

Pentti Niemistö, Piia Hukki ja Erkki Verkasalo

## Kasvupaikan ja puuston tiheyden vaikutus rauduskoivun ulkoiseen laatuun 30-vuotiaissa istutuskoivikoissa



Pentti Niemistö



Piia Hukki



Erkki Verkasalo

**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.

Samanikäisten rauduskoivujen pituus ei eronnut pelto- ja metsämailla, mutta läpimitta oli pelto- mailla keskimäärin 1 cm suurempi. Metsämailla istutuskoivut olivat lähes kaikilta laatuominaisuksiltaan parempia kuin peltomailla. Vain alaoksien kuivumisessa ja karsiutumisessa ei ollut eroa. Peltokoivujen paksimmat oksat ja voimakkaampi kapeneminen selittyivät vain osittain puiden nopeammalla paksuuskasvulla. Pintaviat ja mutkaisuus olivat yleisempiä peltomailla, mutta pystyoksia esiintyi vähän enemmän metsämailla. Tyvimutkia, lenkoutta ja halkeamia oli metsä- ja peltomailla yhtä paljon. Metsämaiden istutuskoivuissa oli vikoja yhtä paljon tai vähemmän kuin aikaisemmin tutkituissa luonnonkoivuissa. Nopeamman kasvun takia istutuskoivujen oksat olivat paksumpia, mutta tyviosan karsiutumisessa ei ollut suurta eroa.

Hienojen lajitteiden lisääntyminen maassa vähensi koivun runkomuotovikoja, mutta lisäsi rungon kapenemista ja hidasti alaoksien karsiutumista. Lajittunut hietamaa ja toisaalta hiekkamoreeni osoittautuivat oksaisuuslaadun kannalta parhaiksi kasvupaikoiksi rauduskoivulle, mutta tyvimutkia ja lenkoutta niillä esiintyi tavallista enemmän. Kasvun kannalta moreenimaat olivat edullisimpia. 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 ruunkomuotoa, mutta lisäsi hiukan lenkoutta ja tyvimutkaisuutta. Myös kasvatustiheyden kohoaminen paransi koivun laatua vähentämällä rungon kapenemista ja edistämällä alaoksien kuolemista. Saman paksuisten puiden oksanpaksuus aleni runkoluvun kohotessa metsämailla, mutta peltomailla eroa ei havaittu. Harvennusten viivästyminen hidasti kuivien oksien karsiutumisesta ja supisti elävää latvusta. Tyvimutkia, lenkoutta ja halkeamia esiintyi tiheissä koivikoissa vähemmän kuin harvoissa.

Asiasanat: koivu, *Betula pendula*, oksa, runkomuoto, vika, pellonmetsitys, kasvupaikka, maalaji, runkoluku

Kirjoittajien yhteystiedot: Niemistö, Metsäntutkimuslaitos, Muhoksen tutkimusasema, Kirkkosaaarentie 7, 91500 Muhos; Hukki, Kaviokuja 7 B 46, 01200 Vantaa; Verkasalo, Metsäntutkimuslaitos, Joensuun tutkimusasema, PL 68, 80101 Joensuu. Faksi (08) 531 2211, sähköposti pentti.niemisto@metla.fi

Hyväksytty 3.9.1997

## 1 Johdanto

**R**auduskoivun viljely alkoi Suomessa 1960-luvun puolivälissä ja lisääntyi 1970-luvun alussa saavuttaen 8 000 ha:n vuotuisen pinta-alan 1974 (Aarne 1995). Sopimattomasta kasvupaikasta tai runsaista myyrä-, jänis- ja hirvituhoista johtuneiden epäonnistumisten vuoksi (Raulo 1979b) koivunviljelyn suosio laski sen jälkeen nopeasti, mutta alkoi taas nousta 1980-luvun alusta lähtien. 1990-luvulla istutusala on ollut noin 15 000 ha/v, josta 83 % on ollut rauduskoivua ja 17 % hieskoivua. Suomessa on perustettu istutuskoivikoita kaikkiaan yli 180 000 ha, joista ilmeisesti noin viidennes on tuhoutunut (Raulo 1979b, Hynönen ja Saksa 1991, Hytönen 1991, 1995, Kinnunen 1995). Koivun istutusmäärillä ja peltojen metsityksellä on selvä yhteys keskenään; esimerkiksi 1970-luvun pellonmetsityksistä 38 % tehtiin koivulla (Hytönen ja Ekola 1993). Metsämailla koivun luontainen uudistaminen siemenpuumenetelmällä alkoi yleistyä 1990-luvulla ja oli vuonna 1994 noin 6 000 ha/v (Aarne 1995).

Suomalainen puunjalostusteollisuus on käyttänyt kotimaista lehtipuuta viimeisen vuosikymmenen aikana keskimäärin 6,6 milj. m<sup>3</sup> vuodessa, josta 5,3 milj. m<sup>3</sup> on jalostettu selluloosaksi (Aarne 1995). Lehtipuutukkia on käytetty 1,4 milj. m<sup>3</sup> vuodessa, josta vaneritukkia on ollut 1,2 milj. m<sup>3</sup> ja sahatukkia 0,2 milj. m<sup>3</sup>. Muiden lehtipuiden kuin koivun osuus tukeista on vähäinen. 1990-luvulla koivuvanerin tukkien vuotuinen käyttö on ollut maassamme noin miljoonan kuutiometrin tasolla, josta noin 10 % on ollut tuontipuuta. Pitkällä aikavälillä koivun osuus Suomen vanerintuotannosta on pienentynyt

ja kuusen kohonnut siten, että koivun ja kuusen käyttömäärät olivat yhtä suuret vuonna 1994. Syyinä on toisaalta järeän vanerikoivun puute, joka on pakottanut lisäämään seka- ja kuusivanerien tuotantoa ja toisaalta kuusivanerien menekin parantuminen (Juvonen ja Kariniemi 1984, Koivisto 1994, Silventoinen 1994).

Tuotoksen kannalta rauduskoivu on kasvupaikan suhteen melko vaateliias puulaji (Raulo 1977, 1981, Oikarinen 1983, Parviainen ja Antola 1986), mutta kasvupaikan vaikutusta laatuun ei tunneta. Hyvä ravinteiden pidätyskyky ja veden saatavuus edellyttävät riittävää hienojen aineiden osuutta maassa (Viro 1947, Lipas 1985, Westman 1990, Tamminen 1991). Toisaalta rauduskoivun juuristo toimii heikosti niukkahappisessa maassa (Raulo 1981), joten liian hienojakoisten maiden tiiviys ja suuri vedenpidätyskyky voivat rajoittaa hapensaantia ja kasvua (Wall ja Heiskanen 1995).

Peltojen muokkauskerrokseen sekoittunut orgaaninen aines lisää maan huokoisuutta sekä ravinteisuutta (Westman 1990), jota peltomaan lannoittaminen ja muu maanparannus ovat jo sinänsä kottaneet (Hytönen ja Ekola 1993). Toisaalta muokauskerroksen alapuolinen maa saattaa olla tietyissä oloissa pahasti tiivistynyttä ja estää siksi veden ja kaasujen liikkumista ja juuristokerroksen vapautta kehitystä. Yleensä kivennäismaapellolle istutettu rauduskoivu kasvaa alkuun päästyään erittäin hyvin (Hytönen 1991, Kinnunen 1995). Ravinnee-pätasapainosta johtuvat kasvuhäiriöt ovat olleet ongelmana pääasiassa vain turvepelloilla (Hynönen 1992, Kinnunen 1995). Boorin puutoksen on kuitenkin todettu joskus aiheuttavan kasvuhäiriöitä myös kivennäismaapelloilla (Veijalainen ym. 1984, Hytönen ja Ekola 1993, Wall ja Heiskanen 1995).

Koivun tekninen laatu korostuu puuntuotannossa ja mekaanisessa puunjalostuksessa. Järeän ja hyvälaatuisen koivutukin jalostusarvo on moninkertainen heikkolaatuiseen verrattuna (Heiskanen 1966, Heiskanen ja Saikku 1976, Kärkkäinen 1986). Vaneriteollisuudessa virheetön pintaviilu on 6–8 kertaa arvokkaampaa kuin laadultaan vaatimattomampi keskiviilu (Verkasalo 1997). Koivu on havupuuta herkempi vioittumaan (esim. Kujala 1946, Heiskanen 1957) ja sen pituuskasvutapa on muiden lehtipuiden tapaan sympodiaalinen eli haarajatkoinen, mikä lisää sen alttiutta mutkaisuuteen ja haaraisuuteen (Kalela 1971, Kärkkäinen 1985). Koivun biologisista ominaisuuksista ja käytöstä kestävyttä ja hyvää ukonäkää vaativiin tarkoituksiin seuraa, että puun tekninen laatu rajoittaa herkästi koivun käyttöä mekaanisessa puunjalostuksessa.

Suomen vaneri- ja puusepänteollisuus on tähän saakka hankkinut koivuraaka-aineensa sekametsistä tai entisille kaskimaille luontaisesti syntyneistä, verrattain tiheinä kasvaneista rauduskoivikoista. Hieskoivu eroaa puuaineen ominaisuuksien perusteella vain vähän rauduskoivusta (Hakkila 1966, Ferm 1985, Salmi 1987), mutta pienemmän koon ja runsaamman vikaisuuden takia hieskoivutukkien käyttö on rauduskoivutukkeja vähäisempää (Kärkkäinen 1984, Salmi 1987). Luontaisten koivuvarojen ehtyessä odotetaan nopekasvuisten istutuskoivikoiden helpottavan teollisuuden koivutukkipulaa lähivuosisikymmeninä. Istutusmänniköiden heikko laatu (esim. Varmola 1996, Kellomäki ym. 1992) ja viljelykoivikoiden harvennuksissa todetut sisäiset laatuviat ovat herättäneet kuitenkin epäilyksiä istutettujen koivujen käyttökelpoisuudesta, vaikka ne useimmiten näyttävät hyvälaatuisilta.

Vaneriteollisuudessa tukin läpimitta on tärkein raaka-aineen arvoon vaikuttava tekijä, koska parempilaatuisen pintaviilun saanto kohoaa nopeasti järeyden lisääntyessä (Heiskanen 1966, Kärkkäinen 1986). Sorviviilun määrää vähentävät rungon kapeneminen ja epäpyöreys sekä sellaiset viat kuten mutkaisuus, lenkous, haaraisuus, lahoisuus ja rungon halkeamat. Viilun laatua alentavat useimmin oksaviat, joista pahimpia ovat laho- ja pystyoksat, sekä rungon sisäiset väriviitit kuten ruskotäpläkärpäsen toukkakäytävät ja joskus myös puuhun syntyneet pintaviat.

