52 ja 36 %). Niinpä yksittäisten puiden kasvun täytyi lisääntyä voimakkaimmissakin harvennuksissa samassa suhteessa kuin puustopääoma pieneni. Jäävän puuston tilavuuskasvuprosentti harventamattomaan verrattuna oli lievässä harvennuksessa keskimäärin 1,15-kertainen, keskivahvassa 1,3-kertainen ja 50 %:n puustotasolla 1,4-kertainen. Yksittäisten rauduskoivujen harvennusreaktion maksimia ei saavutettu vielä 50 prosentinkaan harvennuksessa, koska kahdessa kokeessa 34 %:n tasolle harvennetun puuston tilavuuskasvuprosentti oli yli 1,5-kertainen verrattuna harventamattomaan.

Ensiharvennus siis alensi rauduskoivikon tilavuuskasvua lukuunottamatta niitä metsiköitä, joissa harventamattomat koealat kärsivät jo selvästi ylitiheydestä. Näitä olivat normaalia tiheämmät (yli 2 000 kpl/ha) koivikot sekä tutkimusaineiston myöhäisin ensiharvennus 17 metrin valtapituudessa. Niissäkin puuston tilavuuskasvu alentui 50 %:n harvennuksessa.

Ensimmäisen 5-vuotiskauden jälkeisestä kasvusta on käytettävissä vasta kolmeen kokeeseen perustuvia tuloksia (kuva 5). Hyvin voimakkaasti harvennetuilla koealoilla valtapuiden järeytyminen nopeutuu myös toisella 5-vuotisjaksolla. Lievemmissä harvennuksissa valtapuiden paksuuskasvuero harventamattomaan verrattuna pysyy lähes ennallaan. Harvennuksen aiheuttama kasvun alentuminen ei ole vielä kokonaan ohi toisella 5-vuotiskaudella. Kasvutappio on kuitenkin lähes puolittunut ensimmäisestä kasvujaksosta kaikilla harvennusvoimakkuuksilla, joten 10 vuoden kuluttua ensiharvennuksesta koivikon tilavuuskasvu näyttäisi tasoittuvan eri puustotasoilla. Nuoren, alle 10 metrin pituudessa hyvin voimakkaasti harvennetun koivikon kasvu ei kuitenkaan palautunut tiheämpien tasolle vielä silloinkaan.

Varttuneiden koivikoiden myöhemmistä harvennuksista on olemassa näytealat Metlan Punkaharjun tutkimusalueessa. Noin 24 metrin valtapituudessa harvennettujen koealapuustojen tilavuuskasvu ei riippunut harvennusvoimakkuudesta.



Kuva 5. Istutuskoivikon tilavuuden ja valtaläpimitan suhteelliset kasvureaktiot kahdella 5-vuotisjaksolla ensiharvennuksen jälkeen.

Tuotoserot

Mittausjakson loppuun laskettu käyttöpuun (>7 cm) kokonaistuotos oli suurin harventamattomassa puustossa (taulukko 2), keskimäärin 130 m³/ha (vaihteluväli 89–183 m³/ha). Luvut sisältävät sekä harvennuskertymän että loppupuuston käyttöpuuosuuden. Tuotostappio 65 %:n ja 50 %:n puustotasoilla oli noin 10 prosentin luokkaa, mutta se ei ollut tilastollisesti merkitsevä. Koemetsiköittäin tarkasteltuna käyttöpuun tuotostappio johtui pääasiassa harvennuksen jälkeisistä kasvueroista, ei niinkään pienten puiden poistamisesta ennen kuitupuukynnystä. Pieniläpimittaisen hukkapuun (<7 cm) määrään vaikutti eniten taimikko- ja riukuvaiheen kasvatustiheys. Tiheydessä 2 200 kpl/ha pienpuun tuotos oli 23 m³/ha, tiheydessä 1 750 kpl/ha 17 m³/ha ja tiheydessä 1 400 kpl/ha 12 m³/ha. Ensiharvennuksen ajankohta ei vaikuttanut oleellisesti pienpuun määrään ellei harvennusta tehty jo taimikkovaiheessa, ennen 12 metrin valtapituutta.

Puuston suuri tiheys ennen harvennusta lisäsi kertymän määrää mutta pienensi korjattavan rungon kokoa. Eniten poistettujen puiden keskikokoon vaikutti harvennuksen ajankohta. Varhaisimmissa ensiharvennuksissa poistetun rungon kuituosan keskitilavuus oli 30–40 dm³ ja myöhäisimmissä yli 70 dm³. Harvennusas-

teen vaikutus jäi pienemmäksi: voimakkaassa harvennuksessa kuituosan keskitilavuus oli keskimäärin 45 dm^3 ja lievässä harvennuksessa 35 dm^3. Kuolleiden koivujen määrä oli vielä viisi vuotta kokeiden perustamisen jälkeen vähäinen. Luonnonpoistuma koostui lähes pelkästään kuitupuun minimimittaa pienemmistä puista.

Tulosten tarkastelu

Rauduskoivun pituuskasvu aleni voimakkaan harvennuksen seurauksena, mutta palautui tiheämpien puustojen tasolle jo toisella 5-vuotisjaksolla. Voimakas ensiharvennus nopeutti välittömästi puuston paksuuskasvua. Myös valtapuuston järeytyminen nopeutui harvennuksen jälkeen selvästi, vaikka pienemmät puut reagoivat harvennukseen eniten. Harventaminen alensi puuston tilavuuskasvua muissa paitsi ylitiheydestä kärsivien koivikoiden lievissä tai keskivahvoissa harvennuksissa.

Jäävän puuston kasvureaktion ansiosta 33 prosentin pudotus puuston tilavuudessa vähensi tilavuuskasvua ensimmäisellä 5-vuotiskaudella keskimäärin 13 %. Vastaavasti 48 prosentin pudotus tilavuudessa merkitsi 28 %:n vähennystä ja 64 prosentin pudotus 42 % vähennystä kasvussa. Näin ollen jäävän puuston kasvureaktio pystyi korvaamaan noin 20 % suuruista puustopääoman vähennystä vastaavan tilavuuskasvun menetyksen. Nopeaa järeytymistä tavoiteltaessa tätäkin voimakkaammasta harvennuksesta oli hyötyä, koska puutasolla kasvu lisääntyi vielä puustotason alitettua 50 %:n rajan ja tilavuuskasvun alentuminen näytti olevan ohi noin 10 vuodessa.

Latvusrajan kohoaminen riippui melko suoraviivaisesti puuston tiheydestä. Harventamattomissa koivikoissa alaoksat kuolivat 5 vuoden aikana keskimäärin 2 metrin matkalta ja puiden elävän latvuksen pituus pysyi lähes muuttumattomana. Voimakkaan harvennuksen jälkeen alaoksien kuoleminen ei pysähtynyt, mutta hidastui niin, että latvusosuus alkoi kohota. Hynysen (1995) mukaan voimakas harvennus ei lisää latvusosuutta männikössä, mutta pysäyttää sen pienenemisen.

Niemistön (1995a) mukaan rauduskoivun elävän latvuksen osuus laski kriittisenä pidetyn 50 %:n alapuolelle 13 metrin valtapituudessa, jos runkoluku oli 3 300 kpl/ha. Runkoluvulla 2 100 vastaava pituusvaihe oli 16 metriä. Tämän tutkimuksen tiheimmissä koivikoissa harventamattoman puuston latvusten kehitys oli samanlaista, mutta alle 2 000 koivun hehtaaritiheyksissä latvusten supistuminen oli hitaampaa kuin em. tutkimuksessa. Tällä perusteella tiheydessä 1 600–1 900 kpl/ha kasvavien rauduskoivujen latvukset eivät supistu liikaa ennen 16 metrin valtapituutta, mutta tiheämmässä puustossa vaara on ilmeinen. Vastaavissa tiheyksissä männyn latvus supistuu aikaisemmin (Hynynen 1995) kuin raudus-

koivulla, mutta männyn katsotaankin pärjäävän koivuun verrattuna lyhyemmällä latvuksella. Alimman elävän oksan kiinnittymiskorkeuteen perustuva latvusraja myös liioittelee rauduskoivun latvuksen pituutta, koska vihreä lehtevä latvus alkaa Niemistön ym. (1997) mukaan vasta noin 1,3 metriä tuoreoksarajan yläpuolelta.

Istutuskoivua alhaisempia tilavuuskasvureaktioita on harvennuksen jälkeen havaittu mm. turvemaan nuorissa hieskoivikoissa (Niemistö 1991), Pohjois- ja Keski-Ruotsin männiköissä (Eriksson 1990) ja niissä suomalaisissa männiköissä, joiden pituusboniteetti H_{100} oli alle 23 (Isomäki, A. 1997: julkaisematon harvennusaineisto. Metsäntutkimuslaitos, Vantaan tutkimuskeskus). Istutuskoivun kanssa samantasoinen harvennusreaktio on em. tutkimuksissa mitattu Etelä-Ruotsin männiköissä ja kuusikoissa, viljavissa männiköissä Suomessa ja turvemaiden varttuneissa hieskoivikoissa.

Oikarisen (1983) tuotostaulukoissa yliarvioidaan voimakkaasti harvennettujen koivikoiden kasvu 1–2 m^3/ha/v. Muutoin harvennuskokeiden tuotos vastasi taulukkoarvoja lukuunottamatta alinta pituusboniteetia $H_{dom} = 24$, jossa jäätiin selvästi taulukkoarvojen alapuolelle: ennen harvennusta ero oli keskimäärin 16 m^3/ha, viisi vuotta lievän harvennuksen jälkeen 21 m^3/ha ja vastaavasti voimakkaan harvennuksen jälkeen 37 m^3/ha.

Kannattavan puunkorjuun edellytyksenä pidetään noin 30 kuutiometrin harvennuskertymää hehtaarilta. Nykyohjeen mukaan perustetuissa rauduskoivutaimikoissa on yleensä alle 1 600 puuta hehtaarilla. Ensiharvennus kannattaa tällöin tehdä aikaisintaan 14 metrin valtapituudessa. Tässä vaiheessa oksat ovat kuolleet tyvitukin osuudelta ja suotuisaa aikaa harvennukseen on käytettävissä 4–5 vuotta ennen kuin latvusten elinvoima ja puiden kasvu alkavat kärsiä noin 17 metrin valtapituudessa.

Viljavimmilla kasvupaikoilla, varsinkin parhailla peltomailla koivun laatu edellyttää mainittua suurempaa kasvatustiheyttä (Niemistö 1995a, Niemistö ym. 1997). Noin 2 000 koivun hehtaaritiheydessä harvennuspuun korjuu on kannattavaa noin 13,5 metrin valtapituudesta lähtien. Riittävän latvuksen ja kasvukyvyn säilyttämiseksi harvennus on tehtävä viimeistään 16 metrin valtapituudessa. Oikea-aikaiselle harvennukselle on näin ollen aikaa 3–4 vuotta. Tiheyden ylittäessä 2 500 kpl/ha on rauduskoivikon harvennus tehtävä niin aikaisin, ettei siinä saatava kuitupuumäärä ole taloudellisesti kannattava.

Puunkorjuussa rungon koko on myös tärkeä taloudellisuuteen vaikuttava tekijä. Eniten poistettujen puiden keskikokoon vaikutti harvennuksen ajankohta; aikaisissa ensiharvennuksissa se oli alimmillaan noin 30 dm^3 ja myöhäisissä 16–17 metrin valtapituusvaiheessa yli 70 dm^3. Sen sijaan harvennusasteen vaikutus poistettujen puiden keskikokoon oli verrattain pieni.

Tulosten perusteella ei havaittu esteitä rauduskoivikon voimakkaalle ensiharvennukselle, jossa poistetaan jopa 50 % puuston pohjapinta-alasta. Istutuskoivikoissa kannattaa todennäköisesti tähdätä kahden voimakkaan harvennuksen ohjelmaan. Osa toisen harvennuksen kertymästä voisi olla tukkipuuta, koska myös metsikön suurimmat puut lisäsivät selvästi kasvuaan harvennuksen seurauksena. Tällöin voimakkaan ensiharvennuksen jälkeen kärsitty kuitupuun tuotostappio korvautuisi aikaisilla tukkipuutuloilla.

Kirjallisuus

Eriksson, H. 1990. Hur har det gått med höggallringen? What is the situation of selective thinning from skogsproduktion. Rapporter och uppsatser 41. 291 s.

Heinonen, J. 1994. Koealojen puu- ja puustotunnusten laskentaohjelma KPL. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 504. 80 s.

Hynynen, J. 1995. Modelling tree growth for managed stands. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 576. 135 s.

Laasasenaho, J. 1973. Unequal probability sampling by DBH cumulator. Seloste: Koepuiden valinta kuutiomäärän summaajalla. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 79(6). 20 s.

Metsikkökokeiden maastotyöohjeet. 1987. Metsänarvioimisen tutkimusosasto, Puuntuotoksen tutkimussuunta. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 257. 237 s.

Metsänhoitosuositukset. 1989. Keskusmetsälautakunta Tapio. Moniste. 55 s.

Niemistö, P. 1991. Hieskoivikoiden kasvatustiheys ja harvennusmallit Pohjois-Suomen turvemailla. Summary: Growing density and thinning models for Betula pubescens stands on peatlands in northern Finland. Folia Forestalia 782. 36 s.

Niemistö, P. 1993. Rauduskoivun kasvatus. Julkaisussa: Hannelius. S. Uusia vaihtoehtoja metsänkasvatukseen. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 491: 13–18.

Niemistö, P. 1995a. Influence of initial spacing and row-to-row distance on the crown and branch properties and taper of silver birch (Betula pendula). Scandinavian Journal of Forest Research 10: 235–244.

Niemistö, P. 1995b. Influence of initial spacing and row-to-row distance on the growth and yield of silver birch (Betula pendula). Scandinavian Journal of Forest Research 10: 245–255.

Niemistö, P., Hukki, P. & Verkasalo E. 1997. Kasvupaikan ja puuston tiheyden vaikutus rauduskoivun ulkoiseen laatuun 30-vuotiaissa istutuskoivikoissa. Hyväksytty käsikirjoitus, Metsätieteen aikakausikirja Folia Forestalia. 36 s.

Oikarinen, M. 1983. Etelä-Suomen viljeltyjen rauduskoivikoiden kasvatusmallit. Summary: Growth and yield models for silver birch (Betula pendula) plantations in southern Finland. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 113. 75 s.

Raulo, J. 1981. Koivukirja. Gummerus. Jyväskylä. 130 s.

ISTUTUSKOIVIKOIDEN KASVU- JA TUOTOSEROT PELTO- JA METSÄMAILLA

Pentti Niemistö ja Marja-Leena Piiroinen

Tutkimuksessa tehdään alustavia vertailuja istutettujen rauduskoivikon runkopuun tuotoksesta pelto- ja metsämaiden kesken eri ikävaiheissa. Samalla niiden tuotosta verrataan luontaisesti syntyneisiin koivikoihin sekä vastaavien kasvupaikkojen istutuskuusikoihin. Kasvupaikan vaikutusta tarkastellaan yksityiskohtaisemmin 30-vuotiaissa koivikoissa, joiden osalta aineisto on edustavin. Koko tutkimusaineistosta on tavoitteena laatia myöhemmin mm. viljelykoivun kasvumalleja, joten tämä selvitys on laajemman viljelykoivun kasvu- ja tuotostutkimuksen esityö. Samalla se tarjoaa myös edustavaan aineistoon perustuvan yleiskäsityksen istutuskoivikoiden kehityksestä ja tuotoksesta.

Aineisto

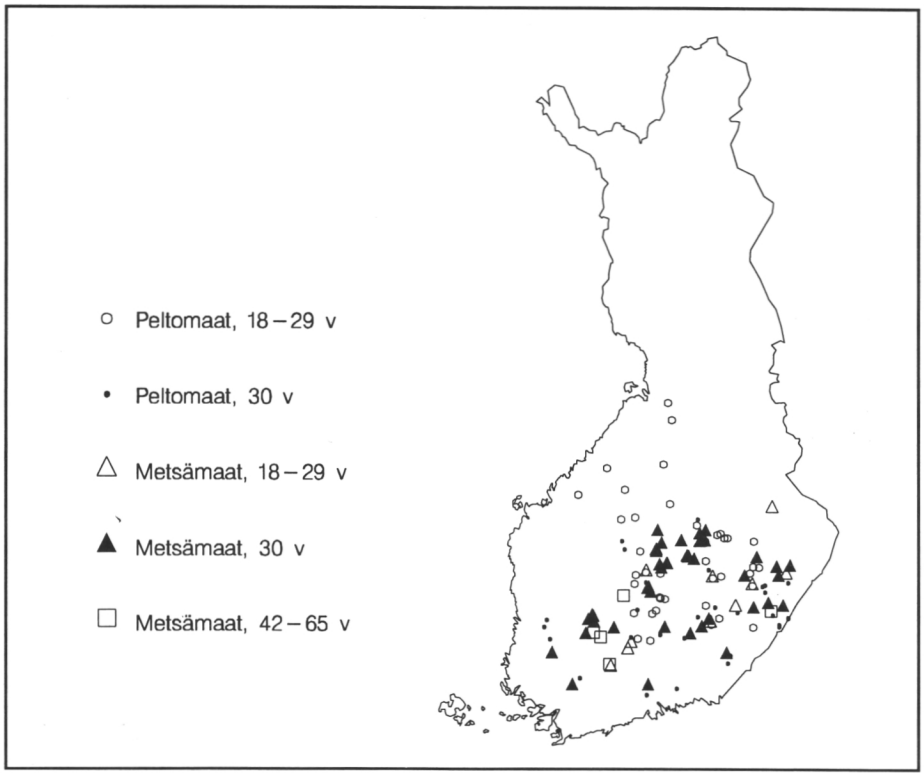
Tutkimusaineisto esitellään tässä yhteydessä laajasti, koska myös useat tässä samassa julkaisussa jäljempänä tulevat artikkelit perustuvat samaan aineistoon.

Metsikkökoealat mitattiin vuosina 1993 ja 1994 Metlan Muhoksen tutkimusaseman toimesta. Aineisto koostui kolmella eri tavalla valitusta osasta (kuva 1):

1. "30-vuotiaat" = Jyrki Raulon johdolla vuonna 1964 lähinnä yksityismaille perustetut rauduskoivuviljelykset, 74 metsikköä. Alunperin 160:stä metsiköstä noin joka neljännessä viljely oli epäonnistunut ja saman verran oli joutunut pois metsätalouskäytöstä esim. rakennusmaaksi (Raulo 1979).
2. 'Nuoret' = vuosina 1966–1977 istutetut rauduskoivikot ovat otos metsälautakunnille, metsähallitukselle ja teollisuusyrityksille vuonna 1989 tehdyn kyselyn perusteella paikallistetuista koivikoista, joista 40 % on nykyisin Metsäntutkimuslaitoksen kestokokeita.
3. "Varttuneet" = kaikki löydetyt, iältään yli 40-vuotiaat ja pinta-alaltaan riittävät (>0,2 ha) istutuskoivikot.

Koemetsiköitä oli entisillä peltomailla 78 kpl ja metsämailla 59 kpl (taulukko 1). 30-vuotiaat koivikot jakautuivat tasaisesti pelto- ja metsämaille. Nuorista koivikoista peltomailla oli 77 %, mutta varttuneet koivikot kasvoivat pelkästään metsämailla. Maalaji määritettiin 30 cm syvyydestä otetusta maanäytteestä tekemällä mekaaninen maa-analyysi raekokojakauman määrittämiseksi seulonta- ja

pipetointimenetelmällä. Maan hienoainesosuutta määriteltäessä hienoksi aineksi laskettiin kaikki alle 0,06 mm:n maapartikkelit.



Kuva 1. Istutuskoivun koemetsiköiden sijainti.

Taulukko 1. Istutuskoivikoiden jakaantuminen ikäluokittain ja maalajeittain pelto- ja metsämailla. Maanäyte otettu 30 cm syvyydestä.

Maalaji	18–29-vuotiaat		30-vuotiaat		42–65-vuotiaat	Kaikki yhdessä
	Metsä-maat	Pelto-maat	Metsä-maat	Pelto-maat	Metsä-maat	
Savi		4	3	1	1	9
Hiesu	1	6	2	3		12
Hieta		7	5	7		19
Hiekka	3	2	9	4	5	23
Hietamoreeni	1	14	11	13		39
Hiekkamoreeni	4	2	6	2		14
Multamaa*)	4	8	4	5		21
Kaikki yhdessä	13	43	40	35	6	137
Kaatokoepuut	64	210	194	171	30	669
600 paksuinta/ha	214	769	684	575	96	2338

*) orgaanisen aineksen osuus >20 %

Koemetsiköiden puusto ja kannot mitattiin metsikön keskellä sijaitsevalta 300 m^2:n ympyräkoealalta, jolta kaadettiin viisi koepuuta. Kaatokoepuista kaksi kuului läpimittajakauman ylimpään kolmannekseen ja toiset kaksi keskimmäiseen ja yksi alimpaan kolmannekseen.

Kaikista koealan puista mitattiin sijainti, läpimitta 1,3 m:n korkeudelta, kantoläpimitta, puun pituus, elävän ja kuolleen latvuksen alarajat sekä arvioitiin rungon vikaisuudet (ks. Niemistö ym. 1997). Koealalta mitattiin myös poistettujen puiden kantoläpimitat. Jokaisen metsikön harvennusajankohdat selvitettiin metsänomistajalta kysymällä tai asiapapereiden perusteella, joten puuston tiheys eri vaiheissa ja runkopuun kokonaistuotos pystyttiin laskemaan myös harvennetuissa koivikoissa.

Kaatokoepuista mitattiin oksien paksuus ja otettiin näytekiekot 2,5, 10, 30, 50 ja 70 prosentin suhteellisilta korkeuksilta sekä 1,3 ja 6,0 m:n korkeuksilta ja latvusrajalta. Näytekiekoista mitattiin vuotuisen paksuuskasvun lisäksi väriviat ja muutamilta korkeuksilta myös puuaineen tiheys ja ruskotäpläkärpäsen toukkakäytävät.

Puuston tiheyttä määritettäessä otettiin huomioon kunkin metsikön taimikko- ja riukuvaiheen tiheys. Tiheysmuuttujaksi muodostettiin runkoluvun ajalla painotettu keskiarvo metsikön 11–22 ikävuosilta. Varhaisimpien harvennusten ajankohdat ja voimakkuudet tulivat näin huomioon otetuiksi.

Taulukossa 2 on esitetty aineiston runkoluku- ja pituusboniteettijakaumat eri ikäluokissa ja kasvupaikoilla.

Taulukko 2a. Istutuskoivikoiden jakautuminen puuston tiheysluokkiin 11–22 vuoden iällä.

		Runkoluku, kpl /ha		
	metsiköitä	<1000 %	1000–1500 %	>1500 %
Metsämaat				
18–29-vuotiaat	13	8	54	38
30-vuotiaat	40	20	53	28
42–65-vuotiaat	6		83	17
yhteensä	59	15	56	29
Peltomaat				
18–29-vuotiaat	43	14	40	47
30-vuotiaat	35	23	43	34
yhteensä	78	18	41	41
Kaikki yhdessä	137	17	47	36

Taulukko 2b. Istutuskoivikoiden jakautuminen pituusboniteetin mukaan.

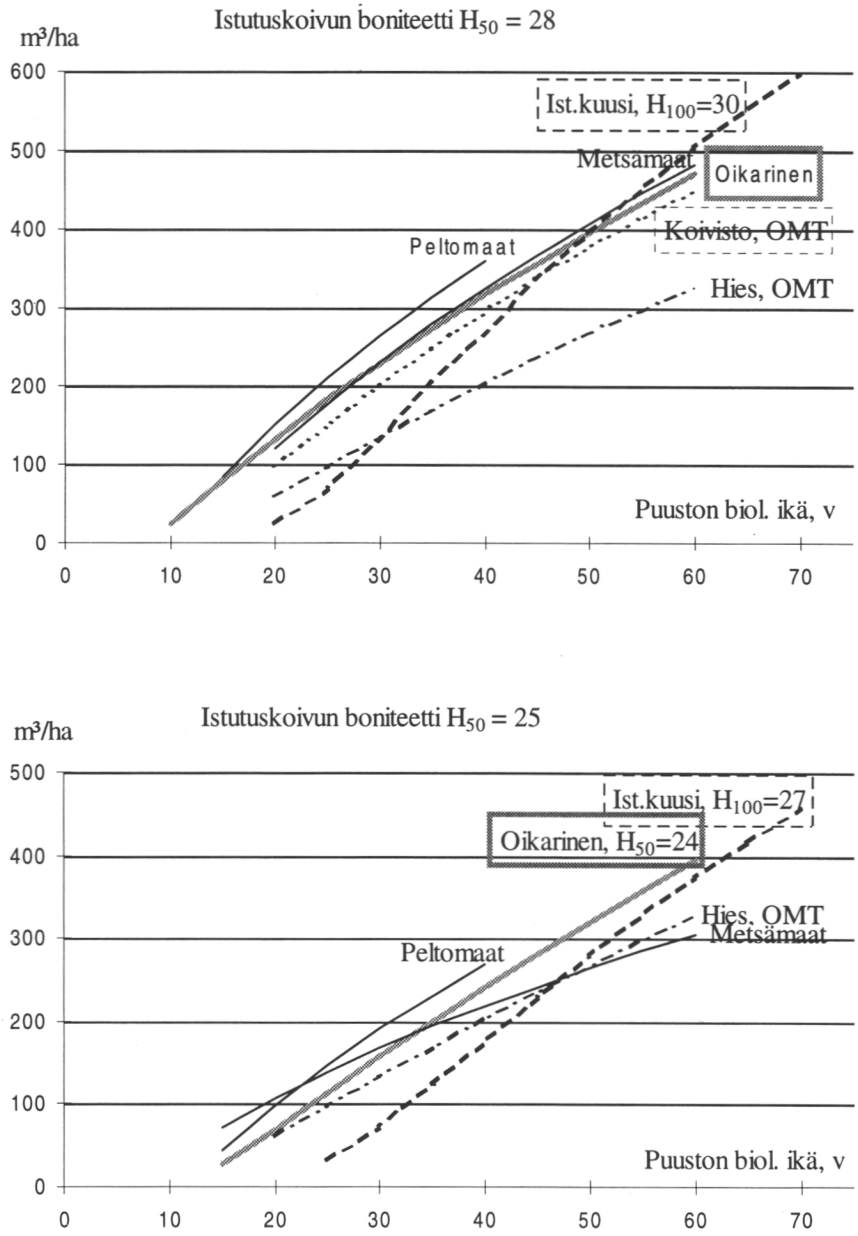
		Pituusboniteetti, H_{50} *)				
	metsiköitä	<23 %	24–25 %	26–27 %	28–29 %	>29 %
Metsämaat						
18-29 -vuotiaat	13			54	46	
30-vuotiaat	40	3	20	40	33	5
42-65 -vuotiaat	6	17		33	33	17
yhteensä	59	3	14	42	36	5
Peltomaat						
18-29 -vuotiaat	43	5	14	23	44	14
30-vuotiaat	35		14	46	34	6
yhteensä	78	3	14	33	40	10
Kaikki yhdessä	137	3	14	37	38	8

*) Oikarinen 1983

Kasvu- ja tuotosvertailu

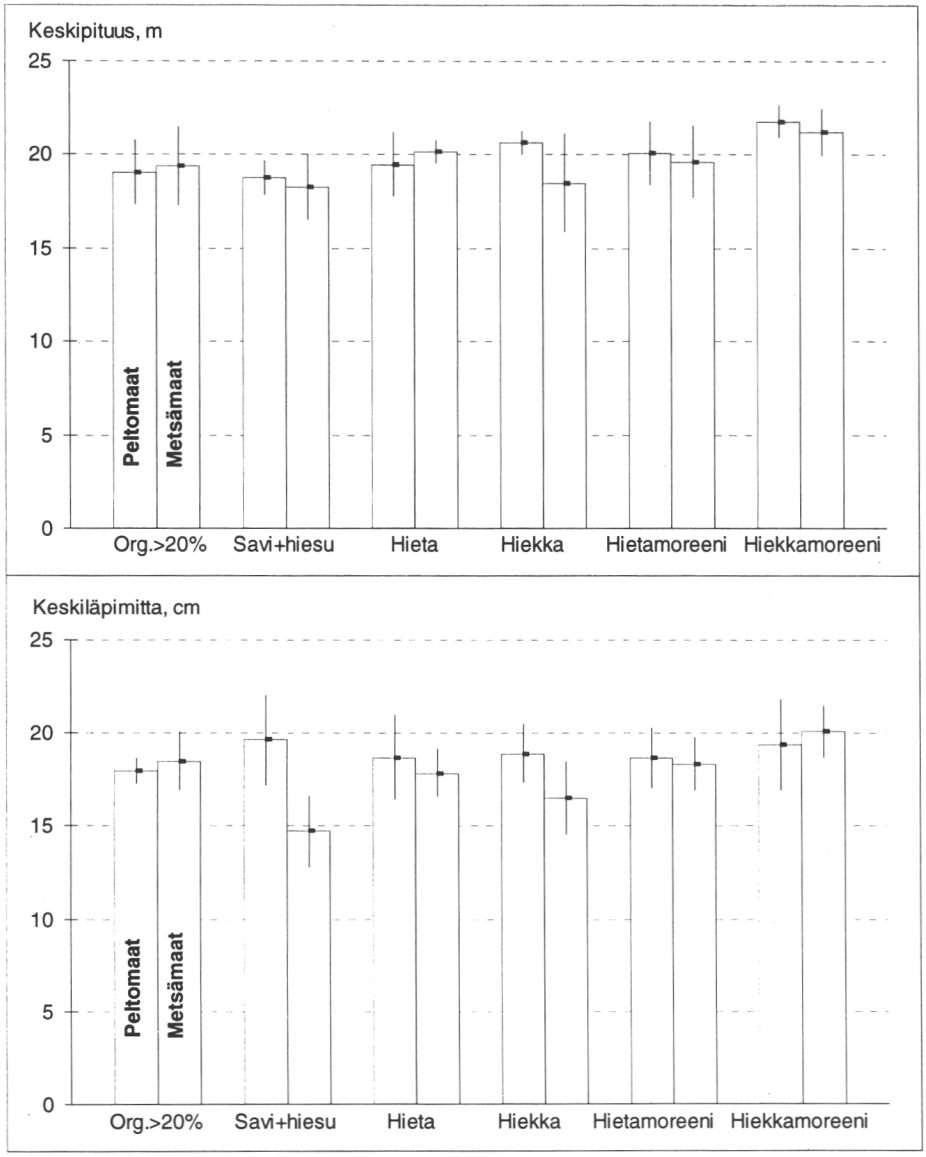
Peltomaan koivikot tuottivat runkopuuta noin 30 m^3/ha enemmän kuin metsämaat (kuva 2). Pituusboniteetilla H_{50} = 28 ero näytti jäävän tälle tasolle, mutta vähemmän viljavilla kasvupaikoilla (H_{50} = 25) ero näytti kasvavan kiertoajan loppua kohden. Oikarinen (1983) on tutkinut istutusrauduskoivikoiden kehitystä Etelä-Suomessa. Varttuneiden koivikoiden osalta aineisto oli tuolloin pakostakin melko suppea. Viljavan kasvupaikan boniteetilla 28 hänen tuloksensa vastaavat hyvin tämän tutkimuksen metsämaiden koivikoita. Sen sijaan alemman boniteetin 25 metsämaat tuottivat vähemmän kuin boniteetin 24 koivikot Oikarisen tutkimuksessa. Ero näkyi lähinnä varttuneimmissa koivikoissa, joiden osalta myös tämän tutkimuksen aineisto jäi suppeaksi.

Koiviston (1959) mukaan luontaisesti syntynyt OMT-rauduskoivikko kehittyy 3–4 vuoden viiveellä samaa tahtia kuin metsämaan istutuskoivikko boniteetilla 28. Istutuskuusikot (Vuokila & Väliaho 1980) saavuttavat samantasoisilla metsämaan kasvupaikoilla istutuskoivikon tuotosmäärän 50–60 vuoden iässä.

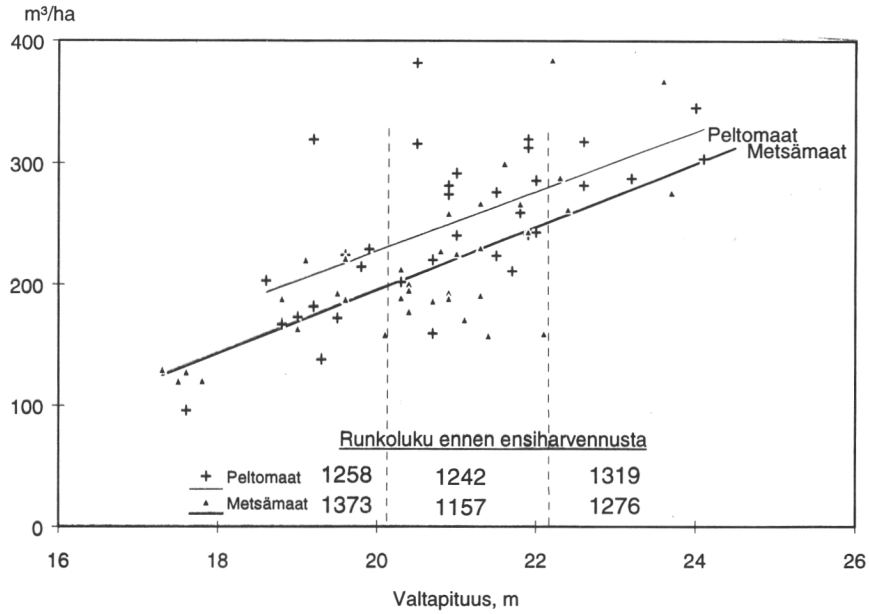


Kuva 2. Pelto- ja metsämaiden istutuskoivikoiden tuotos pituusboniteeteilla H_{50} = 28 ja H_{50} = 25 verrattuna Koiviston (1959), Oikarisen (1983) ja Vuokilan & Väliahon (1980) tuotostaulukoihin.

Rauduskoivujen korkeampi tuotos peltomailla johtui niiden metsämaan koivuja suuremmasta paksuuskasvusta. Vuonna 1964 istutetut 74 metsikköä tarjoavat tasaikäisen ja edustavan aineiston kasvuerojen tarkasteluun (Niemistö ym. 1997). Pelto- ja metsämaiden välillä ei ollut eroa valtapuuston pituudessa 30 vuoden iässä, mutta läpimittaero peltokoivujen hyväksi oli keskimäärin 1 cm (kuva 3). Peltokoivut olivat siten vähemmän solakoita kuin metsämaan koivut. Peltomaiden koivikot olivat tuottaneet tähän mennessä noin 30 m^3 enemmän puuta kuin metsämaat kaikilla valtapituuteen perustuvilla viljavuustasoilla (kuva 4).



Kuva 3. 30-vuotiaiden istutuskoivujen (600 paksuinta/ha) pituuden ja rinnankorkeusläpimitan keskiarvot ja keskihajonnat maalajeittain pelto- ja metsämailla.



Kuva 4. Runkopuun kokonaistuotoksen riippuvuus valtapituudesta 30-vuotiaissa istutuskoivikoissa pelto- ja metsämailla.

Kasvatustiheyden vaihtelu välillä 700–2 200 kpl/ha ei vaikuttanut valtapuuston keskipituuteen. Maalajin ja maantieteellisen sijainnin vaikutus koivujen pituuteen oli merkitsevä. 30-vuotiaat rauduskoivut olivat pisimpiä hiekkamoreenimailla (21,4 m) ja lyhyimpiä savi- ja hiesumailla (18,5 m). Siirtyminen 100 km pohjoiseen pienensi keskipituutta keskimäärin 0,6 m. Maan hienoainesprosentti ei selittänyt merkitsevästi koivujen pituutta.

Peltomailla 600 paksuimman istutuskoivun rinnankorkeusläpimitta oli 30 vuoden iässä keskimäärin 18,7 cm ja metsämailla 17,7 cm. Lisäksi keskiläpimittaan vaikuttivat merkitsevästi puuston tiheys ja boniteetti. Runkoluvun vähentyminen 100 kpl/ha kohotti puiden läpimittaa 1,7 mm ja vastaavasti metrin lisäys valtapuuston keskipituudessa merkitsi 5–8 mm:n lisäystä läpimitassa. Metsämailla myös maalaji vaikutti merkitsevästi koivun paksuuskasvuun, mutta nämä erot selittyvät pääasiassa maalajien välisillä boniteettieroilla.

Metsämaiden koivut olivat paksuimpia moreenimailla ja runsaasti orgaanista ainesta sisältävillä kivennäismailla. Näillä maalajeilla pelto- ja metsämaan puustojen keskiläpimitat eivät poikenneet toisistaan. Sen sijaan lajittuneiden metsämaiden koivut olivat selvästi ohuempia kuin muilla kasvupaikoilla. Etenkin savi- tai hiesumaiden koivut järeytyivät hitaasti ja hiekkamaiden puut erottuivat muita solakampina. Peltomailla maalaji ei vaikuttanut merkitsevästi rauduskoivun paksuuskasvuun. Pohjoisuus tai maan hienoainesosuus eivät selittäneet tässä aineistossa koivujen läpimitan vaihtelua.

Tulosten tarkastelu

Uusien tulosten perusteella istutuskoivikon tuotos on viljavilla metsämailla samantasoinen kuin aikaisemmassakin tutkimuksessa, mutta kasvupaikan viljavuuden laskiessa koivun tuotos putoaa luultua enemmän. Toisiaan vastaavan pituuskehityksen omaavat koivikot tuottivat peltomailla runkopuuta noin 30 m^3/ha enemmän kuin metsämailla. Ero johtui metsämaan koivujen suuremmasta solakkuudesta.

Lisäksi on mahdollista, että koivikon valtapituuden soveltamisessa on puutteita. Esimerkiksi koivulla runsaina esiintyvät runkomuotoviat voivat olla merkki pituuskasvun tilapäisestä hidastumisesta. Latvakasvaimen häiriintymiseen liittyviä vikoja esiintyy peltomailla enemmän kuin metsämailla (Niemistö ym. 1997), joten peltomaiden viljavuuden arviointi pituusboniteetin avulla voi johtaa niiden tuotoskyvyn aliarvioon.

Tulosten perusteella kasvuerot pelto- ja metsämaiden rauduskoivujen välillä on otettava huomioon kasvumalleja laadittaessa. Mallitustyössä on pantava erityistä painoa kasvupaikan kuvaukselle, koska pelkkä pituusbonitointi näyttää aiheuttavan ongelmia. Runkovikojen osuutta koivun pituuskehityksessä on selvitettävä tarkemmin, ettei tästä syystä tehdä virheitä valtapituusboniteetin määrityksessä. Pituuskasvun käyttöä bonitointiin rajoittaa sen mittauksen vaikeus. Kasvupaikan maalajin merkitys näyttää olevan suuri, koska rauduskoivu on herkkä kärsimään sekä liiasta kosteudesta että kuivuudesta. Myös ravinteisuuden suhteen rauduskoivu on suhteellisen vaatelias puulaji, joten eri kasvupaikkojen tuotoserot voivat muodostua suuremmiksi kuin esimerkiksi männyllä tai kuusella.

Kirjallisuus

Niemistö, P. , Hukki, P. & Verkasalo E. 1997. Kasvupaikan ja puuston tiheyden vaikutus rauduskoivun ulkoiseen laatuun 30-vuotiaissa istutuskoivikoissa. Metsätieteen aikakauskirja Folia Forestalia 3/1997: 349–374.

Oikarinen, M. 1983. Etelä-Suomen viljeltyjen rauduskoivikoiden kasvatusmallit. Summary: Growth and yield models for silver birch (Betula pendula) plantations in southern Finland. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 113: 75 s.

Oikarinen, M. 1979. Suomen ensimmäinen laaja rauduskoivun viljelykokeilu. Teollisuuden metsäviesti 1: 8–19.

Koivisto, P. 1959. Kasvu- ja tuottotaulukoita. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 51(8). 49 s.

Vuokila, Y. & Väliaho, H. 1980. Viljeltyjen havumetsiköiden kasvatusmallit. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 99(2). 271 s.

RAUDUSKOIVUJÄLKELÄISTÖJEN KASVU JA LAATU — TUOREITA TULOKSIA RAUTALAHDESTA

Anneli Viherä-Aarnio ja Pirkko Velling

Johdanto

Rauduskoivua on viljelty maassamme määrätietoisesti 1960-luvulta lähtien. Koivun viljelyyn on sen alkuajoista asti liittynyt kiinteästi pyrkimys parantaa viljelyaineiston geneettistä laatua jalostuksen avulla. Vanhimmat rauduskoivun jälkeläiskokeet, jotka perustettiin valittujen pluspuiden testaamiseksi, ovat nykyään yli 30-vuotiaita, ja niiden puut ovat saavuttamassa tukkipuun mitat. Nyt on saatavissa tietoa pluspuiden jälkeläistöjen kasvu- ja laatueroista päätehakkuuikää lähestyvistä suurista puista.

Tässä artikkelissa tehdään lyhyt katsaus koivunjalostuksen alkuvaiheisiin maassamme sekä esitetään tuoreita tuloksia vanhimmista rauduskoivun jälkeläiskokeista Rautalahden koivukoetilalta.

Koivunjalostuksen alku Suomessa

Metsäntutkimuslaitoksessa aloitettiin vuonna 1961 monipuolinen koivun viljelyä ja kasvatusta koskeva tutkimus Jyrki Raulon johdolla ja vaneriteollisuuden tuella. Yhtenä tavoitteena oli hyvän viljelyaineiston tuottaminen rauduskoivun viljelyyn. Viljelyaineiston geneettisen laadun parantamiseksi käynnistettiin laaja koivunjalostusohjelma (Raulo & Koski 1975). Jalostuksen lähtömateriaalin, pluspuiden valintaa tehostettiin. Valinta tehtiin keskitetysti metsiköittäin siten, että ensin valittiin kokonaisuudessaan hyvälaatuisia metsiköitä, ja niistä edelleen pluspuiksi parhaat valtapuut (Raulo 1969). Valituilla pluspuilla toteutettiin laajat risteytysohjelmat, joiden tuloksena saaduilla jälkeläistöillä perustettiin vuosina 1965-69 mittavia jälkeläiskokeita eri puolille Etelä- ja Keski-Suomea pluspuiden jalostusarvon määrittämiseksi (Raulo & Koski 1975).

Koivun tutkimus- ja jalostusohjelman yhteydessä syntyi myös näyttäviä koivukoekeskityksiä eri metsäyhtiöiden maille. Näistä tunnetuin lienee Säynätsalossa, Jyväskylän kaupungin eteläpuolella sijaitseva Rautalahden koivukoetila, joka on vuosien varrella ollut lukemattomien metsäretkeilyjen kohteena. Koivututkimukset Rautalahdessa saivat alkunsa alueen silloisen omistajan, Enso-Gutzeit Oy:n ja Metsäntutkimuslaitoksen v. 1964 solmimasta tutkimusyhteistyösopimuksesta (Raulo 1984). Vuonna 1993 Rautalahti siirtyi A. Ahlström Osakeyhtiön omistukseen.

Nuorten jälkeläiskokeiden tulokset lupaavia

Edellä mainituista 1960-luvulla perustetuista rauduskoivun jälkeläiskokeista, Rautalahden kokeet mukaan lukien, julkaistiin tuloksia jo varsin varhain, puiden ollessa noin kymmenen vuoden ikäisiä (Raulo & Koski 1975, 1977, Raulo 1979). Nuoruusiällä tehdyissä mittauksissa todettiin eri jälkeläistöjen välillä suuria eroja kasvussa ja rungon ulkoisessa laadussa. Rungon laatua kuvattiin nuorista puista mitattavissa olevilla suoruusarvolla sekä oksien määrän ja paksuuden perusteella lasketulla oksaisuusarvolla (Raulo 1979). Joissakin tapauksissa parhaat jälkeläistöt olivat rungon tilavuudeltaan jopa 40 % parempia kuin kokeiden aineisto keskimäärin. Näitä tuloksia pidettiin konkreettisena näyttönä rauduskoivun kasvunopeuden jalostusmahdollisuuksista, ja niiden perusteella tehtiin hyvin optimistisia päätelmiä koivulla saavutettavista jalostushyödyistä. Koetuloksia sovellettiin käytäntöön valitsemalla aineistoa siemenen suurtuotantoon muovihuonesiemenviljelyksiin. Maamme tunnetuimman "koivunjalosteen" ns. JR-1 -jälkeläistön valinta siementuotantoon perustuu juuri Rautalahdessa sijaitsevan kenttäkokeen tuon ajan tuloksiin.