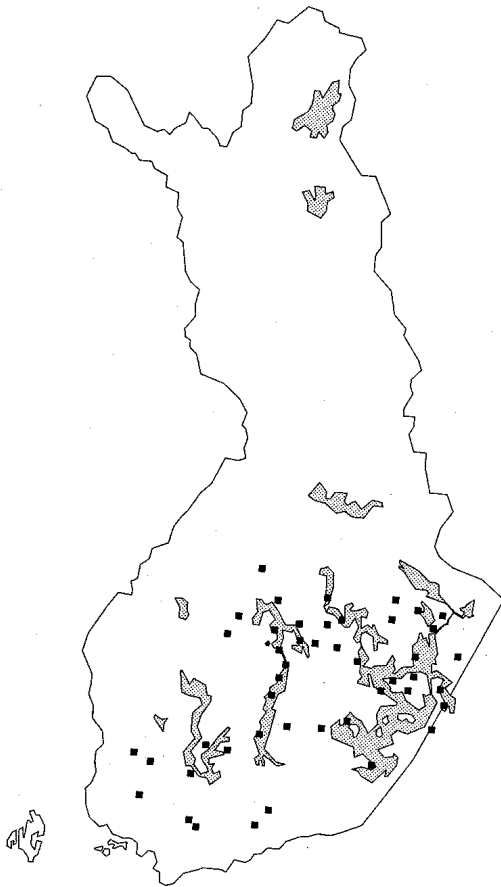
Metsäntutkimuslaitoksessa käynnistettiin vuonna

1993 istutuskoivun tuotosta ja laatua koskeva tutkimus. Keskeisenä tutkimusaineistona käytetään Jyrki Raulon johdolla vuonna 1964 Etelä- ja Keski-Suomeen perustettuja rauduskoivikoita (Raulo 1979b), joihin tämän osatutkimuksen tulokset perustuvat. Aineiston rajoittaminen yhteen ikäluokkaan yksinkertaistaa tulosten laskentaa ja helpottaa niiden tulkintaa. Myöhemmin julkaistaan vastaavat tulokset nuoremmista ja myös muutamista 1930- ja 1950-luvulla perustetuista koivikoista. Aikaisemmin rauduskoivun ulkoista laatua Suomessa on tutkinut etenkin Heiskanen (1957), jonka tutkimus koski maan eteläosan luontaisesti syntyneitä raudus- ja hieskoivikoita tuoreilla ja lehtomaisilla kankailla sekä turvemaidilla. Verkasalo (1997) on tutkinut vastaavasti hieskoivun laatua Pohjanmaan turve- ja kivennäismailla. Ensiharvennusikäisten tai nuorempien peltokoivikoiden laatua ovat melko suppeissa aineistoissa tutkineet Raulo (1979a), Anttonen (1990), Valkonen (1992) ja Niemistö (1995a, b).

Viljelykoivun ulkoista laatua koskevia tutkimuksia on tehty vähän ja nekin lähinnä taimi- ja riukuvaiheen metsiköissä. Laatutunnusten määrä ja niiden käsittely on ollut myös suppeaa. Tämän tutkimuksen tavoitteena on selvittää kasvustiheyden sekä kasvupaikan vaikutukset istutettujen, 30–31-vuotiaiden rauduskoivujen oksien paksuuteen, kuivan ja elävän latvuksen alarajan korkeuteen, rungon kapenemiseen ja suoruuteen, pintavikojen esiintymiseen sekä tyveysten ja välileikkojen määrään. Kasvupaikan osalta tutkitaan pelto- ja metsämaille perustettujen koivuviljelysten eroja ja valtapuuston keskipituuden vaikutuksia. Lisäksi tutkitaan maa-lajin ja maan hienoainesosuuden vaikutuksia erikseen, koska maaperän ilmavuus sekä ravinne- ja kosteusolot ovat tärkeitä rauduskoivun menestymiselle.

## 2 Aineisto ja menetelmät

Tutkimusaineistona oli Jyrki Raulon johdolla vuonna 1964 perustetuilta rauduskoivuviljelyksiltä (Raulo 1979b) kerätty pysty- ja kaatokoepuuaineisto. Koealat mitattiin Metsäntutkimuslaitoksen Muhoksen tutkimusaseman toimesta vuonna 1993. Alun



**Kuva 1.** Koeaineistona käytettyjen istutuskoivikoiden (74 kpl) sijainti.

perin 1 + 1 -vuotiaita koivuntaimia oli istutettu 392 000 kpl 160 uudistusalalle Etelä- ja Keski-Suomessa. Maankäytön muutosten tai taimikon tuhoutumisen takia vuonna 1993 oli mitattavissa 74 koivikkoa (kuva 1). Aineisto on kuitenkin edustava, koska esim. tontti- tai tiemaaksi on muuttunut kaikenlaisia koivikoita ja täysin rauduskoivulle sopimattomat kasvupaikat (esim. turvemaat) on muutenkin rajattava pois.

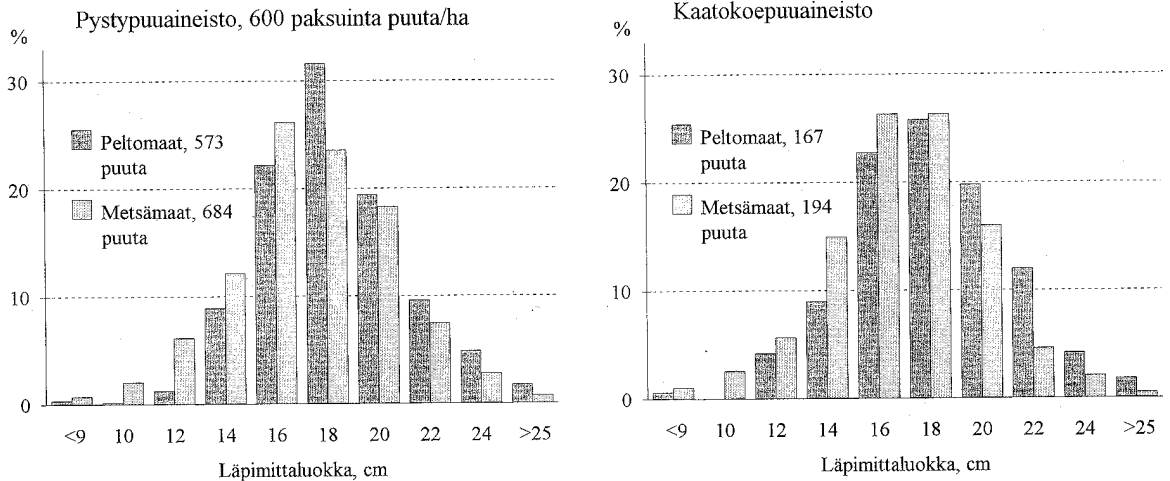
Koemetsiköistä oli entisillä peltomailla 34 kpl ja metsämailla 40 kpl (taulukko 1). Mustikkatyypin koivikoiden pienen osuuden (MT 7 kpl, OMT 34 kpl) takia metsämaiden tuloksia ei laskettu metsätyypeittäin. Metsikön reunavaikutus rajoitti koealan pinta-alaa ja sijaintia, koska istutuskoivikot olivat usein pienialaisia. Jokaisesta metsiköstä mi-

**Taulukko 1.** Istutuskoivikoiden jakaantuminen maalajeittain pelto- ja metsämailla, maanäyte 30 cm:n syvyydestä.

| Maalaji                          | Peltomaat |      | Metsämaat |      | Koko aineisto |       |
|----------------------------------|-----------|------|-----------|------|---------------|-------|
|                                  | kpl       | %    | kpl       | %    | kpl           | %     |
| Savi                             | 1         | 1,4  | 3         | 4,1  | 4             | 5,4   |
| Hiesu                            | 3         | 4,1  | 2         | 2,7  | 5             | 6,8   |
| Hieta                            | 7         | 9,5  | 5         | 6,8  | 12            | 16,2  |
| Hiekka                           | 3         | 4,1  | 9         | 12,2 | 12            | 16,2  |
| Lajittuneet yhteensä             | 14        | 18,9 | 19        | 25,7 | 33            | 44,6  |
| Hietamoreeni                     | 13        | 17,6 | 10        | 13,5 | 23            | 31,1  |
| Hiekkamoreeni                    | 2         | 2,7  | 6         | 8,1  | 8             | 10,8  |
| Moreenit yhteensä                | 15        | 20,3 | 16        | 21,6 | 31            | 41,9  |
| Orgaanisen aineksen osuus > 20 % | 5         | 6,8  | 5         | 6,8  | 10            | 13,5  |
| Kaikki yhteensä                  | 34        | 45,9 | 40        | 54,1 | 74            | 100,0 |

tattiin 300 m<sup>2</sup>:n ympyräkoela, jonka keskipiste sijoitettiin keskeltä metsikköä kulkevan lyhimmän lävistäjän puoliväliin.

Kaikista koealan puista mitattiin sijainti, koealan säteen suuntainen ja sitä vastaan kohtisuora läpimitta 1,3 m:n korkeudelta, kantoläpimitta, puun pituus, vihreän latvuksen alaraja, tuoreoksaraja, kuivaoksaraja, tyvitukkiosan lenkous ja arvioitiin silmävaraisesti runkoviati sekä tyveysten ja leikkojen tarve apteerauksessa (liite 1). Tuoreoksaraja määritettiin alimman elävän oksan perusteella, mutta yksinäistä elävää oksaa ei otettu huomioon, jos oksat olivat kuolleet sen yläpuolelta yli 1,5 m:n matkalta. Kuivaoksaraja oli alimman, vähintään 5 mm paksun, kyljestymättömän kuivan tai lahon oksan korkeus maasta. Lengoiksi laskettiin tasaisesti käyrät koivut, joissa juurenniskan yläpuolelle runkoa vasten asetetun suoran, neljän metrin sauvan suurin etäisyys rungon pinnasta oli yli 2 cm. Koealalta mitattiin myös samaan puusukupolveen kuuluneiden poistettujen puiden kantojen läpimitat. Jokaisen metsikön harvennusajankohdat selvitettiin metsänomistajalta kysymällä tai asiapapereiden perusteella. Useammin kuin kerran harvennetuissa koivikoissa arvioitiin kantojen ikä ja sitä kautta eri harvennuksissa poistettu runkoluku.



Kuva 2. Istutuskoivuaineiston läpimittajakaumat.