Uusi tutkimus 1960-luvun kokeista

Vanhimmat rauduskoivun jälkeläiskokeet ovat nyt yli 30-vuotiaita. Rehevillä kivennäismailla kasvaneina kokeiden puut ovat joko saavuttaneet tai juuri saavuttamassa tukkipuun mitat. Nyt kokeista on jo saatavissa tietoa päätehakkuuta lähestyvistä isoista puista. Mielenkiintoista on, ovatko nuoruusiässä todetut erot jälkeläistöjen välillä yhä näkyvissä, millainen on eri jälkeläistöjen rungon laatu, ja millaiseksi muodostuu vanerikelpoisen tukkipuun saanto, jonka perusteella koivun rungon arvo pitkälti määräytyy.

Metsäntutkimuslaitoksen Vantaan tutkimuskeskuksessa tehdyssä selvityksessä verrattiin varttuneiden rauduskoivujälkeläistöjen kasvua ja rungon ulkoista laatua. Lisäksi verrattiin toisiinsa kotimaisia raudus- ja hieskoivua sekä pohjoisamerikkalaista paperikoivua (*Betula papyrifera* Marsh.) samoissa ominaisuuksissa.

Tutkimuksen aineisto

Tutkimuksen aineiston muodostivat Rautalahden koivukoetilalla Säynätsalossa (62°08' N, 25°43' E, 85 m mpy) sijaitsevat jälkeläiskokeet 542/1, 542/6 ja 542/8 (taulukko 1). Kaksi ensinmainittua sisältävät alkuperältään etelä- ja keskisuomalaisten pluspuiden vapaapölytys- ja risteytysjälkeläistöjä. Kokeessa 542/8 kasvavat vertailtavina kotimaiset rauduskoivu (*Betula pendula* Roth), hieskoivu (*Betula pubescens* Ehrh.) ja pohjoisamerikkalainen paperikoivu (*Betula papyrifera* Marsh.). Rauduskoivua edustaa kokeessa kuusi pluspuujälkeläistöä ja yksi metsikköerä, hieskoivua yksi pluspuujälkeläistö ja metsikköerä sekä paperikoivua kolme metsikköerää. Paperikoivuerät ovat peräisin Kanadan Luoteis-Territoriosta leveysasteilta 60 ja 61. Kokeet perustettiin kaksivuotiailla taimilla kevätistutuksena. Koejärjestelynä oli satunnaistetut lohkot. Raulo ja Koski (1975, 1977) ja Raulo (1984) ovat kuvanneet yksityiskohtaisesti kokeiden perustamiseen liittyvät vaiheet: pluspuiden valinnan, risteytysten teon, koetaimien kasvatuksen, kokeiden istutuksen ja nuoruusiän hoitotoimet. Kokeet 542/1 ja 542/6 sijaitsevat Rautalahdessa koetilan pääalueella, jossa kasvupaikka on rehevä, entinen pelto ja maa-aines hienojakoista (Raulo & Koski 1977). Koe 542/8 puolestaan sijaitsee Rautalahden Majanoron palstalla, loivahkossa rinteessä, missä kasvupaikka on jonkin verran karumpi ja kuivempi kuin pääalueella. Kokeita on hoidettu intensiivisesti ja harvennettu useita kertoja (taulukko1). Harvennukset on tehty metsänhoidollisina alaharvennuksina, kuitenkin pyrkien jättämään eri koeruutuihin yhtä suuret määrät puita. Viimeisen harvennuksen jälkeen runkoluku on n. 450–500 runkoa/ha.

Tutkimuksessa mitattiin ja havainnoitiin vuosina 1994–95 erilaisia puiden kokoa sekä rungon muotoa ja ulkoista laatua kuvaavia tunnuksia. Mittauksissa noudatettiin soveltuvin osin viljelykoivun tuotos- ja laatututkimuksen maastotyöohjetta (Niemistö ym. 1997). Mittaukset tehtiin kokeiden kaikista jäljellä olevista puista, joiden määrä vaihteli 9–20 kpl koe-erää kohti. Tässä yhteydessä esitellään ennakkotuloksia koe-erien rungon keskitilavuudesta, hehtaarikohtaisesta kokonaistuotoksesta sekä laadullisin perustein arvioidusta vanerikelpoisen rungonosan pituudesta kahden tutkimusjulkaisun käsikirjoituksen pohjalta (Viherä-Aarnio & Velling 1997a, 1997b).

Puiden tilavuudet kannonkorkeudelta ylöspäin laskettiin Laasasenahon (1982) runkokäyrä- ja tilavuusyhtälöillä puiden pituuden ja viiden eri korkeudelta mita-

tun läpimitan (d_{kanto}, $d_{1.3}$, $d_{2.0}$, $d_{4.0}$, $d_{6.0}$) perusteella. Sitten laskettiin koeruutukohtaiset kuutiomäärät ja edelleen koe-eräkohtaisesti keskimääräinen hehtaarikohtainen kuutiomäärä ja kokonaistuotos. Koe-erien laatua kuvaavana tunnuksena käytettiin puukohtaista vanerikelpoisen rungonosan pituutta, joka saatiin seuraavasti: Puista mitattiin tukkiosan laadun mukainen päättymiskorkeus (dm), eli korkeus, jonka yläpuolelta ei tulla saamaan minimilaatuvaatimukset täyttävää tukkia. Korkeus määräytyi vain laadun, ei tukin minimiläpimitan perusteella. Tukiksi kelpaamattoman tyveyksen pituus sekä leikkojen ja välivähennysten yhteenlaskettu pituus (dm) mitattiin.Tukkiosan laadun mukaisesta päättymiskorkeudesta vähennettiin tyveysten, leikkojen ja välivähennysten kokonaispituus, ja saatiin tulokseksi vanerikelpoisen rungonosan pituus, joka laskettiin keskimäärin runkoa kohti koko aineistolle. Koe-erien välisten erojen tilastollisen merkitsevyyden testaamiseksi aineistolle tehtiin kaksisuuntainen varianssianalyysi ja SNK-testi (Ranta ym. 1991).

Taulukko 1. Tutkimuksen aineisto. Rautalahdesta mitatut kenttäkokeet.

Kokeen numero	**542/1**	**542/6**	**542/8**
Koivulaji	rauduskoivu	rauduskoivu	rauduskoivu hieskoivu paperikoivu
Alkuperät	pluspuiden jälkeläistöt	pluspuiden jälkeläistöt	pluspuiden jälkeläistöt metsikköerät
Koe-eriä, kpl	18	16	12 **)
Toistoja, kpl	4	2	4
Ruudun koko, m	10 x 10	10 x 10	10 x 10
Taimia ruudussa, kpl	25 *)	25 *)	25 *)
Istutusväli, m	2 x 2	2 x 2	2 x 2
Pinta-ala, ha	0.72	0.32	0.48
Istutusvuosi	1965	1965	1965
Harvennusvuodet	1973, 1978, 1985, 1990	1973, 1978, 1990	1973, 1978, 1985, 1991
Mittausvuosi	1994	1995	1994
Ikä mittaushetkellä, v.	32	33	32

*) istutettujen taimien lukumäärä

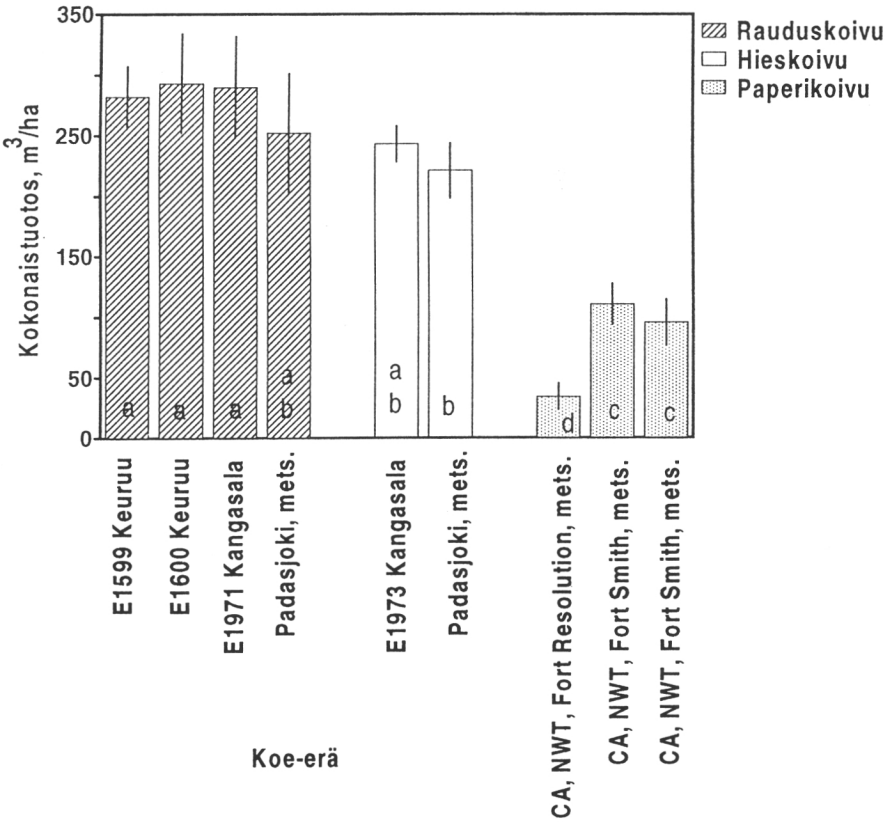
**) kokeen 12 koe-erästä mitattiin yhdeksän

Tulokset ja niiden tarkastelu

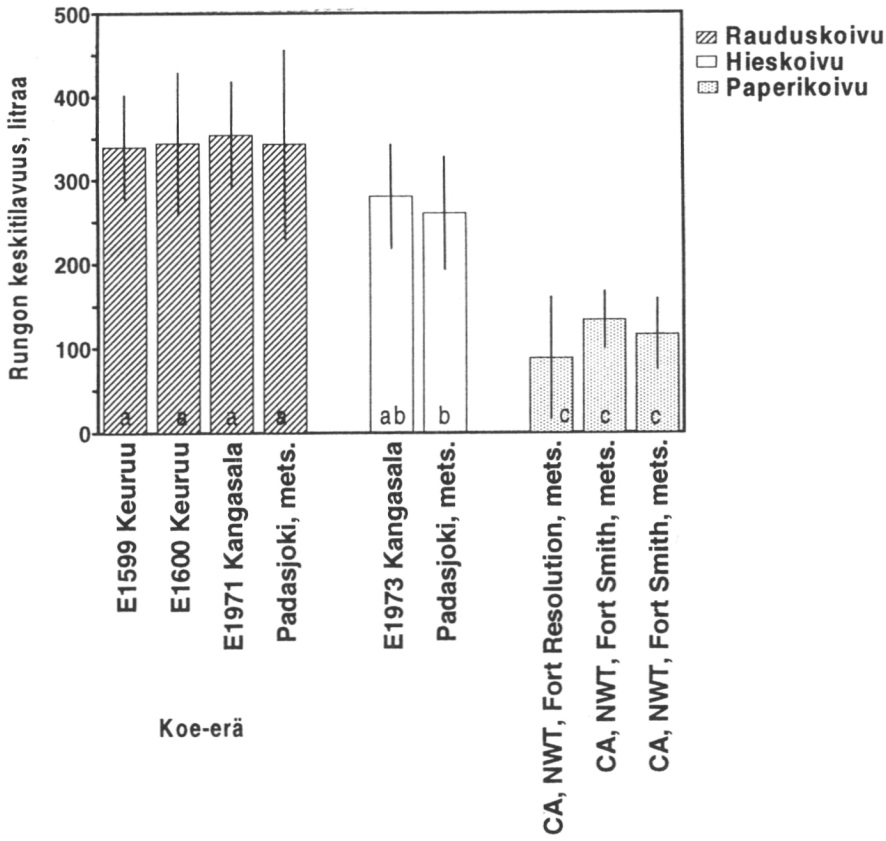
Koivulajien erot

Kokonaistuotoksessa ja nykypuuston rungon keskitilavuudessa oli selviä eroja eri koivulajien välillä kokeessa 542/8 (kuvat 1 ja 2). Rauduskoivujen kokonaistuotos oli korkein ja paperikoivujen alhaisin. Paperikoivut erosivat merkitsevästi molemmista kotimaisista koivulajeista. Hieskoivu oli tuotokseltaan jonkin verran rauduskoivua heikompi, mutta ero oli tilastollisesti merkitsevä ainoastaan rauduksen pluspuujälkeläistöjen ja hieksen metsikköerän välillä. Laadullisin perus-

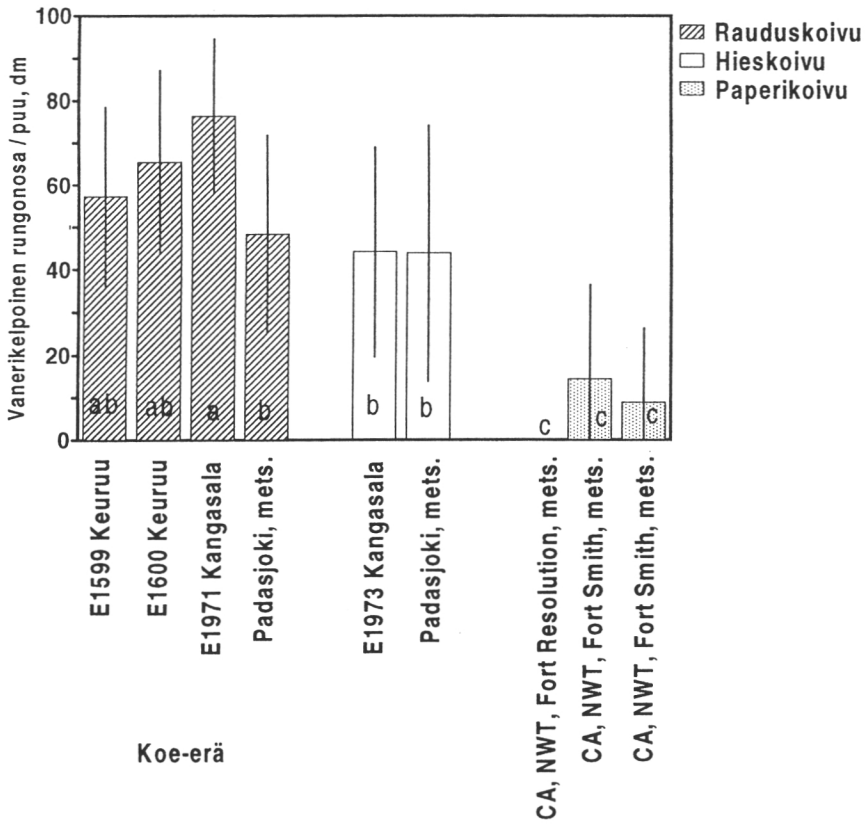
tein määritetty vanerikelpoisen rungonosan pituus oli myös heikoin paperikoivuerillä (kuva 3). Rauduskoivu oli tässäkin suhteessa hieskoivua parempi.



Kuva 1. Koivulajien pluspuujälkeläistöjen ja metsikköerien kokonaistuotos (keskiarvo ja keskihajonta, m^3/ha) kokeessa 542/8 Rautalahdessa. Samalla kirjaimella merkityt koe-erät eivät eroa tilastollisesti merkitsevästi (SNK -testi, $p < 0.05$). CA, NWT = Kanada, Luoteis-Territoriot.



Kuva 2. Koivulajien pluspuujälkeläistöjen ja metsikköerien rungon tilavuus (keskiarvo ja keskihajonta, litraa) kokeessa 542/8 Rautalahdessa. Samalla kirjaimella merkityt koe-erät eivät eroa tilastollisesti merkitsevästi (SNK -testi, $p < 0.05$). CA, NWT = Kanada, Luoteis-Territoriot.



Kuva 3. Koivulajien pluspuujälkeläistöjen ja metsikköerien vanerikelpoisen rungonosan pituus runkoa kohti (keskiarvo ja keskihajonta, dm) laadullisin perustein kokeessa 542/8 Rautalahdessa. Samalla kirjaimella merkityt koe-erät eivät eroa tilastollisesti merkitsevästi (SNK -testi, $p < 0.05$). CA, NWT = Kanada, Luoteis-Territoriot.

Paperikoivu oli selvästi kotimaisia koivuja heikompi sekä kasvultaan että laadultaan. Sen viljely Suomessa ei siis näytä olevan varteenotettava vaihtoehto. Paperikoivu on ulkomaisista koivulajeista eniten koeviljelty Suomessa (Hämet-Ahti & Alanko 1987). Se on nuorena nopeakasvuinen (Johnsson 1967), mutta sen tuotoksesta ja laadusta varttuneella iällä on Suomessa julkaistu vain vähän tuloksia. Heikinheimon (1956) kokeissa paperikoivut olivat pääsääntöisesti mutkarunkoisia ja oksikkaita. Paperikoivua käytetään luontaisella levinneisyysalueellaan Pohjois-Amerikassa lähinnä sellu- ja jossain määrin myös sahateollisuuden raaka-aineena (Verkasalo 1990).

Tämän tutkimuksen tulokset tukevat aiempia käsityksiä rauduskoivun paremmasta kasvusta ja tuotoksesta sekä rungon laadusta hieskoivuun nähden (Raulo 1977, Heiskanen 1957, Verkasalo 1987). Aineiston suppeuden vuoksi ei ole kuitenkaan syytä lähteä rauduksen ja hieksen syvempään vertailuun tässä yhteydessä.

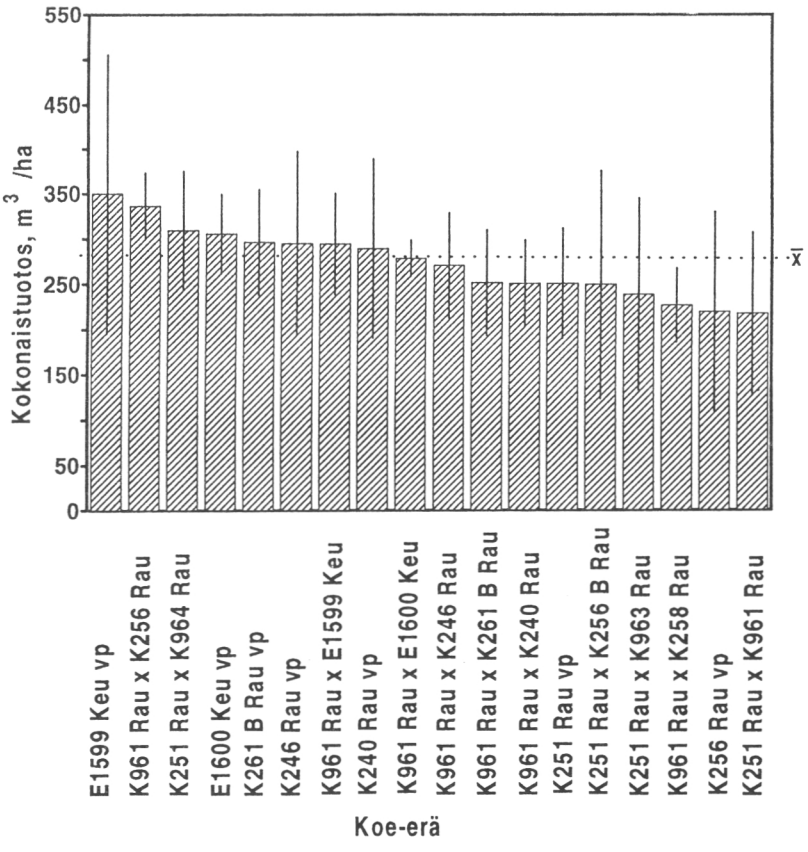
Pluspuujälkeläistöjen ja metsikköerän vertailu

Rauduskoivun pluspuiden vapaapölytysjälkeläistöt olivat kokonaistuotokseltaan 12–16 % metsikköerää parempia (kuva 1). Parhaan jälkeläistön kokonaistuotos kokeessa 542/8 oli 293 m^3/ha ja metsikköerän 252 m^3/ha. Tilastollisesti erot eivät olleet merkitseviä (SNK -testi, $p<0.05$). Nykypuuston rungon keskitilavuudessa pluspuujälkeläistöjen ja metsikköerän välillä ei ollut selviä eroja (kuva 2). Vanerikelpoisen rungonosan pituus vaihteli rauduserillä 48–76 dm (kuva 3). Metsikköerä oli tässä suhteessa selvästi heikoin, ja se erosi merkitsevästi parhaasta pluspuujälkeläistöstä (SNK -testi, $p <0.05$).

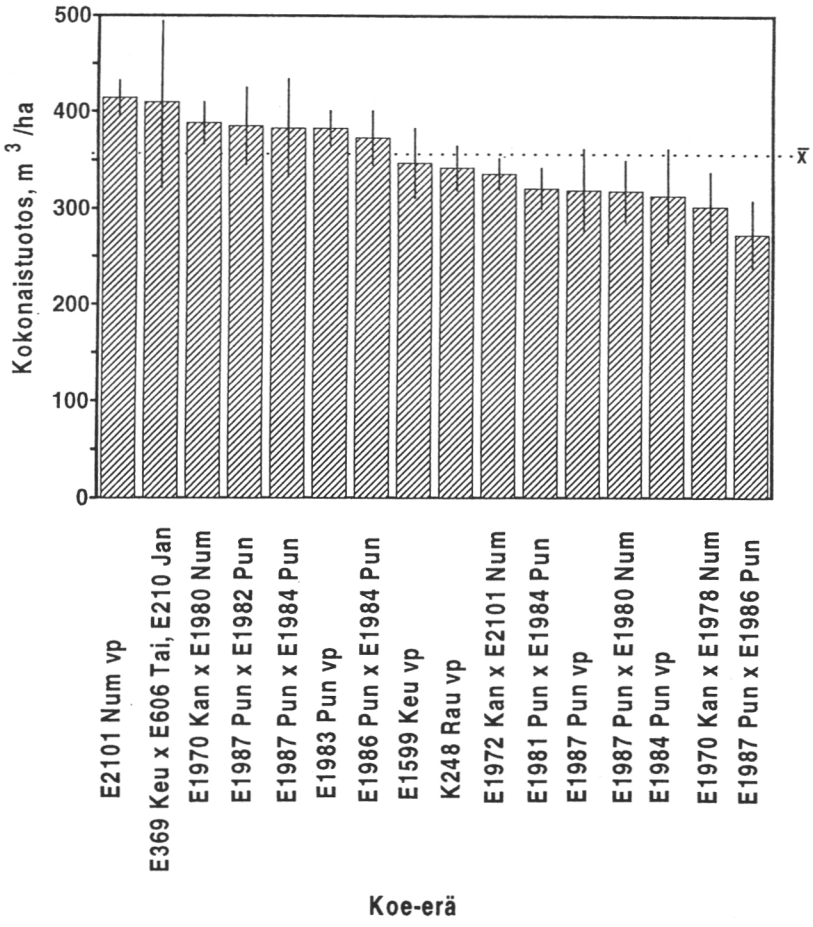
Pluspuiden vapaapölytysjälkeläistöjen ja metsikköerän välinen ero kokonaistuotoksessa ja vanerikelpoisen osan pituudessa antaa viitteitä fenotyyppisellä pluspuuvalinnalla saatavasta valintahyödystä. Vastaavia vertailuja koivun metsikkösiemenen ja valitun aineiston välillä on tehty vähän, koska vanhemmissa rauduskoivun jälkeläiskokeissa ei ole vertailueriksi sopivia metsikköeriä (Raulo & Koski 1977, Raulo 1979). Pelkästään jälkeläistöjen keskinäiseen vertailuun perustuen Raulo ja Koski (1977) esittivät varsin optimistisia arvioita (jopa 40 %) rauduskoivun kasvunopeuden jalostushyödystä. Nähtävästi harvennukset ovat jonkin verran tasoittaneet alkuperien välisiä eroja, koska nykypuuston runkojen keskitilavuus oli metsikköerällä ja vapaapölytysjälkeläistöillä lähes sama. Vanerikelpoisen rungonosan pituudessa pluspuujälkeläistöjen ja metsikköerän väliset erot olivat harvennushakkuidenkin jälkeen selviä.

Pluspuujälkeläistöjen väliset erot

Kokeessa 542/1, joka sisältää Rautalammilta ja Keuruulta valittujen pluspuiden jälkeläistöjä, oli jälkeläistöjen välinen vaihtelu kokonaistuotoksessa 217–350 m^3/ha (kuva 4). Jälkeläistöjen väliset erot eivät olleet tilastollisesti merkitseviä ($p <0.5995$), toistojen väliset erot sensijaan olivat ($p <0.0195$). Parhaan erän tuotos oli 61 % parempi kuin heikoimman. Kokeessa 542/6, jossa aineisto oli peräisin sekä Etelä- että Keski-Suomesta, jälkeläistöjen kokonaistuotos vaihteli 273–414 m^3/ha (kuva 5). Jälkeläistöjen väliset erot olivat merkitseviä 7 % riskillä (koe-erät: $p <0.0709$, toistot: $p <0.4938$). Parhaan erän tuotos oli 52 % parempi kuin heikoimman.

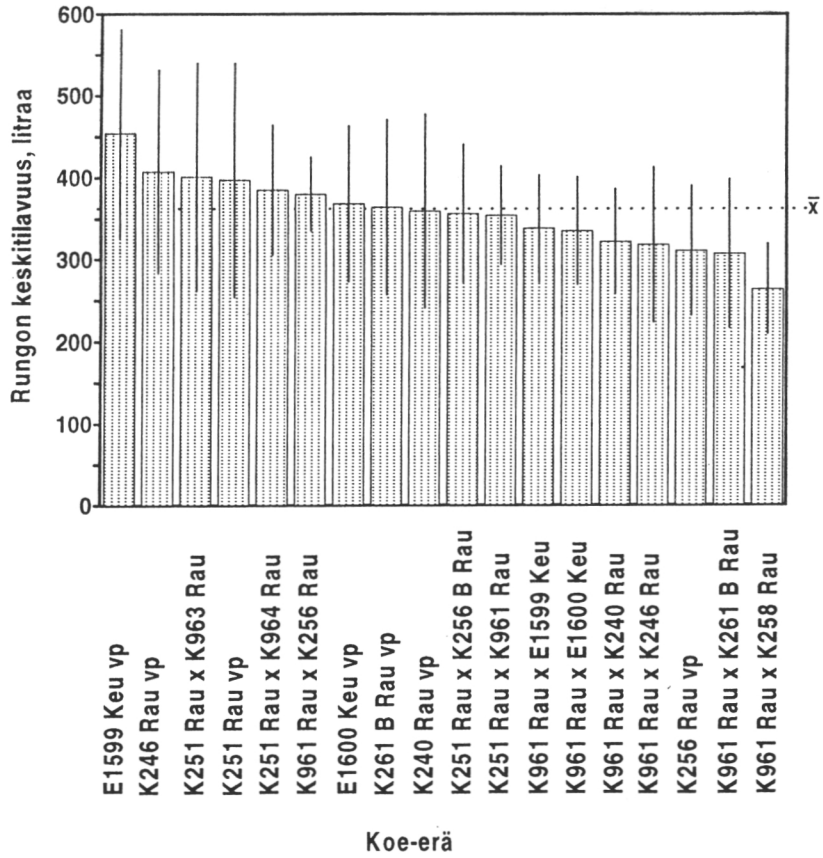


Kuva 4. Rauduskoivun pluspuujälkeläistöjen kokonaistuotos (keskiarvo ja keskihajonta, m^3/ha) kokeessa 542/1 Rautalahdessa. Keu = Keuruu, Rau = Rautalampi, vp = vapaapölytysjälkeläistö.

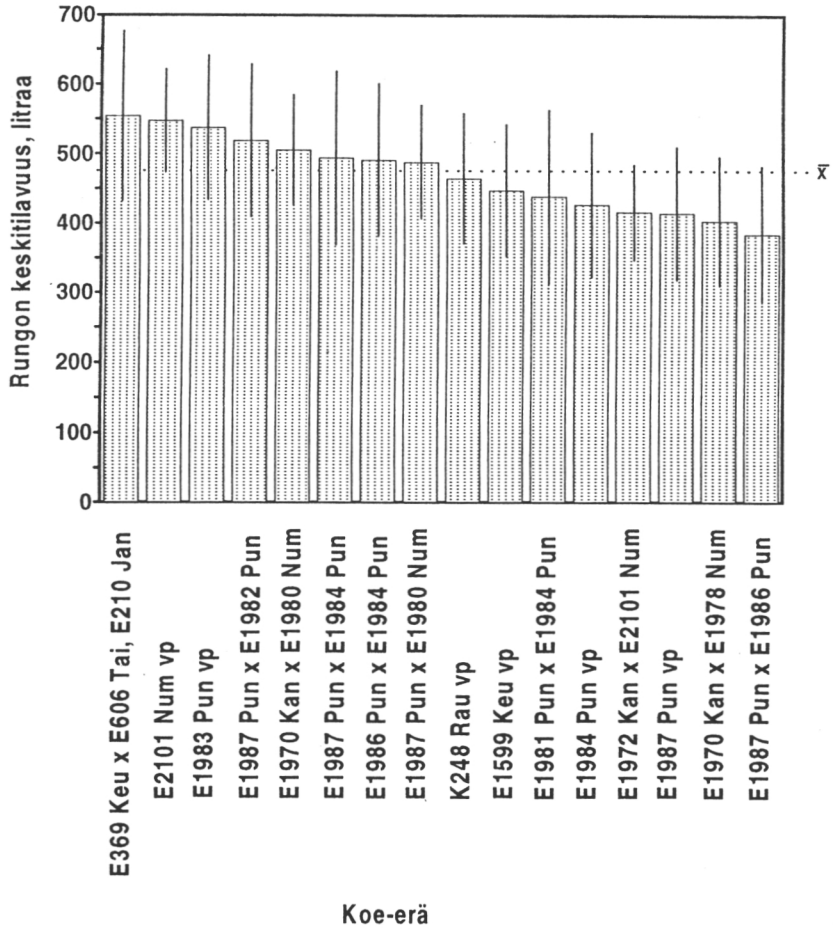


Kuva 5. Rauduskoivun pluspuujälkeläistöjen kokonaistuotos (keskiarvo ja keskihajonta, m^3/ha) kokeessa 542/6 Rautalahdessa. Jan = Janakkala, Kan = Kangasala, Keu = Keuruu, Num = Nummi-Pusula, Pun = Punkaharju, Rau = Rautalampi, Tai = Taipalsaari, vp = vapaapölytysjälkeläistö.

Nykypuuston runkojen keskitilavuus oli kokeessa 542/1 keskimäärin 355 litraa (kuva 6). Jälkeläistöjen välinen vaihtelu oli 264–454 litraa, ja erot olivat tilastollisesti merkitseviä (koe-erät: $p < 0.0121$, toistot: $p < 0.0001$). Kokeessa 542/6 rungon keskitilavuus oli 470 litraa (kuva 7), ja jälkeläistöjen välinen vaihtelu oli 384–554 litraa. Erot eivät olleet tilastollisesti merkitseviä (koe-erät: $p < 0.1670$, toistot: $p < 0.7623$).

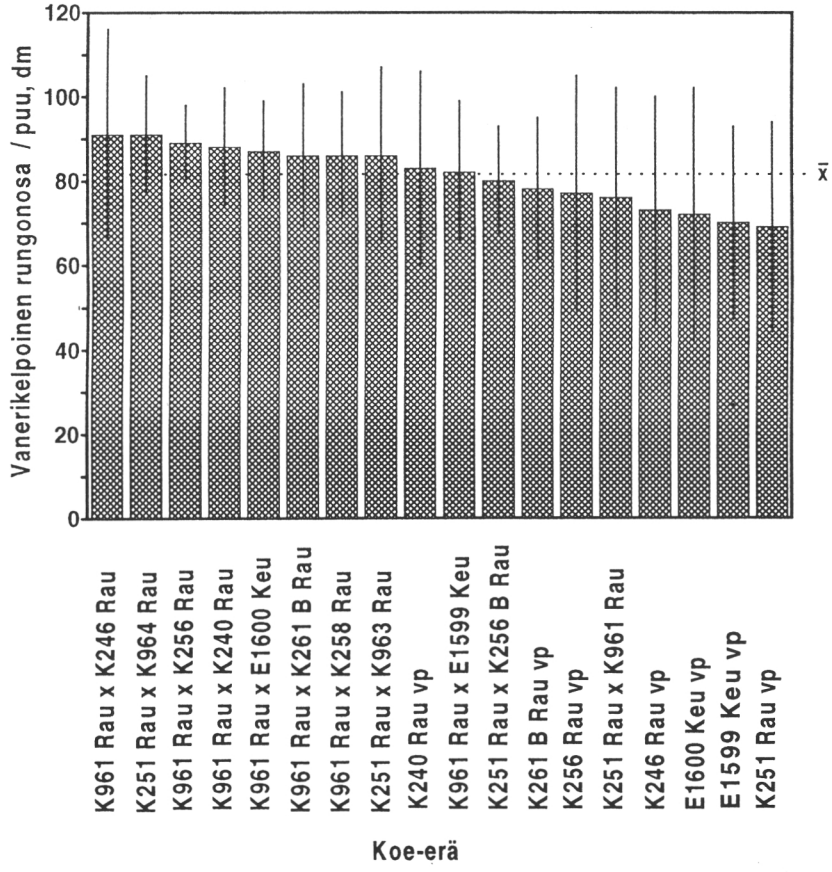


Kuva 6. Rauduskoivun pluspuujälkeläistöjen rungon tilavuus (keskiarvo ja keskihajonta, litraa) kokeessa 542/1 Rautalahdessa. Lyhenteet ks. kuva 4.

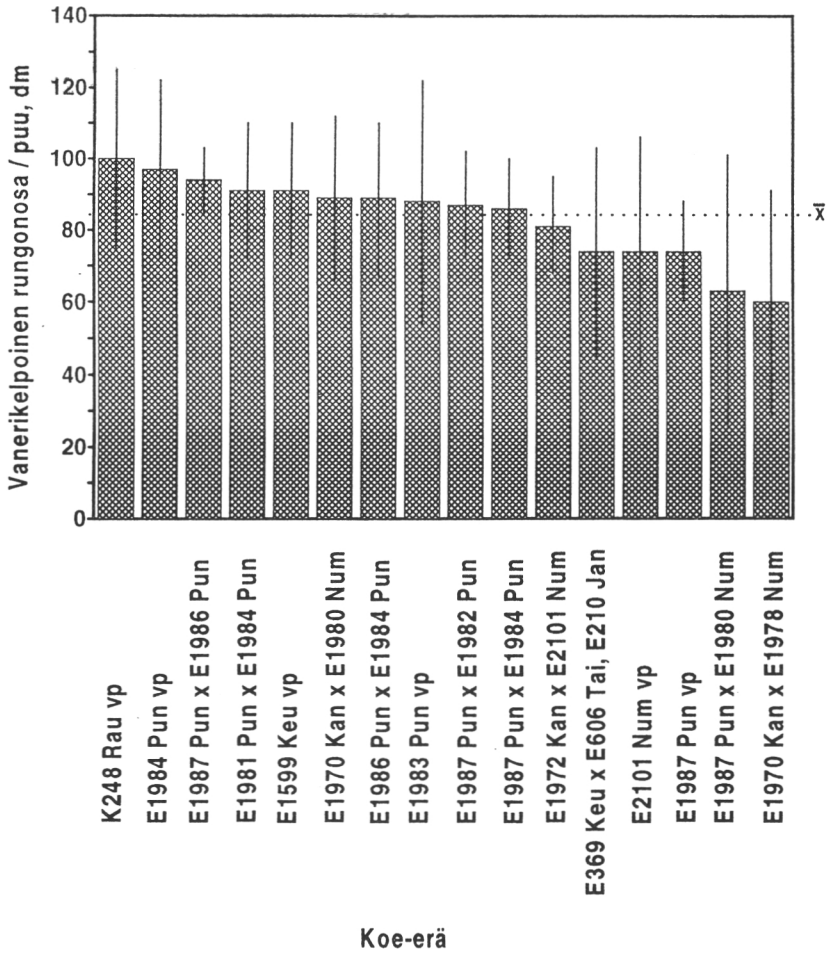


Kuva 7. Rauduskoivun pluspuujälkeläistöjen rungon tilavuus (keskiarvo ja keskihajonta, litraa) kokeessa 542/6 Rautalahdessa. Lyhenteet ks. kuva 5.

Vanerikelpoisen rungonosan pituus eri jälkeläistöillä vaihteli kokeessa 542/1 keskimäärin 69–91 dm (kuva 8). Erot eivät olleet tilastolliseti merkitseviä (koe-erät: $p < 0.3761$, toistot: $p < 0.0549$). Kokeessa 542/6 vanerikelpoisen rungonosan pituus vaihteli koe-erittäin 6,0–10,0 m (kuva 9) erojen ollessa merkitseviä 7 % riskillä (koe-erät: $p < 0.0753$, toistot: $p < 0.1357$).



Kuva 8. Rauduskoivun pluspuujälkeläistöjen vanerikelpoisen rungonosan pituus runkoa kohti (keskiarvo ja keskihajonta, dm) laadullisin perustein kokeessa 542/1 Rautalahdessa. Lyhenteet ks. kuva 4.



Kuva 9. Rauduskoivun pluspuujälkeläistöjen vanerikelpoisen rungonosan pituus runkoa kohti (keskiarvo ja keskihajonta, dm) laadullisin perustein kokeessa 542/6 Rautalahdessa. Lyhenteet ks. kuva 5.

Molemmissa kokeissa jälkeläistöjen välinen vaihtelu oli suurta, mutta erojen tilastollinen merkitsevyys heikohko. Tämä johtuu kokeiden sisältämien toistojen vähäisestä määrästä, mistä syystä koejärjestely on tehoton koe-erien välisten geneettisten erojen löytämiseen. Toinen harmillinen puute näissä vanhoissa kokeissa on vertailueriksi sopivien metsikköerien puuttuminen, mikä estää suoran vertailun valitun ja jalostamattoman aineiston välillä. Myös pieni ruutukoko (istutettujen taimien määrä 25 kpl/ruutu) aiheuttaa reunavaikutuksen vuoksi todennäköisesti jonkin verran virhettä koe-erien tuloksiin.

Hyväkasvuiset jälkeläistöt olivat harvoin laadultaan kokeiden parhaita. Myös Raulo (1979) kiinnitti huomiota siihen, että rauduskoivujälkeläistöissä hyvä kasvu ja hyvä laatu ilmenevät harvoin samanaikaisesti.

JR-1 -jälkeläistö varttuneessa iässä

Maamme tunnetuin viljelyssä oleva rauduskoivun siemenerä, JR-1, valittiin aikanaan suurtuotantoon Metsänjalostussäätiön muovihuonesiemenviljelykseen Rautalahdessa sijaitsevan jälkeläiskokeen nuoruusiän tulosten perusteella. Niiden tulosten mukaan kyseisessä jälkeläistössä yhdistyi hyvä rungon laatu hyvään kasvuun. Nyt 33 vuoden iällä tämä erä on edelleen sekä kasvussa että laadussa koekeskiarvon paremmalla puolella, joskaan se ei ole kummassakaan suhteessa kokeensa (542/6) paras. On ilmeistä, että JR-1 -erän tulevat lähiaikoina korvaamaan siementuotannossa vastaavat, mutta laajemmin testatut ja paremmat erät.

JR-1 -siemenellä tarkoitetaan kahden valitun pluspuun, E 1970 ja E 1980, välisestä kontrolloidusta risteytyksestä syntynyttä täyssisarjälkeläistöä. Jälkeläistön emopuu on Kangasalta valittu pluspuu E 1970. Puu on valittu viljellystä, todennäköisesti Suonenjoen alkuperää olevasta metsiköstä. Isäpuu E 1980 on peräisin Nummi-Pusulasta Uudeltamaalta. Siementä tuotetaan laajassa mitassa siten, että muovihuonesiemenviljelyksessä kasvavat emo- ja isäpuun vartteet pölyttävät toisensa, ja siemen kerätään vain emopuusta E 1970.

Loppulause

Vanerikoivuista saatavan lopputuotteen, viilun, saantoon vaikuttaa sekä puiden runkojen koko että ulkoinen laatu. Geneettisten tekijöiden vaikutus molempiin mainittuihin ominaisuuksiin on edellä esitettyjen tulosten perusteella ilmeistä. Varttuneissa, metsänhoidollisin alaharvennuksin käsitellyissä jälkeläiskokeissa oli edelleen havaittavissa selviä eroja rauduskoivujälkeläistöjen välillä kasvussa ja rungon ulkoisessa laadussa. Myös rungon sisäiset laatutekijät, kuten lahoviat ja ruskotäpläkärpäsen vioitukset, vaikuttavat saatavan viilun määrään ja laatuun. Geneettisiä eroja on osoitettu olevan esim. ruskotäpläkärpäsvioitusten määrässä (Ylioja 1998). Erilaisissa viilun saantoon liittyvissä selvityksissä olisikin jatkossa syytä ottaa aiempaa paremmin huomioon koivuaineistojen perinnöllinen vaihtelu.

Kirjallisuus

Heikinheimo, O. 1956. Tuloksia ulkomaisten puulajien viljelystä Suomessa. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 46(3).129 s.

Heiskanen, V. 1957. Raudus- ja hieskoivun laatu eri kasvupaikoilla. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 48(6). 99 s.

Hämet-Ahti, L. & Alanko, P. 1987. Suomessa viljellyistä koivulajeista. Sorbifolia 18(4): 161–170.

Johnsson, H. 1967. Avkommeprövning av björk. Föreningen Skogsträdsförädling. Årsbok 1966: 90–135.

Laasasenaho, J. 1982. Taper curve and volume functions for pine, spruce and birch. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 108. 74 s.

Niemistö, P. , Hukki, P. & Verkasalo E. 1997. Kasvupaikan ja puuston tiheyden vaikutus rauduskoivun ulkoiseen laatuun 30-vuotiaissa istutuskoivikoissa. Metsätieteen aikakauskirja Folia Forestalia 3/1997: 349–374.

Ranta, E., Rita, H. & Kouki, J. 1991. Biometria. Tilastotiedettä ekologeille. 3. korjattu painos. Yliopistopaino. Helsinki. 569 s.

Raulo, J. 1969. Koivun rodunjalostuksesta. Puumies 3 (1969): 57–59.

Raulo, J. 1977. Development of dominant trees in Betula pendula Roth and Betula pubescens Ehrh. plantations. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 90(4). 15 s.

Raulo, J. 1979. Rauduskoivujälkeläistöjen rungon laatu Etelä- ja Keski-Suomessa. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 97(5). 39 s.

Raulo, J. 1984. Rautalahden koivukoetila. Retkeilykohteet. Enso-Gutzeit Oy - Metsäntutkimuslaitos. Helsinki. 16 s.

Raulo, J. & Koski, V. 1975. Erilaisten rauduskoivujälkeläistöjen pituuskasvu Etelä- ja Keski-Suomessa. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 84(7). 30 s.

Raulo, J. & Koski, V. 1977. Growth of Betula pendula Roth progenies in Southern and Central Finland. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 90(5). 39 s.

Verkasalo, E. 1987. Hies- ja rauduskoivutukit vaneriteollisuuden raaka-aineena. Puumies 5: 36–39.

Verkasalo, E. 1990. Koivu ja haapa mekaanisen metsäteollisuuden raaka-aineena Yhdysvalloissa. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 367. 93 s.

Viherä-Aarnio, A. & Velling, P. 1997 a. Growth and stem quality of mature birches in a combined species and progeny trial. Käsikirjoitus Metsäntutkimuslaitoksessa.

Viherä-Aarnio, A. & Velling, P. 1997 b. Growth and stem quality of mature silver birch (Betula pendula Roth) progenies. Käsikirjoitus Metsäntutkimuslaitoksessa.

Ylioja, T. 1998. Ruskotäpläkärpäsen elintavat koivussa. Julkaisussa: Niemistö, P. & Väärä, T. (toim.). Rauduskoivu tänään — ja tulevaisuudessa. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 668: 151–162.

KOIVUN KASVUMALLIT JA NIIDEN MUKAISET TUOTOSENNUSTEET

Jouni Siipilehto

Yksittäisen rauduskoivun läpimitan ja pituuden kasvua ja latvussuhteen kehitystä ennustavat mallit laadittiin VMI:n pysyvien INKA-koealojen ja Metlan kestokokeiden aineistosta (Vuokila 1986). Mallien käyttäytymistä tarkasteltiin simuloimalla nuorten koivikoiden kehitystä kiertoajan loppuun. Yksittäisten puiden kasvuun ja kuolemiseen perustunut metsikön kehitys oli johdonmukaista erilaisissa metsikön käsittelyvaihtoehdoissa ja noudatti hyvin aikaisempia tutkimustuloksia vastaavilla kasvupaikoilla ja käsittelyillä. Myöskin poikkeuksellisen tiheään istutetun harventamattoman rauduskoivikon simuloitu alkukehitys vastasi havaittua mittaussarjaa, joskin ennustettu latvussuhde saattoi pysyä hieman liian korkeana. Luontaisesti syntyneen hieskoivikon tuotos oli mallien mukaan 80 prosenttia vastaavan rauduskoivikon tuotoksesta. Tulos oli aikaisempiin tutkimuksiin nähden hieman liian hyvä hieskoivun kannalta. Kokonaistuotosta suurempi ero saatiin tukkipuun tuotoksessa, joka hieskoivulla oli vain vähän yli puolet rauduskoivun tukkipuutuotoksesta.

Johdanto

Ilvessalo (1920) julkaisi Etelä-Suomen luonnontilaisten koivikoiden kehityksestä tuotossarjat, joissa hies- ja rauduskoivuja ei eroteltu toisistaan. Myöhemmässä tutkimuksessa (Ilvessalo & Ilvessalo 1957) hies- ja rauduskoivuvaltaiset metsiköt erotettiin toisistaan ja kehityssarjoja laadittiin Suomen maantieteellisille osa-alueille. Koivisto (1959) esitti toistuvasti harvennettujen koivikoiden kehityssarjat vain OMT kasvupaikan hies- ja rauduskoivikoille. Gustavsen ja Mielikäinen (1984) laativat pituusboniteettiin perustuvan kasvupaikkaluokittelun luontaisesti syntyneille hies- ja rauduskoivikoille. Oikarinen (1983) julkaisi puolestaan tuotossarjat ja harvennusmallit viljelyrauduskoivikoille. Muita kestokokeisiin perustuvia harvennusohjeita rauduskoivulle on julkaissut mm. Raulo (1981) ja Niemistö (1995).

Uudet kasvumallit niin koivuille kuin männylle ja kuuselle laadittiin MELA-ohjelmiston vaatimuksia vastaaviksi, koska siten malleille löytyy välittömästi monia sovelluskohteita (Siitonen 1996). Mallit laadittiin tasaikäisiin koivikoihin ja koivua sisältäviin sekametsiin. Tavoitteena oli yksittäisen puun kasvua ja kuolemista kuvaavat mallit. Uusien mallien rakennetta on aikaisemmin esitelty männyn osalta (Hynynen 1995,1996).

Tässä raportissa esitellään lyhyesti rauduskoivulle laadittujen yksittäisen puun latvusrajan sekä läpimitan- ja pituuskasvun ennustemallien rakenne. Uusien kasvumallien mukaista koivikon kehitystä verrataan tuotostaulukoiden ja tuoreimpien tutkimustulosten mukaiseen koivikon kehitykseen.

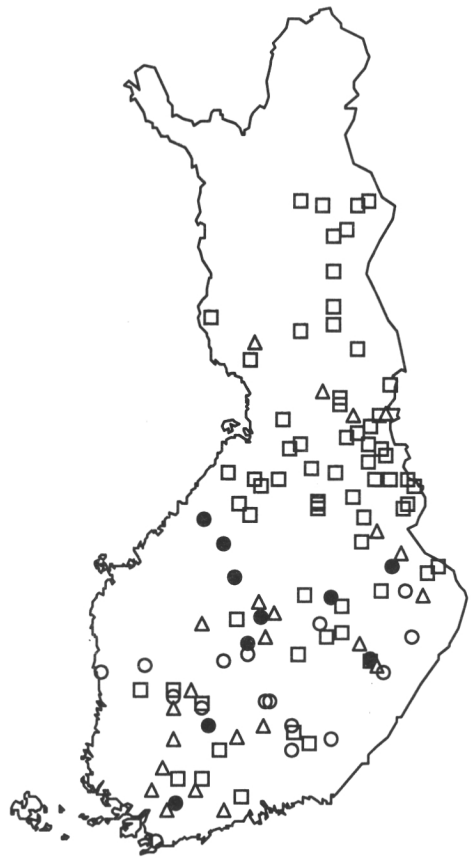
Aineistot

Rauduskoivun mallit laadittiin aineistosta, jossa yhdistettiin Metlan kestokokeilta ja VMI:n pysyviltä INKA-koealoilta poimitut rauduskoivut. Kestokokeita oli 14, joista kymmenen oli perustettu vuonna 1989 sisältäen vain yhden 5 vuoden kasvujakson. Näiden koivikoiden istutus ajoittui vuosille 1969-1976. Kolmesta 30-luvulla luontaisesti syntyneestä koivikosta oli käytettävissä viiden mittauksen sarja. Puolet kestokokeista oli perustettu pelloille. Jokaisessa kestokokeessa oli useita eri voimakkuuksilla harvennettuja koealoja. Harvennuskertoja oli yhdestä kolmeen ja ne ajoittuivat mittausten yhteyteen viiden tai kymmenen vuoden välein. Joissakin tapauksissa poistuma oli alle 10 % kokonaispuustosta, jolloin sitä ei katsottu harvennukseksi harvennusvaikutusta mallitettaessa.

INKA-aineistossa oli vain 12 rauduskoivuvaltaista metsikköä. Rauduskoivua kasvoi myös sekapuuna mänty- ja kuusivaltaisilla koealoilla. Nämä koivut poimimalla INKA-aineiston rauduskoivujen määrä kaksinkertaistui. Sekametsiin liittyi joitakin ongelmia. Havupuuvaltaisissa sekapuustoissa mm. ikä kuvasi pääpuulajin keski-ikää, joka saattoi huomattavasti poiketa saman metsikön koivujen keski-iästä. Tasasuhteisia sekapuustoja ei myöskään ollut, vaan havupuuvaltaisissa metsissä koivun osuus oli vähäinen.

Kestokoeaineiston kokoa rajoitettiin valitsemalla mallitusaineistoon satunnaisesti 15 prosenttia mittaushavainnoista. Tällä haluttiin tasapainottaa aineistoa kestokokeiden ja INKA-aineiston välillä ja parantaa mallien yleistettävyyttä. Näin menetellen INKA- ja kestokoeaineisto olivat havaintojen lukumäärinä likimain yhtäsuuret. Koealaa kohden havaintojen määrä vaihteli yksittäisestä koivusta sekametsikössä pariinkymmeneen koivuun puhtaassa rauduskoivikossa. Rauduskoivua sisältäviä metsiköitä kertyi 226 kappaletta, kun kestokokeen koeala laskettiin yhdeksi metsiköksi. Rauduskoivun kasvuhavaintojen määrä läpimitan kasvumallissa oli n. 1 600 kappaletta.

Koivun kestokokeet sijaitsivat Suomen eteläpuoliskossa (kuva 1). Myös INKA-aineiston koivuvaltaiset metsiköt samoin kuin koivua sekapuuna sisältävät kuusikot sijaitsivat pääosin Etelä-Suomessa. Mäntyvaltaisista metsiköistä koivua löytyi sekapuuna Sodankylän korkeudelle. Lämpösumma vaihteli 659–1 350 d.d.:n välillä ja korkeus merenpinnasta oli keskimäärin 152 m vaihdellen 2 metristä 360 metriin.



Kuva 1. Rauduskoivun kasvumallien laadinta-aineiston sijainti ja rakenne. ● = koivun kestokoe ja ❍ = koivuvaltainen, □ = mäntyvaltainen, Δ = kuusivaltainen INKA-koeala, jossa rauduskoivua kasvoi sekapuuna.

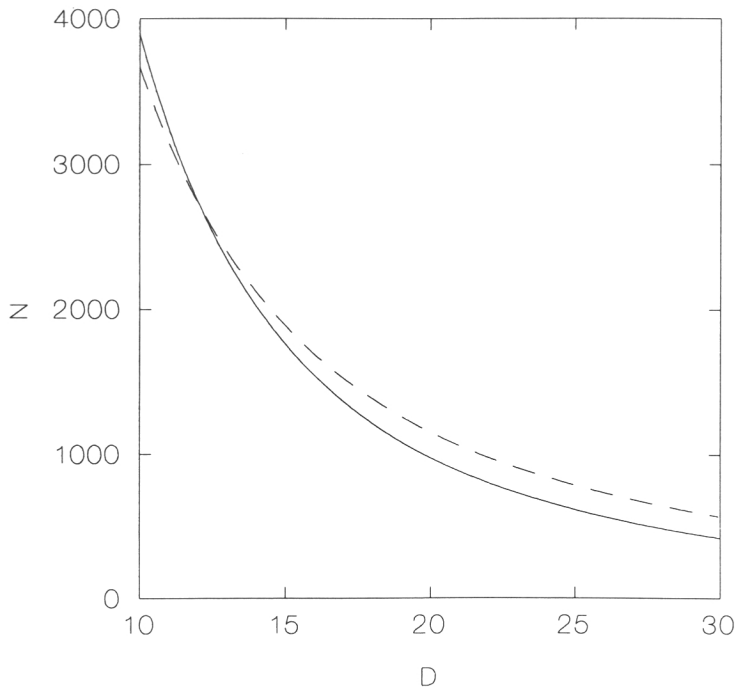
Rauduskoivun kehitystä kuvaavat mallit

Puiden kuoleminen

Kasvumalleihin oli tärkeää saada kuvattua puiden välinen kilpailu, joka rajoittaa kasvua. Kilpailutilanne on voimakkaimmillaan itseharvenemisrajalla, jolloin osa puista kuolee kasvutilan puutteeseen. Raudus- ja hieskoivikoille laaditut itseharvemisrajamallit olivat tyypillisesti lineaarisia logaritmisella asteikolla (1) (Hynynen 1993). Suurinta mahdollista runkolukua selitettiin metsikön pohjapinta-alapainotteisella keskiläpimitalla. Koivujen itseharvenemisrajamallit olivat muotoa:

$$\ln N = a_0 + a_1 \ln D_g \qquad (1)$$

Estimoidun mallin mukaan rauduskoivun harveneminen oli hieskoivua nopeampaa keskiläpimitan funktiona (kuva 2). Esimerkiksi keskiläpimitan ollessa 20 cm oli itseharvemisrajaa edustava runkoluku rauduskoivulla n. 1 000 ja hieskoivulla 1 200 kpl/ha.



Kuva 2. Itseharvenemisrajat raudus- (—) ja hieskoivulle (- - -).

Itseharvenemisrajaan perustuen laskettiin metsikön suhteellista tiheyttä kuvaava tunnus (RDF), joka sai arvon yksi metsikön tiheyden ollessa itseharvenemisrajalla ja rajan alapuolella tunnus sai alle yhden olevia arvoja (Hynynen 1996). Yksittäisen puun kilpailuasemaa kuvattiin laskemalla tiheysindeksi jokaiselle puulle kyseistä puuta paksummista puista. Metsikön paksuimman puun kilpailuindeksi oli siten nolla ja pienimmän puun likimain sama kuin koko metsikön tiheyttä kuvaava indeksi.

Kuolevien puiden valinta voitiin tehdä sekä Sieväsen (julkaisematon) että Haapalan (1983) eloonjäämis- tai kuolemistodennäköisyyttä ennustavilla malleilla. Sieväsen logistisessa mallissa koivun eloonjäämistodennäköisyyttä selitti puun läpimitta ja kilpailuasema. Mallien avulla metsikön pienimpiä puita kuoli jo ennen itseharvenemisrajan saavuttamista.

Latvussuhde

Puun latvussuhteen ennustava malli laadittiin epälineaarisella regressiolla. Puuston tilaa kuvaavina muuttujina mallissa olivat metsikön suhteellinen tiheys (*RDF*) ja valtapituus (H_{dom}), joka määritettiin pohjapinta-alapainotteista keskiläpimittaa paksumpien puiden keskipituutena. Yksittäistä puuta kuvasi sen läpimitta ($d_{1.3}$) ja pituus (h). Metsikön perustaminen istuttamalla vaikutti latvussuhteen kehitykseen ja se huomioitiin kahden dummy-muuttujan avulla.

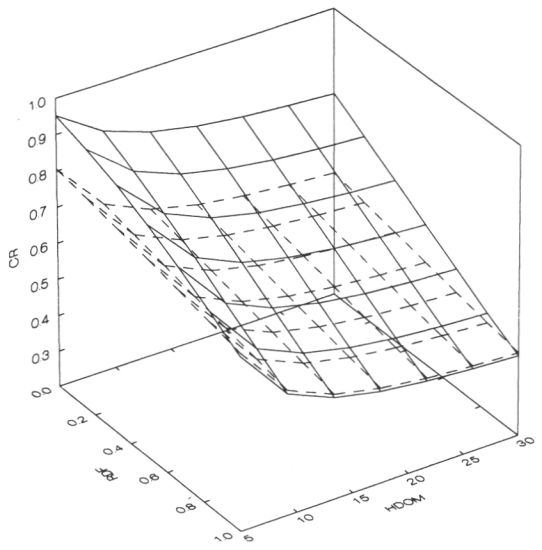
Istutetun rauduskoivun latvus oli yleensä suurempi kuin luontaisesti syntyneen. Osittain se johtui tietyn valtapituuden aikaisemmasta saavuttamisesta istutetussa metsikössä (mallin parametri a_{11}). Toisaalta metsikön tihentyessä latvukset supistuivat istutuskoivikossa nopeammin (parametri a_{51}) ja itseharvenemisrajalla latvukset olivat supistuneet samanlaisiksi istutetuissa ja luontaisesti syntyneissä koivikoissa (kuva 3). Metsikön sisällä yksittäisen koivun latvussuhde oli sitä suurempi mitä tyvekkäämpi oli puun muoto (*d/h* muototunnuksen kasvaessa).

Latvussuhteen malli oli muotoa:

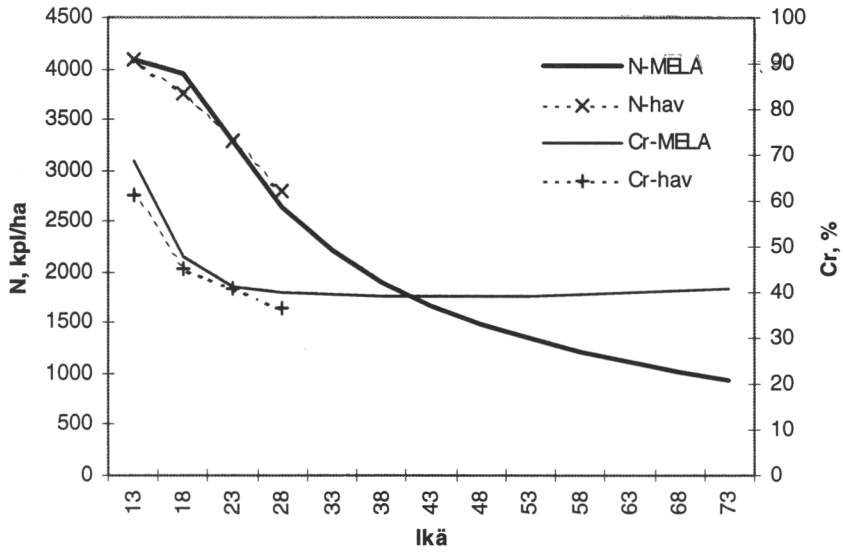
$$\hat{cr} = 1 - \exp\left\{-\left(a_1 + a_{11} ist\right) \ln H_{dom}^{(-a2)} d_{1.3}^{a3} \ln h^{(-a4)} \exp\left[-\left(a_5 + a_{51} ist\right) RDF\right]\right\}, \text{jossa} \qquad (2)$$

$\hat{cr}$ = puun ennustettu latvussuhde
H_{dom} = metsikön valtapituus
$d_{1.3}$ = puun rinnankorkeusläpimitta
h = puun pituus
RDF = metsikön tiheysindeksi
ist = metsikön perustaminen istuttamalla

Latvussuhteen ja runkoluvun muutokset ovat nopeimmillaan nuorissa tiheissä metsiköissä. Erään mallitusaineistoon kuulumattoman, tiheänä (5 000 kpl/ha) perustetun rauduskoivikon mittaussarjaa verrattiin MELA-simuloinnin mukaiseen runkoluvun ja latvussuhteen kehitykseen (kuva 4). Keskimääräinen latvussuhde pysytteli mittaushavainnoissa MELA-mallin mukaista latvussuhdetta pienempänä. Viimeinen havainto (36,3 %) oli jo selvästi pienempi kuin MELA-simuloinnissa (40,1 %). Runkoluvun kehitys oli keskimäärin samanlaista. Viimeisen mittaushavainnon runkoluku oli n. 200 kpl/ha yli ennustetun itseharvenemisrajan, joka osittain selitti myöskin MELA-mallia pienemmän latvussuhteen. Simuloinnissa metsikön suurin tiheys rajoitettiin itseharvenemisrajaan. Ennustemallin (2) mukaan yksittäisen koivun latvussuhde pienenee valtapituuden kasvaessa. Silti keskimääräinen latvussuhde jopa hieman nousi metsikön varttuessa, koska luonnonpoistuma sisälsi pääasiassa pienilatvuksisia puita.



Kuva 3. Valtapuun latvussuhteen muutos metsikön valtapituuden ja metsikön suhteellisen tiheyden (*RDF*) funktiona. Yhtenäinen viiva edustaa istutettua ja katkoviiva luontaisesti syntynyttä koivikkoa.



Kuva 4. Tiheänä perustetun rauduskoivikon runkoluvun ja latvussuhteen kehitys neljän mittaushavainnon ja MELA-simuloinnin mukaan.

Pituuskasvu

Pituuskasvu ennustettiin epälineaarisella mallilla. Mallin perustana oli valtapuiden pituuskehityksen ennuste (Ojansuu 1996). Valtapuiden pituuskehitysmalli liittyi kasvupaikan bonitointiin ja se voitiin tehdä joko pelkästään kasvupaikkaa kuvaavilla tunnuksilla tai tarkentamalla boniteettia mitatuilla valtapituus ja ikä tunnuksilla. Yksittäisen puun pituuskasvu kuvattiin kasvun eriytymisenä valtapuiden pituuskehityksestä. Kasvueroja selitettiin puun suhteellisen läpimitan (d/D_{dom}) ja puun kilpailuaseman (RDF_l) avulla.

$$\hat{i}h5 = IH_{dom}\left(d/D_{dom}\right)^{(a_1 - a_2 IST)RDF_l}, \text{jossa} \qquad (3)$$

$\hat{i}h5$ = puun tulevan 5-vuoden pituuskasvun ennuste

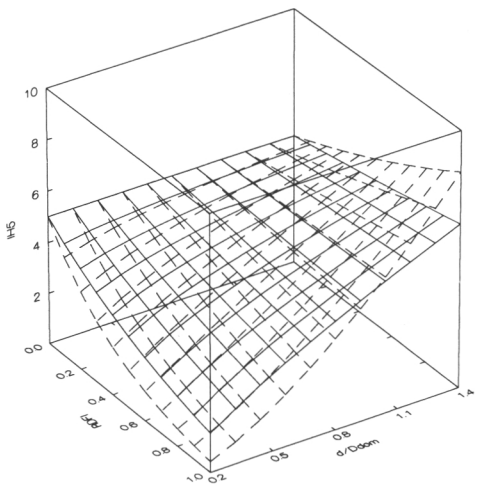
IH_{dom} = valtapuiden pituuskasvu

D_{dom} = valtapuiden keskiläpimitta

RDF_l = kohdepuuta paksumpien puiden suhteellinen tiheys

IST = metsikön perustaminen istuttamalla.

Metsikön sisällä puiden välisellä kilpailulla oli huomattava merkitys pituuskasvuun. Sekä puun suhteellinen koko (d/D_{dom}) että kilpailuasema (RDF_l) vaikuttivat voimakkaasti pituuskasvuun (kuva 5). Puiden väliset pituuserot tulivat suurimmiksi nopeakasvuisimmilla kasvupaikoilla. Istutetussa rauduskoivikossa puiden pituuskehitys oli tasaisempaa kuin luontaisesti syntyneessä koivikossa.



Kuva 5. Koivun pituuskasvu ($\hat{i}h5$) puun suhteellisen koon (d/D_{dom}) ja kohdepuuta paksumpien puiden tiheyden (RDF_l) funktiona, kun valtapuiden pituuskasvu IH_{dom} oli 5 metriä. Yhtenäinen viiva edustaa istutetun ja katkoviiva luontaisen koivikon pituuskasvua.

Läpimitan kasvu

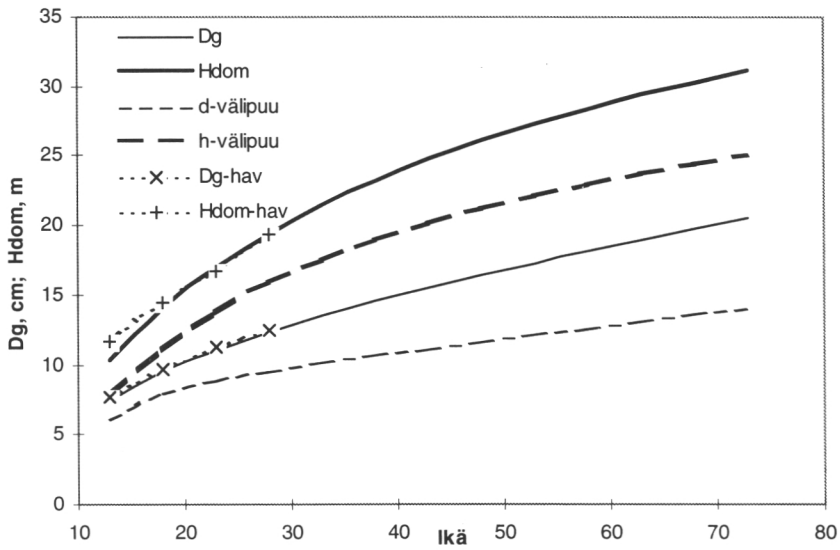
Puun läpimitan kasvumalli laadittiin sekamallilla, jossa jäännösvarianssi jaettiin metsiköiden sisäiseen ja metsiköiden väliseen komponenttiin. Selitettävä muuttuja oli puun 5 vuoden pohjapinta-alan kasvu logaritmisena $ln(ig+1)$. Selittävät muuttujat vaikuttivat siten tulomuotoisesti pohjapinta-alan kasvuun. Mallin rakenne on esitetty riveittäin siten, että ensimmäisen rivin selittäjät ovat yksittäisen puun tunnuksia, seuraavalla rivillä ovat koealan puustotunnukset, sitten kasvupaikan tunnuksia ja viimeisellä rivillä ovat puuston käsittelyyn liittyvät luokkamuuttujat. Selittävän muuttujan vaikutussuunta kasvuun näkyy etumerkistä. Kasvumalli sopi myös hieskoivulle, kun kasvun tasoon tehtiin puulajista johtuva vähennys.

$$ln(i\hat{g}+1)=-a_0+a_1 ln(d+1)-a_2 d^2+a_3 ln(cr)-a_4 RDF_l-a_5 Hies \quad (4)$$
$$-a_6 ln(RDF+1)-a_7 H_{dom}^{-1}-a_8 H_{dom}^{-2}$$
$$+a_9 ln(SI)+a_{10} DDY+a_{11} IST+a_{12} TH_{10}\text{, jossa}$$

d = puun läpimitta, cm
cr = puun latvussuhde
RDF_l = kyseistä puuta paksumpien puiden tiheysindeksi
$Hies$ = puulaji on hieskoivu

RDF = metsikön tiheysindeksi
H_{dom} = valtapituus, m
SI = pituusboniteetti
DDY = lämpösumma
IST = metsikön perustamista istuttamalla kuvaava luokkamuuttuja
TH_{10} = harvennusta kuvaava luokkamuuttuja, kun harvennuksesta kulunut aika on korkeintaan 10 vuotta

Harventamattoman rauduskoivikon keskiläpimitan ja valtapituuden MELA-mallien mukaista kehitystä verrattiin kuvassa 4 esitellyn tiheän koivikon havaintosarjoihin (kuva 6). Molemmat MELAn kehityssarjat vastasivat hyvin mittaushavaintoja. Metsikön sisäistä kilpailua kuvasi välipuuna kasvaneen koivun pituuden ja läpimitan kehitys, joka jäi selvästi jälkeen valtapituuden ja painotetun keskiläpimitan kehityksestä. Läpimitan eriytyminen oli suhteellisesti voimakkaampaa kuin pituuden eriytyminen.



Kuva 6. Tiheänä perustetun käsittelemättömän rauduskoivikon keskiläpimitan ja valtapituuden kehitys MELA-mallilla simuloituna sekä havaintosarjana. Välipuuna kasvaneen puun pituuden ja läpimitan kehitys samassa metsikössä MELA-simulointina.

Koivikoiden kehitys MELAn uusien simulointimallien mukaan

Koivun uusien kasvumallien mukaista metsikön kehitystä tarkasteltiin tekemällä esimerkilaskelmia kahden 1 600 kpl/ha tiheyteen istutetun rauduskoivikon erilaisille harvennusohjelmille. Lisäksi tarkasteltiin mallien mukaista raudus- ja hieskoivikon kehitystä samalla kasvupaikalla. Erityisesti tutkittiin vaihtoehtojen merkitystä käyttöpuun tuotokseen ja sen jakaantumiseen puutavaralajeiksi. Puutavaralajijakaumat perustuvat puun ennustettuihin dimensioihin ja Laasasenahon (1982) runkokäyriin. Esitettävissä tuloksissa tukkipuun tuotokset ovat yliarvioita sillä sekä MELA-simuloinnissa että Oikarisen mallissa ei huomioida vikojen aiheuttamaa tukkipuuvähennystä. Tukkipuun läpimitta oli vähintään 17,5 cm ja pituus 3,4 m.

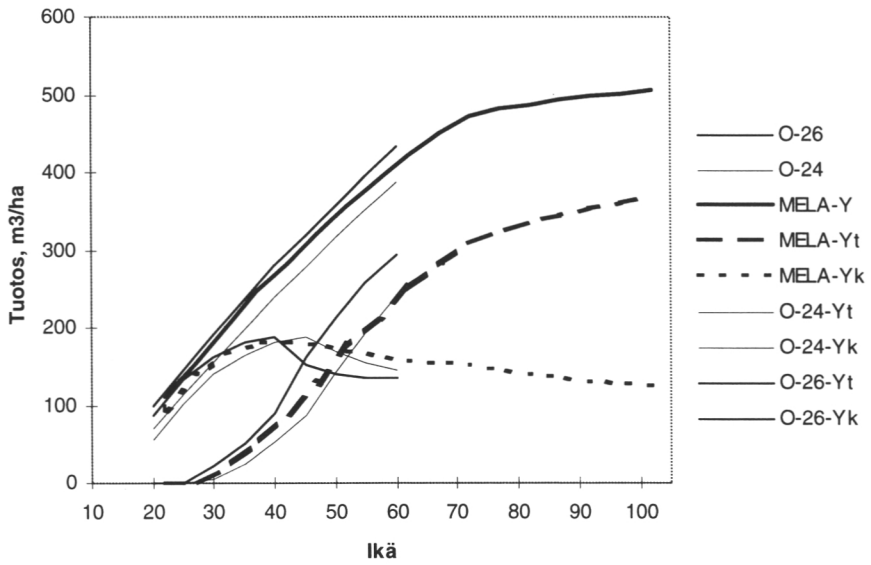
Keskisuomalaisen tuoreen kankaan (MT) rauduskoivikon ensiharvennusvaiheen valtapituudella tarkennettu pituusboniteetti oli H_{50}=25,5 (taulukko 1). Oikarisen (1983) kasvatusmalleista valittiin vertailtavaksi sekä 24 että 26 m boniteetteja vastaavat kehityssarjat. Tulosten vertailukelpoisuuden vuoksi harvennuskäsittelyt pantiin vastaamaan toisiaan. Harvennuskertoja oli kaksi ja niissä poistettiin 30 % puustopääomasta. MELA-simuloinnin mukaiset kokonaistuotokset sisältävät myöskin luonnonpoistuman taulukossa 1. Lisäksi mukana on harventamaton vaihtoehto mallien käyttäytymisen havainnollistamiseksi. Vertailut tehtiin 60 vuoden kiertoaikaa noudattaen, mutta MELA-mallien tuloksia seurattiin myöskin pidemmällä aikavälillä.

Taulukko 1. MELA-mallilla simuloidun rauduskoivikon puustotunnuksia lähtötilanteessa ja päätehakkuuvaiheessa joko harventamatta (h0) tai kahdesti 30 % puustopääomaa harventaen (h2). Vertailuna Oikarisen taulukosta valtapituusboniteettia H_{50}=24 ja H_{50}=26 vastaavat tunnukset.

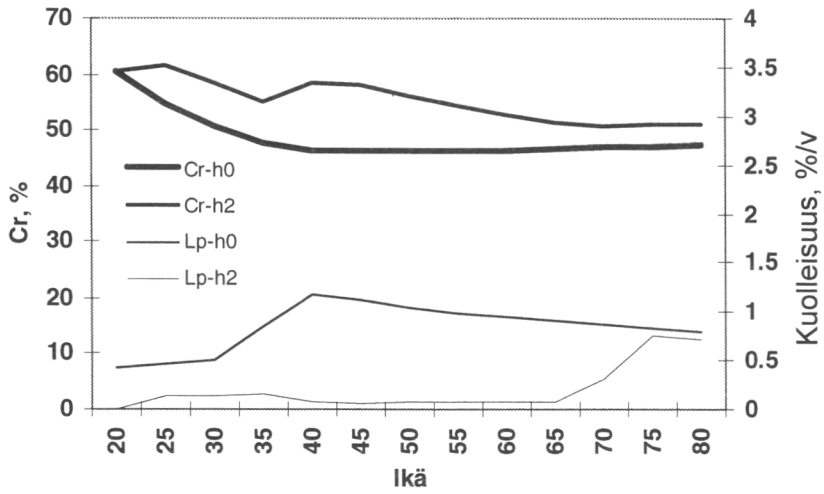
	Ikä v	N kpl/ha	D cm	H m	V m^3/ha	PPA m^2/ha	Y m^3/ha	SI m
	22	1600	12,6	14,2	109,8	17,4		
MELA h0	62	827	21,9	27,3	347,9	29,0	496,4	25,5
MELA h2	62	539	25,6	27,2	309,6	26,0	420,8	25,5
Oikarinen	20	2000	9,7	12,4	69,0	12,8		
	60	575	25,1	26,1	282,0	24,8	389,0	24,0
Oikarinen	20	2000	10,7	14,4	99,0	15,8		
	60	494	27,2	28,0	328,0	26,9	433,0	26,0

Harventamattoman koivikon kokonaistuotos oli 18 % suurempi kuin harvennetun koivikon (taulukko 1). Harvennetun metsikön runkopuun tuotos ja sen jakaantuminen puutavaralajeihin ei juurikaan eronnut Oikarisen (1983) esittämistä (kuva 7). Vaneripuun tuotos vastasi MELA-malleilla Oikarisen 24 metrin boniteetin mukaista tuotosta. Vaneripuun mittoihin päästiin 25–30 vuoden iällä ja sen määrä kasvoi aluksi hyvin samankaltaisesti, mutta toisen harvennuksen jälkeen MELA-mallin mukainen vaneripuun tuotos oli alempi kuin Oikarisen mallissa 26 m:n valtapituusboniteetilla. Tukkipuun tuotos 60 v:n kiertoajalla oli MELA-mallin mukaan harvennetussa koivikossa 235 m^3/ha. Oikarisen mallissa tukkipuun tuotos oli boniteetista riippuen 231–285 m^3/ha.

Metsikköä harventamalla latvussuhde saatiin pysymään suhteellisen korkeana (yli 55 %) kunnes kiertoajan pidentäminen yli 60 vuoden laski sen 50 prosenttiin, jolloin myöskin kuolleisuus lisääntyi (kuva 8). Harventamattomana latvussuhde supistui 30 v iällä alle kriittisenä pidetyn 50 % rajan ja vuotuinen kuolleisuus nousi samalla n. yhteen prosenttiin tilavuudesta. Itseharvenemisrajalla keskimääräinen latvussuhde tasaantui noin 47 prosenttiin.



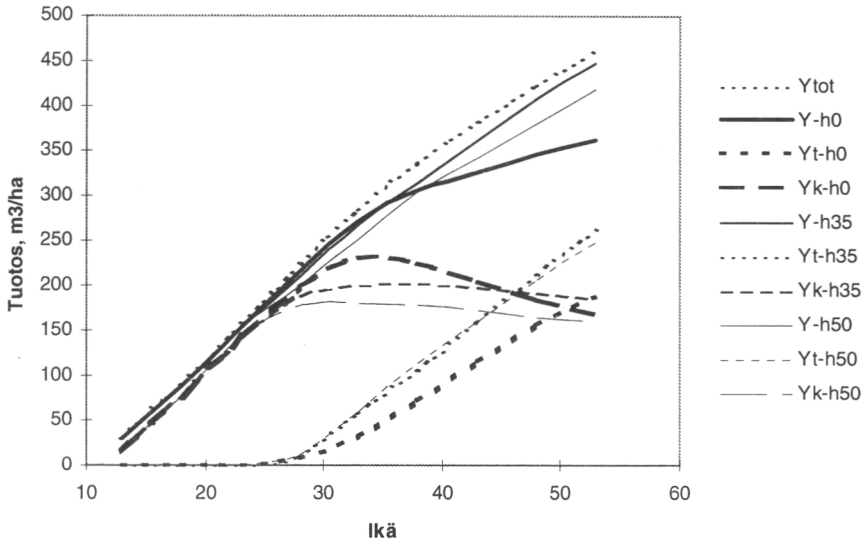
Kuva 7. MELA-simuloinnin mukainen istutetun rauduskoivikon (H_{50} = 25,5) runkopuun tuotos (Y) ja sen jakaantuminen tukki- (Yt) ja kuitupuun (Yk) osalle. Vertailuna vastaavat tunnukset Oikarisen kasvatusmalleista boniteeteilla H_{50} = 24 ja 26 metriä (0–24, 0–26).



Kuva 8. Harvennetun (h2) ja harventamattoman (h0) metsikön latvussuhteen (Cr) ja luonnonpoistuman (Lp) kehitys esimerkkimetsikössä.

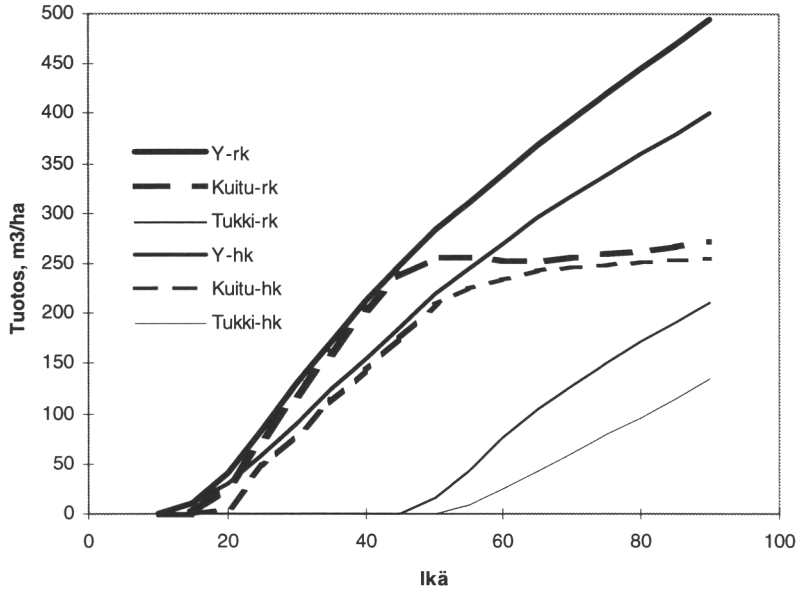
Harvennusvoimakkuuden vaikutusta tuotokseen tarkasteltiin viljavan peltokoivikon (H_{50} = 29) kahdella vaihtoehtoisella harvennusohjelmalla. Harvennusajankohdat vastasivat molemmissa vaihtoehdoissa käytännön kasvatusohjeita (Tapion taskukirjan taulukot 1992). Harvennukset tehtiin alaharvennuksina puuston pohjapinta-alan saavuttaessa leimausrajan. Normaalissa harvennuksessa poistettiin kahdesti 35 % puustopääomasta, jolloin harvennuksen jälkeinen pohjapinta-ala vastasi käytännön kasvatusohjeita. Voimakkaassa harvennuksessa poistettiin ensiharvennuksessa 50 % ja toisessa harvennuksessa 40 % tilavuudesta, jolloin harvennuksen jälkeiset pohjapinta-alat olivat 10–17 prosenttia alle käytännön suositusten.

Kasvupaikan kokonaistuotos 50 v kiertoajalla oli luonnonpoistuma mukaan lukien 460 m^3/ha (kuva 9). Harvennusten ansiosta saatiin käyttöpuun tuotos merkittävästi harventamatonta metsikköä suuremmaksi. Esim. 50 v kiertoajalla tukki- ja kuitupuun yhteenlasketut tuotokset olivat normaalisti harvennettaessa 448 m^3/ha, voimakkaasti harvennettaessa 409 m^3/ha ja harventamatta 357 m^3/ha. Harvennuksen voimakkuudella ei sen sijaan näyttänyt olevan merkitystä tukkipuun tuotokseen vaan voimakas harvennus merkitsi kuitupuusaannon pienenemistä. Päätehakkuuvaiheessa oli keskimääräinen rungon tilavuus harventamattomassa metsikössä 427 dm^3, normaalisti harvennetussa metsikössä 644 dm^3 ja voimakkaasti harvennettaessa 744 dm^3.



Kuva 9. Rauduskoivun runkopuun tuotos ja sen jakaantuminen puutavaralajeiksi harventamattomana (h0) ja kahden normaalin harvennuksen (h35) tai kahden voimakkaan harvennuksen (h50) kasvatusohjelmalla (Ytot = kokonaistuotos luonnonpoistuma mukaanlukien, Y = runkopuun tuotos ilman luonnonpoistumaa, Yt = tukkipuun tuotos, Yk = kuitupuun tuotos).

Muokatuille uudistusaloille syntyy koivua usein huomattavia määriä luontaisesti. Tästä syystä oli kiinnostavaa vertailla luontaisen hies- tai rauduskoivun kehitystä samalla kasvupaikalla. Esimerkissä MT:lle luontaisesti syntyneen ja hoidetun hies- ja rauduskoivikon tuotoksissa oli hyvin huomattava ero (kuva 10). Valtapituusboniteetit (H_{50}) olivat rauduskoivulla 21,7 ja hieskoivulla 19,5 lämpösumman ollessa 1 200 d.d., joten pituuskehitys selitti osaltaan tuotoseroja. Suurempi merkitys oli kuitenkin rauduskoivun hieskoivua nopeammassa läpimitan kasvussa. Keskiläpimitat olivat 80 v iässä rauduskoivikossa 26 cm ja hieskoivikossa 22 cm. MELA-simuloinnissa raudus- ja hieskoivikon kokonaistuotokset olivat 445 m^3/ha ja 360 m^3/ha 80 vuoden iällä. Rauduskoivikko alkoi tuottaa vaneripuuta 45 v iällä ja hieskoivikko 5 vuotta myöhemmin. Rauduskoivikko tuotti 80 vuoden kiertoajalla vaneripuuta 172 m^3/ha ja hieskoivikko 96 m^3/ha.



Kuva 10. Hoidetun, luontaisesti syntyneen rauduskoivikon (rk) ja hieskoivikon (hk) runkopuun tuotos ja sen jakaantuminen puutavaralajeiksi MELA-simuloinnin mukaan MT:llä.

Tulosten tarkastelua

Peltokoivikoissa olisi tuotoksen voinut olettaa olevan suuremman kuin metsämaan koivikoissa (Niemistö ym. 1997). Koivun kasvumallien laadinta-aineistossa ero ei kuitenkaan ollut tilastollisesti merkitsevä. Ojansuun (1996) pituusboniteettien laadinta-aineistossa ei ollut kestokokeiden peltokoealoja. Peltojen bonitointi oli ongelmallista esimerkiksi siksi, että valtapituusboniteetin vaihtelu oli suurempaa kuin viljavilla metsämailla (ks. Oikarinen 1983). Sen sijaan metsikön perustaminen istuttamalla vaikutti boniteettiin selvästi (Gustavsen ja Mielikäinen 1984, Ojansuu 1996). Valtapituuden nopeamman kehityksen lisäksi istuttaminen joudutti myös metsikön pienempien puiden pituuden ja läpimitan kasvua ja suurensi latvussuhdetta verrattuna saman kehitysvaiheen luontaisesti syntyneeseen koivikkoon.

Puulajittaiset selittävät muuttujat mahdollistivat raudus- ja hieskoivun kuvaamisen yhteisillä ennustemalleilla. Hieskoivun latvuksen on todettu kestävän rauduskoivua paremmin metsikön tihentymisestä aiheutuvaa valokilpailua (Ferm 1990, Niemistö 1991). Latvussuhdemallissa tämä tuli huomioitua puulajittaisen tiheysindeksin avulla. Sama indeksin arvo merkitsi hieskoivikossa rauduskoivikkoon nähden suurempaa runkolukua, koska hieskoivun itseharvenemisraja oli raudus-

koivun rajaa korkeammalla. Valtapituuden kehitys kivennäismailla on havaittu rauduskoivulla selvästi hieskoivua nopeammaksi (Ilvessalo & Ilvessalo 1975). Tässä esitetyn pituuskasvumallin keskeisin tehtävä oli kuvata metsikön sisällä eri kokoisten puiden pituuskasvun eriytymistä valtapuiden pituuskasvusta. Tämä oli luontaisen hies- ja rauduskoivun osalta samankaltaista. Sen sijaan ennusteen perustana oleva valtapuiden pituuskasvu johti hies- ja rauduskoivun erilaisille valtapituuskäyrille samalla kasvupaikalla (Ojansuu 1996). Läpimitan kasvumallissa tarvittiin lisäksi erillinen luokkamuuttuja laskemaan kasvun tasoa hieskoivulla.

Niemistö (1995) suositteli ensiharvennusta ennen kuin latvussuhde supistuu alle 55 prosentin. Istutustiheydellä 2 500 kpl/ha tämä raja saavutettiin 14 metrin valtapituudella ja 1 600 kpl/ha alkutiheydellä 17 metrin valtapituusvaiheessa, joka vastasi hyvin MELA-malleilla saatua tulosta. Peltomailla ja metsämailla ei latvussuhteen kehityksessä ollut eroa (Niemistö ym. 1997).

Simuloitu tilavuus- ja tuotoskehitys seurasi jokseenkin hyvin Oikarisen mallia, kun puustopääomat ja metsikön käsittelyt vastasivat toisiaan. Tuotoksen jakaantuminen puutavaralajeiksi erosi siten, että MELA-mallin mukaan kuidun osuus oli suurempi ja tukkiosuuden määrä pienempi kuin Oikarisen mallissa. Molemmissa malleissa yliarvioidaan tukkipuun määrää, sillä koivulla esiintyy tyypillisesti tukkipuun määrää laskevia vikoja. Esimerkiksi runkomuotovikoja oli peltomailla 72 %:ssa ja metsämailla 58 %:ssa potentiaalisista tukkipuista (Niemistö ym. 1997).

Niemistön (1997) havainnot ensiharvennuksen jälkeisen 5-vuoden jakson tilavuuskasvun tasosta harventamattomaan metsikköön verrattuna vastasivat MELA-mallin tuloksia. Kun MELA-simuloinnissa pudotettiin tilavuus 65 prosenttiin, vastasi seuraavan jakson tilavuuskasvu 89 prosenttia harventamattoman metsikön kasvusta. Niemistön tutkimuksessa vastaava kasvun taso oli keskimäärin 87 prosenttia. Puustopääoman pudottaminen puoleen merkitsi seuraavan jakson kasvun alenemista 74 prosenttiin harventamattoman metsikön kasvusta MELA-simuloinnissa ja 72 prosenttiin Niemistön tutkimuksessa. MELA-simuloinnissa seuraavan 5-vuotiskauden tilavuuskasvu oli normaaliharvennuksessa jo 104 % harventamattoman metsikön kasvusta ja voimakkaassa harvennuksessa 91 %. Vapautetun kasvutilan erittäin tehokas hyväksikäyttö teki ymmärrettäväksi kiertoajan käyttöpuun tuotosten suhteellisen pienet erot erilaisilla harvennusvoimakkuuksilla.

Harvennetuissa viljelykoivikoissa ei ollut juurikaan luonnonpoistumaa. Pitkän aikavälin simuloinnissa kuolleisuus alkoi esimerkkimetsiköissä lisääntyä merkittävästi, kun latvussuhde laski 50 prosenttiin. Kun puuston tiheys oli itseharvenemisrajalla, oli vuotuinen luonnonpoistuma n. yksi prosentti kokonaistilavuudesta. Harvennusten ajoittaminen käytännön ohjeiden mukaisesti vastasi samalla harventamista ennen kuin latvussuhde supistuu alle 55 prosentin (kts. Niemistö 1995).

Toimenpiteiden ajoittaminen 5-vuotiskausittain ei aina ollut optimaalista nopeasti kehittyvissä koivikoissa. MELA-simuloinnissa puuston pohjapinta-ala oli ensiharvennusvaiheessa 20,3 m^2/ha ja valtapituus 17 metriä, joten ensiharvennus oli jo myöhässä. Edellisen jakson alussa pohjapinta-ala oli 14,6 m^2/ha ja valtapituus 13,7 metriä, joten harventaminen olisi ollut liian aikaista. Niemistön (1995) mukaan ensiharvennusvaiheessa olevan rauduskoivikon oikea-aikaiselle harvennukselle jää aikaa vain 3–4 vuotta.