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 vain metsikön sellaiset puut, jotka todennäköisimmin voidaan kasvattaa tukkipuun mittoihin päteväkkuuseen mennessä (Oikarinen 1983). Näin rajattuna aineisto sisälsi yhteensä 1 257 puuta, joista peltomailla oli 573 kpl ja metsämailla 684 kpl (kuva 2a). Joillakin koealoilla istutuskoivujen lukumäärä (n) oli alle vaaditun 18 kpl, jolloin lukumäärätunnukset korjattiin kertoimella '18/n' vastaamaan tiheyttä 600 kpl/ha. Korjaus tehtiin 27 metsikössä, joiden runkoluvun keskiarvo oli 507 kpl/ha ja minimi 333 kpl/ha.

Pystypuiden laatutunnukset olivat

- latvusosuus, % = (puun pituus – tuoreoksaraja)/puun pituus
- kuivaoksaraja, m
- runkovikojen esiintyminen (liite 1)
- tyveysten ja leikkojen tarve (liite 1).

Kaatokoepuita otettiin koealalta pääsääntöisesti 5 kpl, poikkeustapauksissa maanomistajan vaatimuksesta vain 3 tai 4 kpl. Kaatokoepuiden valintaa varten koealan istutuskoivut jaettiin läpimitan perusteella kolmeen lukumäärältään yhtä suureen

luokkaan, joista jokaisesta valittiin lähimpänä 7 m:n säteistä kehää sijainnut puu. Sekä keskikokoisista että suurimmista puista valittiin vielä lähimpänä 4 m:n kehäviivaa ollut puu. Kaadon jälkeen puusta mitattiin pituus, vihreän latvuksen alaraja, tuoreoksaraja, kuivaoksaraja, latvuksen suurin leveys ja sen sijaintikorkeus maasta desimetrin tarkkuudella.

Elävän latvuksen rajasta alaspäin mitattiin jokaiselta alkavalta 1 m:n rungonosalta paksuimman kuolleen oksan läpimitta. Samalla tavalla mitattiin paksuimpien elävien oksien läpimitat kahdeksalta 1 m:n pätkältä latvusrajasta ylöspäin. Em. mittaus-ten jälkeen kaatokoepuista sahattiin kiekkonäytteet 2,5, 10, 30, 50 ja 70 prosentin suhteellisilta korkeuksilta sekä 1,3 ja 6,0 m:n korkeuksilta ja latvusrajalta. Kaatokoepuuaineisto käsitti 361 puuta, joista peltomailla oli 167 ja metsämailla 194 puuta (kuva 2b).

Kaatokoepuiden ulkoiset laatutunnukset olivat

- puun paksuimman kuivan oksan läpimitta, mm
- puun paksuimman tuoreen oksan läpimitta, mm
- rungon kapeneminen ( $d_{1,3}$ – $d_{6,0}$ ), mm.

Koealan keskipisteestä otettiin yksi 1 dm<sup>3</sup>:n maa-näyte pohjamaasta 25–35 cm:n syvyydestä. Maa-näytteistä tehtiin mekaaninen maa-analyysi raekokojakauman ja maalajin määrittämiseksi seulonta-

ja pipetointimenetelmällä (taulukko 1). Maalajin määrityksessä käytettiin Atterbergin skaalaa (Westman 1991). Lajittuneita maalajeja vastaavat raekoot olivat seuraavat:

| Maalaji | Raekoko       |
|---------|---------------|
| Savi    | < 0,002 mm    |
| Hiesu   | 0,002–0,02 mm |
| Hieta   | 0,02–0,2 mm   |
| Hiekka  | 0,2–2 mm      |

Maalaji nimettiin sen raekoon mukaan, jolla maanäytteen massa jakaantui puoliksi ko. raekokoa suurempiin ja sitä pienempiin lajitteisiin (Korhonen ym. 1974). Maalajiin 'savi' yhdistettiin kuitenkin myös nk. laiha savi, jossa alle 0,002 mm:n raekoon osuus oli 30–50 %. Maanäyte luokiteltiin moreeniksi, jos pienimpiä (< 0,02) ja suurimpia (> 2 mm) lajitteita oli molempia yli 5 %. Tutkimusaineiston lajittumattomat maalajit kuuluivat hieta- ja hiekkamoreeneihin. Maan hienoainesosuutta määriteltäessä hienoksi ainekseksi laskettiin kaikki alle 0,06 mm:n maapartikkelit. Jos orgaanisen aineksen osuus oli yli 20 %, mekaanista maa-analyysiä ei tehty. Tällaisia metsiköitä oli pelto- ja metsämailla 5 kpl kummassakin ja orgaanisen aineksen osuus näytteestä oli kolmessa tapauksessa 70–80 %, kolmessa tapauksessa noin 50 % ja lopuissa 20–25 %. Kasvupaikan puuntuotoskyvyn tunnuksena ei käytetty pituusboniteettia, koska valtapituuden määrittäminen kolmen paksuimman puun (= 100 kpl/ha) perusteella on epävarmaa. Pituusboniteetin sijasta käytettiin hehtaarille lasketun 600 paksuimman puun keskipituutta mittaushetkellä eli 30 vuoden iässä. Pienillä koelohjoilla tämä 18 puun keskipituus ei ole yhtä herkkä latvanvaihdosta tai muista pituuskasvun häiriöistä johtuville satunnaisvirheilte kuin valtapituus.

Tarkasteltaessa puuston tiheyden vaikutuksia puun laatuun otettiin huomioon kunkin metsikön taimikko- ja riukuvaiheen tiheys mukaanluettuna muutkin puulajit, kun ne kuuluivat istutuskoivun kokoluokkaan. Tiheysmuuttujaksi muodostettiin ajalla painotettu keskitiheys metsikön 11–22 ikävuosilta. Tässä vaiheessa koivikko on yleensä sulkeutunut ja kasvatustiheys vaikuttaa eniten tyvitukin laatuominaisuuksiin, etenkin oksaisuuteen ja kapenemiseen (Niemistö 1995a). Myös varhaisim-

pien harvennusten ajankohdat ja voimakkuudet tulivat näin huomioon otetuiksi.

Vuoden 1993 mittaustulosten ohella käytettiin Raulon johdolla tehtyjen silmävaraisten inventointien tuloksia vuosilta 1965, 1969 ja 1978. Taimikoista oli silloin arvioitu istutuksen onnistuminen, kuolleiden taimien osuus, taimien keskipituus ja eläinten (hirvet, myyrät, jänikset) aiheuttamat taimituhot.

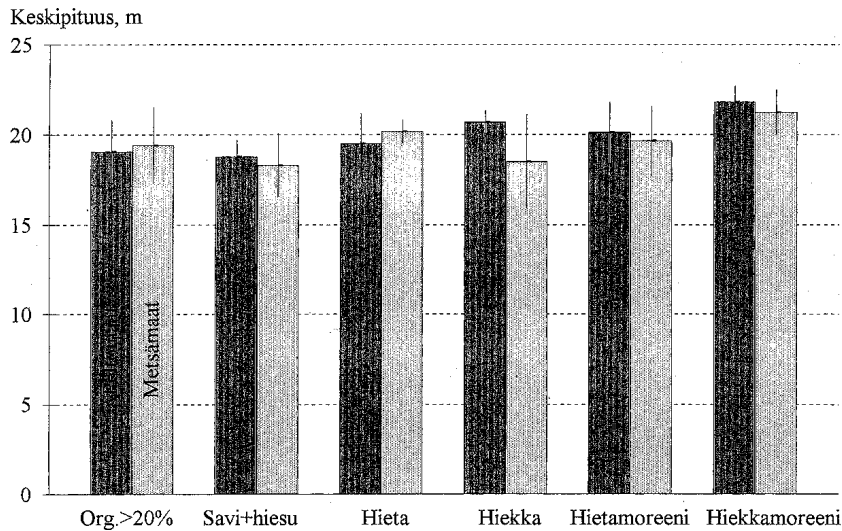
Aineiston tilastotieteelliseen analysointiin käytettiin varianssi-, kovarianssi- ja regressioanalyysiä sekä  $\chi^2$ -testiä. Testien edellytysten voimassaolo tarkistettiin ja tarvittaessa muuttujille tehtiin testaukseen sopiva muunnos. Työn yleisen nollahypoteesin mukaan kasvatustiheydellä ja kasvupaikalla ei ole vaikutusta viljelyrauduskoivun ulkoiseen laatuun.

## 3 Tulokset

### 3.1 Pituus ja rinnankorkeusläpimitta

Valtapuuston pituuskehityksellä voidaan kuvata kasvupaikan puuntuotoskykyä (Hägglund 1976). Tästä syystä tutkittiin ensin istutuskoivikoiden pituutta ja siihen vaikuttavia tekijöitä. Hehtaarille laskettu 600 paksuimman puun keskipituus oli tutkimusaineistossa keskimäärin 19,6 m ja keskihajonta 1,9 m. Kasvatustiheyden vaihtelu välillä 700–2 200 kpl/ha ei vaikuttanut valtapuuston keskipituuteen. Maalajin ja maantieteellisen sijainnin vaikutus koivujen pituuteen oli merkitsevää (taulukko 2 a), mutta pelto- ja metsämaiden välillä ei ollut eroa (kuva 3). Puut olivat pisimpiä hiekkamoreeni- mailla (21,4 m) ja lyhyimpiä savi- ja hiesumailloilla (18,5 m). Siirtyminen 100 km pohjoiseen pienensi keskipituutta keskimäärin 0,6 m. Maan hienoaines-% ei selittänyt merkitsevästi koivujen pituutta. Jatkossa 600 paksuimman puun keskipituutta käytetään kasvupaikan puuntuotoskykyä kuvaavana muuttujana, joten sen yhtäaikaista käyttöä selittäjänä maalajin tai pohjoisuuden kanssa on vältettävä tai malleissa on otettava huomioon muuttujien välinen riippuvuus.

Peltomailla 600 paksuimman istutuskoivun rin-



**Kuva 3.** 30-vuotiaiden istutuskoivujen pituuden keskiarvo ja keskihajonta (600 paksuinta/ha) maalajeittain pelto- ja metsämailla.