MELA-mallin mukainen kokonaistuotos luontaisesti syntyneissä MT koivikoissa 60 vuoden iällä oli 339 m^3/ha rauduskoivikossa ja hieskoivikossa 80 % tästä. Koivulajien suhteellinen tuotosero oli pienempi kuin Ilvessalon & Ilvessalon (1975) tutkimuksessa, jossa hieskoivun tuotos oli MT:llä 76 % rauduksen tuotoksesta (318 m^3/ha). Tulos selittyi valtapituusboniteettien puulajeittaisesta erosta, joka Ilvessalojen (1975) tutkimuksessa oli suurempi kuin MELA-mallissa. Koiviston (1959) mukaan toistuvasti käsitellyn OMT hieskoivikon tuotosero rauduskoivikkoon nähden pieneni metsikön varttuessa siten, että 20 vuoden vaiheessa hieskoivikon kokonaistuotos oli 54 % ja 60 vuoden iällä 73 % rauduskoivikon (391 m^3/ha) tuotoksesta.

Puulajien tuotosvertailun mukaan luontaisen MT rauduskoivikon tuotos (445 m^3/ha 80 vuoden kiertoajalla) vastasi kutakuinkin hoidetun kuusikon tuotosta (MT luontainen 481 m^3/ha, istutettu 441 m^3/ha), mutta sekä luontaisen (530 m^3/ha) että istutetun männikön (566 m^3/ha) tuotokset olivat selvästi rauduskoivua korkeammat (Koivisto 1959, Vuokila ja Väliaho 1980). Pitkän kiertoajan vertailu antoi lohduttoman kuvan hieskoivusta, jonka kokonaistuotos jäi 86–210 m^3/ha rauduksen tai havupuiden tuotosta pienemmäksi. Yksittäisten metsiköiden ja tuotostaulukoiden keskimääräisen kehityksen vertailuun tulee suhtautua varauksellisesti. Vasta suurella aineistolla tehtyjen simulointien vertaaminen VMI:n mukaiseen kasvun tasoon antaa kuvan mallien luotettavuudesta. Tämä vaihe mallituksesta on parhaillaan käynnissä ennen kuin uudet kasvumallit otetaan laajemmin käyttöön.

Kirjallisuus

Ferm, A. 1990. Coppicing, aboveground woody biomass production and nutritional aspects of birch with specific reference to Betula pubescens. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 348. 35 s.

Haapala, P. 1983. Luonnonpoistuman ennustaminen puun kuolemistodennäköisyysmallilla. Moniste. Metsäntutkimuslaitoksen puuntuotoksen tutkimussuunta. 33 s.

Hynynen, J. 1993. Self-thinning models for even-aged stands of Pinus sylvestris, Picea abies and Betula pendula. Scandinavian Journal of Forest Research 8(3): 326–336.

Hynynen, J. 1995. Modelling tree growth for managed stands. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 576. 59 s.
Hynynen, J. 1996. MELA-mallit kasvatusmetsien dynamiikan kuvaajana. Julkaisussa: Hynynen, J. & Ojansuu, R. (toim.). Puuston kehityksen ennustaminen - MELA ja vaihtoehtoja. Tutkimusseminaari Vantaalla 1996. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 612: 69–84.
Ilvessalo, Y. 1920. Kasvu- ja tuottotaulut Suomen eteläpuoliskon mänty-, kuusi- ja koivumetsille. Acta Forestalia Fennica 15(4). 94 s.
Ilvessalo, Y. & Ilvessalo, M. 1975. Suomen metsätyypit metsiköiden luontaisen kehitys- ja puuntuottokyvyn valossa. Acta Forestalia Fennica 144: 1–101.
Koivisto, P. 1959. Kasvu- ja tuottotaulukoita. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 51(8). 49 s.
Niemistö, P. 1991. Hieskoivikoiden kasvatustiheys ja harvennusmallit Pohjois-Suomen turvemailla. Folia Forestalia 782. 36 s.
Niemistö, P. 1995. Influence of initial spacing and row-to-row distance on the crown and branch properties and taper of silver birch (Betula pendula). Scandinavian Journal of Forest Research 10: 235–244.
Niemistö, P. 1997. Ensiharvennuksen ajankohdan ja voimakkuuden vaikutus istutetun rauduskoivikon kasvuun ja tuotokseen. Metsätieteen aikakauskirja Folia Forestalia 4/1997: 439–454.
Niemistö, P., Hukki, P. & Verkasalo, E. 1997. Kasvupaikan ja puuston tiheyden vaikutus rauduskoivun ulkoiseen laatuun 30-vuotiaissa istutuskoivikoissa. Metsätieteen aikakauskirja Folia Forestalia 3/1997: 349–374.
Oikarinen, M. 1983. Etelä-Suomen viljeltyjen rauduskoivikoiden kasvatusmallit. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 133. 75 s.
Ojansuu, R. 1996. Kangasmaiden kasvupaikan kuvaus MELA-järjestelmässä. Julkaisussa: Hynynen, J. & Ojansuu, R. (toim.). Puuston kehityksen ennustaminen - MELA ja vaihtoehtoja. Tutkimusseminaari Vantaalla 1996. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 612: 39–56.
Raulo, J. 1981. Koivukirja. Gummerus. 131 s.
Siitonen, M. 1996. MELA ja metsien kehityksen ennustaminen. Julkaisussa: Hynynen, J. & Ojansuu, R. (toim.). Puuston kehityksen ennustaminen - MELA ja vaihtoehtoja. Tutkimusseminaari Vantaalla 1996. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 612: 7–20.
Vuokila, Y. 1986. Puuntuotoksen tutkimussuunnan kestokokeiden periaatteita ja suunnitelmia. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 239. 229 s.
Vuokila, Y. & Väliaho, H. 1980. Viljeltyjen havumetsiköiden kasvatusmallit. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 99(2). 271 s.

ISTUTUSKOIVUN ULKOINEN LAATU PELTO- JA METSÄMAILLA

Pentti Niemistö

Johdanto

Suomen vaneri- ja puusepänteollisuus on tähän saakka saanut koivuraaka-aineensa sekametsistä tai luontaisesti syntyneistä ja verrattain tiheinä kasvaneista rauduskoivikoista. Hieskoivustakin saadaan tukkeja, mutta pienemmän koon ja runsaamman vikaisuuden takia niiden käyttö on raudustukkeja vähäisempää (Kärkkäinen 1984, Salmi 1987, Verkasalo 1997). Suomalainen puunjalostusteollisuus on käyttänyt kotimaista lehtipuuta viimeisen vuosikymmenen aikana keskimäärin 6,6 milj. m^3 vuodessa, josta 5,3 milj. m^3 on jalostettu selluloosaksi (Aarne 1996). Lehtipuutukkia on käytetty 1,37 milj. m^3 vuodessa, josta vaneritukkia 1,16 milj. m^3 ja sahatukkia 0,21 milj. m^3. Muiden lehtipuiden kuin koivun osuus tukeista on vähäinen. Luontaisten koivuvarojen ehtyessä odotetaan nopekasvuisten istutuskoivikoiden helpottavan koivutukkipulaa lähivuosikymmeninä.

Koivutukkien kasvatuksessa puun teknisellä laadulla on suuri merkitys, koska järeän ja hyvälaatuisen rungon jalostustusarvo on moninkertainen heikkolaatuiseen verrattuna (Heiskanen 1966, Heiskanen & Saikku 1976, Kärkkäinen 1986). Toisaalta rungon ulkoiset ja sisäiset viat ovat koivulla yleisempiä kuin esim. kuusella ja männyllä (esim. Kujala 1946, Heiskanen 1957, Kärkkäinen 1985). Puun tekninen laatu rajoittaakin herkästi koivun käyttökelpoisuutta mekaanisessa puunjalostuksessa. Käyttökelpoisen sorviviilun ja sahatavaran määrää vähentävät rungon kapeneminen ja epäpyöreys sekä sellaiset viat kuten mutkaisuus, lenkous, haaraisuus, lahoisuus ja rungon halkeamat. Tuotteen laatua puolestaan alentavat useimmin erilaiset väriviat, joista pahimpia ovat laho- ja pystyoksat.

Istutuskoivujen teknisestä laadusta on käytettävissä niukasti tutkittua tietoa. Aikaisemmin koivun ulkoista laatua Suomessa on tutkinut etenkin Heiskanen (1957), jonka tutkimus koski luontaisesti syntyneitä raudus- ja hieskoivikoita kivennäismailla (MT + OMT) sekä turvemailla. Verkasalo (1997) on tutkinut vastaavasti luontaisesti syntyneen hieskoivun laatua. Ensiharvennusikäisten tai nuorempien peltokoivikoiden laatua ovat melko suppeissa aineistoissa tutkineet Raulo (1979), Anttonen (1990), Valkonen (1992) ja Niemistö (1995a, 1995b).

Metsäntutkimuslaitos käynnisti vuonna 1993 laajan istutuskoivun tuotosta ja laatua koskevan tutkimuksen. Koivun ulkoisen laadun osalta tulokset on jo julkaistu 30-vuotiaista istutuskoivikoista (Niemistö ym. 1997). Tässä tarkastelussa vertaillaan istutuskoivujen ulkoista laatua em. tutkimuksen pohjalta pelto- ja metsämailla sekä eri maalajien välillä. Samalla esitellään alustavia tuloksia em. ikäluokkaa vanhemmilta ja nuoremmilta koivuviljelyksiltä. Tarkastaltavia laatutunnuksia ovat oksien paksuus, kuivan ja elävän latvuksen alarajan korkeus, rungon kapeneminen ja suoruus, pintavikojen esiintyminen sekä tyveysten ja välileikkojen määrä.

Aineisto ja menetelmät

Aineiston yleiskuvaus on tämän julkaisun aikaisemmassa artikkelissa sivulla 61. Pääasiassa tulokset koskevat 30-vuotiaita koivikoita, joiden osalta aineisto on laajin ja edustavin (74 metsikköä). Iän vaikutusta tarkastellaan siltä osin kuin alustavat tulokset muista ikäluokista antavat mahdollisuuden.

Ulkoisen laadun tunnuksia mitattiin seuraavasti (tarkemmin julkaisussa: Niemistö ym. 1997):

Kaikki puut 300 m^2:n koealalla: Vihreän latvuksen alaraja, tuoreoksaraja, kuivaoksaraja, tyvitukkiosan lenkous, runkoviat sekä tyveysten ja leikkojen tarve apteerauksessa.
Kaatokoepuut (5 kpl/metsikkö): Rungon kapeneminen ($d_{1,3}$-$d_{6,0}$) sekä paksuimman elävän ja kuolleen oksan läpimitat.

Pystypuustosta laskettiin hehtaarikohtaiset tulokset 600 paksuimmalle istutuskoivulle, joten tutkittavaksi tuli 18 puuta koealalta. Tällä tavalla eri tiheyksissä kasvaneista metsiköistä saatiin keskenään vertailukelpoisempia ja tutkittavaksi tulivat metsikön potentiaaliset tukkipuut (Oikarinen 1983). Näin rajattuna koko aineisto sisälsi 127 metsikössä yhteensä 2 194 puuta, joista kaatokoepuita oli 622 kappaletta (taulukko 1).

Taulukko 1. Istutuskoivikoiden jakaantuminen ikäluokittain ja maalajeittain pelto- ja metsämailla. Maanäyte otettu 30 cm syvyydestä.

Maalaji	18–29 v. Metsä-maat	18–29 v. Pelto-maat	30-vuotiaat Metsä-maat	30-vuotiaat Pelto-maat	42–65-v. Metsä-maat	Kaikki yhdessä
Savi		4	3	1	1	9
Hiesu	1	6	2	3		12
Hieta		7	5	7		19
Hiekka	3	2	9	3	5	22
Hietamoreeni	1	14	11	13		39
Hiekkamoreeni	4	2	6	2		14
Multamaa (orgaanisen aineksen osuus > 20 %)		3	4	5		12
Kaikki yhteensä	9	38	40	34	6	127
Kaatokoepuut	45	186	194	167	30	622
600 paksuinta/ha	162	679	684	573	96	2194

Tulokset

Erot pelto- ja metsämaiden koivujen laadussa

Peltomaiden rauduskoivut olivat keskimäärin paksumpia kuin samanikäiset metsämaan koivut, mutta pituudessa ei ollut eroa (taulukko 2). Peltokoivujen tyvekkyys ei kuitenkaan ollut mitenkään poikkeuksellista, koska rungon kapeneminen ($d_{1,3}$–$d_{6,0}$) peltomailla oli keskimäärin vain 1–2 mm voimakkaampaa kuin metsämailla. Istutuskoivujen oksat olivat kuolleet 30-vuotiaissa koivikoissa keskimäärin 8,0 metrin korkeuteen ja nuoremmassakin ikäluokassa jo reilusti tyvitukin osuudelta. Oksikkuuden tarkastelussa kannattaa siten keskittyä kuivien oksien paksuuteen ja karsiutumiseen.

Paksuimmat kuivat oksat olivat peltomailla keskimäärin 3–4 mm vahvempia kuin metsämailla (taulukko 2). Kuten aikaisemmissakin tutkimuksissa on todettu (esim. Varmola 1980, Kellomäki ym. 1992, Niemistö 1995a, Verkasalo 1997), oli oksien paksuus ja samalla rungon kapeneminen voimakkaasti sidoksissa puun läpimittaan. 30-vuotiaissa koivuissa paksuimman kuivan oksan läpimitta oli metsämailla keskimäärin 21,5 mm ja se kohosi 16:sta 26 mm:iin puun läpimitan vaihdellessa 10:stä 25 cm:iin. Nuoremmissa, 18–29-vuotiaissa koivuissa paksuimman kuivan oksan läpimitta oli keskimäärin 20 mm ja vanhemmissa, 42–65-vuotiaissa, 25 mm.

Taulukko 2. Istutuskoivikoiden laatutunnusten keskiarvot eri ikäluokissa metsä- ja peltomailla.

Ikäluokka	18–29 v		30-vuotiaat		42–65 v.
Kasvupaikka	Metsä-maa	Pelto-maa	Metsä-maa	Pelto-maa	Metsä-maa
Keski-ikä	25	24	30	30	55
Keskiläpimitta, cm	15,4	16,0	17,7	18,7	23,8
Keskipituus, m	16,6	16,7	19,5	19,8	25,1
Vihr. latvuksen alaraja, m	7,6	8,4	9,2	9,3	11,1
Tuoreoksaraja, m	6,5	7,0	7,9	8,1	10,2
Latvusosuus, %	61	58	59	59	59
Kuivaoksaraja, m	2,8	3,3	4,9	5,3	5,6
Kapeneminen, mm	31	32	29	31	34
Paksuin kuiva oksa, mm	18	22	20	23	25
Paksuin elävä oksa, mm	27	32	31	33	39

Läpimitaltaan paksuin elävä oksa vaihteli koivikon iästä riippuen 30-40 mm välillä ja se sijaitsi yleisimmin 3–4 metriä latvusrajan yläpuolella (taulukko 2). Istutuskoivujen oksakulma oli keskimäärin 43° ja latvuksen levein kohta 5,7 m latvusrajan yläpuolella, joten paksuimmat oksat olivat myös pisimpiä. Elävän latvuksen osuus puun pituudesta oli kaikissa ikäluokissa keskimäärin 59 % ja pieneni selvästi puuston tiheyden lisääntyessä. Latvusrajan korkeudessa ei ollut eroa pelto- ja metsämaiden välillä. Alimman elävän oksan alkamiskorkeuteen perustuva tuoreoksaraja johtaa yliarvioon rauduskoivun elävän latvuksen pituutta määritettäessä. Esimerkiksi 30-vuotiaissa koivikoissa vihreä lehtevä latvus alkoi vasta 1,3 metriä tuoreoksarajan yläpuolelta.

Istutuskoivut olivat tavallisesti karsiutuneet tyvitukin osuudelta 30 vuoden ikään mennessä, mutta nuoremmissa, keskimäärin 25-vuotiaissa koivuissa kuivaoksaraja oli vasta noin 3 metrin korkeudessa. Ohutoksaisuus nopeutti koivujen karsiutumista. Keskimäärin joka viides 30-vuotias koivu oli karsiutunut tuoreoksarajaan saakka. Tällaisia puita oli enemmän metsämailla kuin peltomailla. Ero pelto- ja metsämaiden koivujen karsiutumisessa ei ollut tilastollisesti merkitsevä, vaikka peltokoivujen oksat olivat paksumpia.

Runkomuotovikoja oli 30-vuotiaissa peltokoivikoissa selvästi enemmän kuin samanikäisissä metsämaan koivikoissa (taulukko 3). Nuoremmissa koivikoissa vastaavaa eroa ei havaittu. Suurin osa runkomuotovioista oli tyvimutkia tai ylempänä esiintyvää monivääryyttä tai pystyoksia. Tasaista lenkoutta tai pahoja oksavikoja esiintyi harvoin. Haaraisuuden pieni määrä 1–4 % johtui osittain tutkimusmenetelmästä, jossa rungon yläosassa esiintyvät viat jäivät huomioimatta, mikäli rungon alaosassa oli muita vikoja.

Vajaa kolmannes istutuskoivujen pahimmista runkomuotovioista oli tyvimutkia tai lenkoutta, jonka katsottiin johtuvan puun kallistumisesta. Loput vioista johtuivat lähinnä latvakasvaimen epäsäännöllisestä kehityksestä tai vaurioitumisesta. Runkomuodoltaan virheettömien koivujen osuus 600 paksuimmasta puusta hehtaarilla kohosi selvästi metsikön iän lisääntyessä. 18–29-vuotiaiden istutuskoivikoiden valtapuista alle 20 % oli virheettömiä, mutta 42–65-vuotiaissa tällaisia puita oli 76 %. Syynä on vikaisten puiden poistaminen harvennuksissa ja ilmeisesti myös lievän mutkaisuuden tai poikaoksien peittyminen puun paksuuden lisääntyessä. Pintavikaisia puita oli yleensä alle 10 % valtapuustosta (taulukko 3). Peltomaiden 30-vuotiaissa koivikoissa pintavikaisia runkoja oli enemmän, 14 %. Yleisimpiä pintavikoja olivat erilaiset korot. Halkeamia oli noin 2 %:ssa puista.

Taulukko 3. Erilaisten vikatyyppien esiintyminen (prosentteina 600 paksuimmasta puuta/ha) ikäluokittain metsä- ja peltomaille istutetuissa rauduskoivikoissa.

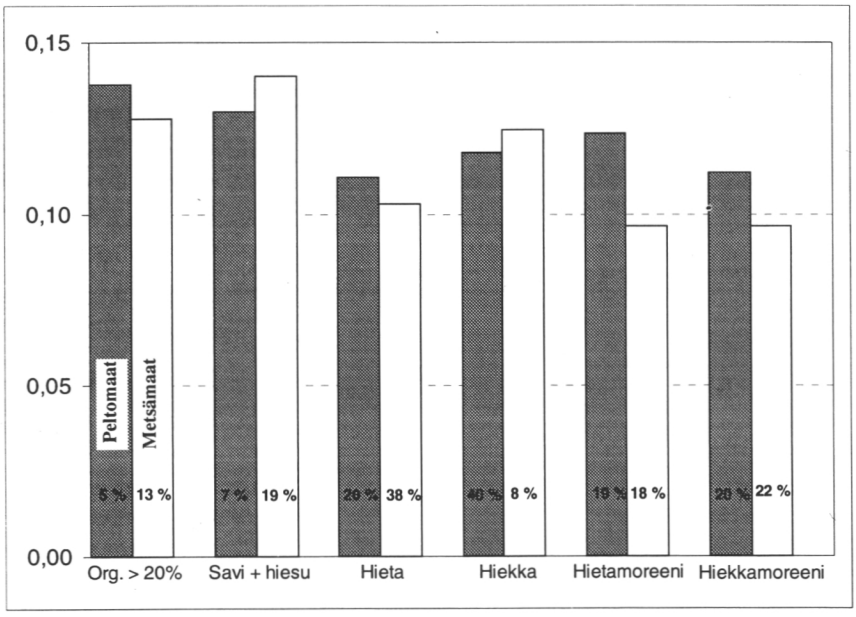
Ikäluokka	18–29 v		30-vuotiaat		42–65 v
Kasvupaikka	Metsämaa, %	Peltomaa, %	Metsämaa, %	Peltomaa, %	Metsämaa %
Ei runkomuotovikaa	17	19	42	28	76
Tyvimutka	29	25	12	16	3
Keskimutka	0	1	8	11	2
Pystyoksa	5	8	11	9	3
Haara	1	4	2	3	1
Moniväärryys	47	42	21	28	10
Tasainen lenkous	1	1	4	6	3
Paksuja oksia	0	0	0	0	0
Oksaryhmä	0	1	1	1	1
Yhteensä	100	100	100	100	100
Ryhmiteltynä vian syyn mukaan					
Häiriö latvan kehityksessä	53	55	41	51	16
Puun kallistuminen	30	26	16	18	6
Paksut oksat	0	1	1	1	1
Pintaviat	3	6	9	14	6

30-vuotiaiden istutuskoivikoiden potentiaalisista tukkipuista (600 paksuinta/ha) olisi jouduttu tekemään vikojen takia tyveys peltomailla 30 %:ssa ja metsämailla 22 %:ssa. Tyveyksen keskipituus olisi ollut 1,8 m. Ylempää rungolta olisi vastaavasti tehty keskimäärin 1 metrin mittaisia leikkoja peltomailla 27 %:ssa ja metsämailla 21 %:ssa rauduskoivuista. Mutka oli selvästi yleisin syy tyveyksiin (75 %)

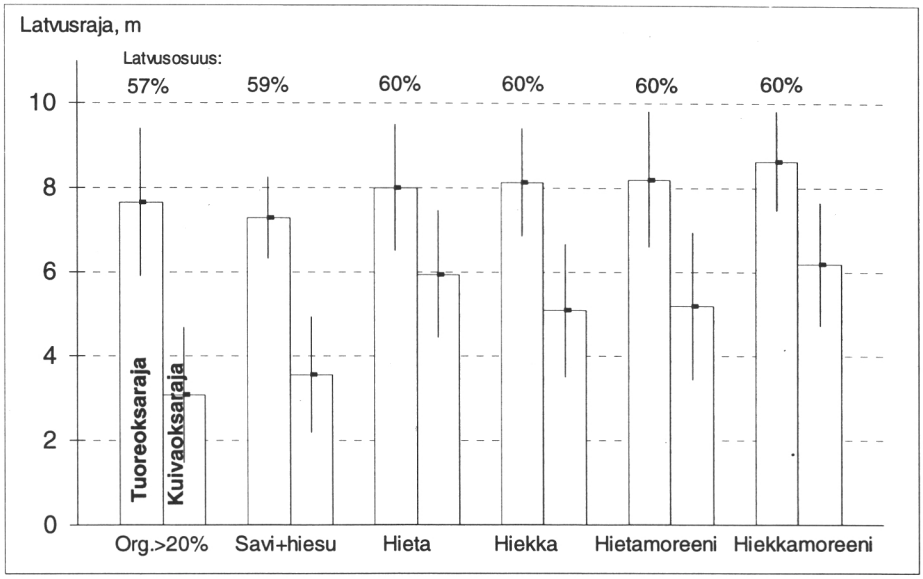
ja leikkoihin (55 %). Pystyoksa oli toiseksi yleisin leikon syy (38 %). Tulevien tukkien kokonaispituudesta menetettäisiin tyveysten ja leikkojen takia peltomailla noin 650 metriä/ha ja metsämailla 480 metriä/ha. Lopullista tilavuusmenetystä ei vielä tässä kehitysvaiheessa voida luotettavasti määrittää. Tulokset varttuneista istutuskoivikoista osoittavat, että ainakin päätehakkuupuustossa vikaisten puiden osuus on selvästi pienempi kuin 30-vuotiaissa. Tyveyksiä ja leikkoja kertyi 42-65-vuotiaista metsämaan koivikoista keskimäärin 150 m/ha.

Maalajin vaikutus puiden ulkoiseen laatuun 30-vuotiaissa koivikoissa

Samankokoisten puiden paksuimmat kuivat oksat olivat vahvimpia koivuissa, jotka oli istutettu savi- ja hiesu- tai multamaille (kuva 1). Ohuimpia kuivat oksat olivat hietamailla ja metsämaan moreeneilla, joilla myös suuri määrä koivuja, noin 20 %, oli karsiutunut tuoreoksarajaan saakka. Koivujen runkomuoto oli vähiten kapeneva hieta- ja hiekkamailla. Suurinta kapeneminen oli savipelloilla. Tuoreoksaraja oli kohonnut korkeimmalle moreenimailla, mutta elävän latvuksen osuuteen maalaji ei vaikuttanut (kuva 2). Näin ollen maalajin vaikutus tuoreoksarajaan johtui lähinnä puiden pituusvaihtelusta. Rungot olivat karsiutuneet hietamailla ja hiekkamoreeneilla keskimäärin 6 metriin saakka, mutta multa-, savi- ja hiesumailla vain noin 3 metriin.



Kuva 1. 30-vuotiaiden istutuskoivujen paksuimman oksan läpimitan suhde puun rinnankorkeusläpimittaan maalajeittain. Prosenttiluvut kuvassa osoittavat niiden puiden osuutta, jotka ovat karsiutuneet tuoreoksarajaan saakka eikä niistä mitattu kuivia oksia.



Kuva 2. 30-vuotiaiden rauduskoivujen latvusrajan ja kuivaoksarajan keskimääräinen korkeus (+ keskihajonta) maalajeittain. Elävän latvuksen keskimääräinen osuus puun pituudesta on merkitty kuvaan prosenttiluvulla.

Runkojen vikaisuuserot eri maalajien välillä olivat pieniä. Mutkaisuutta ja haaraisuutta oli vähiten hietamailla ja metsämaan savi- ja hiesumailla. Lenkoutta ja puiden kallistumista esiintyi eniten moreenimailla. Pintavikoihin maalajilla ei ollut lainkaan vaikutusta. Koivun laatu riippui maan hienoainesosuudesta vähemmän kuin maalajista. Hienojen ainesten osuuden lisääntyminen maassa hidasti kuitenkin puiden karsiutumista ja vähensi mutkaisuutta ja muita runkomuotovikoja. Maalajin vaikutukset näkyivät voimakkaammin metsämailla verrattuna peltomaihin, joilla pohjamaan alkuperäinen koostumus ei enää vaikuttanut yhtä selvästi.

Yhteenveto ja tulosten tarkastelu

Metsämailla istutuskoivut olivat lähes kaikilta laatuominaisuuksiltaan parempia kuin peltomailla. Vain alaoksien kuivumisessa ja karsiutumisessa ei ollut eroa. Peltokoivujen paksummat oksat ja voimakkaampi kapeneminen selittyivät vain osittain puiden nopeammalla paksuuskasvulla. Pintaviat ja mutkaisuus olivat yleisempiä peltomailla, mutta pystyoksia esiintyi vähän useammin metsämailla. Tyvimutkia, lenkoutta ja halkeamia oli metsä- ja peltomailla yhtä paljon.

Hienojen lajitteiden lisääntyminen maassa vähensi koivun runkomuotovikoja, mutta lisäsi rungon kapenemista ja hidasti alaoksien karsiutumista. Lajittunut hietamaa ja toisaalta hiekkamoreeni osoittautuivat oksaisuuslaadun kannalta parhaiksi kas-

vupaikoiksi rauduskoivulle, mutta tyvimutkia ja lenkoutta niillä esiintyi tavallista enemmän. Kasvun kannalta moreenimaat olivat edullisimpia. Hiekkamoreenimaiden hyvyys rauduskoivun kasvun ja oksaisuuslaadun kannalta voi johtua siitä, että siinä ovat yhdistyneinä ilmavuutta ja veden liikkuvuutta lisäävä karkea lajite sekä vedenpidätyskykyyn ja ravinteisuuteen edullisesti vaikuttava hieno aines. Hiesu- ja savimaat olivat sekä kasvun että oksaisuuden suhteen muita kivennäismaita heikoimpia. Suuri orgaanisen aineksen osuus kivennäismaassa edisti koivun paksuuskasvua, mutta lisäsi oksaisuutta ja haaraisuutta. Maalaji vaikutti koivun kasvuun ja laatuun enemmän metsämailla kuin peltomailla.

Rauduskoivun nopea pituuskehitys vähensi koivun oksaisuutta ja paransi runkomuotoa, mutta lisäsi hiukan lenkoutta ja tyvimutkaisuutta (Niemistö ym. 1997). Myös kasvatustiheyden kohoaminen paransi koivun laatua vähentämällä rungon kapenemista ja edistämällä alaoksien kuolemista. Samanpaksuisten puiden oksanpaksuus aleni runkoluvun kohotessa metsämailla, mutta peltomailla eroa ei havaittu. Tiheydellä oli edullinen vaikutus koivun laatuun ensiharvennusvaiheeseen asti, mutta harvennusten viivästyminen hidasti kuivien oksien karsiutumista ja supisti elävää latvusta. Saman suuntaisia tuloksia ovat saaneet esim. Heikinheimo (1953), Varmola (1980), Jokinen & Kellomäki (1982), Cameron ym. (1995) ja Niemistö (1995a). Karsiutumista edistää ilmeisesti oksien katkeilu harvennuksen yhteydessä sekä lumen ja tuulen vaikutuksen lisääntyminen harvennuksen jälkeen. Myös paksuuskasvun kiihtyminen saattaa edistää rungon karsiutumista. Tyvimutkia, lenkoutta ja halkeamia esiintyi tiheissä koivikoissa vähemmän kuin harvoissa.

Rungon oksaton osa oli Heiskasen (1957) luontaisesti syntyneiden rauduskoivujen 11–15 cm:n läpimittaluokassa saman pituinen kuin tämän tutkimuksen istutuskoivuissa. Paksummilla puilla oksaton osa oli luonnonkoivuissa selvästi pitempi, mikä johtunee niiden korkeammasta iästä. Verkasalon (1997) luontaisesti syntyneissä rauduskoivuissa oksaton osa oli samanpaksuisilla puilla kuitenkin vajaan metrin lyhyempi kuin istutuskoivuilla. Samassa ikävaiheessa istutuskoivut olivat karsiutuneet ylemmäksi kuin luontaisesti syntyneet.

Tulosten vertailu luontaisten koivikoiden vikaisuuteen on tehtävä varovasti, koska aineiston hankinta, vikojen määrittely ja niiden luokittelu poikkeavat toisistaan eri tutkimuksissa. Heiskasen (1957) tutkimuksen 21–40 -vuotiaissa luontaisissa rauduskoivikoissa oli vikaisia puita jonkin verran enemmän kuin metsämaiden 30-vuotiaissa istutuskoivikoissa (taulukko 4). Erityisesti haaraisia puita luonnonkoivikoissa oli enemmän, mikä johtunee niiden alemmasta metsänhoidollisesta tasosta ja esim. metsälaiduntamisen yleisyydestä. Harvennusten parantava vaikutus kasvatettavan puuston laatuun näkyy varsinkin siitä, että 1950-luvun luontaisissa koivikoissa vikaisten puiden osuus lisääntyi iän myötä, mutta istutuskoivikoissa suunta oli päinvastainen. Luontaisten koivujen vikaisuus ei ole kuitenkaan vähentynyt tämän päivän koivikoihin tultaessa (Verkasalo 1997).

Valkosen tutkimuksessa (1992) haaraisten runkojen suuri osuus peltokoivikoissa (taulukko 4) johtui ilmeisesti puiden nuoresta iästä. Nämä istutusmetsiköt olivat vielä pääosin harventamattomia ja osa haaroista muuttuu ajan myötä pystyoksiksi ja mutkiksi. Mutkaisia runkoja olikin selvästi vähemmän kuin muissa tutkimuksissa.

Taulukko 4. Tämän tutkimuksen 30-vuotiaiden istutuskoivujen vikaisuus verrattuna aikaisempiin koivututkimuksiin.

Tutkimus	Kasvupaikka	Puulaji	Ikä	Syntytapa	Vikaisten runkojen osuus runkoluvusta, %				
					Mutkat	Haarat	Pystyoksat	Pintaviat	Muut
Tämä	Pelto	raudus	30	ist.	60	3	9	11	1
tutkimus	OMT+MT	raudus	30	ist.	45	2	11	7	1
Heiskanen	OMT	raudus	21-40	luont.	54	27	11	12	1
1957	MT	raudus	21-40	luont.	31	22	10	5	3
	OMT	hies	21-40	luont.	55	19	17	13	
	MT	hies	21-40	luont.	41	21	9	37	3
Verkasalo	MT	raudus	21-40	luont.	64	6	36	36	
1996	MT	hies	21-40	luont.	76	2	24	47	
Valkonen	Pelto	raudus	10-20	ist.	10	21		1	
1992	Pelto	hies	10-20	ist.	11	13		1	

Istutuskoivun kallistumiseen liittyvä lenkous ja tyvimutkat olivat yleisimpiä hietamailla ja metsämaiden hiekkamoreeneilla. Tyvimutkia ja lenkoutta esiintyi yhtä usein pelto- ja metsämailla. Mäntytaimikoiden lenkoutta ja tyvimutkaisuutta on pidetty ongelmana hienojakoisilla, pehmeillä ja kosteilla mailla (Huuri 1976), mutta Valtanen (1988) ei havainnut maalajien välillä tällaista eroa. Tässä tutkimuksessa maan hienoainesosuuden kohoaminen päinvastoin vähensi lenkoutta ja tyvimutkia, mutta puuston harvuus ja nopea pituuskehitys lisäsivät niitä.

Halkeamia esiintyi 2,1 %:ssa 30-vuotiaista istutuskoivuista ja niitä oli tiheissä koivikoissa vähemmän kuin harvoissa. Kuusikoissa on havaittu eniten halkeamia nopekasvuisissa puissa varsinkin peltomailla (Persson 1994), mutta vastaavaa tulosta ei havaittu koivulla. Tosin runsasravinteisina pidettävillä hienojakoisilla peltomailla esiintyi koroisuutta eniten. Ulospäin näkyviä lahovikoja esiintyi peltomailla 4,3 %:ssa ja metsämailla 2,5 %:ssa 30-vuotiaista koivuista. Suurin osa lahoista havaittiin rungon halkeamien yhteydessä.

Metsämaiden istutuskoivut olivat ulkoiselta laadultaan yhtä hyviä tai parempia kuin vastaavan kokoiset luontaiset koivut. Runkomuodon ja oksaisuuden suhteen luonnonkoivut ovat jonkin verran laadukkaampia, mikä johtunee niiden hitaammasta kasvusta ja korkeammasta iästä. Toisaalta istutuskoivuissa oli vähemmän vikoja. Puuston varttuessa ero istutuskoivujen eduksi lisääntyi. Peltokoivuilla heikompi laatu korvautuu osittain nopeammalla järeytymisellä.

Kirjallisuus

Aarne, M. 1996. (toim.) Metsätilastollinen vuosikirja 1995. Metsäntutkimuslaitos - SVT Maa- ja metsätalous 1995:5. 354 s.

Anttonen, T. 1990. Pellolle istutettujen koivikoiden tila Pohjois-Karjalassa 7-9 vuoden kuluttua viljelystä. Metsänhoitotieteen syventävien opintojen tutkielma. Joensuun Yliopisto. 50 s.

Cameron, A. D, Dunham, R. A. & Petty, J. A. 1995. The effects of heavy thinning on stem quality and timber properties of silver birch (Betula pendula Roth). Forestry 68(3): 275–285.

Heikinheimo, O. 1953. Puun rungon luontaisesta karsiutumisesta. Summary: On natural pruning of tree stems. Communicationes Instituti Forestalia Fenniae 41(5): 1–39.

Heiskanen, V. 1957. Raudus- ja hieskoivun laatu eri kasvupaikoilla. Summary: Quality of the common birch and the white birch on different sites. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 48(6): 1–99.

Heiskanen, V. 1966. Tutkimuksia koivujen vikaisuuksista, niiden vaikutuksesta sorvaustulokseen sekä niiden huomioonottamisesta laatuluokituksessa. Summary: Studies on the defects of birch, their influence on the quality and quantity on the rotary cut veneer, and their consideration in veneer birch grading. Acta Forestalia Fennica 80(3): 1–119.

Heiskanen, V. & Saikku, O. 1976. Koivuvaneritukin hinnan muodostuminen. Metsäntutkimuslaitos, metsäteknologian tutkimusosasto. Moniste. 120 s.

Huuri, O. 1976. Kallistumisilmiö istutusmänniköissä; tiedustelun tuloksia. Summary: Tilting of planted pines; survey results. Folia Forestalia 265. 22 s.

Jokinen, P. & Kellomäki, S. 1982. Havaintoja metsikön kasvatustiheyden vaikutuksesta runkojen oksaisuuteen varttuneissa männyn taimikoissa. Abstract: Observations on the effect of spacing on branchiness of scots pine stems at pole stage. Folia Forestalia 508. 12 s.

Kellomäki, S, Lämsä, P, Oker-Blom, P. & Uusvaara, O. 1992. Männyn laatukasvatus. Summary: Management of scots pine for high quality timber. Silva Carelica 23. 133 s.

Kujala, V. 1946. Koivututkimuksia. Summary: Some recent research data on birch. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 34(1): 1–34.

Kärkkäinen, M. 1984. Miten koivuun tulisi suhtautua metsätaloudessa. Silva Fennica 18(1): 1–34.

Kärkkäinen, M. 1985. Puutiede. Sallisen Kustannus Oy. Sotkamo. 415 s.

Kärkkäinen, M. 1986. Koivuvaneritukkien ja -runkojen arvosuhteet. Abstract: Value relations of birch veneer logs and stems. Silva Fennica 20(1): 45–57.

Niemistö, P. 1995a. Influence of initial spacing and row-to-row distance on the crown and branch properties and taper of silver birch (Betula pendula). Scandinavian Journal of Forest Research 10: 235–244.
Niemistö, P. 1995b. Influence of initial spacing and row-to-row distance on the growth and yield of silver birch (Betula pendula). Scandinavian Journal of Forest Research 10: 245–255.
Niemistö, P. Hukki, P. & Verkasalo, E. 1997. Kasvupaikan ja puuston tiheyden vaikutus rauduskoivun ulkoiseen laatuun 30-vuotiaissa istutuskoivikoissa, Metsätieteen aikakauskirja Folia Forestalia 3/1997: 349–374.
Oikarinen, M. 1983. Etelä-Suomen viljeltyjen rauduskoivikoiden kasvatusmallit. Summary: Growth and yield models for silver birch (Betula pendula) plantations in southern Finland. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 113. 75 s.
Persson, A. 1994. How genotype and silviculture interact in forming timber properties. Silva Fennica 28(4): 275–282.
Raulo, J. 1979a. Rauduskoivujälkeläistöjen rungon laatu Etelä- ja Keski-Suomessa. Summary: Stem quality of Betula pendula Roth. progenies in South and Central Finland. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 97(5): 1–39.
Salmi, J. 1987. Koivun puuaineen ominaisuudet ja käyttö. Sorbifolia 18(3): 123–132.
Valkonen, S. 1992. Pellolle v. 1971 viljeltyjen raudus- ja hieskoivusekametsiköiden kehitys ja tuotos. Metsäntuotantotieteen syventävien opintojen tutkielma. Joensuun Yliopisto. Metsätieteellinen tiedekunta. 41 s.
Valtanen, J. 1988. Taimien kallistuminen ja puiden tyvilenkous kivennäismailla. Metsäntutkimuspäivä Kärsämäellä 1987. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 295: 76–87.
Varmola, M. 1980. Männyn istutustaimistojen ulkoinen laatu. Summary: The external quality of pine plantations. Folia Forestalia 451. 21 s.
Verkasalo, E. 1997. Hieskoivun laatu vaneripuuna. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 632. 483 s. + 59 liites.

ISTUTUSKOIVURUNKOJEN VÄRIVIAT JA NIISSÄ ESIINTYVÄT MIKROBIT

Anna-Maija Hallaksela ja Pentti Niemistö

Tässä tutkimuksessa selvitettiin istutettujen rauduskoivujen (*Betula pendula* Roth) värivikojen laajuus ja mikrobien rooli niiden aiheuttajina. Tummat värinmuutokset olivat yleisiä mutta kooltaan vielä pieniä 18–30-vuotiaissa rauduskoivuissa. Varttuneemmissakaan koivikoissa tilanne ei ollut hälyttävä. Ytimessä olevien värivikojen halkaisija oli yleensä alle 4 cm, joten ne eivät merkittävästi alenna puun laatua vaneripuuna. Varsinaisia lahottajia ei juuri esiintynyt, joten kovana pysyvä värivika ytimessä ei haittaa sorvaamista. Todennäköisimmät värivian alkusyyt rungon alueella olivat kuori- tai oksavioitukset. Ydinvika ulottui keskimäärin 3–6 metrin korkeuteen ja sen suurin halkaisija oli yleensä selvästi kantokorkeuden yläpuolella. Vanerituotannon kannalta ydinvikoja pahempi ongelma olivat oksaviat, vaikka nekin näyttivät rajoittuvan puun sisäosiin. Koivutukin järeyden lisääntyminen näyttää lisäävän nopeasti hyvälaatuisen viilun saantoa. Värjäytyneiden alueiden tilavuudet olivat pieniä.

Tyypillinen mikrobijoukko puuaineessa tumman värivian ja terveen puun rajalla koostui sellaisista pioneerilajeista kuten; *Phialophora fastigiata*, *Phialemonium* ja hiivamaiset sienet sekä bakteerit. Varsinaisia lahottajia ei vielä esiintynyt, mutta 6 %:ssa näytepuita havaittiin alkavaa lahoa.

Johdanto

Rauduskoivun viljely alkoi Suomessa 1960-luvun puolivälissä ja lisääntyi 1970-luvun alussa saavuttaen 8 000 ha vuotuisen pinta-alan 1974 (Aarne 1995). Sopimattoman kasvupaikan tai runsaiden myyrä-, jänis- ja hirvituhojen takia (Raulo 1979) koivunviljelyn suosio laski nopeasti, mutta alkoi taas nousta 1980-luvun alusta lähtien. Tällä hetkellä vuotuinen istutusala Suomessa on n. 15 000 ha/vuosi ja kaikkiaan istutuskoivikoita on perustettu yli 180 000 ha, joista ilmeisesti noin viidennes on tuhoutunut (Niemistö ym. 1997).

Koivun istutusmäärillä ja peltojen metsityksellä on selvä yhteys keskenään. Esimerkiksi 1970-luvulla pellonmetsityksistä 38 % tehtiin koivulla (Hytönen & Ekola 1993). Suomen mekaaninen metsäteollisuus on käyttänyt viime aikoina lehtipuuta, josta suurin osa on koivua, vaneritukkina 1,2 milj. m^3 ja sahatukkina 0,2 milj. m^3. Koivun kasvatuksessa puun tekninen laatu korostuu, koska se on havupuita herkempi vioittumaan (Heiskanen 1957) ja esim. vaneriteollisuudessa

virheetön pintaviilu on 6–8 kertaa laadultaan vaatimatonta keskiviilua arvokkaampaa (Verkasalo 1997).

Hyvälaatuisesta koivutukista on puutetta ja luontaisten koivuvarojen ehtyessä odotetaan nopeakasvuisten istutuskoivikoiden helpottavan teollisuuden koivutukkipulaa lähivuosikymmeninä. Viljelykoivikoiden harvennuksissa 1990-luvun alussa todetut sisäiset väriviat herättivät epäilyksiä istutettujen koivujen käyttökelpoisuudesta. Pelättiin istutuskoivujen lahoavan ennen päätehakkuuta.Tästä syystä aloitettiin tutkimus, jonka tavoitteena oli selvittää istutuskoivujen runkojen värivikaisuuden yleisyys, laajuus ja mikrobien osuus vikojen aiheuttajina.

Aineisto ja menetelmät

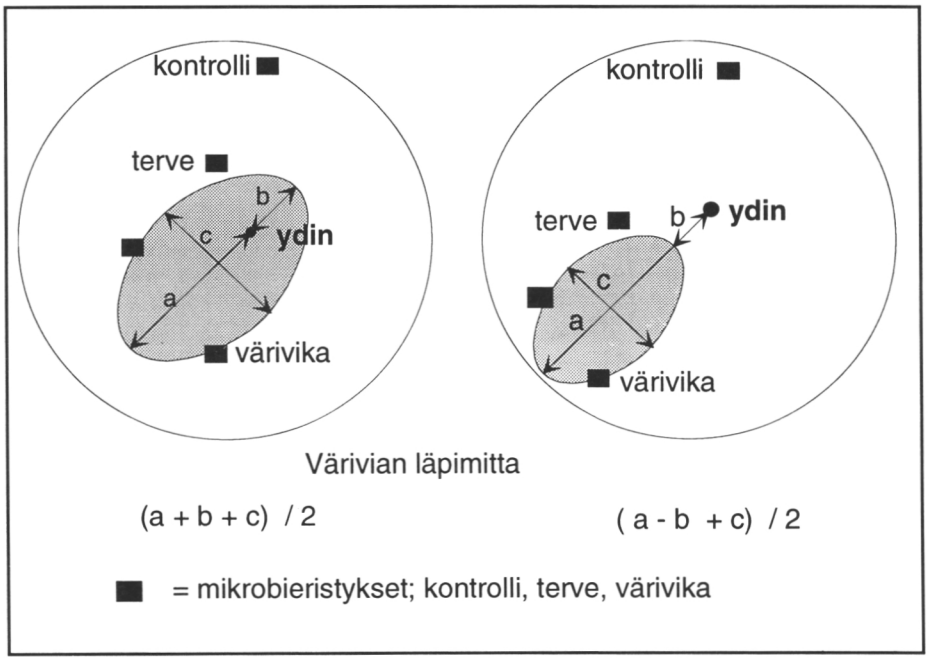
Yhteensä 137 istutuskoivikkoon perustettiin 300 m^2 ympyräkoeala, jolta kaadettiin viisi näytepuuta. Aineisto jakaantui pelto- ja metsämaille kolmeen ikäluokkaan taulukon 1 mukaisesti. Ydinvärivian pysty- ja vaakasuuntainen leviäminen arvioitiin näytekiekoista, jotka sahattiin 1,3 ja 6 metrin korkeuksilta sekä 2,5, 10, 30, 50 ja 70 prosentin suhteellisilta korkeuksilta sekä elävän latvuksen alarajalta. Värivian koko ja sijainti vaakasuunnassa mitattiin kuvan 1 mukaisesti. Ytimen ulkopuoliset väriviat etenivät pituussuunnassa niin rajoitetusti, että kaikkia kiekoista tehtyjä havaintoja pidettiin erillisinä värivikoina.

Mikrobit analysoitiin jokaisesta 30–65-vuotiaasta näytepuusta, jossa oli halkaisijaltaan vähintään 2 cm:n värivika ytimessä (taulukko 1). Mikrobien eristämistä varten ko. näytepuista sahattiin 5 cm paksuinen näytekiekko värivian laajimmalta kohdalta ja pystysuuntaisen leviämisen yläpäästä. Mikrobit eristettiin näytekiekosta kolmesta paikasta: "kontrolli" = uusimmista vuosilustoista puun pinnassa , "terve" = terveen puun alueelta mahdollisimman läheltä ydintä sekä "värivika" = värjäytyneen ja terveen puun rajalta (kuva 1). Näytekiekoista leikattiin preparaattiveitsellä pieniä lastuja mallas-agarille (1,5 %) ja inkuboitiin huoneenlämmössä (Hallaksela 1993). Bakteerit Gram-värjättiin ja niiden rasvahappoprofiilit analysoitiin (Hallaksela 1991).

Taulukko 1. Metsikkötunnukset ja näytteiden lukumäärä istutuskoivuaineistossa.

Koivujen ikä, v.	Metsämaat 18–29	30–31	42–65	Peltomaat 18–29	30–31	Yhteensä 18–65
Metsiköitä, kpl	13	40	6	43	35	137
Keskiarvot:						
Runkoluku, kpl/ha	840	850	660	1230	740	930
Puuston tilavuus, m^3/ha	105	158	324	136	166	155
Valtapituus, m	17,6	20,6	26,7	17,5	20,9	19,7
Pituusboniteetti, H_{50}*)	26,6	26,4	26,7	27,0	26,7	26,7
Kaatokoepuuaineisto:						
Koepuita, kpl	64	195	30	212	171	672
Keskiläpimitta, cm	15,5	17,5	23,7	15,6	18,7	17,3
Näytekiekkoja, kpl	475	1402	236	1574	1236	4923
Mikrobinäytteet:						
Metsiköitä		33	6		32	46
Koepuita		77	18		107	202

*) Valtapituus (m) 50 vuoden iällä (Oikarinen 1983)



Kuva 1. Värivikojen mittaus ja mikrobien eristäminen istutuskoivujen näytekiekoista.

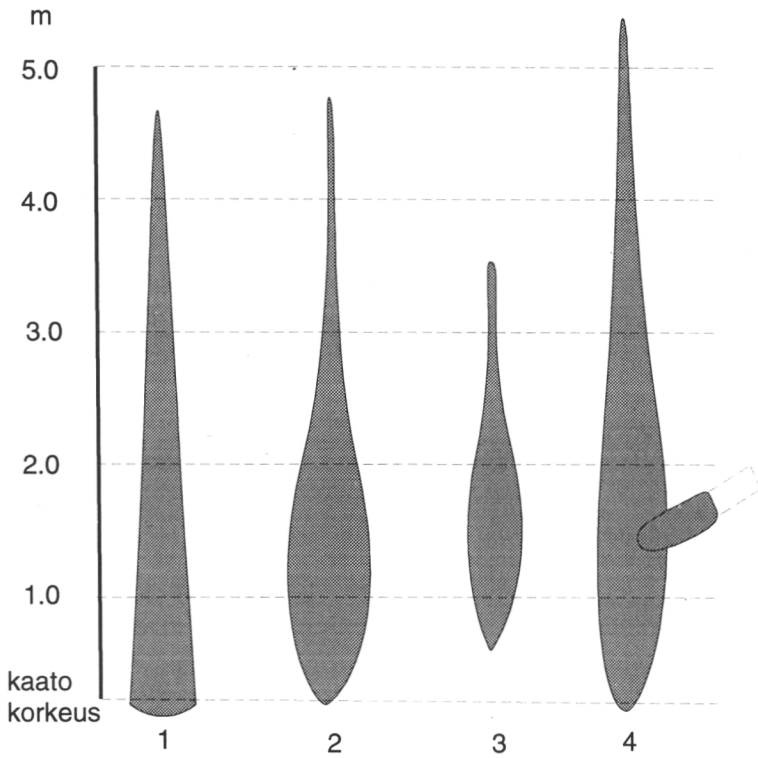
Tulokset ja niiden arviointi

Värivikojen esiintyminen puun pituussuunnassa

Ehjä tuohi on hyvä suoja koivun puuaineen infektoitumista vastaan. Jos osa kuoresta tai oksista murtuu tai hyönteiset, myyrät tai hirvet aiheuttavat vaurioita (Annila 1979, Henttonen ym. 1994, Lilja & Heikkilä 1995), niin puuaines alkaa värjäytyä ja johtaa usein koivun lahoamiseen.

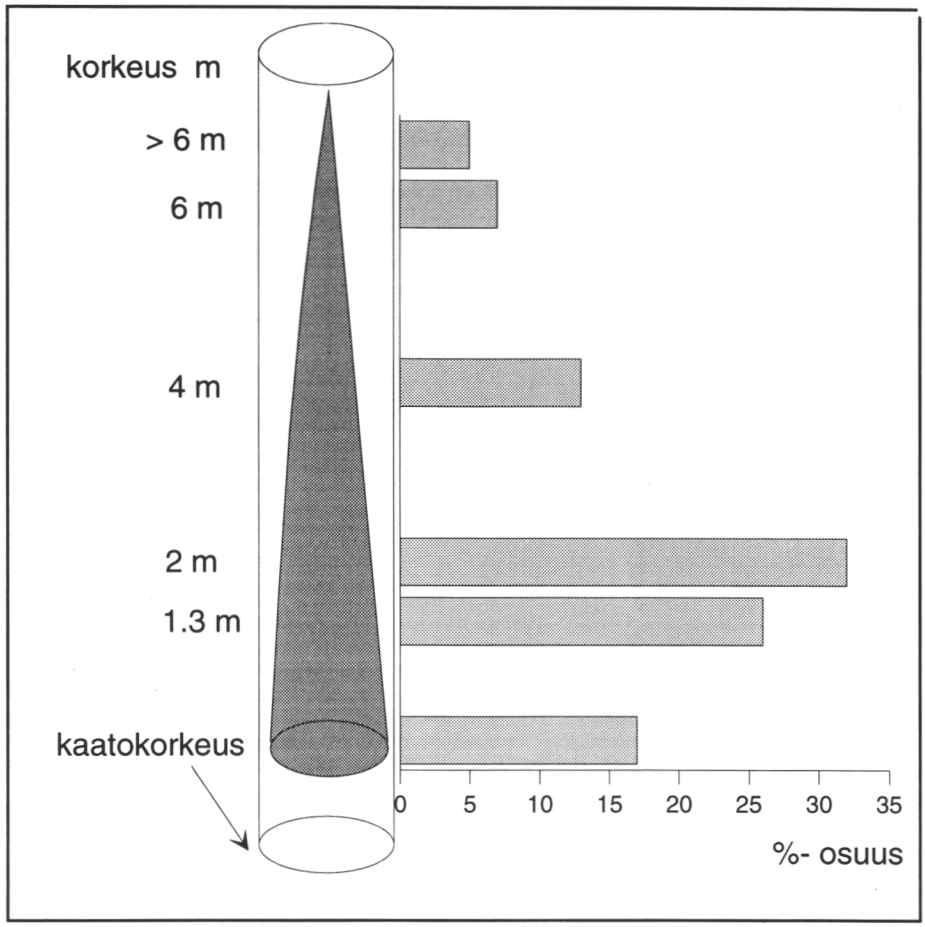
Ydinvärivika voi saada alkunsa eri korkeuksilta ja usein se liittyy kuolleen tai elävän oksan murtumiseen (Wikström & Unestam 1976). Rintalan (1995) mukaan koivusta on tyypillisesti karsiutunut runsaasti oksia ja värivian leviäminen oksan tyngän alueelta on suorassa suhteessa oksan läpimittaan. Kova kevähanki voi painuessaan repäistä taimista myös eläviä oksia. Tässä tutkimuksessa tyypillisin ydinvärivika oli laajimmillaan kannonkorkeuden yläpuolella ja yhdistyi usein oksavikaan jollakin havaintokorkeudella (kuva 2). Suuri osa tällaisista yhdistymisistä jäi luonnollisesti havaitsematta, koska näytekiekkojen välimatkat olivat pitkiä. Koivuista 18 %:ssa ydinvika jäi kokonaan kantoleikkauksen yläpuolelle ja vain 15 %:ssa ydinvärivika oli laajimmillaan kannossa. Tulokset viittaavat siihen, että vikojen syntypiste on yleensä kannonkorkeuden yläpuolella ja värivika johtuu useimmiten selvästi maanpinnan yläpuolella tapahtuneesta kuorivauriosta tai oksien katkeamisesta.

Puun pituussuunnassa ydinvikoja esiintyi eniten (75–100 %:ssa puista) 0,5 ja 2 metrin välillä (kuva 3). Värjäytyneen puuaineen tilavuus oli tutkituissa istutuskoivuissa vielä pieni, keskimäärin vain 1,6 dm^3/runko, vanhimmissa 42–65-vuotiaissa koivussa 3,2 dm^3/runko. Vanhimmissa koivikoissa ydinvian korkeus saavutti joka toisessa puussa 6 metrin korkeuden. Ikä ei kuitenkaan vaikuttanut suoraviivaisesti, koska aineiston 30-vuotiaissa koivuissa ydinviat olivat matalampia kuin nuoremmissa.



	terve	Eri lahotyyppien %- osuudet				
18-29 v	14	14	39	13	20	Metsämaa
30 v	10	10	32	28	20	
42-65 v	0	7	53	7	33	
18-28 v	6	22	32	10	30	Peltomaa
30 v	7	13	28	20	32	
Tot	8	15	32	18	27	

Kuva 2. Ydinvärivikojen jakautuminen sijainnin ja muodon perusteella istutuskoivujen rungoissa.



Kuva 3. Mikrobianalyyseja varten otettujen, halkaisijaltaan yli 2 cm:n ydinvärivikojen jakautuminen eri korkeuksille istutuskoivujen rungoissa.

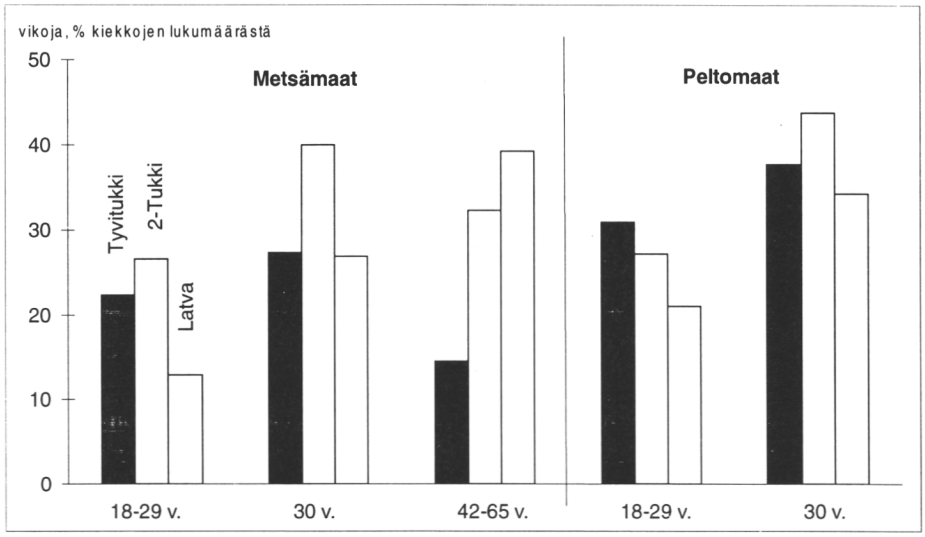
Värivikojen laajuus vaakasuunnassa

Vaneriteollisuuden kannalta ydinvikoja pahempi ongelma olivat ytimen ulkopuoliset väriviat, jotka ulottuivat useammin sorvipurilaan ulkopuolelle. Kaikkiaan ytimen ulkopuolella esiintyi vikoja 25 %:ssa näytekiekoista. Vian ulkoreuna oli keskimäärin 4,1 cm etäisyydellä puun ytimestä ja joka toinen ulottui sorvipurilaan (7 cm) ulkopuolelle. Yli 6 cm etäisyydelle puun ytimestä näistä värivioista ulottui 16 %.

Useimmiten ytimen ulkopuolisen värivian aiheuttaja oli kuiva tai laho oksa. Halkeamiin liittyviä värivikoja esiintyi 2,6 %:ssa näytepuista. Ruskotäpläkärpäsen toukkakäytävistä infektoituneita ja yleensä alle 1 cm läpimittaisia kehämäisesti sijaitsevia värivikoja oli 6 %:ssa koivuista. Ytimen ulkopuoliset väriviat olivat

yleisempiä peltomailla kuin metsämailla. Värivian ulkoreunan etäisyys ytimestä oli varttuneissa koivuissa vain lievästi suurempi kuin nuorissa, joten oksaviat ja muut ytimen ulkopuoliset väriviat eivät ilmeisesti laajene oleellisesti niiden ulkopuolelle syntyvään uuteen puuainekseen.

Värjäytyneen alueen laajuus näytekiekkojen ytimen ulkopuolella oli yli 50 % laajempi peltomaalla kuin metsämaalla. Syynä on ilmeisesti peltomaiden koivujen paksummat oksat (Niemistö ym. 1997), jotka levittävät värivikaa laajemmalle kuin ohuet oksat (Rintala 1995). Nuorimmassa koivuryhmässä (18–29 v.) ytimen ulkopuoliset väriviat olivat yleisimpiä tyvitukeissa ja 30-vuotiaissa niitä oli eniten 2-tukeissa sekä vanhimmissa koivuissa puun latvaosissa, yli 8,5 metrin korkeudessa (kuva 4). Tämäkin tulos on osoitus kuolleiden oksien ja värivikojen välisestä yhteydestä.

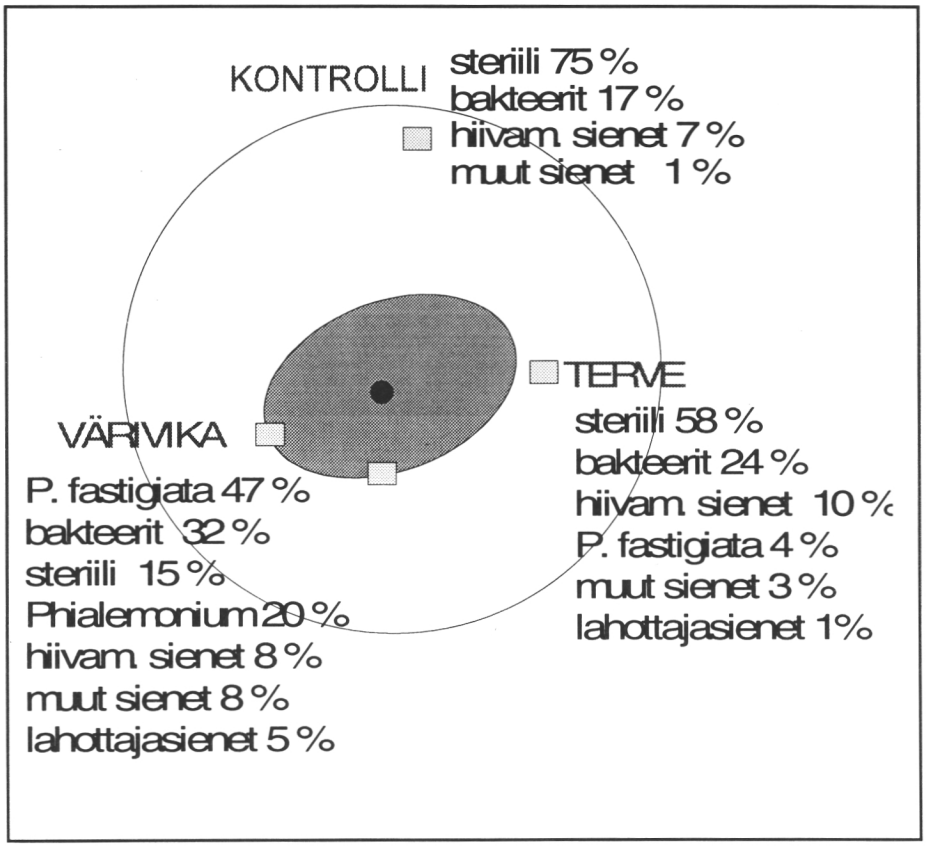


Kuva 4. Värivikojen esiintyminen istutuskoivurunkojen ytimen ulkopuolella eri korkeuksilla.

Ydinvärivian uloin reuna ulottui vaakatasossa keskimäärin vain 2 cm etäisyyteen ytimestä. Värivian halkaisija kasvoi rungossa iän mukana. Peltomailla väriviat olivat laajempia kuin metsämailla ja aineiston laajimmat ydinväriviat löytyivät 30-vuotiaista peltomaan koivuista (uloin reuna keskimäärin 2,5 cm ytimestä). Peltomaiden istutustaimikoissa onkin havaittu enemmän alkuvaiheen ongelmia kuin muilla kasvupaikoilla (Hytönen 1995). Vaneripuun arvoa alentavia, halkaisijaltaan yli 8 cm:n ydinvikoja esiintyi 14 %:ssa tutkituista 30-vuotiaista koivuista.

Mikrobiyhteisö istutuskoivun rungossa

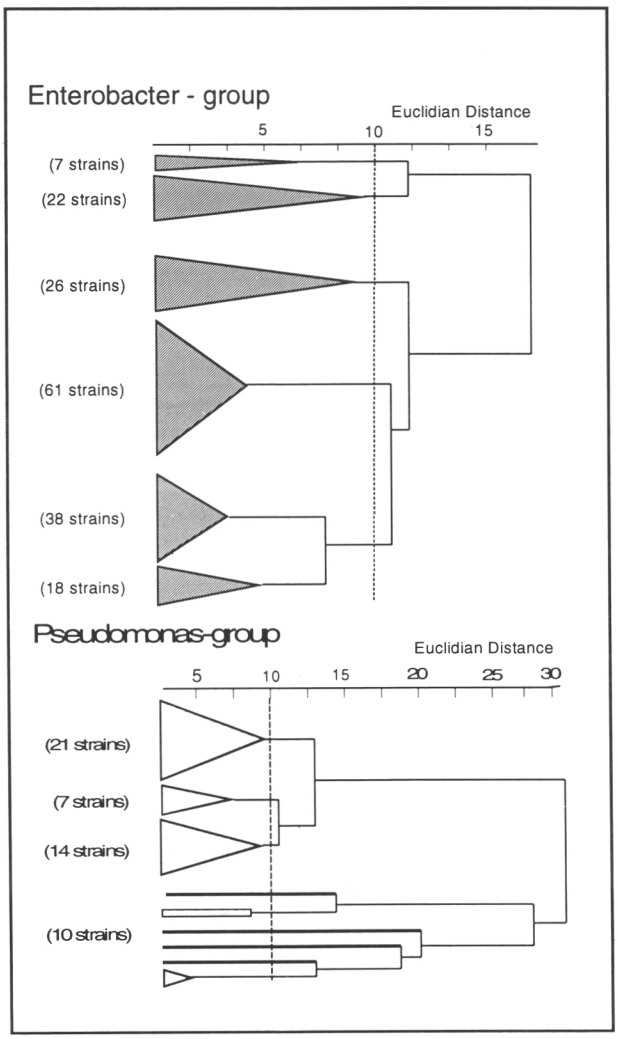
Vaurion kautta puun runkoon kehittynyt värin muutos aiheutuu puun kemiallisista puolustusreaktioista ja yleensä myös lähisoluissa on mikrobeja. Tutkituista 30–65-vuotiaista viljelykoivuista eristettiin mikrobeja 83 %:sta näytepuita (yhteensä tutkittiin 202 puuta). Mikrobiyhteisön tyypillisimpiä jäseniä olivat ensimmäisen vaiheen mikrobit, 54 %:ssa *Phialophora fastigiata*-sieni (Lagerberg: Melin) Conant (Cole & Kendrick 1973), 26%:ssa *Phialemonium*-sieniä (Gams & McGinnis 1983) ja 21 %:ssa hiivamaisia sieniä sekä 65 %:ssa bakteereja (kuva 5). Nämä mikrobit muodostavat pioneerilajiston, joka muokkaa tietä varsinaisille lahottajille (Shortle & Cowling 1978). Lehtipuissa esim. koivuissa näyttää olevan hyvin runsaasti bakteereja verrattuna havupuihin esim. kuuseen (Hallaksela 1993).



Kuva 5. Mikrobien esiintyminen istutuskoivujen runkokiekoissa.

Yleisimmät varsinaiset lahottajat elävässä koivussa Pohjois-Euroopassa ovat *Fomes fomentarius* (L.: Fr.) Fr., *Phellinus igniarius* (L.: Fr.) Quélet, ja *Piptoporus betulinus* (Bull.: Fr.) P. Karst. (Niemelä ym. 1995, Niemelä 1975, Roll-Hansen & Roll-Hansen 1993, Björkman ym. 1964). Istutuskoivuissa esiintyi lahottajasieniä 6 %:ssa tutkituista värivikaisista näytepuista eivätkä nämäkään sienet olleet edellä mainittuja koivujen varsinaisia lahottajia vaan yksittäisiä ensivaiheen lahottajia.

Kaikki koivurunkojen eri osista eristetyt bakteerit olivat Gram-negatiivisia pieniä sauvoja, jotka ovat tyypillisiä elävien puiden rungoissa (Bacon & Mead 1971, Bagley ym. 1978, Scmidt & Kebernik 1984). Tutkituista istutuskoivuista 77 %:ssa oli *Enterobacter*- ja 23 %:ssa *Pseudomonas*-lajeja tai mahdollisia sukulaisia (kuva 6). *Enterobacter*-lajit muodostivat kuusi rasvahappoprofiili-ryhmää, jotka olivat läheistä sukua toisilleen (Euclidian Distance <10 = sama laji). Kolme suurinta *Pseudomonas*-ryhmää sisälsivät myös hyvin läheisiä lajeja kuten *P. chlororaphis*, *P. putida*, *P. syringae* ja *P. fluorescens*. Tämän tyyppisiä on eristetty Suomessa myös leppäpölkyistä (*Alnus incana*) (Raaska & Mattila-Sandholm 1991).



Kuva 6. Istutuskoivujen rungoissa yleisesti esiintyvät bakteerityypit.

Johtopäätökset

Istutusmetsiköiden historiasta saadaan joitakin viitteitä värivikojen alkuperästä. Keskeisenä aineistona käytetyistä vuonna 1964 istutetuista koivikoista 80 % selvisi hyvin ensimmäisen kasvukauden. Ensimmäisen kesän kuivuus tai/ja myyrät tuhosivat joitakin taimikoita. Ensimmäisen vuosikymmenen aikana osa taimikoista kärsi hirvituhoista tai liian märistä kasvuolosuhteista (Raulo 1965, 1979). Kolmenkymmenen vuoden kuluttua noin 50 % koivujen istutusaloista oli jäljellä tämän tutkimuksen aineistoksi. Kuitenkin noin neljäsosa taimikoista oli tuhoutunut muuttuneen maankäyttön vuoksi (mm. teiden ja asuintalojen rakentaminen), joten aineisto edusti hyvin kaikkia taimivaiheen tuhoista selviytyneitä istutuskoivikoita, ei pelkästään parhaiten onnistuneita.

Tässä tutkimuksessa istutuskoivujen ytimessä olevien värivikojen laajuus oli ainakin 30 vuoden iässä rajoittunut siten, ettei vaneripuun laatu vielä juurikaan alentunut. Oksaviat ja muut ytimen ulkopuoliset väriviat ovat suurempi haitta, vaikka nekin rajoittuvat puun keskiosiin. Näin ollen järeiden tukkien pintaosista tullaan saamaan laadukasta viilua. Viljelykoivun kiertoaikaa ja tukkien kokoa silmälläpitäen olisikin selvitettävä missä vaiheessa lahovikaisuus alkaa merkittävästi pilata koivutukkien laatua.

Kirjallisuus

Aarne, M. 1995. Metsätilastollinen vuosikirja. Metsäntutkimuslaitos. 354 s.

Annila, E. 1979. Damage by Phyllobius weevils (Coleoptera: Curculionidea) in birch plantations. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 97(3): 1–20.

Bacon, M. & Mead, C. E. 1971. Bacteria in the wood of living aspen, pine, and alder. Northwest Science 45: 270–275.

Bagley, S. T., Seidler, R. J., Talbot, Jr. H. W. & Morrow, J. E. 1978. Isolation of Klebsielleae from within living wood. Appl. Environ. Microbiol. 36: 178–185.

Björkman, E., Forssblad, L.-H., Malm, E., Regestad, S.O., Ringström, E. & Rydholm, S. 1964. The use of decayed wood from some conifers and broadleaf trees for chemical pulping purposes. Studia Forestalia Suecica 21. 66 s.

Cole, G. T. & Kendrick, B. 1973. Taxonomic studies of Phialophora. Mycologia 65: 661–688.

Gams, W. & McGinnis, M. R. 1983. Phialemonium, a new anamorph genus intermediate between Phialophora and Acremonium. Mycologia 75: 977–987.

Hallaksela, A.-M., 1993. Early interactions of Heterobasidion annosum and Stereum sanguinolentum with non-decay fungi and bacteria following inoculation into stems of Picea abies. Eur. J. For. Path. 23: 416–430.

Hallaksela, A.-M. Väisänen, O. & Salkinoja-Salonen, M. 1991. Identification of Bacillus species isolated from Picea abies by physiological tests, phage ty-

ping and fatty acid analysis. Scandinavian Journal of Forest Research 6: 365–377.
Heiskanen, V. 1957. Quality of the common birch and the white birch on different sites. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 48(6). 99 s.
Henttonen, H., Lilja, A. & Niemimaa, J. 1994. Myyrien ja hyönteisten aiheuttamat sieni-infektiot koivun taimien uhkana. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 496: 125–129.
Hytönen, J. 1995. Taimien alkukehitys pellonmetsitysaloilla. Teoksessa: Hytönen, J. & Polet, K. (toim.): Peltojen metsitysmenetelmät. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 581: 12–23.
Hytönen, J. & Ekola, E. 1993. Maan ja puuston ravinnetila Keski-Pohjanmaan metsitetyillä pelloilla. Folia Forestalia 822. 32 s.
Lilja, A. & Heikkilä, R. 1995. Discoloration of birch trees after wounding or breakage. Norwegian Forest Research Institute, Research Paper, 4: 30–32.
Niemelä, T. 1975. On Fennoscandian Polypores. IV. Phellinus igniarius, P. nigricans and P. populicola, n. sp. Annales Botanici Fennici 12: 93–122.
Niemelä, T., Renvall, P. & Penttilä, R. 1995. Interactions of fungi at late stages of wood decomposition. Annales Botanici Fennici 32:141–152.
Niemistö, P., Hukki, P. & Verkasalo, E. 1997. Kasvupaikan ja puuston tiheyden vaikutus rauduskoivun ulkoiseen laatuun 30-vuotiaissa istutuskoivikoissa. Metsätieteen aikakauskirja Folia Forestalia 3/1997: 349–374.
Raaska, L. & Mattila-Sandholm, T. 1991. The antagonistic activity of Pseudomonas chlororaphis and Pseudomonas fluorescens against shiitake (Lentinula edodes) mycelia. Material u. Organismen 26: 287–302.
Raulo, J. 1965. Rauduskoivun viljelykokeilu. Metsälehti 33: 2.
Raulo, J. 1979. Suomen ensimmäinen laaja rauduskoivun viljelykokeilu. Teollisuuden Metsäviesti 1: 18–19.
Rintala, P. 1995. Rauduskoivun pystykarsintavikojen yhteys karsittavien oksien kokoon ja laatuun sekä karsintavuodenaikaan. Metsäteknologian syventävien opintojen tutkielma. Joensuun yliopisto. 105 s.
Roll-Hansen, F. & Roll-Hansen H. 1993. Sykdommer på skogtrær. A/S Landbruksforlaget, Oslo. 120 s.
Schmidt, O. & Kebernik, U. 1984. Characterization of micro-organisms from spruce trees from polluted sites. Material u. Organismen 19: 81–93.
Shortle, W. C. & Cowling, E. B. 1978. Interaction of live sapwood and fungi commonly found in discolored and decayed wood. Phytopathology 68: 617–623.
Verkasalo, E. 1997. Hieskoivun laatu vaneripuuna. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 632. 483 s.
Wikström, C. & Unestam, T. 1976. The decay pattern of Phellinus tremulae (Bond.) Bond. et Borisov in Populus tremula L. Eur. J. For. Path. 6: 291–301.

RAUDUS- JA HIESKOIVUN LAATU PUUAINEEN TIHEYDEN PERUSTEELLA ARVIOITUNA

Erkki Verkasalo

Mitä tiheys kertoo puuaineen laadusta?

Puuaineen tiheys eli tilavuusyksikön massa vaikuttaa puun laatuun enemmän tai vähemmän lähes kaikissa puunjalostusprosesseissa ja loppukäyttökohteissa. Puun käyttötekninen tiheys on metsätaloudessa ja kemiallisessa metsäteollisuudessa totuttu ilmaisemaan kuiva-tuoretiheytenä eli uunikuivan puuaineen massana vastaavaa tuoretta tilavuutta kohti. Käsitteen suurin etu on riippumattomuus puun kosteustilasta ja kuivumiseen ja kostumiseen liittyvästä kutistumisesta ja turpoamisesta, mikä takaa tulosten yhteismitallisuuden erilaisissa vertailuissa. Toisaalta se ei kerro puun tiheyttä käyttötilassa. Tästä syystä mekaanisessa metsäteollisuudessa puhutaan useimmiten ilmakuivatiheydestä. Tällöin tiheyden laskennassa käytetyt massa ja tilavuus mitataan ilmakuivatun sahatavaran kosteudessa, joka on yleensä 12–15 prosenttia ilmaistuna kosteussuhteena eli puun sisältämän veden ja uunikuivan puun massan suhteena. Erityisesti puutavaran mittauksessa on merkitystä tuoretiheydellä, joka ilmaisee tuoreen massan tuoretta tilavuutta kohti.

Yhtä puulajia tarkasteltaessa tavallista korkeampi tiheys johtuu normaalipuussa tavallista paksummasta, useiden ominaisuuksien kannalta ratkaisevasta soluseinämän sekundäärikerroksesta. Tiheyseroihin liittyy usein myös anatomisen rakenteen ja ominaisuuksien muuttuminen, joka yleensä heikentää puuaineen jalostettavuutta. Tiheydeltään poikkeavia ovat mm. normaalipuuta selvästi painavampi oksapuu, reaktiopuu eli havupuiden lyly ja lehtipuiden vetopuu sekä normaalipuuta keveämpi, puulajista riippuen 2–30 ytimen lähintä vuosilustoa käsittävä nuorpuu ja lahonnut puu. — Puulajien välillä on luonnollisestikin lähinnä puuaineen rakenteesta ja kullekin puulajille tyypillistä kasvuoloista johtuvia tiheyseroja.

Selluloosan valmistuksessa massan saanto kuutiometristä puutavaraa kasvaa normaalipuussa lähes suoraviivaisesti tiheyden kasvaessa ja samalla eräät massan lujuusominaisuudet paranevat. Toisaalta korkeaan tiheyteen yleensä liittyvät

paksut ja jäykät kuidut heikentävät kuitumaton eli paperirainan muodostusta ja saattavat aiheuttaa paperiin epätasaisuutta ja läikikkyyttä, jolloin painatusominaisuudet kärsivät. Tätä haittaa voidaan ainakin lieventää tekemällä paperi eri puu- ja massalajien sopivasta sekoituksesta ja lisäämällä siihen sopivassa suhteessa erilaisia täyte- ja pinnoiteaineita.

Mekaanisessa puunjalostuksessa tärkeät lujuus-, jäykkyys- ja kovuusominaisuudet sekä tuotteen painavuus kohoavat tiheyden kasvaessa, ominaisuudesta riippuen joko kasvavalla tai hidastuvalla nopeudella. Tiheys vaikuttaa lopulta tietyn lujuuden vaativan lopputuotteen mittoihin ja raaka-aineen kulutukseen Täten puun tiheys on tärkeä laatuvaatimus mm. kantavissa rakenteissa sekä pintakovuuutta ja iskunkestävyyttä vaativissa käyttökohteissa. Lisäksi kuivaushalkeamien syntymisen todennäköisyys sekä työstövastukset ja täten mahdollisesti myös työstetyn pinnan karheus kohoavat tiheyden kohotessa.

Koivulla tiheyden merkitys on erilainen kuin havupuilla

Koivupuun luontaiset edut sekä mekaanisen että kemiallisen metsäteollisuuden raaka-aineena liittyvät läheisesti puuaineen homogeenisuuteen. Tämä ominaisuus johtuu hajaputkiloisuudesta ja putkiloiden tasaisesta jakautumisesta yli koko vuosiluston sekä kesäpuun pienestä osuudesta. Kevät- ja kesäpuun raja on vähittäinen ja niiden tiheysero lisäksi suhteellisen pieni. Täten koivun puuaineen tiheys vaihtelee vähemmän kuin esim. männyllä ja kuusella puuyksilöiden sisällä ja myös niiden välillä.

Koivun puuaine on yleisesti ottaen keskiraskasta, keveimmillään ytimen lähellä olevassa nuorpuussa ja raskaimmillaan puun pinnassa tai sen lähellä. Tiheys on riittävän korkea takaamaan puuaineelle hyvän lujuuden, kimmoisuuden, sitkeyden ja taipuisuuden. Koivupuun vetolujuus on kuitenkin painoon nähden varsin alhainen. Puuaine ei myöskään ole erityisen kovaa. Pintakovuus voidaan kuitenkin parantaa tammen veroiseksi lämpö- ja painekäsittelyllä.

Varsin sopivan tiheyden ja yleisen tasalaatuisuuden ansiosta koivupuuta on helppo työstää, erityisesti sorvata mutta myös sahata ja vuolla (ml. viilun leikkaus), niin manuaalisesti kuin koneellisesti. Koivupuun halkaisu on kuitenkin varsin vaikeaa. Tällä seikalla on merkitystä lähinnä halkojen teossa. Liima-, naula- ja ruuviliitokset ovat pitäviä mutta puuaine halkeaa helposti naulattaessa tai ruuvattaessa.

Sulfaattimassan saantoon tiheys vaikuttaa koivulla samoin kuin havupuilla. Lenkojen ja mutkaisten runkojen ja oksien läheinen vetopuu ei kuitenkaan ole tässä suhteessa juurikaan normaalipuuta huonompaa — päinvastoin kuin havupuiden

lyly. Oksapuun, nuorpuun ja lahon haitalliset vaikutukset massan laatuun ovat koivulla massan saannon tavoin kuitenkin vähintään yhtä ilmeiset kuin havupuulla, koska koivumassan käytössä tasainen vaaleus ja tikku- ja kuitukimppujen puuttuminen ovat erityisen tärkeitä ominaisuuksia. Yleensäkin koivumassan käytöllä pyritään paperin valmistuksessa läpinäkymättömyyden, vaaleuden ja painatuksessa tärkeiden pinnan tasaisuuden ja tiiviyden parantamiseen. Koivun kuidut ovat lyhyitä ja hennohkoja, joten jo siitä syystä koivumassan tarkoitus ei voi olla kuitumaton tai paperin lujittaminen. Nämä ominaisuudet saadaan aikaan lähinnä kuusesta tehtävällä armeerausmassalla.

Mekaanisessa jalostuksessa koivun tyypillisiä käyttökohteita ovat varsinkin kuljetusvälineteollisuudessa ja betonointimuoteissa käytetyt vanerit, huonekalu- ja sisustusviilut, massiivikoivuiset huonekalut ja huonekalujen komponentit, lattiapäällysteet (parketti ja massiivikoivulaudat) sekä sisustuspaneelit. Näistä vain vanerissa ja lattialaudoissa vaaditaan varsinaisesti hyviä mekaanisia ominaisuuksia, ennen kaikkea taivutuslujuutta ja -jäykkyyttä ja viilun valmistuksessa myös vetolujuutta viilumaton pituussuunnassa eli poikittaisvetolujuutta ja taivutuslujuutta viilumaton poikkisuunnassa. Kaikissa kohteissa, kenties paneelilautoja lukuunottamatta, ovat tärkeitä pintakovuus ja iskunkestävyys. — Rakennuspuuksi koivua ei ole suositeltu sen painavuuden, painoon nähden alhaisen vetolujuuden, mittapysyvyysongelmien ja ulkokäytössä heikon lahonkestävyyden vuoksi. Tosin Norjassa ja Ruotsissa on harkittu koivun käyttöä liimapuurakenteissa.

Aikaisempia tuloksia luontaisesti syntyneen hies- ja rauduskoivun puuaineen tiheyseroista

Hies- ja rauduskoivun puuaineen eroja on pidetty varsin pieninä ja mekaanisessa puuteollisuudessa käytön kannalta useimmiten merkityksettöminä. Hieskoivulla putkilot ovat hieman pitempiä ja paksumpia ja putkiloita kuin myös ydinsäteitä on poikkileikkauksen pinta-alayksiköllä vähemmän kuin rauduskoivulla. Puuaineen tiheys on hieskoivulla todettu säännöllisesti muutamia prosenttiyksikköjä alhaisemmaksi kuin rauduskoivulla (Runqvist ja Thunell 1945, Kujala 1946, Ollinmaa 1960, Hakkila 1966, 1979, Velling 1979, Wagenführ ja Schreiber 1989).

Metsäntutkimuslaitoksessa on tutkittu luontaisesti syntyneen hies- ja rauduskoivun puuainetta kohtalaisen runsaasti Suomen eri osissa varsinkin 1960-luvulta lähtien. Laajin on Hakkilan (1966) tutkimus Etelä-Suomessa. Kuiva-tuoretiheys oli siinä hieskoivulla keskimäärin 482 kg/m^3 ja rauduskoivulla 497 kg/m^3 eli ero oli 1–3 prosenttiyksikköä. Ero kasvoi puiden ikääntyessä (taulukko 1, kuva 1). Tyypillisillä ensiharvennusleimikoiden puilla sillä ei ollut käytännön merkitystä. Vaneritukeilla koivulajien erot olivat rungon keskimääräisiä arvoja suuremmat kui-

va-tuoretiheyden ollessa hiestukeilla keskimäärin 478 kg/m^3 ja raudustukeilla 510 kg/m^3. Täten myös massiivipuisten kuten myös viiluisten tuotteiden lujuus ja kimmoisuus olisivat hieskoivulla jonkin verran rauduskoivua alhaisempia. Tämän seikan merkitys voisi periaatteessa olla suurikin, mutta virheettömän puuaineen tiheyserojen vaikutukset peittyvät käytännössä mm. viilun ja saheiden vinosyisyyden ja oksaisuuden vaikutusten alle. Näin on erityisesti päätehakkuuleimikoiden koivun käyttökohteissa.

Taulukko 1. Raudus- ja hieskoivun puuaineen tiheys iän mukaan eri metsätyypeillä (Hakkila 1966).

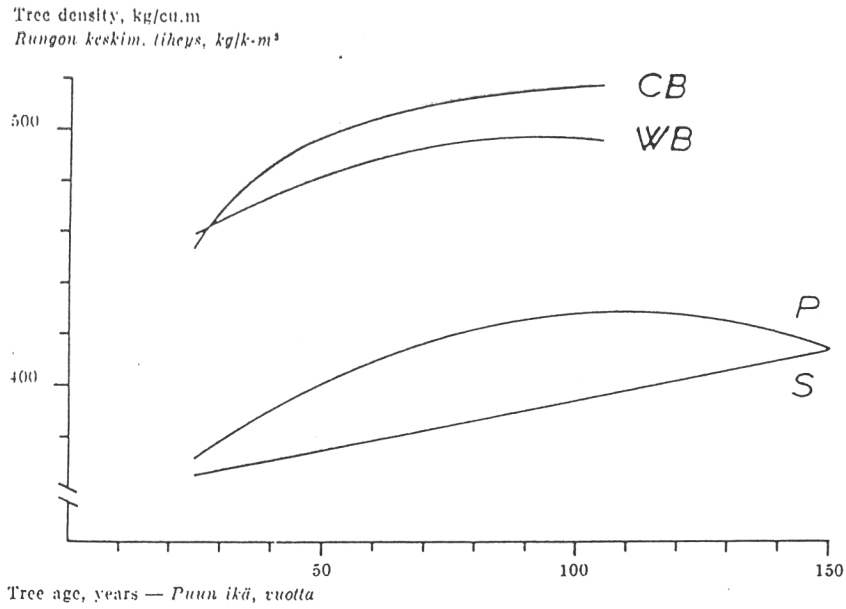
Metsätyyppi	Ikä, vuotta			
	25	50	75	100
Rauduskoivu				
OMT	459	497	510	516
MT	463	497	508	513
Suot	453	480	489	493
Hieskoivu				
OMT	456	488	499	504
MT	458	483	492	496
Suot	453	481	490	495

Sekä raudus- että hieskoivun tiheys oli normaalisti sitä korkeampi mitä viljavampi oli kasvupaikka ja kivennäismailla hieman korkeampi kuin soilla (taulukko 1). Kasvupaikkaluokkien erot olivat samaa luokkaa kuin hies- ja rauduskoivun väliset erot.

Puuaineen tiheyden ja vuosiluston paksuuden yhteys oli koivulla olennaisesti heikompi kuin havupuilla. Tosin yksittäisen vuosiluston puuaineen tiheys aleni koivullakin jossain määrin luston paksuuden kasvaessa:

Puulaji	Yhtälö	Selitysaste (R^2)	Jäännöshajonta (Sy,x)
Koivu	Y = 507,1 - 19,6 X	0,0969	42,1
Mänty	Y = 434,6 - 29,7 X	0,2823	33,7
Kuusi	Y = 410,7 - 21,5 X	0,1743	37,8

Y = kairanlastun puuaineen tiheys, kg/m^3
X = vuosiluston paksuus kairanlastussa, mm

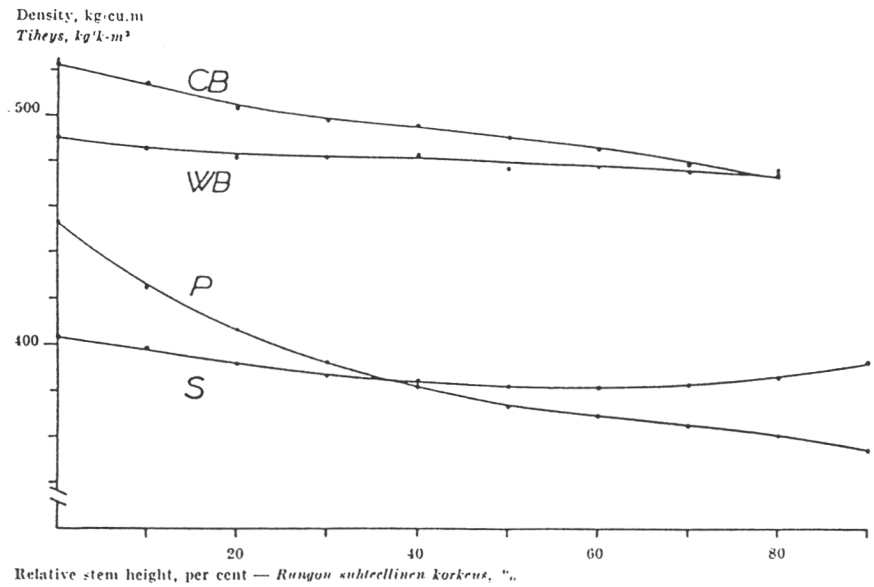


Kuva 1. Rauduskoivun (CB), hieskoivun (WB), männyn (P) ja kuusen (S) rungon keskimääräisen puuaineen kuiva-tuoretiheyden riippuvuus puun iästä (Hakkila 1966).