**Taulukko 2.** Rauduskoivun keskipituuden (a) ja keskiläpimitan (b) kovarianssimallit 30-vuotiaissa istutuskoivukoissa.

a) Selitettävä muuttuja: 600 paksuimman puun keskipituus, m

| Vaihtelun lähde         | Vapausasteita | f-arvo | p-arvo |
|-------------------------|---------------|--------|--------|
| Pohjoiskoordinaatti, km | kovariantti   | 9,0    | 0,003  |
| Maalaji                 | 5             | 4,0    | 0,004  |

N = 74, R<sup>2</sup> = 0,27, S<sub>m</sub> = 1,9 m, S<sub>f</sub> = 1,6 m

b) Selitettävä muuttuja: 600 paksuimman puun keskiläpimitta, cm

| Vaihtelun lähde           | Vapausasteita | f-arvo | p-arvo |
|---------------------------|---------------|--------|--------|
| Runkoluku, kpl/ha         | kovariantti   | 5,8    | 0,019  |
| Kasvupaikka (pelto/metsä) | 1             | 8,0    | 0,006  |
| Maalaji                   | 5             | 4,2    | 0,002  |
| Kasvupaikka × Maalaji     | 5             | 2,7    | 0,028  |

N = 74, R<sup>2</sup> = 0,46, S<sub>m</sub> = 2,1 cm, S<sub>f</sub> = 1,5 cm

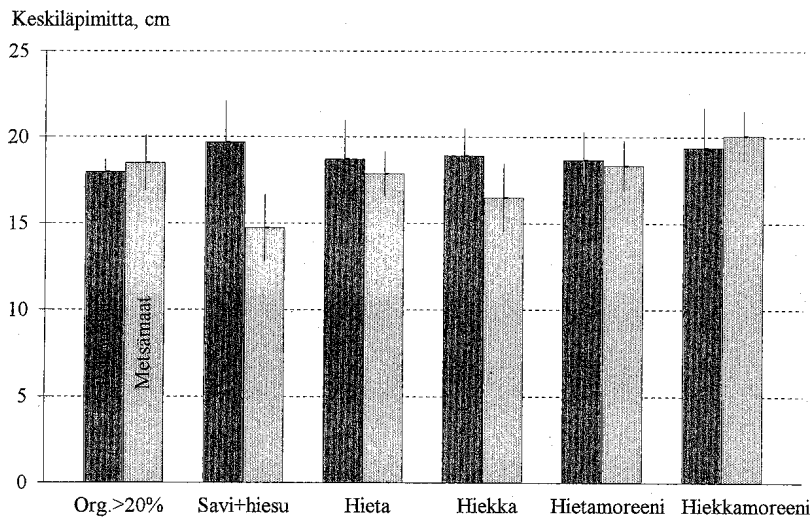
**Taulukko 3.** Puuston keskiläpimittaa (600 paksuinta/ha) selittävät regressiomallit pelto- ja metsämaiden 30-vuotiaissa istutuskoivukoissa. Selitettävä muuttuja: log(Keskiläpimitta, cm).

| Selitettävä muuttuja  | Kerroin | Keskiarvo | t-arvo | p-arvo |
|---|---------|-----------|--------|--------|
| <b>Peltomaat</b>  |         |           |        |        |
| Vakio   | 3,3     | 0,36      | 9,2    | 0,0001 |
| Keskipituus, m  | 0,03    | 0,008     | 3,8    | 0,0006 |
| log(Runkoluku, kpl/ha)  | -0,135  | 0,046     | -2,9   | 0,0062 |
| N = 34, R <sup>2</sup> = 0,42, S <sub>m</sub> = 1,74 cm, S <sub>f</sub> = 1,33 cm |         |           |        |        |
| <b>Metsämaat</b>  |         |           |        |        |
| Vakio   | 3,2     | 0,35      | 9,2    | 0,0001 |
| Keskipituus, m  | 0,048   | 0,007     | 7,2    | 0,0001 |
| log(Runkoluku, kpl/ha)  | -0,183  | 0,049     | -3,7   | 0,0007 |
| N = 40, R <sup>2</sup> = 0,61, S <sub>m</sub> = 2,21 cm, S <sub>f</sub> = 1,35 cm |         |           |        |        |

nankorkeusläpimitta oli keskimäärin 18,7 cm (s = 1,7) ja metsämailla 17,7 cm (s = 2,2 cm). Lisäksi keskiläpimitaan vaikuttivat merkittävästi puuston tiheys ja pituus (taulukko 3). Runkoluvun vähentyminen 100 kpl/ha kohotti puiden läpimittaa 1,7

mm ja vastaavasti metrin lisäys keskipituudessa merkitsi 5–8 mm:n lisäystä läpimitassa. Peltomaiden mallissa selitysaste jäi heikommaksi kuin metsämailla.

Jos kasvupaikan puuntuotoskykyä kuvaava pi-



**Kuva 4.** 30-vuotiaiden istutuskoivujen rinnankorkeusläpimitan keskiarvo ja keskihajonta (600 paksuinta/ha) maalajeittain pelto- ja metsämailla.

tuustunus jätettiin pois mallista, maalaji tuli läpimitan merkittäväksi selittäjäksi metsämailla (taulukko 2 b, kuva 4), mutta peltomailla sillä ei ollut merkitystä. Metsämaiden koivut olivat paksuimpia moreenimailla ja yli 20 % orgaanista ainesta sisältävillä kivennäismailla. Näillä maalajeilla pelto- ja metsämaan puustojen keskiläpimitat eivät poikenneet toisistaan. Sen sijaan lajittuneiden metsämaiden koivut olivat selvästi ohuempia kuin muilla tutkituilla kasvupaikoilla.

Etenkin savi- tai hiesumaiden koivut järeytyivät hitaasti metsämailla. Niitä selvästi suurempi keskiläpimitta hienojakoisilla peltomailla johtui osittain alhaisesta runkoluvusta 1 000 kpl/ha, kun tiheys muilla kasvupaikolla oli keskimäärin 1 300–1 400 kpl/ha. Pohjoisuus tai maan hienoainesosuus eivät selittäneet koivujen läpimitan vaihtelua. Metsämailla koivut olivat solakampia kuin peltomailla ja maalajeja verrattaessa hiekkamaiden puut erottuivat muita solakampina.

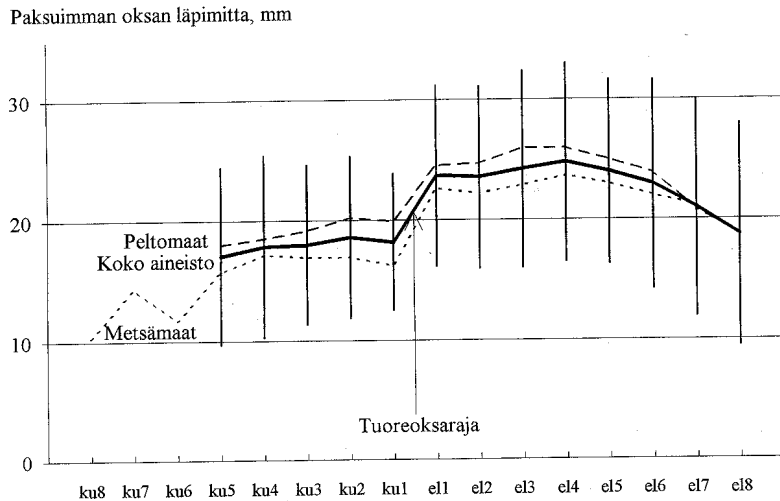
### 3.2 Oksien paksuus

Paksuimman oksan läpimitta vaihteli puun pituussuunnassa siten, että elävien oksien paksuus lisää-

tyi latvusrajalta ylöspäin keskimäärin neljän metrin matkalla. Ylempänä paksuimmat oksat olivat sitä ohuempia, mitä lähempänä latvaa ne sijaitsivat (kuva 5). Paksuimman kuivan oksan läpimitta pieneni tasaisesti kuuden metrin matkalla tuoreoksarajasta alaspäin. Oksien karsiutumisen takia kuivia oksia ei ollut lainkaan 20 %:lla koeuista ja 5–6 metriä tuoreoksarajan alapuolella oli oksia jäljellä vain joka kymmenennessä koeuissa. Paksuimman oksan läpimitan vaihtelu oli säännönmukaista lukuunottamatta latvusrajalla tapahtuvaa hyppäystä keskimäärin 18,1 mm:n paksuisesta kuivasta oksasta 23,6 mm:n paksuiseen elävään oksaan. Latvuksen leveimmän kohdan keskimääräinen korkeus 14,3 m oli aineistossa keskimäärin 5,7 m latvusrajan yläpuolella. Noin kaksi metriä alemmaa alkavat paksuimmat oksat olivat näin ollen myös puun pimpiä oksia. Istutuskoivujen oksakulma oli keskimäärin 43° ja se korreloi positiivisesti puun läpimitan ( $r = 0,23$ ,  $p = 0,0001$ ) ja latvuksen leveyden ( $r = 0,42$ ,  $p = 0,0001$ ) kanssa.

Paksuimman elävän oksan läpimitaan vaikutti puun rinnankorkeusläpimitan lisäksi merkittävästi maalaji (taulukko 4 a). Samankokoisten istutuskoivujen paksuimman elävän oksan läpimitta oli pienin moreenimailla ja suurin savi- ja hiesumilla.





**Kuva 5.** 30-vuotiaiden istutusrauduskoivujen paksuimpien oksien läpimitan keskiarvot pelto- ja metsämailla sekä koko koepuuaineiston keskiarvot ja keskihajonnat eri korkeuksilla: el1–el8 ovat metrin mitaisten rungonosien paksuimmat elävät oksat tuoreoksarajasta ylöspäin ja ku1–ku8 vastaavat kuivat oksat siitä alaspäin. Peltomailla yli 5 m latvusrajan alapuolella sijaitsevia kuivia oksia esiintyi niin harvoin, että rungon alaosassa on esitetty vain metsämaiden keskiarvot.