Tiheys aleni lievästi rungon tyvestä latvaan, rauduskoivulla selvästi enemmän kuin hieskoivulla (kuva 2). Aleneminen oli kuitenkin pientä havupuihin verrattuna, joten koivun eri osista saatavan kuitupuun laatuerot ovat tässä suhteessa pienet.

Vastoin muissa tutkimuksissa havaittuja tiheyseroja Kujala (1946) piti hieskoivun puuainetta rauduskoivun puuainetta kimmoisampana. Pitkittyneessä metsävarastoinnissa Verkasalo (1993) on puolestaan havainnut hieskoivutukkien puuaineen tiheyden alenevan vähemmän verrattuna rauduskoivutukkeihin.

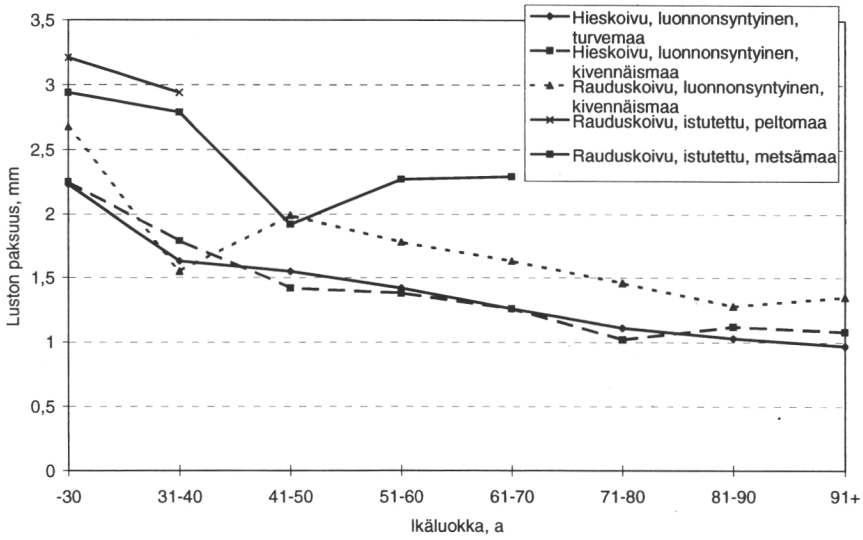
Koivun höylätyt pinnat ovat tavallisesti sileitä ja kauniskiiltoisia. Hieskoivun puuaineen eräänä etuna rauduskoivuun verrattuna on mainittu pinnaltaan kauniimpi ja vähemmän karhea ja nukkainen viilu- ja sahepinta (Appelroth 1946). Tämä saattaisi johtua tiheyseroista, jolloin sorvaus- ja sahausvastukset olisivat hieskoivulla rauduskoivua pienemmät. Toisaalta nukkaisuutta aiheuttava vetopuu saattaisi olla hieskoivulla tavallisempaa kuin rauduskoivulla olettaen hieskoivu rauduskoivua mutkaisemmaksi puulajiksi. Ruotsissa hieskoivu on mainittu eräissä yhteyksissä puuaineeltaan ja varsinkin tiheydeltään tasalaatuisemmaksi ja täten työstettävyydeltään ja työstöpinnan laadultaan rauduskoivua otollisemmaksi sahapuuksi (Ekström 1987, Elowsson 1990).



Kuva 2. Rauduskoivun (CB), hieskoivun (WB), männyn (P) ja kuusen (S) puuaineen kuiva-tuoretiheyden vaihtelu rungon pituussuunnassa (Hakkila 1966).

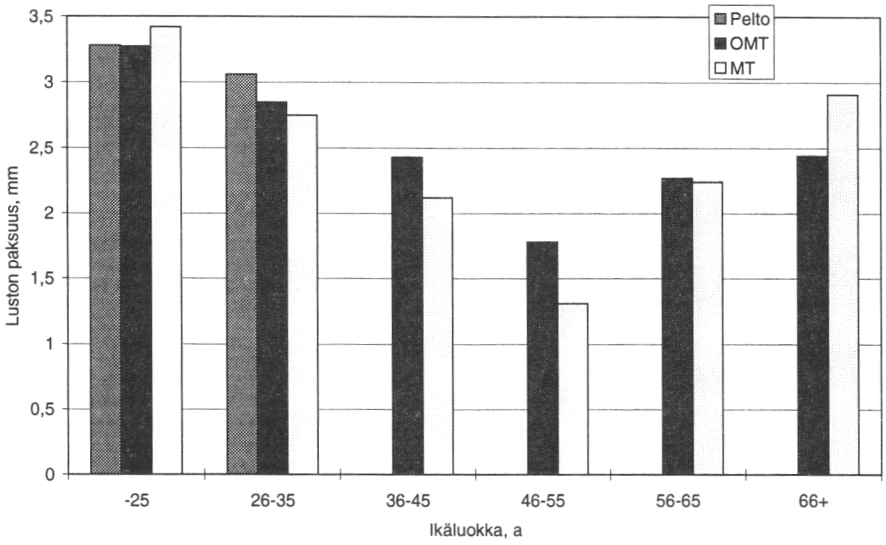
Uusia tuloksia Pohjanmaan koivuista

Metsäntutkimuslaitoksen (Verkasalo 1997) vielä julkaisemattomassa tutkimuksessa vertailtiin luonnonsyntyisen hies- ja rauduskoivun puuaineen tiheyttä Keski- ja Pohjois-Pohjanmaalla. Aineisto käsitti 411 turvemaiden hieskoivua, 191 kivennäismaiden hieskoivua ja 101 kivennäismaiden rauduskoivua, joiden ikä oli 25–150 vuotta ja rinnankorkeusläpimitta 9–47 cm. Keskimääräinen vuosiluston paksuus rinnankorkeudella aleni puiden ikääntyessä hidastuvalla nopeudella, hieskoivulla 20–30-vuotiaiden puiden 2,2 mm:stä yli 90-vuotiaiden puiden 1,1 mm:iin ja MT- ja VT+-kivennäismaiden rauduskoivulla vastaavasti 2,7 mm:stä 1,4 mm:iin (kuva 3). Rauduskoivut olivat kivennäismailla kasvaneet läpimittaa siis 20–25 % nopeammin kuin hieskoivut. Erot turve- ja kivennäismaiden hieskoivujen välillä olivat sen sijaan pieniä.



Kuva 3. Eri oloissa kasvaneiden hies- ja rauduskoivujen vuosiluston keskipaksuus rinnankorkeudella ikäluokittain.

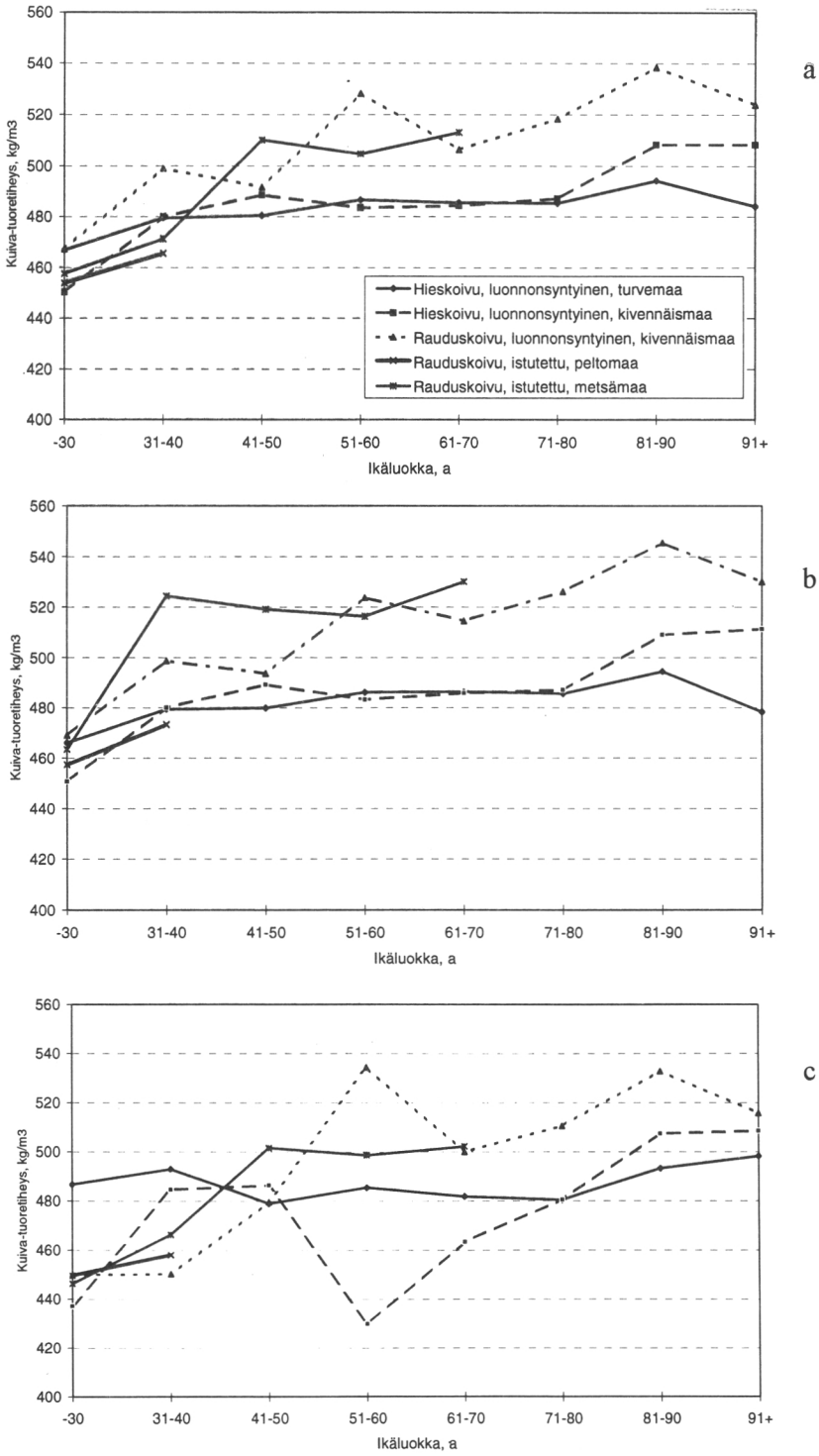
Tarkasteltaessa rungon käyttöosaa 7 cm:n läpimittaan asti rauduskoivu oli alle 50-vuotiaana keskimäärin vajaan prosentin hieskoivua kevyempää ja vanhempana 4–7 % painavampaa (kuva 5a). Vastaavasti alle 15 cm:n läpimittaluokissa rauduskoivu oli 3–4 % kevyempää ja näitä järeämmissä luokissa taas 1–8 % painavampaa kuin hieskoivu (kuva 6a). Pohjanmaalla tärkeiden ojitettujen turvemaiden hieskoivu oli vastaavasti alle 30-vuotiaana 3 % painavampaa, keskiikäisenä yhtä painavaa ja yli 70-vuotiaana 1–5 % kevyempää kuin sama puulaji kivennäismailla.



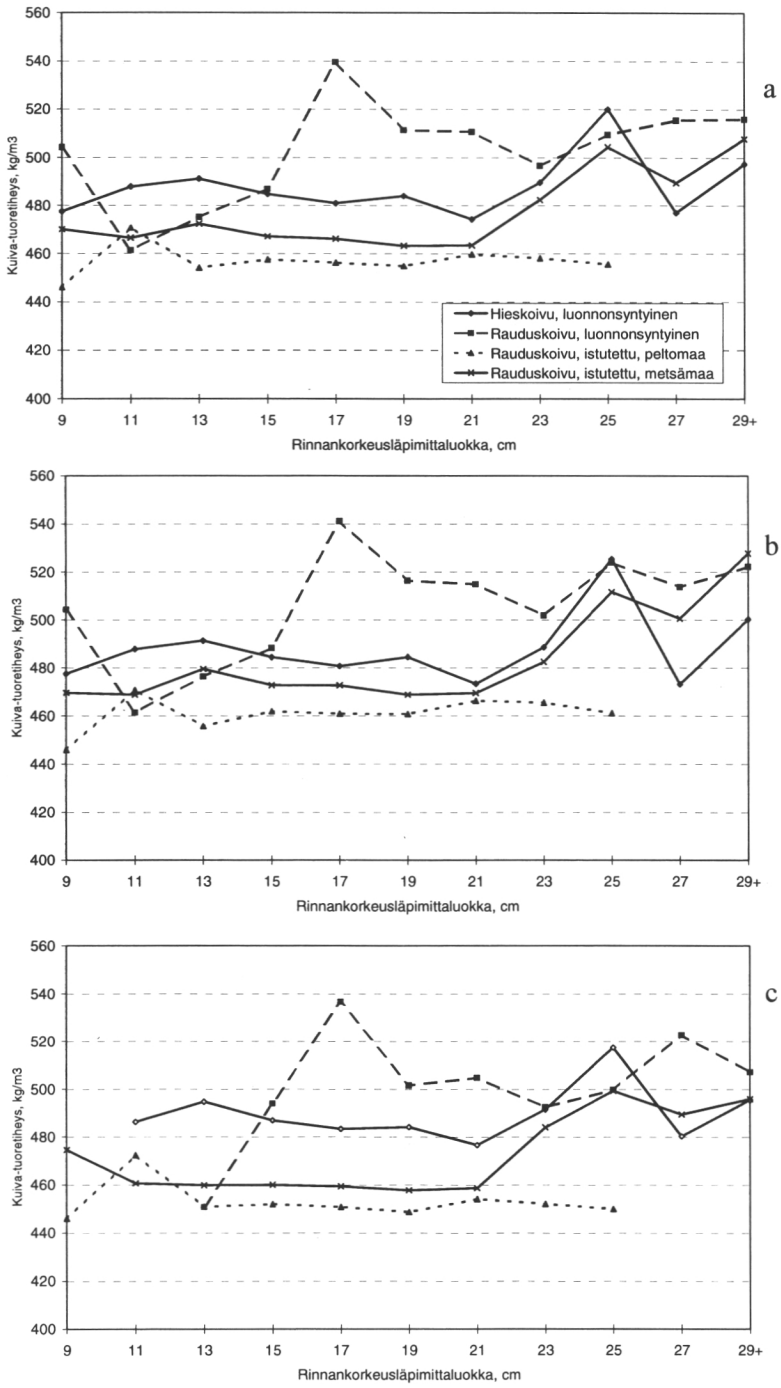
Kuva 4. Istutusrauduskoivujen vuosiluston keskipaksuus rinnankorkeudella ikäluokittain peltomailla sekä OMT- ja MT-metsämailla.

Mekaanisen puunjalostuksen raaka-aine tulee lähinnä koivun tyviosasta, jossa hieskoivun tiheys oli alle 40-vuotiaana keskimäärin 3 % alhaisempi ja vanhempana samalla tasolla kuin väli- ja latvaosassa (kuvat 5b–c). Rauduskoivun tyvi oli puolestaan 1–5 % rungon ylempiä osia tiheämpi. Erot olivat läpimittaluokittain varsin epäyhtenäisiä mutta kokonaisuutena samaa suuruusluokkaa kuin ikäluokittain (kuvat 6b–c).

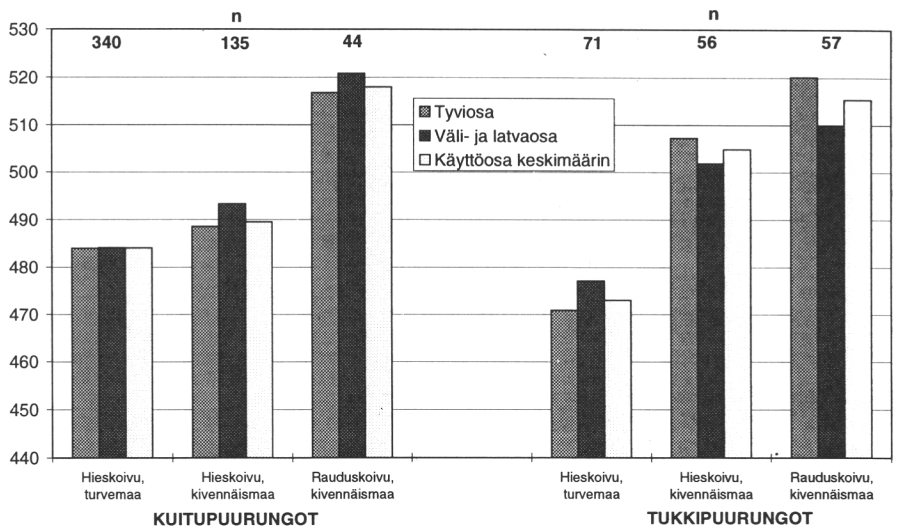
Kaikilla kuitupuun kokoisilla rungoilla rauduskoivun puuaine oli kivennäismailla keskimäärin 5 % painavampaa kuin hieskoivulla ja hieskoivulla kivennäismailla 1–2 % painavampaa kuin turvemailla (kuva 7). Tukkipuun kokoisilla rungoilla koivulajien ero oli kivennäismailla pienempi, vain 1–3 %, kun taas kivennäis- ja turvemaiden hieskoivujen ero oli 5–8 %. Vertailtujen ryhmien ikäerot, jotka olivat luonnollisesti yhteydessä eroihin paksuuskasvussa (kuva 3), vaikuttivat huomattavasti havaittuihin eroihin.



Kuva 5. Eri oloissa kasvaneiden hies- ja rauduskoivujen puuaineen ikäluokittainen kuiva–tuoretiheys käyttöosassa keskimäärin (a) sekä erikseen käyttöosan viiden metrin tyviosassa (b) ja väli- ja latvaosassa (c).



Kuva 6. Eri oloissa kasvaneiden hies- ja rauduskoivujen puuaineen läpimittaluokittainen kuiva–tuoretiheys käyttöosassa keskimäärin (a) sekä erikseen käyttöosan viiden metrin tyviosassa (b) ja väli- ja latvaosassa (c).

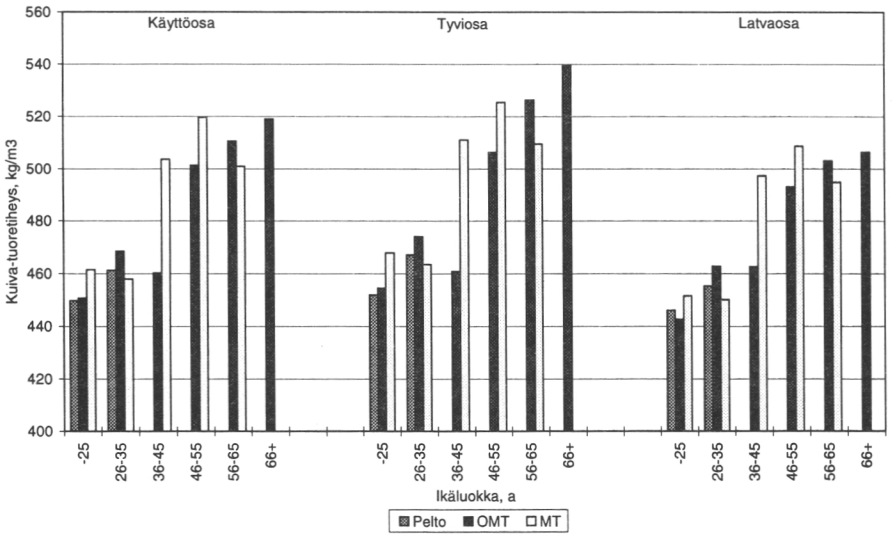


Kuva 7. Kuitu- ja tukkipuun kokoisten hies- ja rauduskoivujen puuaineen kuivatuoretiheys kasvupaikkaluokittain käyttöosan viiden metrin tyviosassa ja väli- ja latvaosassa sekä käyttöosassa keskimäärin.

Istutusrauduskoivu on tiheydeltään luonnonkoivun veroista metsämailla — mutta heikompaa peltomailla

Metsäntutkimuslaitoksen istutusrauduskoivututkimuksessa (aineisto: ks. s. 61) koepuiden rajoittuminen nuoriin puihin rajoittaa johtopäätöksien tekoa hakkuuikäisten puiden puuaineen tiheydestä. Keskimääräinen vuosiluston paksuus rinnankorkeudella oli hyvin korkea alle 40-vuotiailla istutuskoivuilla. Peltomailla lustot olivat selvästi paksumpia (3,1 mm) kuin OMT-MT-tason metsämailla (2,8 mm) (kuva 3). Näitä vanhemmissa ikäluokissa oli aineistoa vain metsämailta, joilla luston paksuus oli 1,9–2,3 mm. Kaikissa tapauksissa istutuskoivujen lustot olivat huomattavasti paksumpia kuin luonnonkoivujen lustot. Istutuskoivujen luston paksuus pieneni pääsääntöisesti selvästi kasvupaikan heikentyessä (kuva 4).

Alle 40-vuotiaiden istutuskoivujen puuaine oli OMT- ja MT-tason metsämailla vain alle prosentin kevyempää ja vanhempana jopa 1–2 % painavampaa kuin luonnonkoivujen puuaine aikaisemmissa tutkimuksissa, kun tarkasteltiin koko käyttöosaa (kuva 5a). Ero on merkityksettömän pieni loppukäyttöä ajatellen. Kasvupaikan viljavuuden vaikutukset olivat ristiriitaisia eri ikäluokissa (kuva 8).



Kuva 8. Istutusrauduskoivujen puuaineen kuiva-tuoretiheys käyttöosassa keskimäärin sekä erikseen käyttöosan viiden metrin tyviosassa ja väli- ja latvaosassa ikäluokittain peltomailla sekä OMT- ja MT-metsämailla.

Samassa läpimitassa istutuskoivujen puuaine oli kuitenkin nopeamman paksuuskasvun vuoksi luonnonkoivuja keveämpää (kuva 6a). Peltomailla istuskoivujen puuaine oli vastaavasti alle 40-vuotiaana 2–3 % keveämpää kuin luonnonkoivujen puuaine. Tämän eron voidaan olettaa edelleen kasvavan puiden ikääntyessä. Samassa läpimitassa istutuskoivujen puuaine oli peltomailla 1–10 % keveämpää kuin metsämailla.

Viiden metrin tyviosassa samanikäisten istutuskoivujen puuaineen tiheys oli metsämailla 4–6 % ja peltomailla 2–3 % painavampaa kuin käyttöosan ylemmissä osissa (kuvat 5b–c). Saman läpimittaisilla koivuilla ero oli samaa suuruusluokkaa (kuvat 6b–c).

Kirjallisuus

Bhat, K.M. & Kärkkäinen, M. 1980. Distinguishing between Betula pendula Roth. and Betula pubescens Ehrh. on the basis of wood anatomy. Seloste: Raudus- ja hieskoivun erottaminen puuaineen anatomian perusteella. Silva Fennica 14(3): 294–304.

Ekström, H. 1987. Lövvirke - Tillgångar och industriell användning. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för virkeslära. Rapport nr 197. 123 s. + liitteet.

Elowsson, T. 1989. Forutsättningar för tillverkning av björkkomponenter - en tillverksgren med goda framtidsutsikter. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för virkeslära. Rapport nr 206. 69 s. + liitteet.
Hakkila, P. 1966. Investigations on the basic density of Finnish pine, spruce and birch wood. Lyhennelmä: Tutkimuksia männyn, kuusen ja koivun puuaineen tiheydestä. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 61(5): 1–98.
Hakkila, P. 1979. Wood density survey and dry weight tables for pine, spruce and birch boles in Finland. Lyhennelmä: Puuaineen tiheystutkimus ja kuivapainotaulukot suomalaiselle männylle, kuuselle ja koivulle. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 96(3): 1–59.
Jalava, M. 1945. Suomalaisen männyn, kuusen, koivun ja haavan lujuusominaisuuksista. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 33(3):1–66.
Kucera, B. 1980. Fysiske og anatomiske egenskaper hos lavlandsbjörk. Norges landbruksvidenskaplige forskningsråd. Sluttrapport 343. Oslo. 15 s.
Kucera, B. 1984. Björkevirkets mekaniske, teknologiske og fysiske egenskaper. Norges landbruksvidenskaplige forskningsråd. Sluttrapport 500. Oslo. 20 s.
Kujala, V. 1946. Koivututkimuksia. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 34(1): 1–34.
Kärkkäinen, M. 1985. Puutiede. Sallisen Kustannus Oy. Sotkamo. 415 s.
Kärkkäinen, M. 1991. Industriell användning av björk i Finland. Skogskonferensen 1989, Ultuna 5.12.-6.12., Björk och Asp. Skogsfakta 15: 56-59.
Lindqvist, B. 1947. On the variation in Scandinavian Betula verrucosa Ehrh. with some notes on the Betula series verrucosae Sukacz. Svensk Botanisk Tidskrift Bd. 41. 21 s.
Mali, J. 1980. Kotimaisten puulajien ja tuontipuulajien tekniset ominaisuudet ja käyttö. Valtion teknillinen tutkimuskeskus, puulaboratorio. Tiedonanto 3. 43 s. + liitteet.
Niemistö, P., Hukki, P. & Verkasalo, E. 1997. Kasvupaikan ja puuston tiheyden vaikutus rauduskoivun ulkoiseen laatuun 30-vuotiaissa istutuskoivikoissa. Metsätieteen aikakauskirja Folia Forestalia 3/1997: 349–374.
Ollinmaa, P.J. 1955. Koivun vetopuun anatomisesta rakenteesta ja ominaisuuksista. Acta Forestalia Fennica 64(3): 1–263.
Ollinmaa, P.J. 1960. Eräistä ojitetuilla soilla kasvavan puun fysikaalisista ominaisuuksista. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 72(2): 1–24.
Olofsson, Å. 1953. Om de svenska björkarternas morfologiska variation och skogliga värde. Svensk Papperstidning, ss. 785–798, 818–839.
Pekkala, O. & Uusvaara, O. 1980. Kuitupuun metsävarastoinnin vaikutus massan saantoon ja laatuun. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 96(4): 1–24.
Runqvist, E. & Thunell, B. 1945. Undersökningar över några virkesegenskaper hos björk. Svenska Träforskningsinstitutet, Trätekniska avdelningen. Meddelande 7. 11 s.
Sachsse, H. 1988a. Holzqualität von Birken. Die Baumart Birke und ihre anatomischen Eigenschaften. Holz als Roh- und Werkstoff 46: 441–446.
Sachsse, H. 1988b. Holzqualität von Birken. Physikalische und mekanische eigenschaften. Holz als Roh- und Werkstoff 46: 535–542.
Salmi, J. 1987. Koivun puuaineen ominaisuudet ja käyttö. Sorbifolia 18(3): 123–132.

Vadla, K., Berg, N. & Foslie, M. 1982. Björk som materiale og råstoff. Norsk Institutt for Skogforskning. Rapport 6. 46 s.
Velling, P. 1979. Puuaineen tiheys kahdessa rauduskoivun jälkeläiskokeessa. Folia Forestalia 416. 24 s.
Verkasalo, E. 1993. Koivupuutavaran vikaantuminen pitkittyneessä metsävarastoinnissa ja sen vaikutus viilun saantoon, laatuun ja arvoon. Folia Forestalia 806. 31 s.
Verkasalo, E. 1997. Julkaisemattomia tuloksia hies- ja rauduskoivun puuaineen tiheydestä Keski- ja Pohjois-Pohjanmaalla. Metsäntutkimuslaitos, Joensuun tutkimusasema.
Vesterinen, E. 1956. Kelpaavatko koivu ja haapa rakennuspuuksi? Suomen Puutalous 2: 63.
Wagenführ, R. & Schreiber, C. 1989. Holzatlas. 3. Auflage. VEB Fachbuchverlag Leipzig. 720 s.

ISTUTUSKOIVUJEN SIENITUHOISTA

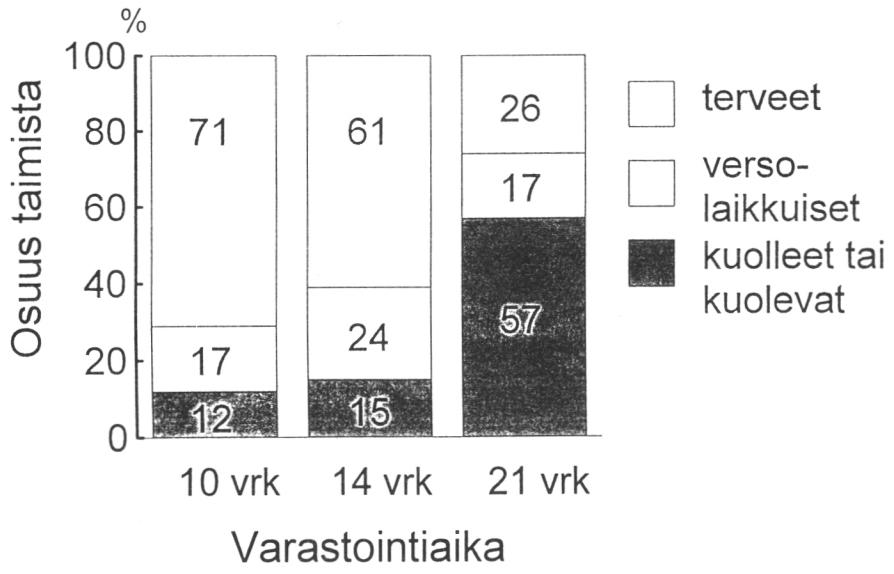
Arja Lilja ja Risto Heikkilä

Tähän tarkasteluun on koottu kotimaisia tutkimustuloksia sienten aiheuttamista haitoista koivun viljelyssä ja kasvatuksessa sekä hyönteisten, myyrien ja hirvien osuudesta sienituhoihin.

Eri puolelle Suomea perustetuissa pellonmetsityskokeissa on havaittu koivun versolaikkutaudin olevan paha ongelma. Istutuksen jälkeen versolaikkuja esiintyi kolmannesta kasvukaudesta lähtien siten, että tautia havaittiin 36 %:ssa hieskoivun ja 49 %:ssa rauduskoivun taimista (Hytönen 1994). Lisäksi nuorissa istutuskoivuissa esiintyneet väriviat (Hallaksela 1995) ja lahot (Kivivuori 1991) ovat huolestuttaneet metsänomistajia.

Taimien varastointi aiheuttaa sienituhoja

Taimitarhoilta istutusaloille lähtevät taimet on lajiteltu ja yleensä ne ovat taimitarhalta lähtiessä terveitä. Taimien vastaanottajien on toimittava siten, että istutus tapahtuu paitsi huolellisesti myös mahdollisimman nopeasti niin, etteivät taimet joudu olemaan tarpeettomasti säkeissä. Varoittavana esimerkkinä oli tahaton koe, jossa vuoden ikäiset kylmävarastoidut rauduskoivun taimet joutuivat sulamisen jälkeen odottamaan istutusta eri pituisia aikoja avatuissa säkeissä viileässä varastossa. Kymmenisen päivää sulaneina varastoiduista taimista oli seuraavan kesän heinäkuun alussa hyväkuntoisia 71 %, versolaikkuisia niistä oli 17 % ja kuolevia tai kuolleita oli 12 %. Vastaavasti yli kolme viikkoa istutusta säkeissä odotelleet taimet olivat heikentyneet niin, että vain 26 % taimista oli hyväkuntoisia ja 57 % kuolleita tai kuolevia. Noin kaksi viikkoa säkissä olleista taimista 61 % oli seuraavana vuonna hyväkuntoisia (kuva 1). Yleisin sieni kuolleissa taimissa oli *Godronia multispora* Groves, joka on yleinen versolaikkuisissa taimissa koko maassa niin istutetuissa kuin luontaisissa taimissa (Kurkela 1973, 1974).



Kuva 1. Koivun taimien kunto istutusta seuraavana kasvukautena, kun niitä oli ennen istutusta varastoitu eri pituisia aikoja avonaisessa säkissä +5 °C lämpötilassa.

Sienten tartuntatiet

Harva sieni pystyy tunkeutumaan ehjän kuoripinnan kautta puiden runkoon. Poikkeuksen tekee meillä taimitarhoilla versolaikkuja aiheuttava munasieni *Phytophthora cactorum* Schröet. (Lilja ym 1997). Koivun kuori on kestävää ja siinä on myös antibioottisia aineita, jotka estävät sienten ja muiden mikrobien kasvun (Zabel & Morell 1992, Merill 1992). Kuitenkin jo lehtiarvetkin voivat toimia tartuntateinä mikrobeille, jos puiden elinvoima on heikentynyt. Kuoreen saattaa tulla myös vaurioita kuten pakkashalkeamia, paleltumia ja oksakatkoksia tai hyönteiset tekevät puuhun iskeytyessään reikiä. Isommista eläimistä myyrät ja hirvet ovat jatkuva uhka jo sinänsä. Lisäksi niiden aiheuttamat vauriot kuten myyrien kalumajäljet ja hirvien katkokset tarjoavat sisäänpääsytien lahoa ja puun värjäytymistä aiheuttaville sienille.

Hyönteiset, jotka heikentävät puita

Annilan (1979) tutkimuksessa, jossa koivuista poistettiin keväällä kaikki puhjenneet lehdet kahtena vuotena peräkkäin, puiden kuolleisuus nousi ja niistä löytyi kolmantena vuotena *G. multispora* sientä. Samoin koivun lehtiä syövät lehtikär-

säkkäät (*Phyllobius piri* L. ja *Ph. maculicornis* Germ.) alentavat taimien elinvoimaa altistaen niitä kuivuudelle ja sienituhoille (Annila 1979). Lehtikärsäkkäät elävät enimmäkseen lehtipuissa nakerrellen lehtiin epäsäännöllisiä reikiä, mutta eivät yleensä katkaise lehtisuonia (Saalas 1949).

Vilppulan pellonmetsityskokeessa, jossa koivun versolaikut olivat yleisiä, hyönteisvioituksia aiheuttivat mm. täplätupsukas (ent. tupsutoukkakehrääjä, *Orgyia antiqua* L.) ja koivumittari (*Biston betularius* L.) sekä pohjanlehtipistäinen (*Croesus septentrionalis* L.) (Ferm ym. 1994). Pohjanlehtipistäinen syö lehtiä reunoilta, tupsutoukkakehrääjä ja koivumittari kokonaisia lehtiä (Saalas 1949). Muita koivun lehtiä vaurioittavia lajeja ovat pärstärkoin (*Eriocrania sparmanella* Hw.) ja seulakoin (*E. pectinea* Hw.) toukat, jotka miinaavat koivun lehdet alentaen näin taimien elinvoimaa.

Hyönteiset, jotka tekevät puihin reikiä

Ruskotäpläkärpänen (*Phytobia betulae* Kangas), koivunäkämäkääriäinen (*Epinotia teraquetrana* Hw.), koivun mantokuoriainen (*Scolytus ratzeburgi* Jans.), lehtipuun tikaskuoriainen (*Trypodendron signatum* Fabr.), ruohokaskas (*Cicadella viridis* L.) ja tukkimiehentäi (*Hylobius abietis* L.) ovat hyönteisiä, jotka iskeytyessään tekevät reikiä koivun kuoreen.

Ruskotäpläkärpänen suosii valoisia ja lämpimiä paikkoja (Kangas 1935). Nuortevan (1994) mukaan alas asti rungossa olevat elävät oksat edistävät sen puuhun tunkeutumista ja siksi koivikot olisi kasvatettava tiheinä tai sekapuuna kuusikossa tuhojen estämiseksi. Toukkia voi tavata jo kolmen vuoden ikäisissä taimissa, mutta yleisimpiä ne ovat hieman vanhemmissa koivikoissa (Nuorteva 1994). Toukkakäytävien jälkiä esiintyy rungon tyviosassa ja käytävän ympärillä on ruskea alue. Useimmiten nämä ruskeat alueet ovat hyvin rajoittuneita eikä niistä ole saatu eristettyä sieniä (Hallaksela, suul. tiedonanto). Todennäköisesti ruskotäpläkärpänen ei lisää koivun lahoisuutta.

Koivunäkämäkääriäisen toukka aiheuttaa nuorissa koivuissa versoihin noin 1 cm:n mittaisia äkämämuodostumia. Myöhemmin se tulee äkämistä esille syömään lehtiä, joita se kiertää suojakseen (Saalas 1949). Äkämän yläpuolinen osa saattaa kuivua ja osa taimista pensastuu. Äkämän kautta koivun runkoon siirtyy myös sieniä, joiden olemassaolo paljastuu tummasta juovasta puuosan keskellä.

Koivun mantokuoriainen ja lehtipuun tikaskuoriainen puolestaan iskeytyvät vain heikentyneisiin puihin. Jälkimmäinen hyönteinen levittää sinistäjäsieniä.

Ruohokaskas viihtyy heinittyneillä alueilla. Muniessaan naaras sahaa kuoreen n. 4 mm pituisen kaarevan haavan, jonka kautta myös sienet pääsevät tunkeutu-

maan kuorisolukkoon syyskesällä ja syksyllä (kuva 2). Munintaraon ympärille kehittyneistä versolaikuista eristetyistä sienilajeista yleisimmät olivat *Fusarium avenaceum* (Corda ex Fr.) Sacc. ja *Alternaria alternata* (Fr.) Keissler (Juutinen ym. 1976). Versolaikkuisista taimista useat kuolivat jo seuraavana keväänä.



Kuva 2. Tyypillisiä ruohokaskaan sahaamia haavoja, joita se munia laskiessaan sahaa koivun runkoon. Osassa näkyy sienten aiheuttaman versolaikun alku (valokuvannut T. Kurkela).

Tukkimiehentäi munii touko-kesäkuussa havupuiden tuoreisiin kantoihin. Seuraava vuonna aikuiset hyönteiset syövät taimien jälttä ja yleensä ne koetaan uhkana kuusen ja männyn taimille. Useimmiten havupuiden taimet suojataankin etukäteen insektisideillä jo taimitarhalla. Myös koivun taimet kelpaavat tämän hyönteisen ravintokasviksi. Metsänistutusalalla, jossa kuusen jälkeen oli istutettu seuraavana vuonna koivua, tukkimiehentäin syöntijälkiin oli tarttunut sieniä. Sienien aiheuttamien laikkujen levittyä taimen ympäri olivat useat taimet taittuneet laikun kohdalta. Näissä laikuissa esiintyvistä lukuisista sienistä yleisimmät olivat *Fusarium*-lajit ja *G. multispora*-sieni.

Pakkashalkeamat

Tekeillä olevassa selvityksessä seurataan hirvien aiheuttamien katkosten vaikutusta puiden kehitykseen. Osassa tutkittuja puita esiintyi pakkashalkeamia. Pakkashalkeamien kohdalta eristettiin aina kantasieniä ja runko oli laho halkeaman pituudelta (kuva 4).

Myyrätuhot

Myyrät (*Microtus* spp.) ovat todennäköisiä koivun tuhonaiheuttajia rehevillä mailla etenkin puutteellisen heinäntorjunnan jälkeen. Ferm ym. (1994) toteavat tutkimuksessaan, että tehokas heinäntorjunta herbisideillä vähensi myyrätuhoja pellonmetsitysalalla merkitsevästi. Pahimmat tuhot olivat koeruuduissa, joihin oli kylvetty apilaa tai joissa heinän kasvua yritettiin rajoittaa suojalevyillä. Näillä ruuduilla ainakin puolet taimista tuhoutui. Myyriltä säästyneissä taimissa versolaikkuja oli noin 8 %:ssa koko pellon taimista.

Vakava myyrätuho johtaa yleensä taimen kuolemaan mikäli kuori on syöty siten, että syönti ulottuu taimen ympäri tai reilusti yli puolenvälin ympäryksestä. Lievemmät syöntijäljet kylestyvät ja parin vuoden kuluttua vain tyvellä näkyvä koro paljastaa vanhan myyrätuhon. Myyrien vikuuttamista koivuista saatiin eristettyä bakteerien ja hiivojen ohella *Godronia* sp., *A. alternata* ja *F. culmorum* (W. G. Smith) Sacc. sieniä jo muutaman kuukauden kuluttua syönnistä (Henttonen ym. 1994). Nämä sienet ovat erittäin haitallisia nuorille koivuille varsinkin turvemailla (Kurkela 1973, 1974, Juutinen ym. 1976, Romakkaniemi 1986).

Hirvituhot

Hirvieläimet tuhoavat eri kokoisia koivuntaimia katkomalla latvoja ja syömällä oksia. Taloudellisesti merkittävää tuhoa syntyy usein taimikoissa, joissa puiden pituus on 1–3 m. Hirvet pystyvät kuitenkin katkomaan nuoria puita aina viiden metrin pituuteen saakka (kuva 3). Hirvi (*Alces alces* L.) on 1970-luvulta lähtien ollut monin paikoin niin yleinen, että sen aiheuttamat runkoviat alentavat metsiköiden laatua kiertoajan loppuun saakka. Päärangan katkeaminen on kohtalokkainta ja sen seurauksena puista tulee mutkaisia. Ohuisiinkin taitoksiin muodostuu usein koroja. Mutkaisuus on sitä pahempaa mitä paksummasta kohdasta ranganvaihto tapahtuu. Läpimitaltaan suuret vauriot kylestyvät huonosti ja sienet pääsevät niistä leviämään myös myöhemmin syntyneeseen puuhun (kuva 4). Puiden kasvaessa ulkoinen mutkaisuus lievenee ja viat kylestyvät mutta rungon sisäinen laatu huononee huomattavalta osalta tukkipuuosaa.



Kuva 3. Hirven katkonnan seurauksena koivuista on tullut mutkaisia (valokuvannut R. Heikkilä).



Kuva 4. Yläpuolella hirven aiheuttamasta katkoksesta levinnyt väri- ja lahovika koivun rungossa. Alhaalla saman puun pakkashalkeamasta levinnyt lahovika (valokuvannut R. Vanhanen).

Sellaisissa koivuissa, joissa jäljiteltiin hirvituhoja katkaisemalla taimen latva, tavattiin katkaisukohdasta levinneissä värivioissa kolmen vuoden kuluttua sinistäjäsieniä. Joissakin huonoimmin kylestyneissä katkoksissa oli myös kantasieniä, jotka aiheuttavat rusko- tai valkolahoa (Heikkilä ym. 1993). Lahot ja väriviat olivat yleisiä mm. yli kymmenvuotiaissa koivikoissa, joissa hirvet olivat katkoneet puita niiden ollessa noin kaksimetrisiä. Vioista eristettyjä lahottajasieniä olivat muuan muassa purpuranahakka (*Chondrostereum purpureum* (Pers. ex Fr.) Pouz.), pehmikkä (*Cylindrobasidium evolvens* (Fr.) Jülich), tuhkakääpä (*Bjerkandera adusta* (Wild. ex Fr.) Karst. ja karvanahakka (*Stereum hirsutum* (Wild. Fr.) S. F. Gray), joista osa tunnetaan haavaloisina (Atkinson 1992). Sinistäjänä tunnettu *Phialophora fastigiata* (Lagerb. Lundberg & Melin) Conant oli yleisin sieni ja sitä eristettiin vaurion kaikista osista lukuunottamatta ulointa kärkeä, jossa oli runsaasti bakteereita (Lilja ja Heikkilä 1995).

Torjunta ja vaurioiden myöhempi merkitys

Myyrien ja hirvien aiheuttamia tuhoja voidaan yrittää estää karkoteaineilla. Myyrien torjunnassa myös suojaputkien käyttö on tehokasta joskin kallista. Halvempi vaihtoehto myyrien vähentämisessä on ajallaan tehty heinäntorjunta, jolloin olosuhteet eivät suosi myöskään hyönteisiä.