**Taulukko 4.** Rauduskoivun paksuimman elävän oksan (a) ja paksuimman kuivan oksan (b) läpimittojen kovarianssimallit 30-vuotiaissa istutuskoivikoissa (kuivan oksan aineistosta poistettu puut, jotka olivat karsiutuneet larvusrajaan saakka).

a) Selitettävä muuttuja: Paksuimman elävän oksan läpimitta, mm

| Vaihtelun lähde | Vapausasteita | f-arvo | p-arvo |
|-----------------|---------------|--------|--------|
| Läpimitta, cm   | kovariantti   | 252    | 0,0001 |
| Maalaji         | 5             | 2,9    | 0,0140 |

$N = 361$ ,  $R^2 = 0,44$ ,  $S_m = 8,2$  mm,  $S_f = 6,1$  mm

b) Selitettävä muuttuja: Paksuimman kuivan oksan läpimitta, mm

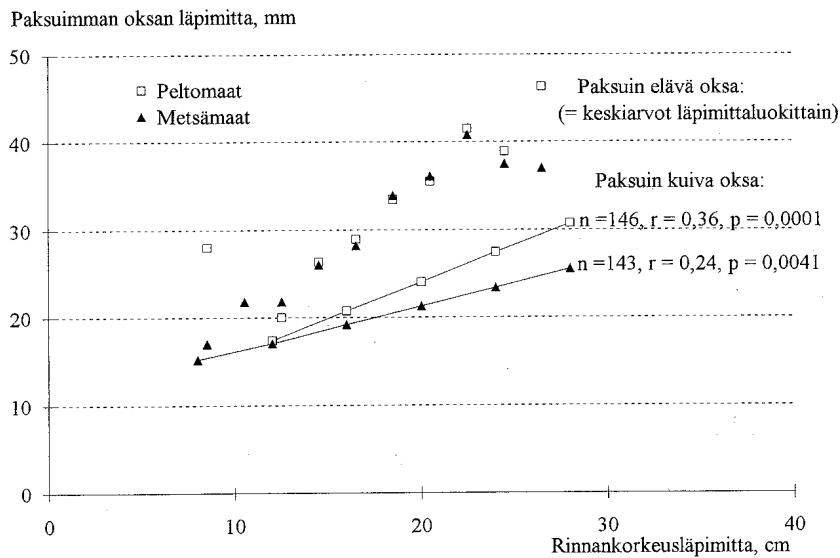
| Vaihtelun lähde                | Vapausasteita | f-arvo | p-arvo |
|--------------------------------|---------------|--------|--------|
| Läpimitta, cm                  | kovariantti   | 41,6   | 0,0001 |
| Kasvupaikka (pelto-/metsämaat) | 1             | 5,2    | 0,0240 |
| Maalaji                        | 5             | 5,3    | 0,0001 |
| Kasvupaikka × Runkoluku        | 2             | 5,7    | 0,0039 |

$N = 289$ ,  $R^2 = 0,24$ ,  $S_m = 6,9$  mm,  $S_f = 6,2$  mm

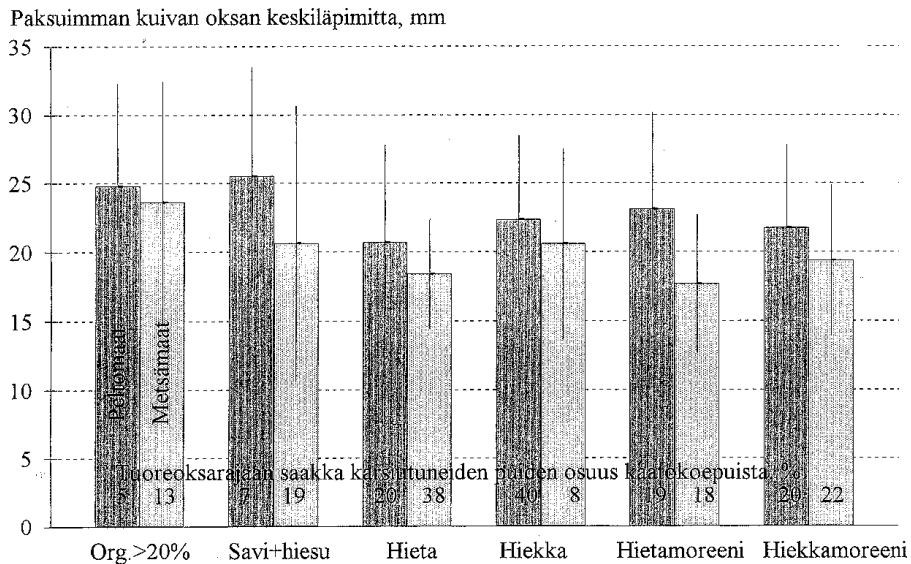
Pelto- ja metsämaiden välillä ei ollut eroa. Puuston pituudella oli myös vaikutusta elävien oksien paksuuteen, mutta se jätettiin pois mallista, koska sillä oli vaikeasti tulkittava yhdysvaikutus ja keskinäinen korrelaatio sekä maalajin että läpimitan kanssa.

Koivun paksuimman kuivan oksan läpimitta oli peltomailla keskimäärin 23,0 mm ( $s = 7,2$ ) ja metsämailla 20,0 mm ( $s = 6,9$ ). Ero oli merkitsevää. Paksuimpien elävien oksien läpimitassa näiden kasvupaikkojen ero oli pienempi; peltomailla keskimäärin 33,0 mm ( $s = 8,2$ ) ja metsämailla 30,8 mm ( $s = 8,0$ ). Puun paksuimman oksan läpimitta korreloi voimakkaasti rinnankorkeusläpimitan kanssa (kuva 6), joten puun läpimittaa käytettiin kovarianttina sekä elävän että kuolleen oksan paksuutta tarkasteltaessa. Paksuimman elävän oksan ja puun rinnankorkeusläpimitan välinen korrelaatiokerroin oli 0,64 eikä pelto- ja metsämaiden samankokoisten koivujen välillä ollut eroa.

Peltomailla paksuimman kuivan oksan läpimitta suureni puun paksuuden lisääntyessä jyrkemmin kuin metsämailla. Puun rinnankorkeusläpimitan li-



**Kuva 6.** Rungon paksuimman elävän oksan ja paksuimman kuivan oksan läpimitta puun rinnankorkeusläpimitan funktiona pelto- ja metsämaiden 30-vuotiaissa istutetuissa rauduskoivuissa.



**Kuva 7.** Eri maalajeille istutettujen, 30-vuotiaiden rauduskoivujen paksuimman kuivan oksan keskiarvot ja keskihajonnat pelto- ja metsämailla.

sääntyessä 1 cm:llä suureni oksan paksuus pelto- mailla 0,8 mm ja metsämailla 0,6 mm. Kovarianssimallissa (taulukko 4 b) myös maalaji ja puuston tiheys selittivät merkitsevästi paksuimman kuivan oksan läpimittaa. Maalajin sijasta käytettynä maan

hienoainesosuus ei ollut merkitsevä selittäjä (pelto- mailla  $p = 0,20$ , metsämailla  $p = 0,44$ ).

Kuivat oksat olivat paksuimpia yli 20 % orgaanista ainesta sisältävillä kivennäismailla sekä savi- ja hiesumaiden pelloilla (kuva 7). Ohuimpia ne

olivat sellaisilla metsämailla, joiden päälajitteena oli hieta. Suhteutettuna puun läpimittaan kuivat oksat olivat ohuimpia moreenimailla ja lajittuneilla hietamailla, joilla paksuimman oksan läpimitta oli keskimäärin 10,7 % rinnankorkeusläpimitasta. Savi- ja hiesumailla vastaava osuus oli 13,4 %. Puuston tiheyden kohoaminen alensi samankokoisten koivujen kuivien oksien paksuutta metsämailla, mutta peltomailla sillä ei ollut vaikutusta.

Paksuimman kuivan oksan analysointia vaikeutti se, ettei sitä mitattu lainkaan tuoreoksarajaan saakka karsiutuneista puista (= 20 % runkoluvusta). Jos kuivan oksan läpimittana käytettiin näissä tapauksissa arvoa 0, pysyivät samat muuttujat merkitsevinä selittäjinä kovarianssimallissa kuin edelläkin eikä selityksaste muuttunut. Menettely oli kuitenkin kyseenalainen, koska jakaumat poikkesivat normaali-jakaumasta 0-havaintojen takia. Tuoreoksarajaan saakka karsiutuneita puita oli metsämailla enemmän kuin peltomailla lukuunottamatta hiekkamaita ja hiekkamoreenimaita (kuva 7). Ohutuksaisuuden ja karsiutumisen välillä oli havaittavissa selvä yhteys.

### 3.3 Latvusrajat

Tuoreoksaraja oli keskimäärin 8,0 m:n ja kuivaoksaraja 4,9 m:n korkeudella. Lehvästön alarajaan perustuva vihreän latvuksen raja oli keskimäärin 1,3 m ylempänä kuin alimman elävän oksan korkeuteen perustuva tuoreoksaraja (taulukko 5). Aikaisemmista tutkimuksista tiedetään, että koivikon tiheys vaikuttaa sekä elävän latvuksen alarajan että kuivaoksarajan korkeuteen (Cameron ym. 1995, Niemistö 1995a). Puuston tiheyttä käytettiin kovarianttina latvusosuutta ja kuivaoksarajaa tarkasteltaessa. Tässä aineistossa puuston runkoluvun korrelaatiokerroin oli latvusosuuden kanssa  $-0,46$  ( $p = 0,0001$ ) ja kuivaoksarajan kanssa  $0,39$  ( $p = 0,0005$ ).

Tutkituista muuttujista ainostaan puuston tiheys ja pituus vaikuttivat koivun tuoreoksarajan korkeuteen. Pelt- ja metsämaat eivät eronneet toisistaan ja maalajien väliset erot johtuivat niiden välisestä puuston pituusvaihtelusta siten, että elävän latvuksen osuus oli keskimäärin 60 % lähes kaikilla maalajeilla (kuva 8). Näin ollen elävän latvuksen osuuteen vaikutti merkittävästi vain puuston tiheys (latvusosuus-% =  $68,5 - ,008 \times$  runkoluku, kpl/ha). Se-

**Taulukko 5.** 30-vuotiaiden istutuskoivujen pituuden ja eri tavoin määritettyjen latvusrajojen metsiköittäiset keskiarvot ja keskihajonnat pelt- ja metsämailla (600 paksuinta puuta/ha).

|                              | Peltomaat |     | Metsämaat |     | Koko aineisto |     |
|------------------------------|-----------|-----|-----------|-----|---------------|-----|
|                              | $\bar{x}$ | s   | $\bar{x}$ | s   | $\bar{x}$     | s   |
| Keskipituus, m               | 19,8      | 1,6 | 19,5      | 2,0 | 19,6          | 1,9 |
| Vihreän latvuksen alaraja, m | 9,3       | 1,8 | 9,2       | 1,6 | 9,3           | 1,7 |
| Tuoreoksaraja, m             | 8,1       | 1,5 | 7,9       | 1,5 | 8,0           | 1,5 |
| Latvusosuus, %               | 59,0      | 6,3 | 59,3      | 6,2 | 59,2          | 6,2 |
| Kuivaoksaraja, m             | 5,0       | 1,6 | 4,9       | 2,1 | 4,9           | 1,9 |

**Taulukko 6.** Istutuskoivujen kuivaoksarajan korkeuden kovarianssimalli 30-vuotiaissa istutuskoivikoissa. Selitettävä muuttuja: Kuivaoksarajan korkeus maan pinnasta, m.

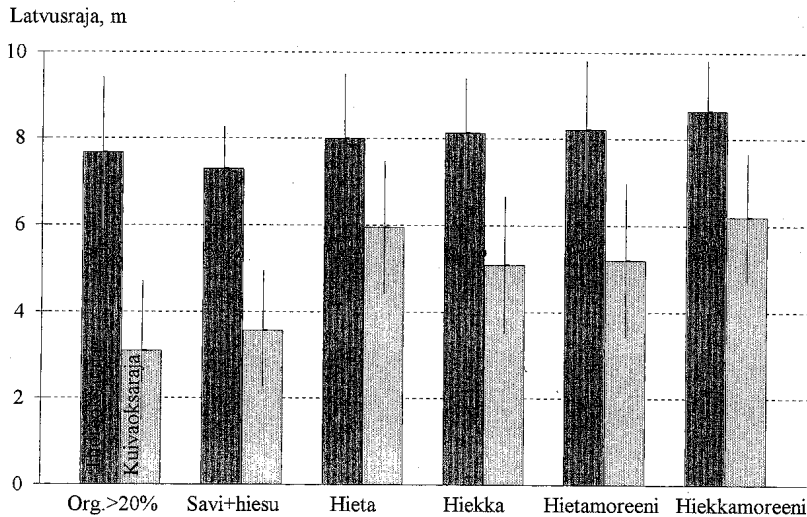
| Vaihtelun lähde   | Vapausasteita | f-arvo | p-arvo |
|-------------------|---------------|--------|--------|
| Runkoluku, kpl/ha | kovariantti   | 19,7   | 0,0001 |
| Keskipituus, m    | kovariantti   | 19,7   | 0,0001 |
| Maalaji           | 5             | 4,7    | 0,0011 |

$N = 74$ ,  $R^2 = 0,59$ ,  $S_m = 1,9$  m,  $S_f = 1,2$  m

lityksaste oli alhainen, 21 %, koska tiheysmuuttujana on käytetty puuston keskimääräistä runkolukua ikävuosina 11–22 v eikä sen jälkeisiä harvennuksia otettu huomioon. Koko koepuuaineistossa latvusosuus korreloi positiivisesti puun rinnankorkeusläpimitan ( $r = 0,30$ ) ja paksuimman elävän oksan läpimitan ( $r = 0,34$ ) kanssa.

Kuivaoksarajan korkeus kohosi puuston tiheyden ja keskipituuden lisääntyessä ja maan hienoainesosuuden laskiessa (taulukko 6, kuva 8). Pelt- ja metsämaiden välillä ei ollut eroa. Selittävien muuttujien välillä ei esiintynyt yhdysvaikutusta. Keskimäärin kuivaoksaraja oli alimpana runsaasti orgaanista ainesta sisältävillä mailla (3,1 m) sekä savi- ja hiesumailla (3,6 m) ja ylimpänä hietamaila (5,9 m) ja hiekkamoreenimailla (6,2 m).

Koepuuaineistossa ( $n = 291$ ) kuivaoksarajan ja paksuimman kuivan oksan läpimitan välillä oli lie-



**Kuva 8.** Eri maalajeille istutettujen 30-vuotiaiden rauduskoivujen tuoreoksarajan ja kuivaoksarajan keskiarvot ja keskihajonnat (%-luku = latvusosuuden keskiarvo).

vä negatiivinen riippuvuus ( $r = -0,20$ ,  $p = 0,0006$ ). Sen sijaan puun rinnankorkeusläpimitan ja kuivaoksarajan välillä oli lievästi positiivinen korrelaatio ( $r = 0,14$ ,  $p = 0,017$ ), mikä saattoi selittää sen, että peltomaiden koivujen paksimmat oksat olivat karsiutuneet samalle korkeudelle kuin ohuimmat oksat metsämailla.

### 3.4 Rungon kapeneminen

Istutuskoivujen kapeneminen oli kaatokoepuilla keskimäärin 29,6 mm. Rungon kapeneminen oli paksuilla puilla suurempaa kuin ohuemmilla (kuva 9), joten puun läpimittaa käytettiin kovarianttina kapenemista tarkasteltaessa. Peltomailla kapeneminen oli keskimäärin 30,6 mm ( $s = 8,9$ ) ja metsämailla 28,8 ( $s = 8,3$ ) mm. Kasvupaikalla ja puun läpimitalla oli yhdysvaikutusta siten, että läpimitan lisääntyessä kapeneminen voimistui enemmän peltomailla kuin metsämailla. Kapeneminen pelto- ja metsämailla oli suurin piirtein yhtä suurta 16–18 cm:n läpimittaisilla puilla (kuva 9).

Puuston alhainen kasvatustiheys lisäsi koivujen paksuuskasvua ja samalla myös niiden kapenemista. Rinnankorkeudelta samanpaksuisten puiden kape-

**Taulukko 7.** a) Rungon kapenemisen ( $d_{1,3}-d_{6,0}$ ) kovarianssimalli pelto- ja metsämaiden istutuskoivikoissa, b) Kapenemista selittävä regressiomalli peltomaiden koivikoissa

a) Selitettävä muuttuja: Rungon kapeneminen, mm

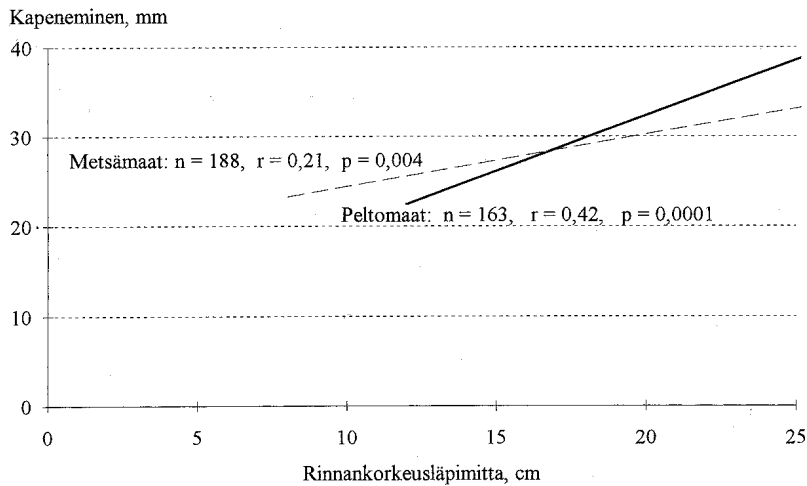
| Vaihtelun lähde       | Vapausasteita | f-arvo | p-arvo |
|-----------------------|---------------|--------|--------|
| Läpimitta             | kovariantti   | 37,4   | 0,0001 |
| Runkoluku, kpl/ha     | kovariantti   | 17,3   | 0,0001 |
| Maalaji               | 5             | 4,1    | 0,0005 |
| Kasvupaikka × Maalaji | 6             | 2,2    | 0,037  |

$N = 353$ ,  $R^2 = 0,25$ ,  $S_m = 8,6$  mm,  $S_f = 7,5$  mm

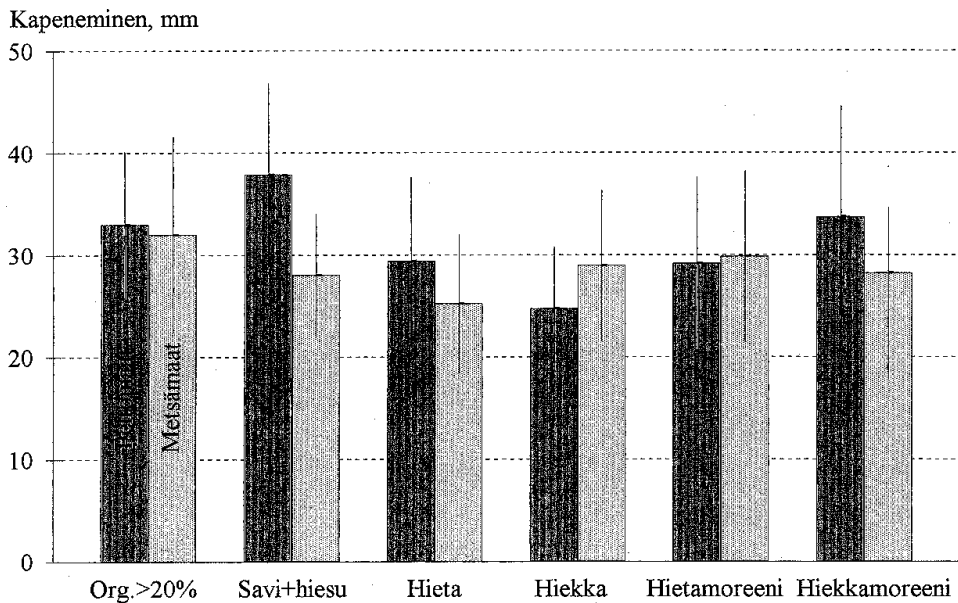
b) Selitettävä muuttuja peltomailla: Rungon kapeneminen, mm

| Selittävä muuttuja           | Kerroin | Keskivirhe | t-arvo | p-arvo |
|------------------------------|---------|------------|--------|--------|
| Vakio                        | 9,55    | 5,9        | 1,6    | 0,107  |
| (Läpimitta, cm) <sup>2</sup> | 0,034   | 0,006      | 5,8    | 0,0001 |
| Runkoluku, kpl/ha            | -0,005  | 0,002      | -2,9   | 0,0049 |
| log (Hienoaines-%)           | 4,28    | 1,22       | 3,5    | 0,0006 |

$N = 141$ ,  $R^2 = 0,33$ ,  $S_m = 8,8$ ,  $S_f = 7,4$



**Kuva 9.** 30-vuotiaiden istutettujen rauduskoivujen kapeneminen puun rinnankorkeusläpimitan funktiona pelto- ja metsämailla.



**Kuva 10.** Eri maalajeille istutettujen, 30-vuotiaiden rauduskoivujen kapenemisen keskiarvot ja keskihajonnat pelto- ja metsämailla.

neminen oli harvapuustoisissa koivikoissa voimakkaampaa kuin tiheissä, joten runkoluvun vaikutus ei selity yksin läpimitan avulla. Puuston tiheys ja läpimitta olivatkin kovarianssimallissa parhaat kapenemisen selittäjät (taulukko 7 a). Puiden pituutta ei mallissa käytetty, koska yhdessä läpimitan kanssa se

selittää runkomuodon vaihtelua siten, että kasvupaikan ja tiheyden vaikutukset osittain peittyvät.