Vaurioiden (Heikkilä ym. 1993, Lilja & Heikkilä 1995), kasvukairauksen (Vuokila 1976) ja karsinnan (Heiskanen 1958) vaikutusta koivun myöhempään kehitykseen on tutkittu jonkin verran. Läpimitaltaan pienet vauriot kylestyvät yleensä hyvin eikä sienten aiheuttama värivika tällöin leviä myöhemmin syntyvään puuaineeseen. Pystysuunnassa, varsinkin alaspäin, värivika voi levitä pitkälle (Heiskanen 1958, Vuokila 1976, Heikkilä ym. 1993, Hallaksela 1995, Lilja & Heikkilä 1995). Kun Kurkela (1974) ymppäsi koivuihin *G. multispora*-sientä, runkoihin muodostui koroja, joista sieni pystyttiin eristämään vielä kahden vuoden kuluttua, mutta ilmeisesti nuoren koivun puolustusreaktiot estivät sienen leviämisen koroa laajemmalle. Hirven tekemät katkokset eivät aina vaikuta puiden pituuskasvuun (Kangas 1949, Heikkilä ym. 1993). Jos katkoskohta on 2-3-metrisissä taimissa viimeisen latvakasvaimen alapuolella, on taimien tulevaisuus mutkaisuuden ja vauriosta lähtevän lahovian takia kyseenalaista (Lilja & Heikkilä 1995, Heikkilä & Lilja, julkaisematon). Ensiharvennuksessa kannattaa ehdottomasti poistaa mutkaiset ja koroiset koivut sekä sellaiset puut, joissa näkyy katkenneen latvan tynkä.

Kirjallisuus

Annila, E. 1979. Lehtikärsäkkäiden (Phyllobius, Coleoptera: Curculionidea) aiheuttamat tuhot pelloille istutetuissa koivuntaimikoissa. Summary: Damage by Phyllobius weevils (Coleoptera: Curculionidea) in birch plantations. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 97(3): 1–20.

Atkinson, M. D. 1992. Betula pendula Roth (B. verrucosa Ehrh.) and B. pubescens Ehrh. Journal of Ecology 80: 837–870.

Ferm, A., Hytönen, J., Lilja, S. & Jylhä, P. 1994. Effect of weed control on the early growth of Betula pendula seedlings established on an agricultural field. Scandinavian Journal of Forest Research 9: 347–359.

Hallaksela, A.-M. 1995. Discoloration of planted silver birch. Julkaisussa: Forest pathology research in the nordic countries 1994. Toim. D. Aamlid. Aktuelt fra Skogforsk Nr. 4/95: 33–34.

Heikkilä, R., Lilja, A. & Härkönen, S. 1993. Rauduskoivuntaimien toipuminen latvan katkeamisen jälkeen. Folia Forestalia 809: 1–10.

Heiskanen, V. 1958. Tutkimuksia koivun karsimisesta. Summary: Studies on pruning of birch. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 49(3): 1–68.

Henttonen, H., Lilja, A. & Niemimaa, J. 1994. Myyrien ja hyönteisten aiheuttamat sieni-infektiot koivun taimien uhkana. Julkaisussa: Taimitarhapäivät Suonenjoen tutkimusasemalla 17.-18.8.1993. Toim. H. Smolander & Rautala, J. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 496: 125–129.

Hytönen, J. 1994. Taimien alkukehitys pellonmetsityskokeilla. Julkaisussa: Metsäntutkimuspäivä Kälviällä. Toim. J. Hytönen & Polet, K. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 540: 12–21.

Juutinen, P., Kurkela, T. & Lilja, S. 1976. Ruohokaskas Cicadella viridis (L.), lehtipuun taimien vioittajana sekä vioitusten sienisaastunta. Summary: Cicadella viridis (L.), as a wounder of hardwood saplings and infection of wounds by pathogenic fungi. Folia Forestalia 284: 1–12.

Kangas, E. 1937. Die Braunfleckingkeit des Piikenholzes und ihr Urheber Dendromyza (Dizygomyza) behlae n. sp. Metsätieteellisen tutkimuslaitoksen julkaisuja 22(1): 1–31.

Kangas, E. 1949. Hirven metsässä aikaansaamat tuhot ja niiden metsätaloudellinen merkitys. Summary: On the damage to the forests caused by moose and its significance in the economy of the forests. Suomen Riista 4: 62–90.

Kivivuori, U. 1991. Paavo Kokkonen voi vain ihmetellä. Nuori koivikko lahoaa kuoliaaksi. Metsälehti 1991, No 20: 7.

Kurkela, T. 1973. Godronia multisporan aiheuttama tauti raudus- ja hieskoivun taimissa eräissä metsänlannoituskokeissa turvemaalla. Summary: A disease caused by Godronia multispora groves on young Betula verrucosa Ehr. and pubescens Ehr. on fertilized peatland. Suo 24: 8–15.

Kurkela, T. 1974. Godronia multispora Groves (Helotiales) and its pathogenicity to Betula verrucosa Ehrh. and B. pubescens Ehrh. Karstenia 14: 33–45.

Lilja, A. & Heikkilä, R. 1995. Discoloration of birch trees after wounding or breakage. Julkaisussa: Forest pathology research in the nordic countries 1994. Toim. D. Aamlid. Aktuelt fra Skogforsk Nr. 4: 30–32.

Lilja, A., Lilja, S., Kurkela, T., Rikala, R. 1997. Nursery practices and management of fungal diseases in forest nurseries in Finland. A review. Silva Fennica 3(1): 79–100.
Merrill, W. 1992. Mechanism of resistance to fungi in woody plants: A historical perspective. Teoksessa: Blanchette, R. A. & Biggs, A. R. (toim.) Defence mechanisms of woody plants against fungi. Spriger -Verlag, Hong Kong. s. 1–12.
Nuorteva, M. 1994. Ruskotäpläkärpänen. Koivun tuhot ja juurikäävän torjunta. Tutkimuspäivä Hyytiälässä 15.04.1994. Hyytiälän metsäasema ja kasvinsuojeluseuran metsänsuojelujaosto.
Petäistö, R.-L. 1983. Rauduskoivun versolaikut taimitarhalla. Abstract: Stem spotting of birch (Betula pendula) in nurseries. Folia Forestalia 544:1–9.
Romakkaniemi, P. 1986. The susceptibility of Betula pendula and B. pubescens seedlings to stem spot disease on different soils. Silva Fennica 20: 23–28.
Saalas, U. 1949. Suomen metsähyönteiset sekä muut metsälle vahingolliset ja hyödylliset eläimet. WSOY. Porvoo. 719 s.
Strouts, R. G. 1981. Phytophthora diseases of trees and shurbs. Arbocultural Leaflet, Department of the Environment, UK. No 8. 16 s.
Vuokila, Y. 1976. Pystypuun kairaus vikojen aiheuttajana. Summary: Boring of standing trees as a source of defects. Folia Forestalia 282: 1–11.
Zabel, R. A. & Morell, J. J. 1992. Wood microbilogy. Decay and its prevention. Academic Press. Inc. San Diego. 476 s.

KOIVUN RUSKOTÄPLÄKÄRPÄSEN ELINTAVAT — AVAIN VAHINKOJEN VÄHENTÄMISEEN

Tiina Ylioja ja Matti Rousi

Koivupuussa yleisesti esiintyvät kapeat ruskeat juovat ovat koivun ruskotäpläkärpäsen toukkakäytäviä. Rungon poikkileikkauspinnalla, esimerkiksi kannossa, toukkakäytävät näkyvät ruskeina täplinä. Rungon pituussuunnassa, erityisesti viilussa, käytävät polveilevat epäsäännöllisinä ja suttuisen näköisinä juovina. Ruskotäpläkärpäsen vahingollisuus johtuu lähinnä esteettisestä haitasta puutuotteiden pinnassa.

Ruskotäplätutkimus alkoi 1930-luvulla

Koivun värivikojen taloudellinen merkitys havaittiin, kun Suomeen perustettiin ensimmäisiä vaneritehtaita. Esko Kangas havaitsi 1930-luvulla, että nk. "mineraalijuovat" olivatkin hyönteisen aiheuttamia. Kangas totesi, että tuholainen kuului miinaajakärpäsiin, ja nimesi lajin kuvaavasti koivun ruskotäpläkärpäseksi. Valitettavasti tutkimukset jäivät kuitenkin jostain syystä "edeltävään tiedonantoon".

Ruskotäpläkärpänen on erittäin yleinen metsähyönteinen. Viiruton koivutukki on erikoispuuksi luokiteltavaa erittäin arvokasta raaka-ainetta. Koivuviilun arvo putoaa jopa puoleen kärpäsen toukkakäytävien vuoksi, ja onkin mahdollista, että ruskotäpläkärpänen on eräs Suomen taloudellisesti merkittävimmistä metsätuholaisista.

Kärpäsen torjunta on hankalaa ja voi perustua vain lajin elintapojen perinpohjaiseen tutkimukseen. Tämän vuoksi Metsäntutkimuslaitoksen Punkaharjun tutkimusasemalla aloitettiin maa- ja metsätalousministeriön ja Suomen Luonnonvarain Tutkimussäätiön rahoittama tutkimusprojekti "Koivun ruskotäpläkärpäsen biologia ja torjunta". Käytännön tavoitteena on kärpäsvahinkojen pienentäminen ja selvityksen kohteena on metsähoidollisten menetelmien vaikutus, torjuntamenetelmän kehittäminen ja metsänjalostuksen mahdollisuudet tuhojen vähentäjänä.

Tämä kirjoitus perustuu hankkeen tämänhetkisiin tuloksiin. Viitteet ja syventävät kommentit löytyvät kirjoituksen lopussa olevasta "Huomautukset ja kirjallisuus" -osuudesta.

Kärpänen munii hyväkasvuisiin versoihin

Kuoriuduttuaan maassa talvehtineista koteloista (kuva 1a) aikuiset kärpäset nousevat lentoon alkukesällä. Naaraskärpäset munivat munansa uusiin, kasvaviin versoihin (kuva 1b ja c). Aiemmin on oletettu, että kärpänen hakeutuu munimaan koivun alaoksiin. Tarkemmissa tutkimuksissa on kuitenkin havaittu kärpäsen etsiytyvän munimaan nimenomaan hyväkasvuisiin versoihin. Kookkaimmat versot sijaitsevat latvuksen yläosissa, ja sinne kärpänen siis asettaa munansa (kuva 2).

a)



Kuva 1. Koivun ruskotäpläkärpäsen kehitysvaiheet (valokuvannut Jouko Lehto). a) Kotelovaihe on 4–5 mm pituinen ja väriltään kellertävä. b) Naaras työntää munansa koivun verson kuoren alle munanasettimellaan. Aikuinen kärpänen on 4–5 mm pitkä ja väriltään musta. c) Verson kuoren sisäpinnalla olevan munan pituus alle 1 mm. d) Täysikasvuinen toukka on jopa 2 cm pitkä. Toukan pään vieressä puussa näkyvä lyhyt ruskea vako on toisen toukkayksilön ulostulokohta.

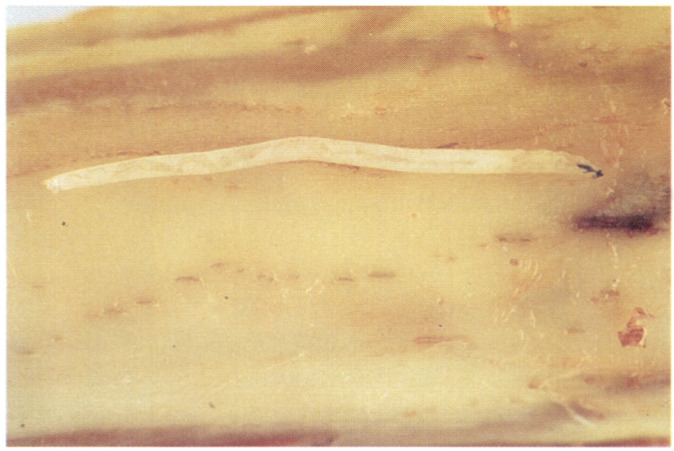
b)

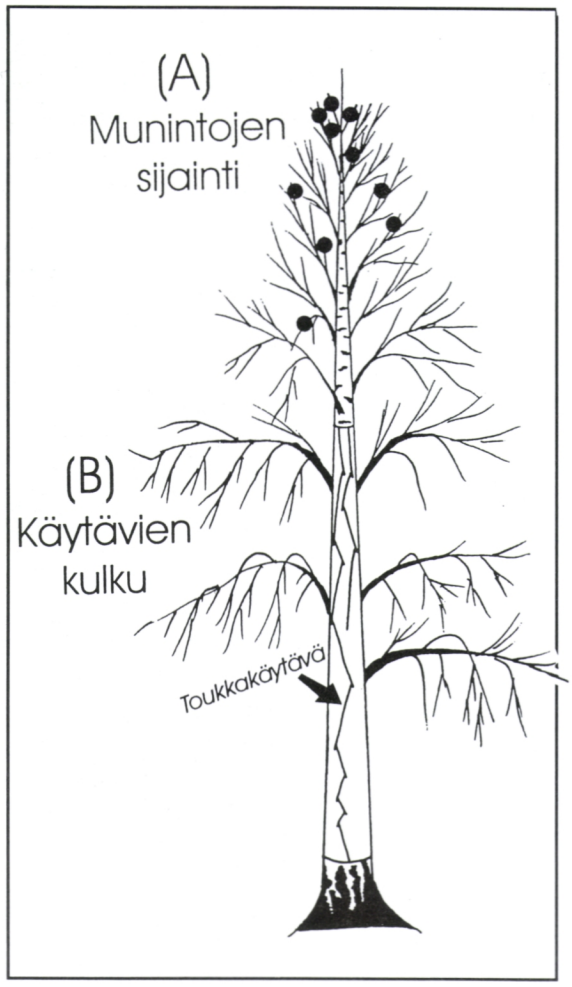


c)



d)





Kuva 2. (A) Ruskotäpläkärpäset munivat latvuksen yläosiin. Kuvassa esimerkki munintojen sijainnista 15-vuotiaassa rauduskoivussa, jonka pituus 14 m ja elävä latvus alkaa 5 m korkeudesta. (B) Toukkakäytävien kulku koivun rungoissa. Juuriin jatkuneet käytävät alkoivat keskimäärin 9 m korkeudesta. Ylempänä päättyneet käytävät alkoivat keskimäärin 12 m korkeudesta ja päättyivät 6 m korkeuteen. Luvut ovat keskiarvoja 29:stä puusta mitatuista 170:stä toukkakäytävästä. Käytävien alkamiskorkeus on kuitenkin aliarvio, sillä ohutta käytävää ei voitu jäljittää munintapaikkaan (=oksaan) asti.

Toukka tekee 17 metrin pituisia käytäviä kesän aikana

Kärpäsen munista kuoriutuvat toukat kaivautuvat aluksi kohti oksan tyveä, ja siitä matka jatkuu runkoa alaspäin. Aluksi käytävät ovat erittäin kapeita ja niiden havaitseminen vaatii paljon työtä ja kokemusta. Toukkakäytävä ei kulje aivan suoraan alaspäin, ja kaivautuessaan toukka tekee lyhyitä, parin millimetrin, pituisia sivuhaaroja vaihtaen samalla hieman kulkusuuntaansa. Näiden sivuhaarojen merkitystä ei vielä tiedetä. Osa käytävistä päättyy jo rungon yläosissa (kuva 2), ja on ilmeistä, että näissä tapauksissa toukat ovat kuolleet.

Toukat etenevät uudessa, vielä puutumattomassa puusolukossa. Ruskotäpläkärpänen kuuluu jälsimiinaaja-sukuun. Termi on kuitenkin virheellinen, sillä toukkakäytävät eivät aiheuta puun epänormaalia kasvua, joka seuraisi jällen vahingoit-

tamisesta. Toukan kaivamat ontot käytävät täyttyvät nopeasti ruskealla, paksuseinäisellä parenkyymisolukolla. Toukkakäytävät eivät vaikuta puun mekaaniseen kestävyyteen, vaikka voivatkin heikentää hyvin ohuita viiluja.

Kärpäsen toukkavaihe kestää 2–3 kk (kuva 1d). Pisimmät mittaamamme käytävät ovat olleet jopa yli 17 metrisiä. Tämä tarkoittaa sitä, että toukkien kulkunopeus puusolukossa on vielä suurempi kuin aiemmin arvioitu 1 m/viikko. Varovaisesti arvioiden hentoinen toukka kaivautuu koivupuussa huimaa yli 20 cm:n vuorokausivauhtia.

Tyvitukeissa runsaasti käytäviä

Näyttää ilmeiseltä, että toukkien on päästävä puiden tyvelle saadakseen kehityksensä loppuun. Tekijät, jotka aiheuttavat toukkien kuoleman rungossa, ovat vielä tuntemattomia. Eräänä syynä saattaa olla puun paksuuskasvun päättyminen ennenkuin toukka ehtii puun tyvelle.

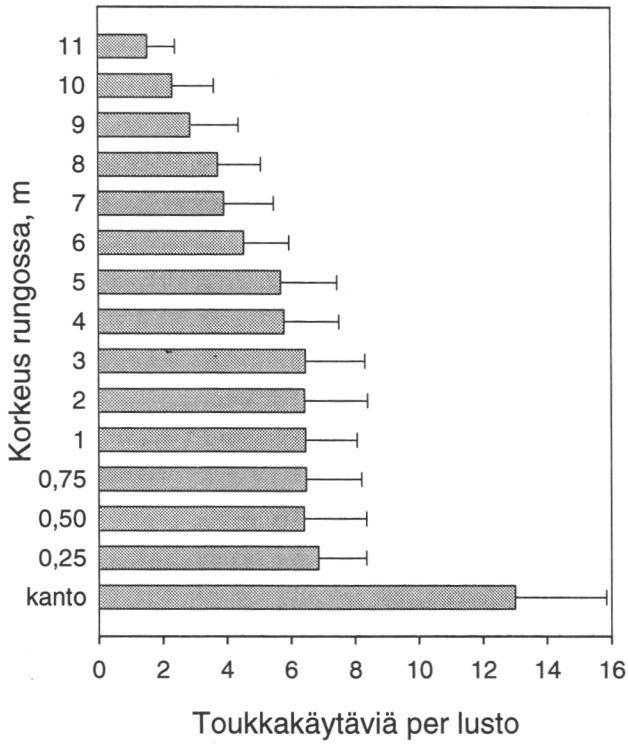
Koivun tyvellä käytävät laajenevat leveämmiksi kuin itse toukka. Toukkakäytävä etenee usein juureen ja nousee sieltä takaisin 20–70 cm korkeuteen maanpinnan tasosta. Usein tyvitukin tyviosassa on runsaasti edestakaisin sahaavaa leveää syöntijälkeä, jolloin toukan taloudellinen merkitys korostuu (kuva 3). Yleisintä tämä on nuorissa koivuissa, joten puuta sorvatessa suuri osa käytävistä jää onneksi purilaaseen.

Toukan ulostuloreikä sijaitsee puun tyvellä (alle 60 cm maan pinnasta) tai juurissa. Se on vain noin 1 mm pituinen viiru, jota ei voi käytännössä erottaa tuohen ulkopinnasta.

Tunkeuduttuaan rungosta ulos toukka kaivautuu karikkeen alle tai maahan ja aloittaa välittömästi koteloitumisen. Ollessaan maassa toukka ei syö mitään. Ruskotäpläkärpänen elää pääosan elinkierrostaan hyvin suojattua elämää. Tämän takia hyvän torjuntamenetelmän kehittäminen ei ole helppoa.

Koivun kärpäsalttius vaihtelee — suosituimpia ovat hyväkasvuiset puut peltomaalla

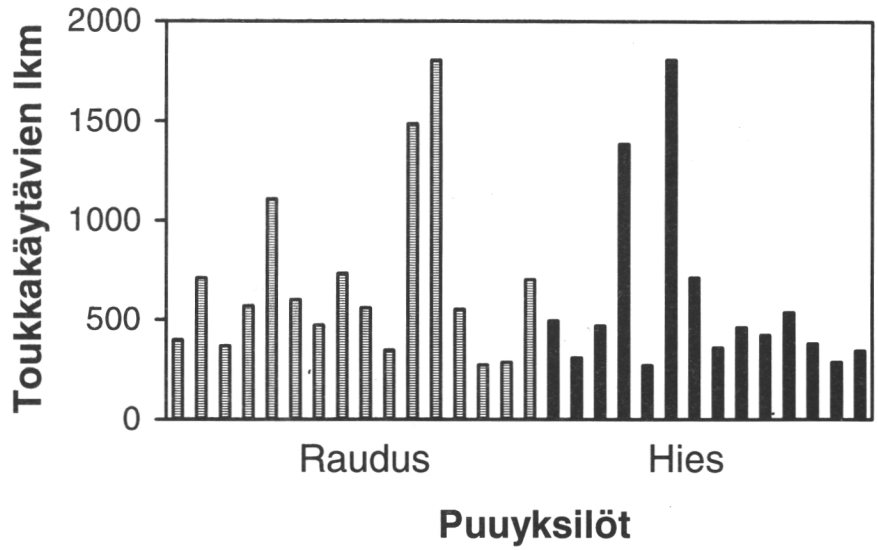
Vierekkäin kasvavien koivujen välillä on moninkertaisia eroja toukkakäytävien määrissä (kuva 4). Nämä erot voivat johtua sekä puun perinnöllisistä tekijöistä että kasvuympäristöstä. Kahdessa jälkeläiskokeessa ja kloonikokeessa suoritetut yksityiskohtaiset tutkimukset ovat osoittaneet, että puun perinnöllisillä tekijöillä on suuri vaikutus kärpäsalttiuteen. Metsänjalostuksen keinoin voitaisiin siis lisätä huonosti kelpaavien koivujen osuutta viljelyksillä tai monistaa kestävämpiä koivuyksilöitä. Lupaavalla tuloksella on kuitenkin kääntöpuoli.



Kuva 3. Toukkakäytäviä on eniten tyvitukin alueella rungossa. Erityisesti tyvessä toukat kulkevat edestakaisin. Ruskotäplien määrä eri korkeudella puun rungossa laskettiin mikroskoopin avulla vuosirenkaittain. Kuvassa toukkakäytävien määrä jaettuna kunkin korkeuden vuosilustojen lukumäärällä, keskiarvo ± keskihajonta yhdeksästä 30-vuotiaasta rauduskoivusta. Puiden keskipituus oli 20 m.

Aiemmin mainittiin, että kärpäset munivat erityisen mielellään hyväkasvuisiin koivuihin. Selkeästi koivun kasvunopeuteen liittyvää toukkakuolleisuutta ei ole havaittu, joten hyväkasvuisissa koivuissa toukkien määrä on suurempi kuin huonompikasvuisissa puissa. Tilastollisten analyysien mukaan perheiden ja kloonien välillä on eroja kärpäsalttiudessa, vaikka puun kasvunopeuden vaikutus poistettaisiin. Esimerkiksi kloonikokeessa koivuklooni (monistettu koivuyksilö) selittää lähes kokonaan (80 %) munintamäärien vaihtelun. Kun kloonien kasvuerot huomioitiin, kloonien selitysasteeksi munintamäärille jäi vielä melkoisen hyvä 32 %.

Myös puun kasvupaikalla on hyvin suuri merkitys kärpäsvahingon määrään. Peltomaalla koivukokeissa on ollut 6–11 kertaa enemmän toukkakäytäviä kuin metsämaalla.

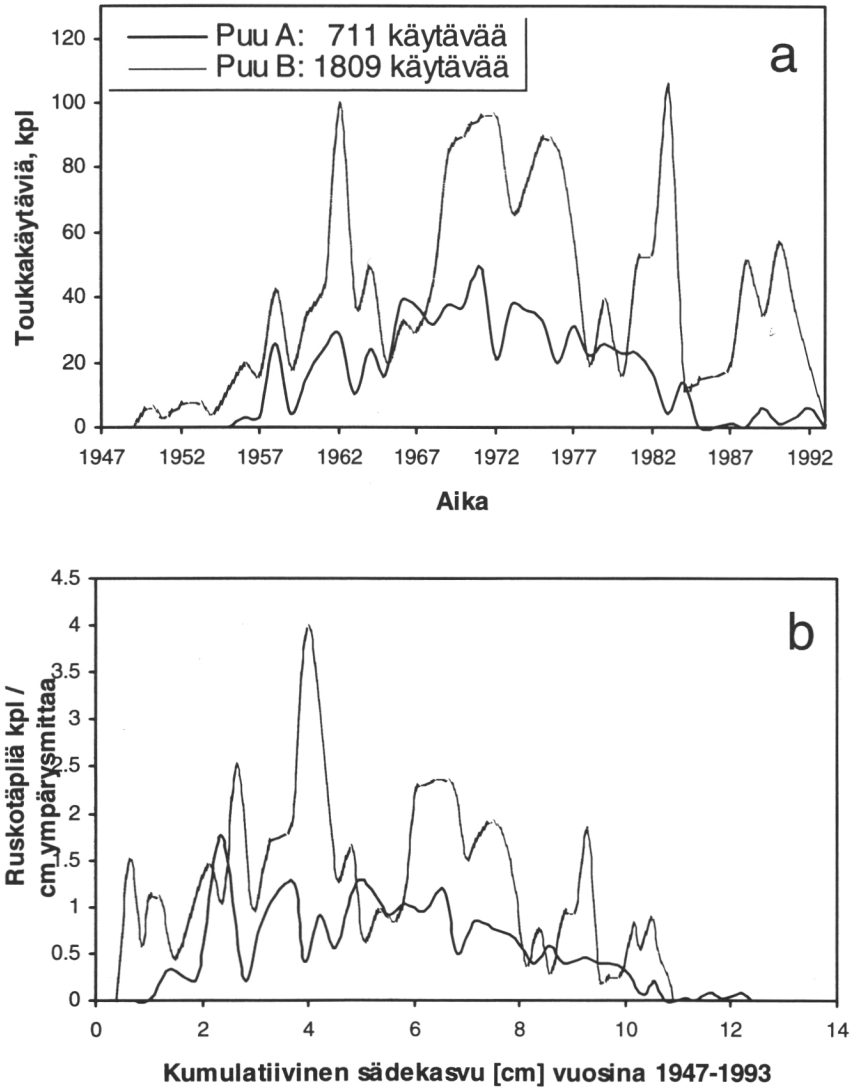


Kuva 4. Puuyksilöillä on selviä eroja kärpäsalttiudessa. Luontaisesti syntyneen 47-vuotiaan koivikon puuyksilöissä esiintyvien toukkakäytävien määrä laskettuna 1 m korkeudelta rungosta mikroskooppia apuna käyttäen.

Toukkien määrä riippuu puun iästä

Tutkimuksen kannalta ruskotäpläkärpänen on siitä erikoinen puun tuholainen, että vuosittaiset toukkamäärät rekisteröityvät puuaineeseen, jolloin rungon poikkileikkauksesta voidaan laskea vuosittaiset toukkamäärät koko puun elinkaaren ajalta. Toukkamäärät seuraavat metsikön puiden kasvua ja kehitystä: toukkamäärät kasvavat aluksi vuosi vuodelta, saavuttavat maksimin 20 vuoden iässä, pysyvät korkeina ja kääntyvät laskuun 30 ikävuoden jälkeen. Vuosilustoista puiden väliset kestävyyserot näkyvät selkeinä: kestävissä puissa on vähän käytäviä kaikkina vuosina (kuva 5a).

Puuaineen laadun kannalta on olennaista, kuinka tiheässä toukkakäytävät puuaineessa sijaitsevat. Viilutuksessa tiheysmittana voidaan pitää esimerkiksi puun poikkileikkauksesta laskettua vuotuista toukkakäytävämäärää suhteutettuna puun kunkin vuoden ympärysmittaan (kuva 5b). Toukkakäytävätiheys puuaineessa laskee puun ikääntyessä.



Kuva 5. Ruskotäpläkärpäsen toukkakäytävien esiintyminen vuosittain kahdessa saman metsikön 47-vuotiaassa rauduskoivussa. Puun A ja B pituudet ovat 23 ja 19 m. a) Kestävyyserot toukkia vastaan näkyvät siten, että puussa A toukkakäytäviä on jatkuvasti vähemmän kuin puussa B. b) Puun laadun tarkastelu ytimestä ulkopintaan: Toukkakäytävätiheys vuosittain suhteessa puun ympärysmittaan (toukkakäytäviä kpl/cm) puun säteen kasvaessa.

Kärpäsen torjunta

Viisasten kivi toukkakäytävien torjumiseksi on vielä löytämättä. Vaikka koivun hidas kasvu ehkäisee toukkakäytäviä, sitä ei voida suositella torjuntakeinona. Käytännössä havupuiden seassa yksittäisinä kasvaneissa koivuissa arvellaan olevan vähemmän toukkakäytäviä kuin koivuvaltaissa metsiköissä. Ei kuitenkaan tiedetä, miksi sekametsissä toukkia olisi vähemmän. Kenties kärpästen on vaikeampi löytää koivuja havupuuston seasta. Nyt on selvitettävänä, onko koivun kasvatus sekapuuna tehokas keino välttää kärpäsvahinkoa, ja minkäsuuruinen havupuusekoitus vähentää tuhoja.

Luonnollisesti tavoitteena on mahdollisimman suuri toukkakäytävätön viiluosa tyvitukissa. Näyttää siltä, ettei kärpäsvahinkoa voida välttää koivuja karsimalla tai luontaista karsiutumista edistämällä, sillä kärpäset eivät muni puun alaoksiin. Toukan elintapojen tarkka tunteminen kertoo mm. sen, minkä pituisissa puissa toukat eivät enää ehdi tyvitukkiin kasvukauden aikana. Kun tämä tiedetään, voidaan harvennusten ajoituksella ja puuvalinnalla ohjata metsikön tulevaa kasvua tyvitukkien toukkakäytävättömään pintaosaan.

Myös koivikon käsittelyn ajoitus sopivaan vuodenaikaan saattaa vaikuttaa ruskotäpläkärpäsen esiintymiseen. Mikäli taimikonhoito ja harvennukset ajoitetaan kesään munien tai toukkien ollessa vielä puussa, tapetaan poistettujen runkojen toukat. Sen sijaan kärpäsen kotelovaiheen aikana tehdyissä harvennuksissa kasvamaan jätetyn puuston toukkamäärä saattavat nousta. Kärpäsen munintakäyttäytymistä koskevilla tutkimuksilla pyritään selvittämään tätä asiaa.

Rehevien kasvupaikkojen koivuviljelyksille sopinee parhaiten erillinen torjuntamenetelmä (torjunta-aine, luontaiset vihollisetja taudit). Koteloaste tai koteloitumisvaihe ovat niitä kehitysvaiheita, jolloin ruskotäpläkärpänen on altis torjunnalle. Vahinkojen kannalta olennaista on kärpäsen leviämiskyky: jos kärpäset leviävät tehokkaasti, mikään erillinen torjuntamenetelmä ei ole toimiva. Kärpäsen leviämiskyvyn tutkiminen on erityisen hankalaa, koska se voi onnistua vain eliminoimalla kärpäskotelot kokonaisista koivikoista.

Kestävyysjalostuksen hyödyntämistä ruskotäplävahingon vähentämiseksi tukee tieto, että populaatioita säätelee juuri isäntäpuun ominaisuudet. Koivun hyvän kasvun lisäävä vaikutus toukkamääriin on kuitenkin ikävä tulos myös kestävyysjalostuksen kannalta. Käytännössä ruskotäpläkestävien koivujen seulominen koivun jalostusmateriaalista on vaikea, sillä vahinkoa ei voida nähdä puuta kaatamatta. Tämän vuoksi selvitetään, voidaanko kärpäskestävyydelle löytää geneettistä markkeria, jota voitaisiin tulevaisuudessa käyttää esimerkiksi taimiaineksen testauksessa.

Huomautuksia ja kirjallisuus

Ruskotäplätutkimus alkoi 1930-luvulla

Entomologi Esko Kangas selvitti koivun ja muiden lehtipuiden ruskotäpläisyyttä 30- ja 40-luvun tutkimuksissaan. Hän nimesi koivussa elävän lajin kaksisiipisten lahkoon ja miinajakärpästen heimoon (Diptera: Agromyzidae) kuuluvaksi koivun ruskotäpläkärpäseksi, *Dendromyza betulae*, nykyisin *Phytobia betulae*. Valitettavasti Esko Kankaan tutkimus jäi kuitenkin keskeneräiseksi. Tähän astiset "torjuntaohjeet" pohjautuvat vuoden 1935 edeltävään tiedonantoon.

Kankaan alustavien selvitysten jälkeen ruskotäpläkärpänen sai olla pitkään tutkijoilta rauhassa. Ruskotäpläkärpäsen esiintymistä on ohimennen käsitelty koivupuun laatua ja anatomiaa selvittävissä tutkimuksissa 50-luvulla ja myöhemmin. Joensuun yliopistossa kiinnostuttiin kärpäsestä 80-luvun lopulla. Erik Schulman teki laajaa selvitystä kärpäsvahingoista käytännön kannalta yhteistyössä Joensuun yliopiston kanssa. Toukilla pyrittiin testaamaan myös siirtogeenisen kallussolukon maistuvuutta. 1990-luvulla Niemistö on selvittänyt kärpäsen esiintymistä istutuskoivikoissa ja Verkasalo on tarkastellut väitöskirjassaan erityisesti hieskoivujen ruskotäpläisyyttä.

Useimmat tutkimukset ovat olleet luonteeltaan inventointeja ja käytetyt menetelmät karkeita. Näissä tutkimuksissa ollaan saatu tietoa ainoastaan toukkakäytävien esiintymisestä - ei siitä miten toukkakäytäviä voitaisiin välttää. Aiemman ruskotäpläkärpästiedon hajanaisuuden vuoksi tässä tutkimuskokonaisuudessa lähdettiin liikkeelle kärpäsen elintapojen perusteellisella selvityksellä, jotta saataisiin selville myös torjuntamahdollisuudet.

Bhat, K.M. 1980. Pith flecks and ray abnormalities in birch wood. Silva Fennica 14(3): 277–285.

Bhat, K.M. ja Kärkkäinen, M. 1981. Variation in structure and selected properties of Finnish birch wood: II Observations on the anatomy of root wood. Silva Fennica 15(2): 180–188.

Erkkilä, A. 1981. Nuorten raudus- ja hieskoivujen kasvu, tuotos ja puuaineen laatu. Metsänhoitotieteen laudaturtyö. Helsingin yliopisto. Maatalous-metsätieteellinen tiedekunta. 48 s.

Heiskanen, V. 1957. Raudus- ja hieskoivun laatu eri kasvupaikoilla. Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuja, Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 48(6): 1–99.

Kangas, E. 1935. Die Braunfleckigkeit des Birkenholzes und ihr Urheber Dendromyza (Dizygomyza) betulae n. sp. Vorläufige Mitteilung. Koivun ruskotäpläisyys ja sen aiheuttaja Dendromyza (Dizygomyza) betulae n. sp. Edeltävä tiedonanto. Suomenkielinen selostus. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae, Metsätieteellisen tutkimuslaitoksen julkaisuja. 22(1): 1–31.

Kangas, E. 1937. Über die Braunfleckigkeit der Laubhölzer. Annales Entomologici Fennici, Suomen hyönteistieteellinen aikakausikirja 3(1): 33–39.
Kangas, E. 1949. Die Dendromyza-Arten von Eberesche, Espe und Salweide und ihre Biologie. Annales Entomologici Fennici, Suomen hyönteistieteellinen aikakausikirja 14(liite): 107–117.
Niemistö, P. 1997. Ruskotäpläkärpäsen toukkakäytävien esiintyminen istutettujen rauduskoivujen rungoissa. Käsikirjoitus. Metsäntutkimuslaitos, Parkanon tutkimusasema.
Pappinen, A. 1994. Koivunruskotäpläkärpänen. Kasvinsuojelulehti 4: 116–117.
Rousi, M. 1996. Outo toukka nakertaa koivuihin kummallisia tunneleitaan. Helsingin Sanomat, Tiede & Ympäristö D1, 18.5.1996.
Schulman, E. 1992. Ruskotäpläkärpänen, ikävä yllätys koivun viljelijälle. Tehdaspuu 2: 22–23.
Schulman, E. 1995. Ruskotäpläkärpäsen esiintyminen viljelykoivikoissa. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 540: 29–33.
Schulman, E. 1995. Uusia tutkimustuloksia ruskotäpläkärpäsestä. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 570: 54–55.
Verkasalo, E. 1997. Hieskoivun laatu vaneripuuna. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 632. 483 s. + liitteet.

Puiden kärpäsalttius vaihtelee

Puiden perinnöllisen vaihtelun esiintuomiseksi tutkitaan puiden jälkeläistöjä. Jotain voidaan toki päätellä muutaman puun jälkeläisistä, mutta yleensä turvaudutaan laajoihin kokeisiin. Ruskotäplätutkimukseen valittiin kaksi jälkeläiskoetta, joissa on yhteensä 85 kantapuun (41 eteläsuomalaista ja 44 keskisuomalaista) vapaapölytysperheet. Vapaapölytysperheen kunkin puun äitipuu on sama, mutta isäpuuta ei tunneta (pölytys luonnossa leviävällä siitepölyllä). Yhteensä toukkakäytävien määrä laskettiin 5 600 puusta. Samat perheet on istutettu sekä metsäettä peltomaalle. Peltomaan kokeista laskettiin kärpäskestävyyden periytyvyys, joka on 20–40 %. Toisin sanoen risteyttämällä kestäviä puita voitaisiin aikaansaada kestävämpiä koivuyksilöitä.

Ruskotäpläkärpäsen munintojen sijoittumista tutkittiin kloonikokeessa, jossa oli kahdeksan rauduskoivun kloonia (monistettua puuyksilöä). Kloonikokeilla saadaan tarkkaa tietoa koivun perimän osuudesta, sillä perimältään identtisiä puuyksilöitä voidaan tarkkailla erilaisissa kasvuympäristöissä.

Hinkkanen, S. 1995. Koivukloonien ja niiden ominaisuuksien vaikutus koivun ruskotäpläkärpäsen (Phytobia betulae Kang.) munintaan. Pro gradu -tutkielma. Joensuun yliopisto, Matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta, Biologian laitos. 41 s. + liite.
Ylioja, T., Schulman, E., Rousi, M. ja Velling, P. 1995. Susceptibility of white birch (Betula spp.) hybrids to Phytobia fly. Icelandic Agricultural Sciences 9: 125–133.

Aiheesta on valmisteilla kaksi käsikirjoitusta:

Ylioja, T., Schulman, E., & Velling, P. Variation in Phytobia betulae resistance among Betula pendula families.
Ylioja, T., Rousi, M. & Roininen, H. Susceptibility of Betula pendula clones to Phytobia betulae.

Kasvu ei yksin määrää puun kärpäsalttiutta: vaikka löydettäisiin kärpäskestäviä koivuja, kestävyyden mekanismi on toistaiseksi tuntematon. Ruskotäpläkärpäsen elintapa on luultavasti sopeutuma, jolla hyönteinen välttää puun puolustusaineita. Tämän hintana on se, että toukka elää solukossa, jonka ravinnepitoisuus on huono. Toukka ei voi vaihtaa isäntäkasviaan, joten kestävyyden avaintekijänä on ruskotäpläkärpäsnaaraan tekemä isäntäpuun valinta. Tämä tapahtuu kahdessa vaiheessa: isäntäpuun löytäminen ja sen hyväksyminen. Yleensä hyönteiset löytävät isäntäkasvinsa sen muodon, värin ja hajun perusteella ja hyväksymiseen käytetään niin tunto-, haju- ja makuaisteja. Koivun ruskotäpläkärpäsnaaras tutkii löytämäänsä mahdollista munintaversoa esimerkiksi poraamalla siihen reikiä muna-asettimellaan. Ympäristötekijät, kuten valo, lämpö, kasvupaikan ravinteisuus ja vesitalous, vaikuttavat suoraan tai välillisesti puun perinnöllisten ominaisuuksien kautta puiden ruskotäpläkärpäsalttiuteen.

Bernays, E. A. ja Chapman, R. F. 1994. Host-plant selection by phytophagous insects. Chapman & Hall. New York. USA. 312 s.
Kozlowski, T. T., Kramer, P. J. ja Pallardy, S. G. 1991. The physiological ecology of woody plants. Academic Press, Inc. San Diego, California, USA. 657 s.
Mattson, W. J. Jr. 1980. Herbivory in relation to plant nitrogen content. Annual Review of Ecology and Systematics 11: 119–161.

Muu kirjallisuus

Régnier, R. 1952. Importancer des dégâts de la mineuse du cambium du peuplier pour l'indurstrie du déroulage. Transactions of the Ixth international congress of entomology. Amsterdam, August 17-24, 1951.Vol (1): 711–714.
Ylioja, T., Roininen, H., Ayres, M.P., Rousi, M. & Price, P.W. 1998. Host-driven population dynamics in an herbivorous insect. Käsikirjoitus.
Ylioja, T., Saranpää, P., Roininen, H. & Rousi, M. 1998. Larval Tunnels of Phytobia betulae (Diptera: Agromyzidae) in Birch wood. Journal of Economic Entomology 91(1): 175–181.

RUSKOTÄPLÄT PELTO- JA METSÄMAAN RAUDUSKOIVUISSA

Pentti Niemistö

Johdanto

Koivun ruskotäpläkärpänen (*Phytobia betulae* Kang.) munii kesäkuussa koivun latvuksen yläosan uusiin versoihin (Kangas 1935). Toukka kulkee alaspäin rungon erilaistuvassa puuaineessa jälsikerroksen läheisyydessä (Ylioja ym. 1998). Hyönteisen suomenkielinen nimi johtuu näistä toukkakäytävistä, jotka näkyvät rungon poikkileikkauksessa ruskeina täplinä. Loppukesällä toukat tunkeutuvat puun tyvellä kuoren läpi talvehtimaan maan karikekerrokseen. Nuorissa koivuissa toukat eivät ole puun tyvelle tullessaan valmiita tulemaan ulos, vaan kääntyvät maanrajasta tai juurista takaisin ja liikkuvat edestakaisin kunnes ovat tarpeeksi varttuneita (Kangas 1935). Tästä syystä toukkakäytävien määrä puun tyvellä saattaa moninkertaistua (Ylioja ym. 1995).

Lähempänä tyveä toukan koko kasvaa ja ennen ulostuloa käytävän läpimitta on jopa 3–4 mm (Kangas 1935). Toukkakäytävät täyttyvät parenkyymisolukolla, jonka ei heikennä puuaineen lujuutta tai työstettävyyttä (Ylioja ym. 1998, Panshin & DeZeeuw 1980). Ruskotäpläkärpäsen aiheuttama haitta on siis pääasiassa esteettinen. Ruskeat ja joskus lähes mustat viirut aiheuttavat kuitenkin taloudellista haittaa etenkin huonekalujen ja sisustusmateriaalien valmistuksessa.

Koivun ruskotäpläkärpänen esiintyy Suomessa sekä hies- että rauduskoivulla. Hyväkasvuisissa koivuissa on havaittu enemmän käytäviä kuin hitaammin kasvaneissa (Ylioja ym. 1995). Myös metsikön reunapuista on löydetty munintapaikkoja enemmän kuin keskeltä metsikköä (Hinkkanen 1996). Ilmeisesti koivun ruskotäpläkärpänen suosii muniessaan lämpimiä ja valoisia olosuhteita. Koivun iän lisääntyessä on toukkien määrän havaittu vähentyneen (Roininen ym. 1995)

Tämän tutkimuksen tavoitteena on selvittää silmin nähtävien ruskotäplien lukumäärän vaihtelua istutetuissa rauduskoivuissa: 1) rungon sisällä, 2) puiden välillä metsikössä sekä 3) metsiköiden välillä. Ongelmaa lähestytään koivusta saatavan raaka-aineen näkökulmasta ja havainnot on tehty silmävaraisesti ilman mikroskooppia.

Aineisto ja menetelmät

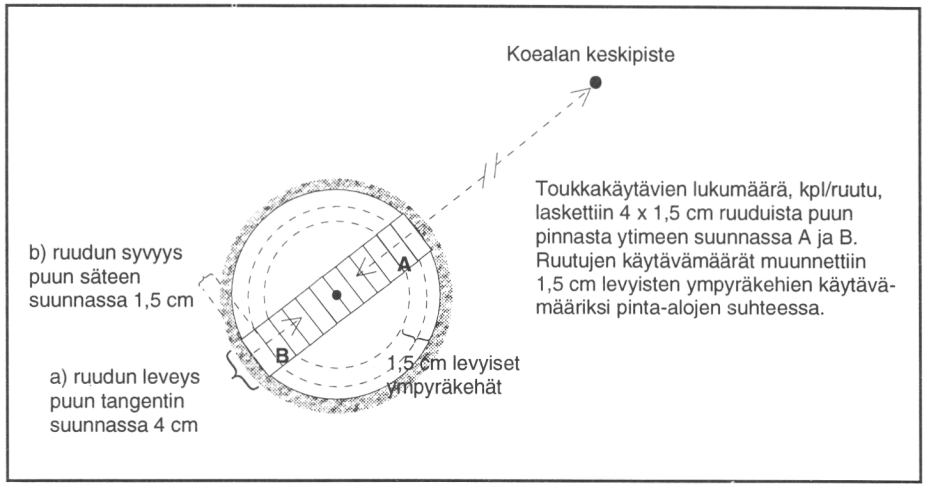
Tutkimus tehtiin kolmessa eri ikäisessä koivuaineistossa:

1. '30-vuotiaat' = Jyrki Raulon johdolla vuonna 1964 perustetut rauduskoivuviljelykset.
2. 'Nuoret' = vuosina 1966–1977 istutetut rauduskoivikot ovat otos metsälautakunnille, metsähallitukselle ja teollisuusyrityksille vuonna 1989 tehdyn kyselyn perusteella paikallistetuista koivikoista, joista 40 % on nykyisin Metsäntutkimuslaitoksen kestokokeita.
3. 'Varttuneet' = kaikki löydetyt, iältään yli 40-vuotiaat ja pinta-alaltaan riittävät istutuskoivikot.