Myös maalajilla oli merkittävä vaikutusta koivujen kapenemiseen (kuva 10), mutta peltomailla esiintynyt suurempi vaihtelu vaikeutti tulosten tulkintaa. Kapeneminen oli vähäisintä lajittuneilla

maalajeilla lukuunottamatta savi- ja hiesupeltoja, joissa se oli suurempaa kuin millään muulla tutkitulla kasvupaikalla. Hienoainesosuuden lisääntyessä puiden kapenemien voimistui etenkin peltoilla. Peltomaille tehdyssä regressiomallissa maan hienoainesosuus olikin merkitsevä selittäjä (taulukko 7 b) läpimitan ja puuston tiheyden rinnalla, mutta mallin selitysaste on vain 33 %. Metsämailla hienoainesosuus ei vaikuttanut lainkaan kapenemiseen.

Järjestetyissä kokeissa on havaittu voimakas korrelaatio koivun kapenemisen ja oksien paksuuden välillä (Niemistö 1995a). Tässä tutkimuksessa vastaava riippuvuus oli vähäinen: kapenemisen korrelaatiokerroin paksuimman elävän oksan läpimitan kanssa oli 0,15 ( $p = 0,006$ ) ja paksuimman kuivan oksan läpimitan kanssa 0,14 ( $p = 0,016$ ).

### 3.5 Runkojen vikaisuus

#### 3.5.1 Virheettömät rauduskoivut

Runkoja, joissa ei ollut lainkaan pinta- tai runkumuotovikoja oli keskimäärin 181 kappaletta 600 paksuimman istutuskoivun joukossa hehtaarilla. Peltomailla niitä oli 135 kpl/ha ja metsämailla 220

**Taulukko 8.** Ulkoisten vikojen osalta virheettömien runkojen lukumäärän kovarianssimalli 30-vuotiaissa istutuskoivikoissa (600 paksuinta puuta/ha). Selitettävä muuttaja: log(Virheettömät, kpl /ha).

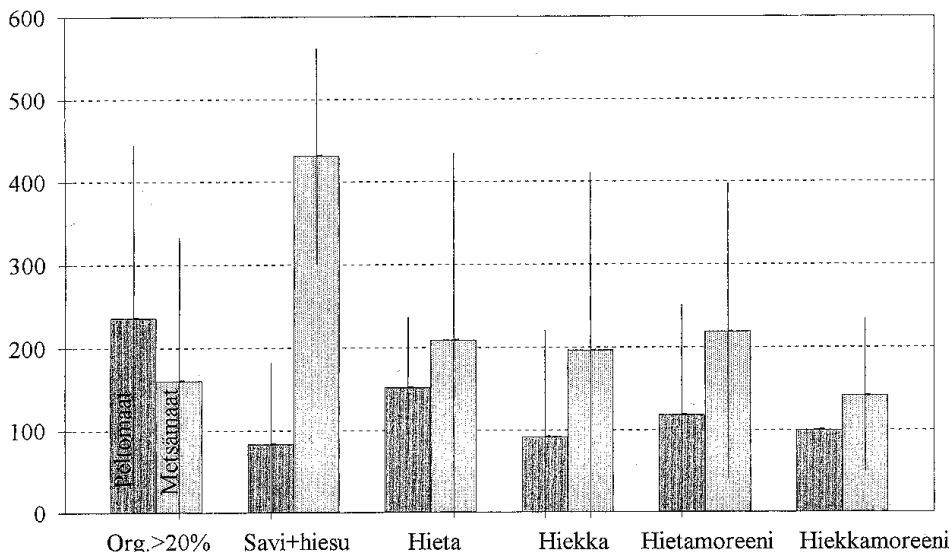
| Vaihtelun lähde                | Vapausasteita | f-arvo | p-arvo |
|--------------------------------|---------------|--------|--------|
| Kasvupaikka (pelto-/metsämaat) | 1             | 5,9    | 0,019  |
| Maalaji                        | 5             | 2,5    | 0,042  |
| Keskipituus, m                 | kovariantti   | 3,4    | 0,071  |

$N = 61$ ,  $R^2 = 0,25$ ,  $S_m = 0,79$ ,  $S_f = 0,70$

kpl/ha ja ero oli tilastollisesti merkitsevä ( $n = 74$ ,  $p = 0,03$ ). Virheettömien runkojen lukumäärä ei jakautunut normaalisti, mutta pieniin arvoihin painottuva jakauma normalisoitui logaritmuunnoksen avulla. Kovarianssimallissa virheettömien runkojen lukumäärän selittäjiksi tulivat kasvupaikka (pelto-/metsämaat), maalaji ja puuston keskipituus (taulukko 8, kuva 11). Vähiten vikaisuutta esiintyi hienojakoisilla metsämailla ja yli 20 % orgaanista ainesta sisältävillä peltomailla.

Erikseen pelto- ja metsämailla tehty regressioanalyysi osoitti, että maan hienoainesosuuden li-

Virheettömien runkojen lukumäärä / 600 paksuinta/ha



**Kuva 11.** Ulkoisten vikojen osalta virheettömien runkojen lukumäärän keskiarvot ja keskihajonnat eri maalajeille istutetuissa rauduskoivikoissa pelto- ja metsämailla.

**Taulukko 9.** Vikaisen puiden lukumäärien keskiarvot pahimman runkomuotovian perusteella luokiteltuna pelto- ja metsämailla, tarkastelussa mukana 600 paksuinta istutuskoivua hehtaarilla.

| Runkomuotovika                              | Peltomaat |      | Metsämaat |      | Koko aineisto |      |
|---|-----------|------|-----------|------|---------------|------|
|   | kpl/ha    | %    | kpl/ha    | %    | kpl/ha        | %    |
| Haara                                       | 15        | 2,5  | 11        | 1,8  | 13            | 2,1  |
| Pystyoksa                                   | 57        | 9,4  | 64        | 10,7 | 61            | 10,1 |
| Keskimutka                                  | 67        | 11,2 | 45        | 7,6  | 55            | 9,2  |
| Monivääryys                                 | 165       | 27,5 | 124       | 20,7 | 143           | 23,8 |
| Latvakasv. häiriöön liittyvät viat yhteensä | 304       | 50,7 | 245       | 40,8 | 271           | 45,2 |
| Tyvimutka                                   | 97        | 16,2 | 73        | 12,2 | 84            | 14,0 |
| Tasainen lenkous                            | 28        | 6,4  | 24        | 4,0  | 26            | 4,3  |
| Puun kallistumiseen liittyvät viat yhteensä | 125       | 20,8 | 97        | 16,2 | 110           | 18,3 |
| Yli 6 cm paksu oksa                         | 1         | 0,2  | 3         | 0,5  | 2             | 0,3  |
| Paksujen oksien ryhmä                       | 4         | 0,7  | 3         | 0,6  | 4             | 0,7  |
| Oksiin liittyvät viat yhteensä              | 5         | 0,9  | 6         | 1,0  | 6             | 1,0  |
| Kaikki runkomuotovikaiset puut              | 434       | 72,3 | 348       | 58,0 | 387           | 64,5 |
| Muodoltaan virheettömät puut                | 166       | 27,7 | 252       | 42,0 | 213           | 35,5 |

sääntyminen vähensi vikaisuuden määrää ainostaan metsämailla. Peltomailla maalaji ja puuston pituus eivät vaikuttaneet runkojen vikaisuuteen. Puuston kasvatustiheydellä ei ollut vaikutusta virheettömien runkojen lukumäärään.

Metsämailla havaittua maalajin ja puuston keskipituuden vaikutusta vikaisuuteen tutkittiin tarkemmin. Hiesu- ja savimaiden koivuissa vikoja oli vähiten ja hiekkamoreenimailla eniten (kuva 11). Muut kasvupaikat eivät eronneet merkittävästi toisistaan. Virheettömien runkojen lukumäärän kohoaminen oli samansuuntaista eri maalajeilla puuston keskipituuden lisääntyessä. Tulos saattoi johtua siitä, että vikaisuus lisääntyi boniteettin alentuessa tai vikojen syynä olivatkin latvakasvaimen häiriöt, jotka samalla hidastivat pituuskasvua.

### 3.5.2 Runkomuotoviat

Runkomuotoviat kirjattiin kunkin rungon pahimman vian perusteella. Yleisimpiä rungon muotoa heikentäviä vikoja olivat erilaiset mutkat (taulukko

9). Yksittäisen runkomuotovian ulottuvuus puun pystysuunnassa oli lenkoutta lukuunottamatta keskimäärin 211 cm. Pelto- ja metsämaiden välillä ei ollut tässä suhteessa merkitsevää eroa.

Samassa puussa voi esiintyä useampi kuin yksi runkomuotovika, joten kasvupaikkatekijöiden ja puuston tiheyden vaikutusta tutkittaessa selitettäväksi muuttujaksi valittiin niiden puiden lukumäärä, joissa näitä vikoja ei esiintynyt lainkaan. Toinen syy muuttujan valintaan oli se, että logaritmi-muunnoksella sen jakauma saatiin lineaaristen mallien kannalta riittävän lähelle normaalijakaumaa. Kaiken kaikkiaan runkomuotovikoja oli metsämailla merkittävästi vähemmän (348 kpl/ha) kuin pelto- mailla (434 kpl/ha) ( $p = 0,030$ , taulukko 9) lukuunottamatta pystyoksia, jotka olivat metsämailla vähän yleisempiä.

Selvästi suurin osa koivun ulkoisista vioista oli runkomuotovikoja, joten niiden suhteen virheettömien runkojen lukumäärän riippuvuudet eri metsikkötekijöistä olivat hyvin samantapaisia kuin edellä todettiin kokonaan virheettömien runkojen määräästä. Maan hienoainesosuus oli merkitsevä ja puus-

**Taulukko 10.** Runkomuotovikojen osalta virheettömien runkojen lukumäärää selittävät regressiomallit pelto- ja metsämaiden 30-vuotiaissa istutuskoivikoissa (600 paksuinta puuta/ha). Selitettävä muuttuja:  $\log(\text{Virheettömät, kpl/ha})$ .

| Selittävä muuttuja  | Kerroin | Keskivirhe | t-arvo | p-arvo |
|---|---------|------------|--------|--------|
| <b>Peltomaat</b>  |         |            |        |        |
| Vakio   | 3,77    | 2,2        | 1,8    | 0,085  |
| $\log(\text{Hienoaines-%})$   | 0,372   | 0,248      | 1,5    | 0,148  |
| Keskipituus, m  | 0,004   | 0,083      | -0,048 | 0,962  |
| N = 27, R <sup>2</sup> = 0,10, S <sub>m</sub> = 0,66, S <sub>f</sub> = 0,62 |         |            |        |        |
| <b>Metsämaat</b>  |         |            |        |        |
| Vakio   | 1,96    | 1,25       | 1,56   | 0,129  |
| $\log(\text{Hienoaines-%})$   | 0,427   | 0,166      | 2,57   | 0,015  |
| Keskipituus, m  | 0,104   | 0,057      | 1,83   | 0,078  |
| N = 33, R <sup>2</sup> = 0,25, S <sub>m</sub> = 0,70, S <sub>f</sub> = 0,63 |         |            |        |        |

ton keskipituus suuntaa antava selittäjä metsämailla, mutta peltomailla ne eivät selittäneet koivujen vikaisuutta (taulukko 10).