Koemetsiköistä oli entisillä peltomailla 78 kpl ja metsämailla 59 kpl (taulukko 1). Metsätyypin lisäksi määritettiin maalaji 30 cm syvyydestä otetusta maanäytteestä. 30-vuotiaat koivikot jakautuivat tasaisesti pelto- ja metsämaille. Nuorista koivikoista peltomailla oli 77 %, mutta varttuneet koivikot kasvoivat pelkästään metsämailla.

Koemetsiköiden puusto ja kannot mitattiin metsikön keskellä sijaitsevalta 300 m^2:n ympyräkoealalta, jolta kaadettiin viisi koepuuta. Kaatokoepuista kaksi kuului läpimittajakauman ylimpään kolmannekseen ja toiset kaksi keskimmäiseen ja yksi alimpaan kolmannekseen. Maaperän, koealapuuston ja kaatokoepuiden mittausmenetelmät on selostettu tarkemmin aikaisemmassa tutkimuksessa (Niemistö ym. 1997).

Puun läpimitta ja ruskotäplien lukumäärä tutkittiin kiekoista, jotka otettiin koepuista 1,3 ja 6,0 metrin korkeuksilta sekä puun pituuden perusteella lasketulta 2,5 prosentin korkeudelta, joka vaihteli aineistossa 24–79 cm välillä maanpinnasta lukien. Höylätystä kiekosta paljain silmin erottuvien toukkakäytävien lukumäärä laskettiin 1,5 cm x 4,0 cm ruuduista siten, että uloin ruutu sijaitsi välittömästi kuoren alla ja sisimmäiseen sisältyi puun ydin (kuva 1). Ruutukohtaiset lukumäärät muunnettiin puun kuorettoman säteen avulla vastaamaan kunkin 1,5 cm levyisen kehän ruskotäplien määrää kiekossa. Tunnuksina käytettiin koko kiekolle tai sen eri vyöhykkeille määritettyä ruskotäplien määrää (kpl/puu) sekä puun poikkileikkauksen pinta-alayksikköä kohden laskettua täplien esiintymistiheyttä (kpl/cm^2).



Kuva 1. Ruskotäplien laskentamenetelmä.

Aineistoksi valittujen koivuviljelysten historia ja kasvatustiheys tunnettiin. Puuston tiheysmuuttujaksi valittiin keskimääräinen runkoluku ikävuosien 10–24 aikana. Koivikon pituusboniteetti määritettiin graafisesti Oikarisen (1983) pituusboniteettikäyrien avulla.

Taulukko 1. Istutuskoivikoiden ja niistä mitattujen kaatokoepuiden lukumäärä ikäluokittain pelto- ja metsämailla.

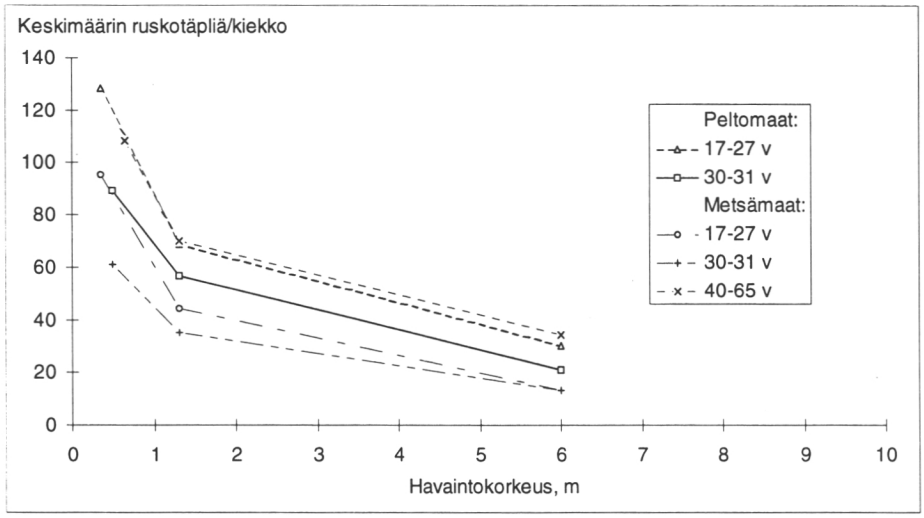
Kasvupaikka		Nuoret (18–29 v)	30-vuotiaat	Varttuneet (42–65 v)	Yhteensä
Metsämaiden	metsiköitä	13	40	6	59
	koepuita	64	193	30	287
Peltomaiden	metsiköitä	43	35	-	78
	koepuita	210	170	-	380

Aineiston tilastolliseen analysointiin käytettiin varianssi-, kovarianssi- ja regressioanalyysiä sekä t-testiä (SAS 6.06). Toukkakäytävien vaihtelua puun sisällä tutkittiin kaikilla kolmella mittauskorkeudella. Sen sijaan metsiköiden sisäistä ja niiden välistä vaihtelua tutkittiin pelkästään 1,3 metrin korkeudessa, koska 2,5 % korkeus vaihtelee puun pituudesta riippuen ja 6,0 metrin korkeus on tyvitukin yläpuolella.

Tulokset

Ruskotäplien määrä rinnankorkeudella

Rinnankorkeuskiekoissa ruskotäplien lukumäärä oli metsämailla keskimäärin 40 kpl lukuunottamatta varttuneita koivuja, joissa niitä oli keskimäärin 70 kpl (kuva 2). Peltomailla täpliä oli enemmän, nuorissa koivuissa keskimäärin 69 kpl ja 30-vuotiaissa 57 kpl. Nuorissa peltokoivuissa puun poikkileikkausta kohti laskettu ruskotäplätiheys (0,4 kpl/cm$^{2)}$ oli noin kaksinkertainen muuhun aineistoon verrattuna. Puita, joissa ruskotäpliä ei esiintynyt rinnankorkeudella lainkaan, oli metsämaiden nuorissa ja 30-vuotiaissa koivikoissa noin 20 %, mutta vastaavissa peltomaan koivikoissa vain 4 %.



Kuva 2. Ruskotäplien vähentyminen istutuskoivuissa tyveltä ylöspäin mentäessä.

Ikäluokkien ja kasvupaikkojen (pelto- ja metsämaat) väliset erot olivat merkitseviä. Peltomaiden koivuissa oli ruskotäpliä enemmän kuin metsämailla. Iän vaikutus ei ollut johdonmukainen, koska 30-vuotiaissa koivuissa käytävämäärä oli pienempi kuin nuoremmissa. Metsämailla täpliä oli kuitenkin eniten yli 40-vuotiaissa koivuissa. Peltomailta näin vanhat istutuskoivut puuttuivat.

Ruskotäplien määrän vaihtelu puun pystysuunnassa

Nuorissa koivuissa toukkakäytäviä oli 2,5 %:n korkeudessa keskimäärin kaksinkertaisesti verrattuna rinnankorkeuteen (kuva 2). 30-vuotiaissa koivuissa tämä ero oli keskimäärin 1,7-kertainen ja varttuneissa 1,5-kertainen. Eron pienenty-

minen metsikön iän lisääntyessä selittyi osittain sillä, että 2,5 prosentin korkeus oli varttuneissa koivuissa keskimäärin 63 cm korkeudessa eli 22 cm korkeammalla kuin nuorissa koivuissa.

Alle 10 prosentissa koivun tyvistä ei havaittu lainkaan ruskotäpliä. Sen sijaan 6 metrin korkeudella noin puolet metsämaan 30-vuotiaista ja sitä nuoremmista koivuista oli puhtaita ja peltomailla niiden osuus oli noin 25 %. Ruskotäplien määrä 6 metrin korkeudella oli 30–50 % rinnankorkeuskiekon täplämäärästä.

Ruskotäplien esiintyminen puun säteen suunnassa

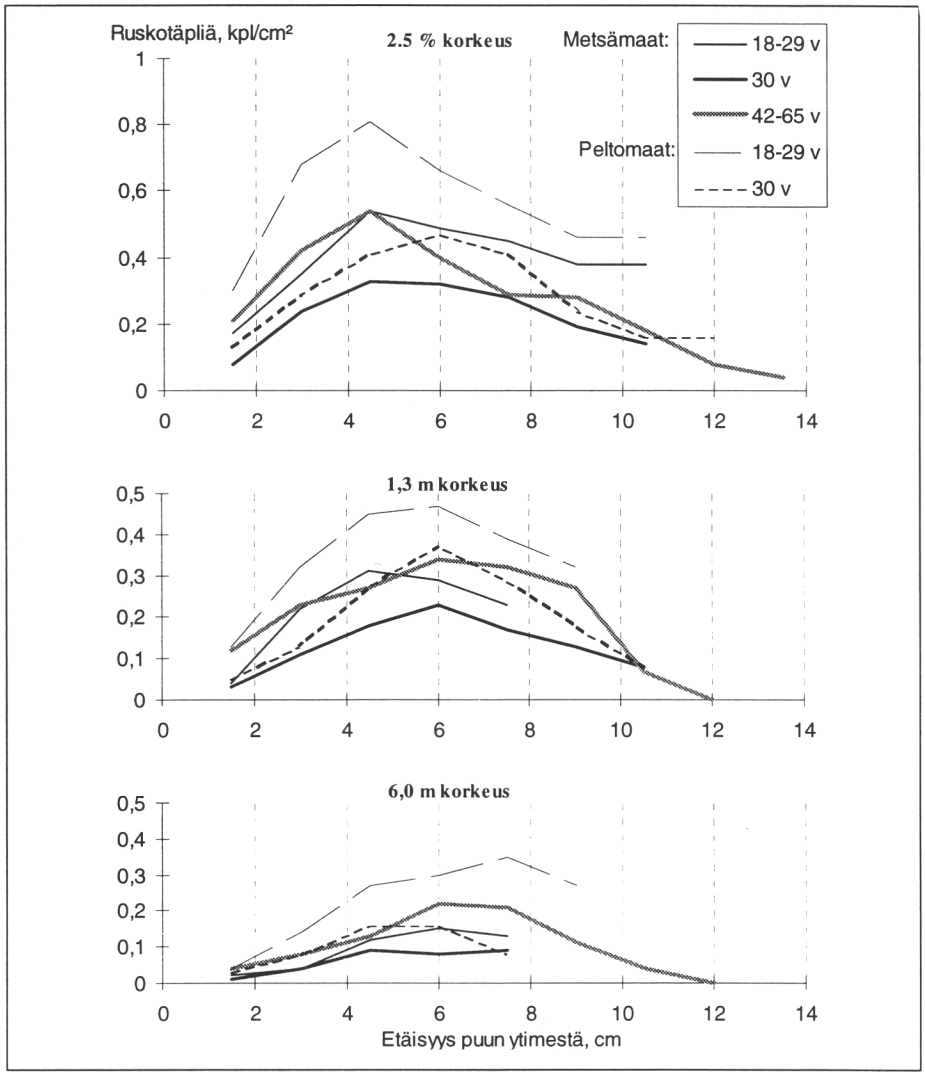
Kaikissa ikäryhmissä niin pelto- kuin metsämaallakin ruskotäplätiheys ensin kohosi ytimestä ulospäin mentäessä, saavutti jollakin etäisyydellä huippunsa ja alkoi sitten laskea (kuva 3). Rinnankorkeudella maksimivaihe oli noin 6 cm etäisyydessä puun ytimestä. Tulos oli yhdenmukainen eri metsikköryhmissä. Vain metsämaiden nuorissa koivuissa huippu oli vähän lähempänä ydintä.

Puun tyvessä, 2,5 % korkeudella ruskotäplätiheyden maksimi oli aikaisemmin kuin rinnankorkeudella, keskimäärin 4–5 cm päässä ytimestä. Ylempänä, 6 metrin korkeudessa, maksimivaihe ei ollut vielä kaikissa tapauksissa ohi, mutta näytti osuvan 6–8 cm etäisyydelle ytimestä. Varttuneiden metsämaan koivikoiden perusteella ruskotäpliä ei esiinny juuri lainkaan yli 12 cm päässä ytimestä. Rinnankorkeudella täplätiheyden muutos oli varsin säännönmukaista, vaikkakin metsiköiden ja puiden väliset tasoerot olivat suuria.

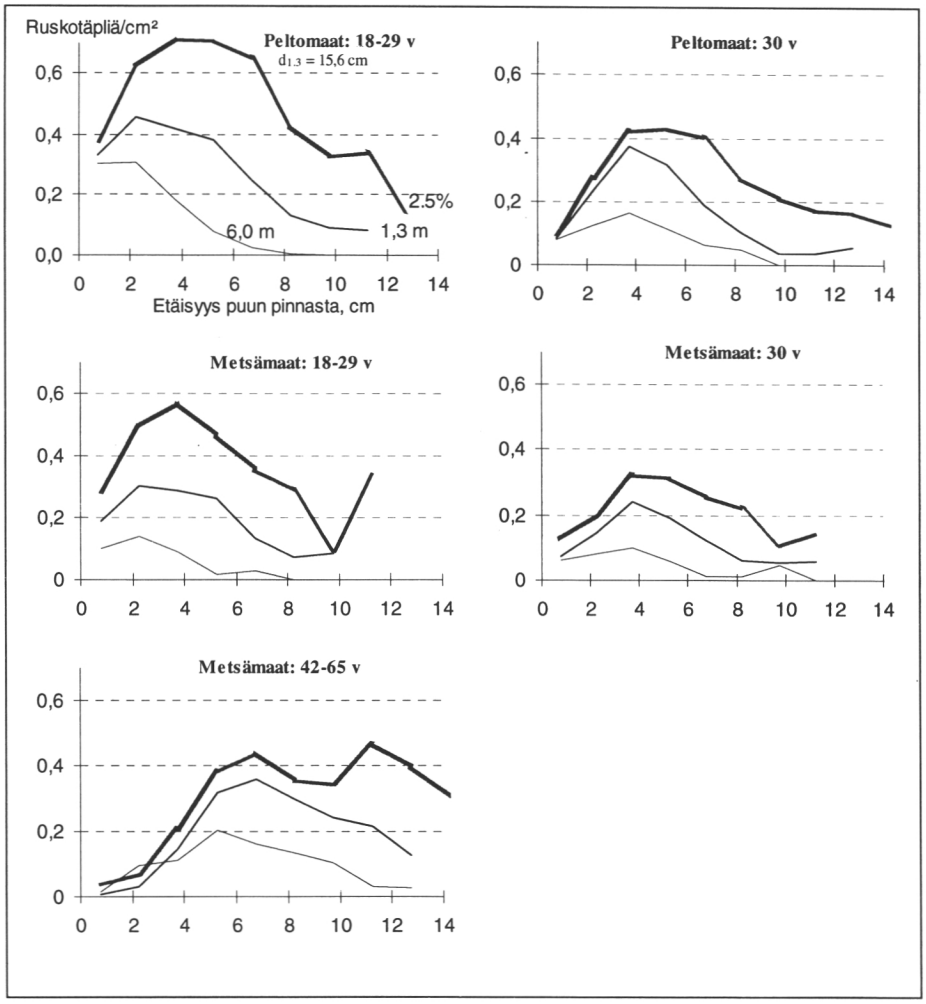
Ruskotäplätiheyden muutosta tarkasteltiin myös puun pinnasta lähtien (kuva 4). Rinnankorkeudella tiheyshuipun etäisyys puun pinnasta oli nuorissa koivuissa keskimäärin 2,5 cm, 30-vuotiaissa noin 4 cm ja varttuneissa koivuissa keskimäärin 6,5 cm. Varttuneissa koivuissa rungon pintavyöhyke oli puun tyvellä lähes puhdas 3 cm:n syvyyteen saakka. 30-vuotiaiden koivujen pintapuussa oli keskimäärin yksi ruskotäplä jokaista 10 cm^2:ä kohden. Vastaava luku oli nuorissa koivikoissa metsämailla 2 ja peltomailla 3,5.

Ruskotäplätiheyden huippu 6,0 metrin korkeudella oli samalla syvyydellä kuin rinnankorkeudella. Poikkeuksena olivat varttuneet metsiköt, joissa tiheyshuippu oli yhtä vyöhykettä lähempänä pintaa kuin rinnankorkeudella. Nuorissa peltokoivikoissa ruskotäplätiheys ei vielä ollut kääntynyt laskuun tällä korkeudella. Runkoa alaspäin tultaessa ruskotäplätiheys lisääntyi rungon sisäosissa voimakkaammin kuin pintapuussa.

Käytävätiheyden vaihtelua perättäisissä vyöhykkeissä tutkittiin aikasarja-analyysillä (ks. Niemistö 1997b). Tulosten mukaan ruskotäpliä esiintyi rungossa sitä runsaammin, mitä enemmän niitä oli ollut aikaisemmin. Kärpänen siis suosii samoja puita vuodesta toiseen.



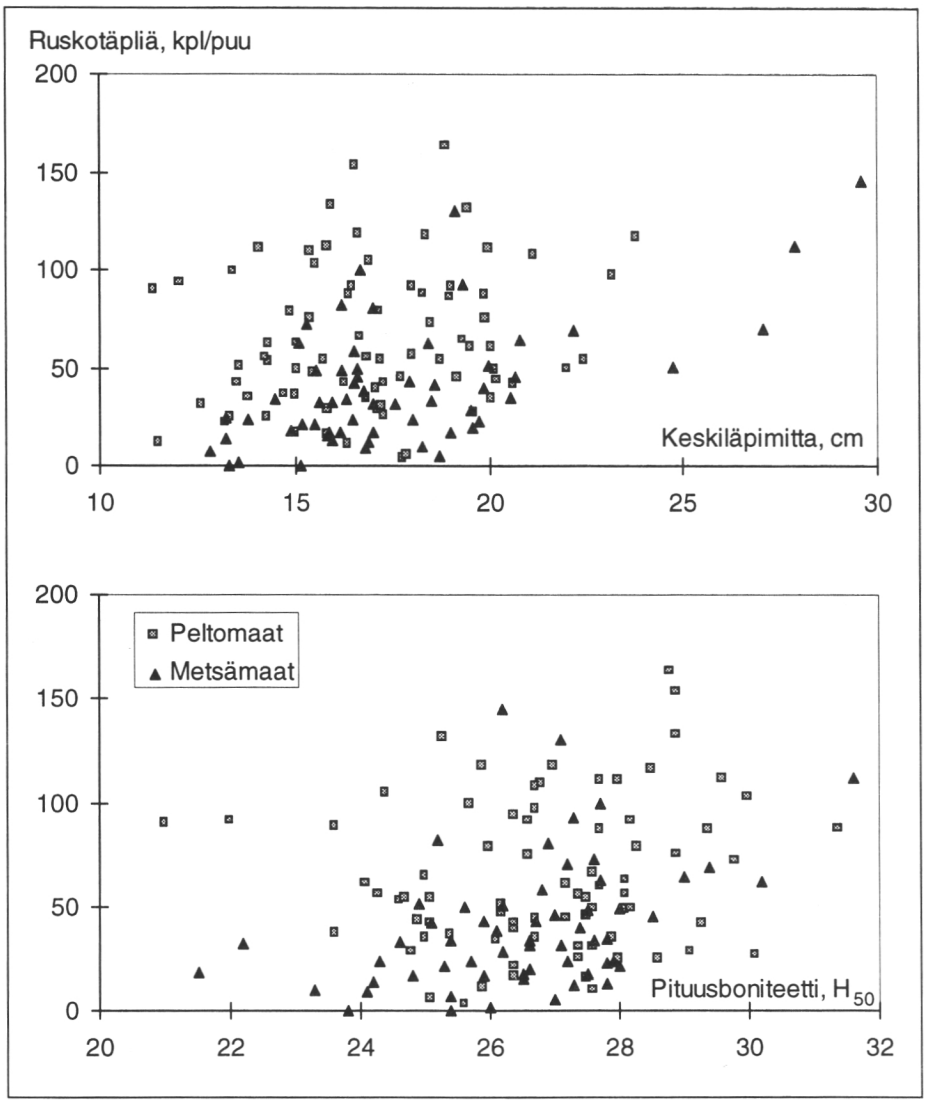
Kuva 3. Ruskotäplätiheyden vaihtelu eri etäisyyksillä istutuskoivun ytimestä.



Kuva 4. Ruskotäplätiheys eri syvyyksillä istutuskoivun rungon pinnasta.

Ruskotäplien määrään vaikuttavat tekijät

Ruskotäplien määrän vaihtelu jaettiin metsiköiden sisäiseen ja metsiköiden väliseen vaihteluun varianssianalyysin keinoin (ks. Niemistö 1997b). Kun luokkamuuttujana käytettiin metsikköä, voitiin varianssimallissa selittämättä jäävää vaihtelua (1-R^2) pitää metsiköiden sisäisenä vaihteluna. Tämä puolestaan jaettiin puiden läpimittaeroista (= kasvueroista) johtuvaan vaihteluun ja jäännösvaihteluun. Karkeasti ottaen kolmannes ruskotäplämäärän vaihtelusta kaikissa metsikköryhmissä johtui metsiköiden välisistä eroista ja metsiköiden sisäisestä vaihtelusta lähes puolet selittyi puiden läpimittaeroilla (taulukko 2).



Kuva 5. Ruskotäplien lukumäärän riippuvuus puuston keskiläpimitasta ja pituusboniteetista.

Taulukko 2. Ruskotäplien lukumäärän vaihtelun jakautuminen kolmeen komponenttiin, prosenttia kokonaisvaihtelusta rinnankorkeudella.

Vaihtelun lähde	Metsämaat			Peltomaat		Kaikki
	18–29 v.	30 v.	42–65 v.	18–29 v.	30 v.	yhdessä
Puun läpimitta metsikössä	26	43	24	35	36	36
Jäännösvaihtelu metsikössä	38	28	37	29	37	32
Metsiköiden välinen	36	29	39	36	27	32

Metsiköiden välistä ruskotäplien määrän vaihtelua pyrittiin selittämään erilaisilla metsikkö- ja puustotunnuksilla. Merkitsevin selittäjä ikäluokan ja kasvupaikan (pelto- ja metsämaat) ohella oli puuston keskiläpimitta, jonka kohoaminen lisäsi käytävien määrää. Jos keskiläpimitta jätettiin selitysmallista pois, tulivat pituusboniteetti ja runkoluku merkitseviksi selittäjiksi. Niinpä ruskotäpliä oli puussa sitä enemmän mitä nopeammin se oli kasvanut riippumatta siitä johtuiko hyvä kasvu maan viljavuudesta tai harvasta kasvatusasennosta. Kasvunopeuden vaikutus oli selvempi metsämailla kuin peltomailla (kuva 5). Myös maalajin vaikutus selittyi koivun kasvunopeuden kautta. Maantieteellisellä sijainnilla ei ollut vaikutusta ruskotäplien esiintymiseen.

Ruskotäpläkärpänen munii oksien kärkiversoihin ja siksi on oletettu, että latvusrajan korkeudella olisi vaikutusta toukkakäytävien määrään (Kangas 1935). Latvusrajan kohoaminen lisäsi toukkakäytävien silmin erottuvien toukkakäytävien määrää rinnankorkeudella metsämaiden koivuissa, mutta ei peltomailla. Metsämailla havaittu ruskotäplien määrän riippuvuus latvusrajasta häviää rinnankorkeuden alapuolella ja 6,0 metrin korkeuteen tultaessa se myös hiukan pienenee. Tulos viittaa siihen, että latvusrajan kohotessa suurempi määrä toukista ehtii kasvaa rinnankorkeudelle tullessaan niin suuriksi, että niiden käytävät erottuvat puun poikkileikkauksesta silmävaraisesti.

Värivian leviäminen ruskotäpläkärpäsen toukkakäytävistä

Samasta tutkimusaineistosta on aikaisemmin tutkittu lahojen ja värivikojen esiintymistä (Hallaksela & Niemistö 1997). Rinnankorkeudelta ja sen alapuolelta otetuista kiekoista 2,5–5,0 % oli sellaisia, joissa havaittiin värivikaa ruskotäpläkärpäsen toukkakäytävien ympärillä. Yleisimmin värivika ulottui muutamia millimetrejä kaikkiin suuntiin alkuperäisen käytävän ympärille. Tavallisesti tällaisia värivikoja esiintyi useissa saman vuosiluston toukkakäytävissä. Ylempänä rungosta ei tavattu värivikaa levittäneitä käytäviä.

Mainitussa tutkimuksessa analysoitiin koivun värivikojen yhteydessä esiintyvää mikrobistoa. Ruskotäpläkärpäsen toukkakäytäviin liittyviä värivikoja ei tutkittu erikseen, mutta tulosten perusteella voidaan olettaa, että niissä esiintyy sieniä ja bakteereja, mutta ei varsinaisia lahottajasieniä (Hallaksela & Niemistö 1997). Tällaiset väriviat eivät laajene nopeasti ja puuaine pysyy kiinteänä. Osa toukkakäytävistä oli väriltään mustia ja tumma väri voi johtua käytävään kuolleista sienistä ja bakteeteista. Mustuneiden käytävien osuus silmin erottuvista toukkakäytävistä oli nuorten koivujen tyvellä 3,8 % metsämailla ja 7,3 % peltomailla. Ylempänä, 6 m korkeudessa mustien käytävien osuus oli alle 1 %. Tulos viittaa siihen, että alle 10 % toukkakäytävistä infektoituu läheltä toukan ulostuloaukkoa, mutta suurin osa mikrobeista kuolee tunkeutumatta ympäröivään puuaineeseen.

Tulosten tarkastelu

Silmävaraisesti havaittavia ruskotäpläkärpäsen toukkakäytäviä oli peltomaiden rauduskoivuissa noin 1,5-kertaisesti metsämaihin verrattuna. Rinnankorkeudelta puhtaita koivuja oli metsämailla 15–20 % ja peltomailla 4–8 %. Viiden koepuun perusteella ruskotäplistä puhtaita metsiköitä oli vain 2 kpl koko 137 metsikön aineistossa.

Rinnankorkeudelta alaspäin ruskotäplien määrä kaksinkertaistui 40 cm korkeuteen mennessä ja vastaavasti puolittui ylöspäin 6 metrin korkeuteen mennessä. Yliojan ym. (1995) tutkimuksessa mikroskoopilla laskettujen toukkakäytävien määrä vaihteli enemmän eri korkeuksien välillä: 17-vuotiaissa koivuissa toukkakäytäviä oli kannonkorkeudella yli kymmenkertaisesti kolmen metrin korkeuteen verrattuna.

Kaikissa tutkituissa ikäryhmissä ruskotäplätiheys lisääntyi puun ytimestä ulospäin, saavutti rinnankorkeudella maksimin noin 6 cm etäisyydellä ja aleni sen jälkeen puun pintaa kohti. Puuston keskipituus oli 13–14 metrin tienoilla, kun ruskotäplien määrä kääntyi laskuun. Läpimitaltaan yli 20 cm paksujen puiden pintapuussa esiintyi ruskotäpliä vain harvoin. Schulmanin (1994) tutkimissa peltokoivikoissa toukkakäytävät alkoivat yleistyä 4–5 vuoden kuluttua istutuksesta. Kymmenen vuotta myöhemmin lustoittain laskettu käytävämäärä oli jo vähenemässä.

Maksimivaiheessa ruskotäpliä oli metsämailla keskimäärin 3 kpl/10 cm^2 ja peltomailla 4 kpl/10 cm^2. Tihentymä oli sitä lähempänä puun pintaa, mitä ylempää havainnot oli tehty. Tulos johtunee kolmesta syystä (Kangas 1935, 1937, Ylioja ym. 1998):

1. Lähellä maanpintaa täplätiheyden varhainen maksimi liittyy toukkien edestakaiseen liikkumiseen nuorissa koivuissa.

2. Kuuden metrin korkeudessa sisimpien vuosilustojen toukkakäytävät eivät erotu paljaalla silmällä.
3. Koivun varttuessa toukat eivät ehdi puun tyvelle saakka, vaan kuolevat tai tulevat ulos rinnankorkeuden yläpuolella (Ylioja ym. 1998).

Koivikon varttuessa ruskotäpläkärpäsen toukkakäytävien määrä pintapuussa alenee selvästi (Roininen ym. 1995). Hinkkasen (1996) mukaan koivun ikääntyessä lyhenevät kasvuversot eivät tarjoa ruskotäpläkärpäselle suotuisia munintapaikkoja. Sorvauksen kannalta ilmiö on merkittävä, koska tukin pintaosista saadaan suurin osa viilun tuotoksesta. Paksujen tukkien pintapuu on muiltakin laatuominaisuuksiltaan parempaa kuin tukin sisäosien kuivaoksainen ja värivikainen puu (Niemistö ym. 1997, Hallaksela & Niemistö 1997). Tuloksen perusteella rauduskoivut kannattaa kasvattaa järeiksi.

Nuorella iällä rauduskoivun nopea kasvu ei kuitenkaan ole eduksi, koska ruskotäpliä oli eniten juuri hyväkasvuisissa metsiköissä ja paksuimmissa puissa. Yksi syy käytävien runsauteen on siinä, että aikuinen kärpänen viihtyy valoisassa metsikössä, jossa puilla on runsaasti kasvutilaa. Ruskotäpliä oli kuitenkin runsaasti myös niissä metsikössä, joissa hyvä kasvu johtui enemmän kasvupaikasta kuin puuston harvuudesta. Maalajin tai maantieteellisen sijainnin vaikutus ei ollut merkitsevä. Peltokoivut olivat keskimäärin nopeakasvuisempia kuin metsämaan koivut (Niemistö 1996, Niemistö ym. 1997), mutta tämä ei selittänyt kokonaan ruskotäplien runsaampaa esiintymistä peltomailla. Muita selityksiä voivat olla kärpäsaikuisten munintaan vaikuttavat versojen ravinteisuuserot (Hinkkanen 1996) tai talvehtimisolojen vaihtelu kasvupaikkojen välillä.

Koivikon harvennuskäsittelyllä ei pystytä torjumaan ruskotäpläkärpäsen aiheuttamia vahinkoja. Kasvun hidastumisen takia tiheänä kasvattaminen ilmeisesti vähensi toukkakäytävien esiintymistiheyttä, mutta samalla ylös kohoava latvusraja lisäsi ruskotäplien määrää ainakin metsämailla. Ruskotäplien tiheysmaksimi oli yleensä ohitettu ennen ensiharvennusajankohtaa. Näin ollen oksaisuuslaadun ja taloudellisen tuotoksen perusteella rauduskoivulle suositeltu riittävä taimitiheys (1 600–2 000 kpl/ha) ja voimakas ensiharvennus (Niemistö 1995a, 1995b, 1997a) sopivat myös ruskotäpläkärpäsen vahinkojen hillitsemiseen. Harvennuksen jälkeen koivun voimakas järeytyminen tuottaa nopeasti uutta pintapuuta, jossa toukkakäytävien määrä vähenee joka tapauksessa puun varttuessa.

Eniten ruskotäpliä sisältävät puut voitaisiin periaatteessa poistaa koivikon yläharvennuksella, mutta samalla päätehakkuupuuston järeys alenee vähentäen puhtaan pintapuun määrää ellei kiertoaikaa samalla pidennetä. Hinkkasen (1996) ja Rousin ym. (1997) mukaan koivujen välillä on myös geneettistä vaihtelua ruskotäpläkärpästen muninnan määrässä. Yliojan ym. (1995) mukaan myös perinnöllinen vaihtelu näyttää liittyvän puun kasvunopeuteen.

Ruskotäplät ovat hyvin yleisiä istutuskoivussa aina 10–12 cm etäisyydelle saakka puun ytimestä. Vikojen torjunta ei näytä onnistuvan metsänhoidollisin keinoin. Tosin sekapuuston vaikutusta ei tässä tutkimuksessa voitu selvittää. Koivun alkuperän tai kasvupaikan valinnalla voidaan jossain määrin vähentää ruskotäpläkärpäsen aiheuttamaa vikaisuutta, mutta samalla joudutaan tinkimään tuotoksesta, koska toukkakäytävien määrä kohoaa puun kasvunopeuden lisääntyessä. Rauduskoivujen kasvattaminen tarpeeksi järeiksi näyttää olevan ensisijainen keino, jos halutaan tuottaa toukkakäytävistä puhdasta viilua.

Kirjallisuus

Hallaksela, A.-M. & Niemistö, P. 1997. Stem Discoloration of Planted Silver Birch. Scandinavian Journal of Forest Research. Käsikirjoitus.

Hinkkanen, S. 1996. Koivukloonien ja niiden ominaisuuksien vaikutus koivun ruskotäpläkärpäsen munintaan. Pro gradu -tutkielma. Joensuun yliopisto. 41 s.

Kangas, E. 1935. Die Braunfleckigkeit des Birkenholzes und ihr Urherer Dendromyza (Dizygomyza) betulae n. sp., Vorläufige Mitteilung. Selostus: Koivun ruskotäpläisyys ja sen aiheuttaja Dendromyza (Dizygomyza) betulae n. sp., edeltävä tiedonanto. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 22(1): 33–39.

Kangas, E. 1937. Üder Braunfleckigkeit der Laubhöltzer. Ann. Entomol. Fenn. 3: 33–39.

Niemistö, P. 1995a. Influence of initial spacing and row-to-row distance on the crown and branch properties and taper of silver birch (Betula pendula). Scandinavian Journal of Forest Research 10: 235–244.

Niemistö, P. 1995b. Influence of initial spacing and row-to-row distance on the growth and yield of silver birch (Betula pendula). Scandinavian Journal of Forest Research 10: 245–255.

Niemistö, P. 1996. Yield and quality of planted silver birch (Betula pendula) in Finland - Preliminary review. Norwegian Journal of Agricultural Sciences No. 24 1996. p. 51–59.

Niemistö, P. 1997a. Ensiharvennuksen ajankohdan ja voimakkuuden vaikutus istutetun rauduskoivikon kasvuun ja tuotokseen. Metsätieteen aikakauskirja Folia Forestalia 4/1997: 439-454.

Niemistö, P. 1997b. Ruskotäpläkärpäsen toukkakäytävien esiintyminen istutettujen rauduskoivujen rungoissa. Metsätieteen aikakauskirja Folia Forestalia. Käsikirjoitus.

Niemistö, P. , Hukki. P. & Verkasalo E. 1997. Kasvupaikan ja puuston tiheyden vaikutus rauduskoivun ulkoiseen laatuun 30-vuotiaissa istutuskoivikoissa. Metsätieteen aikakauskirja Folia Forestalia 3/1997: 349–374.

Oikarinen, M. 1983. Etelä-Suomen viljeltyjen rauduskoivikoiden kasvatusmallit. Suumary: Growth and yield models for silver birch (Betula pendula) plantations in southern Finland. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 113. 75 s.

Panshin, A.J. & DeZeeuw, C. 1980. Textbook of wood technology. Structure, indentification, properties and uses of the commercial woods of the United States and Canada. McGraw-Hill Book Company, New York, pp. 387–389.
Roininen, H., Ylioja, T. & Rousi, M. 1995. Long term population dynamics of Phytobia betulae Kang. on two host species: Betula pendula Roth. and Betula pubescens Ehrh. IUFRO XX World Congress 6.–12.8.: poster 167.
Rousi, M., Tahvanainen, J., Henttonen, H., Herms, D. & Uotila, I. 1997. Clonal variation in susceptibility of white birches (betula ssp.) to mammalian and insect herbivores. Forest Science 43(3): 396–402.
Schulman, E. 1994. Ruskotäpläkärpäsen esiintyminen viljelykoivikoissa. Julkaisussa: Hytönen, J. & Polet, K. (toim.): Metsäntutkimuspäivä Kälvillä 1994. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 540: 29–33.
Ylioja, T., Saranpää, P., Roininen, H. & Rousi, M. 1998. Larval tunnels in Phytobia betulae (Diptera: Agromyzidae) in birch wood. Journal of Economic Entomology 91(1): 175–181.
Ylioja, T., Schulman, E., Rousi, M. & Velling, P. 1995. Susceptibility of white birch (Betula spp.) hyprids to Phytobia fly. BÚVÍSINDI. Icelandic Agricultural Sciences 9: 125–133.

Muhoksen tutkimusaseman tiedonantoja -sarjassa julkaistu seuraavat tiedonannot

Nro 1. Jukka Valtanen. Avoalan suuruuden vaikutus männynviljelyn tulokseen Pohjois-Suomessa. 1971.
Nro 2. Tutkimuspäivän alustukset 1972.
Nro 3. Jukka Valtanen. Avoalan suuruuden vaikutus männynviljelyn tulokseen Pohjois-Suomessa. 1972.
Nro 4. Kalevi Karsisto. Esituloksia suometsien fosforilannoitelajikokeista. 1973.
Nro 5. Kalevi Karsisto. Lannoitteiden levitystasaisuudesta moottorikelkkaa käytettäessä. 1973.
Nro 6. Kalevi Karsisto. Kokeita typpilannoitteiden häviämisestä säkeistä. 1973.
Nro 7. Kalevi Karsisto. Isorakeisen typpilannoitteen uppoamisesta lumeen. 1975.
Nro 8. Markku Turtiainen ja Jukka Valtanen. Metsänviljelytutkimuksen välituloksia Pohjanmaan ja Kainuun metsäaurausalueilta. 1974.
Nro 9. Jukka Valtanen. Avoalan suuruuden vaikutus männynviljelyn tulokseen Pohjois-Suomessa. 1974.
Nro 10. Esteri Ohenoja ja Niilo Takkunen. Alustavia tietoja lannoituksen vaikutuksesta kangasmetsien sienisatoon. 1974.
Nro 11. Kalevi Karsisto ja Jorma Issakainen. Riistan tuottaminen metsänparannusalueilla. 1974.
Nro 12. Kalevi Karsisto. Peatland forestry experiments in Pyhäkoski experimental area. 1974.
Nro 13. Kalevi Karsisto. Ojituksen ja metsänlannoituksen vaikutus vesien saastumiseen. 1974.
Nro 14. Tutkimuspäivän esitykset 1975.
Nro 15. Metsäntutkimuspäivä Haapavedellä 1976.
Nro 16. Metsäntutkimuspäivä Sotkamossa ja Ämmänsaaressa 1977.
Nro 17. Metsäntutkimuspäivä Haukiputaalla ja Muhoksella 1978.
Nro 18. Metsäntutkimuspäivä Kannuksessa 1980.
Nro 19. Mikko Moilanen ja Matti Oikarinen. Perkausajankohdan vaikutuksesta hieskoivun ja haavan vesomiseen kangasmaalla. 1980.
Nro 20. Tuhka metsänlannoitteena. Toimittaneet Pekka Pietiläinen ja Markku Tervonen. 1980.
Nro 21. Metsäntutkimuspäivä Muhoksella 1980.

Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja -sarjassa julkaistu seuraavat tiedonannot (Muhoksen tutkimusasema):

Nro 3. Jussi Saramäki. Hieskoivun kasvu ja kasvatus Pohjanmaalla ja Kainuussa. 1981.
Nro 17. Jorma Issakainen ja Mikko Moilanen. Lentolannoituksen levitystasaisuudesta ja työjäljen valvontamenetelmän kehittämisestä. 1981.
Nro 24. Metsäntutkimuspäivä Taivalkoskella 1981.
Nro 29. Mikko Moilanen ja Kalevi Karsisto. Lannoitteen levitystasaisuuden vaikutuksesta nuoren suomännikön pituuskasvuun. 1981.
Nro 70. Metsäntutkimuspäivä Oulaisissa 1982.
Nro 101. Jarmo Poikolainen ja Eero Kubin. Tuloksia kapealatvaisen kuusen juurruttamisesta. 1983.
Nro 119. Metsäntutkimuspäivä Suomussalmella ja Sotkamossa 1983.
Nro 133. Mikko Moilanen ja Jorma Issakainen. Ojituksen, lannoituksen ja muokkauksen vaikutuksesta luontaiseen uudistumiseen piensararämeellä. 1984.
Nro 158. Metsäntutkimuspäivä Oulussa 1984.
Nro 198. Eero Kubin ja Hannu Raitio. Puustovauriot keväällä 1985 Suomessa. Metsäammattimiehille osoitetun kyselyn tulokset.
Nro 199. Mikko Moilanen. Runkokäyrämallien tarkkuus lannoitetussa rämemännikössä. 1985.

Nro 204. Mikko Moilanen ja Jorma Issakainen. Lannoitusvaikutuksen riippuvuus levitysajankohdasta nuorissa rämemänniköissä. 1985.
Nro 206. Metsäntutkimuspäivä Kannuksessa 1985. Kannuksen ja Muhoksen tutkimusasemien yhteinen julkaisu.
Nro 222. Matti Oikarinen ja Yrjö Norokorpi. Vuosina 1956-65 viljeltyjen männyntaimikoiden tila valtion mailla Pohjois-Suomessa. 1986.
Nro 255. Metsäntutkimuspäivä Taivalkoskella 1986.
Nro 281. Mikko Moilanen, Ari Ferm ja Jorma Issakainen. Kasvihuonekokeita erilaisten jäteaineiden vaikutuksesta hieskoivun alkukehitykseen turvealustalla. 1987.
Nro 290. Pentti Niemistö. KTP-84 tiedonkeruupääte metsässä kerättävän tiedon tallennusvälineenä. 1988.
Nro 295. Metsäntutkimuspäivä Kärsämäellä 1987. 1988.
Nro 299. Eero Kubin ja Jarmo Poikolainen (toim.). Ekologisten ja ekofysiologisten tutkimusten painopistealueet ja mittausvälineiden tarve metsänhoidon tutkimusosastolla. 1988.
Nro 327. Metsäntutkimuspäivä Kajaanissa 1988. 1989.
Nro 361. Metsäntutkimuspäivät Oulussa 1989. 1990.
Nro 381. Jukka Valtanen. Peltojen metsityksen onnistuminen Pohjois-Pohjanmaalla 1970-luvulla. 1991.
Nro 387. Metsäntutkimuspäivät Haapajärvellä 1990. 1991.
Nro 388. Jukka Valtanen ja Aarne Lehtosaari. Männyn uudistumiseen vaikuttavat tekijät Siikalatvan alueella. 1991.
Nro 389. Matti Oikarinen. Suomussalmen männynviljelyinventointi. 1991.
Nro 419. Metsäntutkimuspäivä Taivalkoskella 1991. 1992.
Nro 432. Pentti Niemistö. Runkolukuun perustuvat harvennusmallit. 1992.
Nro 461. Eero Kubin. Metsäekologisen havaintoverkoston kehittäminen. 1993.
Nro 464. Metsäntutkimuspäivä Kajaanissa 1992. 1993.
Nro 499. Jorma Issakainen, Mikko Moilanen & Klaus Silfverberg. Turvetuhkan vaikutus männyn kasvuun ja ravinnetilaan ojitetuilla rämeillä. 1994.
Nro 503. Jukka Valtanen. Männyn luontainen uudistaminen Keski-Pohjanmaalla. 1994.
Nro 508. Metsäntutkimuspäivä Muhoksella 23.11.1993. 1994.
Nro 520. Riikka Repo ja Jukka Valtanen. Maan ominaisuudet metsänviljelyssä - mätästyksen perusteet. 1994.
Nro 528. Mikko Moilanen ja Jorma Issakainen. Uudisojituksen ja lannoituksen keskinäisen ajoituksen vaikutus puuston kehitykseen rämeillä. Summary: The importance of the mutual timing of ditching and fertilization to the growth increase of tree stands on pine mires. 1994.
Nro 533. Jukka Valtanen. Pohjois-Suomen suuret avohakkuut 1946-70. Yhteiskunnallinen tausta, toteutus ja vaikutukset. 1994.
Nro 550. Jukka Valtanen. Koekentiltä käytäntöön. Muhoksen tutkimusasema 1969-94. 1995.
Nro 551. Jukka Valtanen (toim.). The natural regeneration of forests in Finland and Russian Karelia. 1995.
Nro 552. Metsäntutkimuspäivä Kuusamossa 1994. 1995.
Nro 598. Metsäntutkimuspäivä Kajaanissa 1995. 1996.
Nro 608. Jukka Valtanen ja Tapani Tasanen. Männyn viljelytavan valinta. 1996.
Nro 666. Eero Kubin, Jorma Pasanen ja Pentti Savilampi. Korkeiden alueiden metsien uudistaminen Kainuussa ja Koillismaalla. 1997.



ISSN 0358-4283
ISBN 951-40-1601-7
Oulun Liikekirjapaino 1998