Lenkous ja tyvimutkat johtuvat usein puun kallistumisesta (Huuri 1976, Valtanen 1988) ja muiden runkomuotovikojen todennäköinen syy on latvakasvaimen kehityksen häiriö tai latvan vaurioituminen (Heikkilä ym. 1993). Peltomailla jälkimmäisiä

runkovikoja oli keskimäärin 293 koivussa ja metsämailla 238 koivussa hehtaarilla (taulukko 9). Ero oli merkitsevä ( $\chi^2$ -arvo = 11,5, p = 0,001), mutta maalajeittain tarkasteltuna latvakasvaimen häiriöihin liittyviä vikoja oli peltomailla merkitsevästi enemmän vain savi- ja hiesumailla (taulukko 11). Hiekkamailla vastaava ero oli suuntaa antava (p = 0,064). Haaroja ja pystyoksia oli runsaasti metsämailla, joilla orgaanisen aineksen osuus ylitti 20 %, mutta näissä metsiköissä oli vastaavasti vähemmän runkomutkia. Tyvimutkien ja lenkojen määrässä ei ollut eroa pelto- ja metsämaiden välillä lukuunottamatta niiden runsautta metsämaan hiekkamoreeneilla.

Maalajien erot olivat merkitseviä kaikkien tarkasteltujen runkovikaryhmien välillä (taulukko 11). Metsämailla maalajien väliset erot olivat selkeämpiä kuin peltomailla, joilla etenkin mutkaisuuden erot olivat pieniä. Haaraisuuden tai mutkaisuuden suhteen muita kasvupaikkoja edullisempia olivat metsämaiden savi- ja hiesumaat sekä molempien kasvupaikkojen hietamaat.

Taulukossa 9 lenkous on otettu huomioon vain silloin kun se oli rungon pahin vika, vaikka se mitattiin aina silloin, kun lenkoutta oli vähintään 2 cm rungon pinnalta mitattuna. Koko aineistossa lenkoja runkoja oli keskimäärin 6,4 prosenttia 600 paksuimmasta istutuskoivusta hehtaarilla. Pelto- ja metsämaiden välillä ei ollut eroa. Keskimääräinen lenkous 4 metrin tyvipölkkyssä oli 7,3 cm. Lenkoutta ja tyvimutkia esiintyi muita runsaammin lajittu-

**Taulukko 11.** Eri tavoin runkomuotovikaisten puiden osuudet maalajeittain pelto- ja metsämaiden 30-vuotiaissa istutuskoivikoissa. 2-testisuureen arvot on laskettu sekä sarakkeittain (= maalajien erot) että riveittäin (= pelto- ja metsämaiden erot).

| Maalaji             | Lengot + tyvimutkat |        |          | Haarat + pystyoksat |        |          | Runkomutkat |        |          |
|---------------------|---------------------|--------|----------|---------------------|--------|----------|-------------|--------|----------|
|                     | Pellot              | Metsät | $\chi^2$ | Pellot              | Metsät | $\chi^2$ | Pellot      | Metsät | $\chi^2$ |
| Org. > 20 %         | 5,1                 | 1,2    | 2,1      | 22,5                | 37,7   | 5,1*     | 26,6        | 11,8   | 5,9*     |
| Savi + Hiesu        | 2,9                 | 0      | 2,3      | 18,6                | 11,1   | 1,7      | 40,0        | 3,7    | 30***    |
| Hieta               | 13,8                | 8,5    | 1,3      | 4,1                 | 2,4    | 0,4      | 34,2        | 30,5   | 0,3      |
| Hiekka              | 4,4                 | 5,2    | 0,0      | 13,3                | 14,3   | 0,9      | 46,7        | 32,5   | 3,1'     |
| Hietamoreeni        | 5,3                 | 4,0    | 0,4      | 10,6                | 7,4    | 1,2      | 39,8        | 33,7   | 1,6      |
| Hiekkamoreeni       | 3,3                 | 17,8   | 3,9*     | 6,7                 | 5,6    | 0,0      | 53,3        | 41,1   | 0,2      |
| Yhteensä            | 6,6                 | 6,1    | 0,1      | 11,7                | 12,3   | 0,1      | 38,1        | 27,9   | 15***    |
| $\chi^2$ (maalajit) | 14*                 | 36***  |          | 19**                | 67***  |          | 10'         | 49***  |          |

Erojen merkitsevyyssastot: ' = alle 10 %, \* = alle 5 %, \*\* = alle 0,5 % ja \*\*\* = alle 0,05 %



**Taulukko 12.** Vikaisten puiden osuudet tiheissä, yli 1000 puuta sisältäneissä istutuskoivikoissa erikseen 600 paksuimmalle (= Paksut) ja 400–600 seuraavaksi paksuimmalle koivulle (= Ohuet).

|                                      | Peltomaat |       | Metsämaat |       | Koko aineisto |       |
|--------------------------------------|-----------|-------|-----------|-------|---------------|-------|
|                                      | Paksut    | Ohuet | Paksut    | Ohuet | Paksut        | Ohuet |
|                                      | %         |       |           |       |               |       |
| <b>Pahin runkomuotovika puussa</b>   |           |       |           |       |               |       |
| Haara                                | 6,3       | 2,1   | 0,9       | 0,0   | 4,0           | 1,2   |
| Pystyoksa                            | 9,0       | 4,9   | 0,9       | 2,8   | 5,6           | 4,0   |
| Keskimutka                           | 15,3      | 5,6   | 11,1      | 1,9   | 13,5          | 4,0   |
| Monivääryys                          | 29,8      | 36,8  | 41,7      | 51,0  | 35,0          | 42,8  |
| Tyvimutka                            | 11,8      | 18,7  | 13,0      | 16,7  | 12,3          | 17,8  |
| Tasainen lenkous                     | 1,4       | 0,7   | 5,6       | 1,9   | 3,2           | 1,2   |
| Oksaryhmät                           | 0,0       | 0,0   | 0,9       | 0,0   | 0,4           | 0,0   |
| Runkomuotovikaiset puut yhteensä (%) | 73,6      | 68,7  | 74,1      | 74,2  | 73,9          | 71,0  |
| <b>Pahin pintavika puussa</b>        |           |       |           |       |               |       |
| Umpikoro                             | 3,5       | 1,4   | 3,7       | 0,0   | 3,6           | 0,8   |
| Avokoro                              | 2,8       | 3,5   | 6,5       | 0,9   | 4,4           | 2,4   |
| Halkeama                             | 4,2       | 2,1   | 0,0       | 0,9   | 2,4           | 1,6   |
| Tuoheama                             | 1,4       | 0,0   | 0,0       | 0,0   | 0,8           | 0,0   |
| Pahka                                | 1,4       | 0,0   | 0,9       | 0,0   | 1,2           | 0,0   |
| Pintavikaiset puut yhteensä          | 13,2      | 6,9   | 11,1      | 1,9   | 12,3          | 4,8   |

neilla hietamailla ja metsämaan hiekkamoreeneilla. Maan hienoainesosuuden kohoaminen vähensi lenkoutta ja tyvimutkia sekä metsämailla myös muun tyyppisiä runkomuotovikoja. Peltomailla haaraisuus lisääntyi hienoainesosuuden kohotessa.

Nuoruusvaiheessa tavallista harvempana (alle 1 300 kpl/ha) kasvaneissa koivikoissa esiintyi keskimääräistä enemmän lenkoutta tai tyvimutkia ja metsämailla myös haaroja. Aineiston keskipituuden (19,5 m) ylittäneissä koivikoissa esiintyi lenkoutta ja tyvimutkia keskimääräistä enemmän, mutta metsämailla niissä oli muita runkomuotovikoja keskimääräistä vähemmän. Peltomailla haaraisuuden ja mutkaisuuden vaihtelua eivät selittäneet mitkään tässä tutkimuksessa käytetyt muuttujat.

Koivikoissa, joista oli taimivaiheessa raportoitu hirvi- tai myyrätuhoja (22 metsikköä), esiintyi tyvimutkaisuutta tai lenkoutta keskimäärin 114 koivussa ja muissa metsiköissä vastaavasti 92 koivus-

sa hehtaarilla. Eläintuhoja oli raportoitu yhtä paljon aineiston pelto- ja metsämailla.

Peltomaiden tiheissä koivikoissa esiintyi runkomuotovikoja 600 paksuimmassa puussa vähän enemmän kuin 400–600 seuraavaksi paksuimmassa puussa (taulukko 12). Metsämailla ei vastaavaa eroa havaittu. Runkojen monivääryys oli yleisin vikatyyppejä ja eniten sitä esiintyi metsämaiden ohuissa puissa (69 % runkomuotovioista). Myös toiseksi yleisintä vikatyyppejä, tyvimutkaa, esiintyi tiheiden koivikoiden ohuissa puissa enemmän kuin 600 paksuimmassa koivussa. Sen sijaan keskimutkia ja haaroja esiintyi enemmän paksuissa puissa kuin ohuissa.

### 3.5.3 Pintaviat

Pintavian pituudeksi arvioitiin keskimäärin 93 cm. Peltomailla pintavian ulottuvuus oli keskimäärin 99 cm ja metsämailla 88 cm. Ero ei ollut tilastollisesti merkitsevä. Pintavikoja oli keskimäärin 67 koivussa hehtaarilla. Lukumäärän jakauma painotui pieniin arvoihin ja 0-havaintoja oli niin runsaasti, ettei normaalijakaumaa edellyttävien tilastollisten mallien käyttö ollut mahdollista. Pintavikojen esiintymistä tutkittiin  $\chi^2$ -testillä luokitellussa aineistossa. Puuston runkoluvun perusteella aineisto jaettiin kahteen yhtäsuureen luokkaan (alle ja yli 1 300 kpl/ha) ja keskipituuden perusteella samoin alle ja yli 19,5 metrin luokkiin.

Peltomailla pintavikoja oli enemmän kuin metsämailla ( $\chi^2 = 8,5$ ,  $p = 0,004$ ) (taulukko 13). Maalajien välillä ei ollut merkitsevää eroa, ja pelto- ja metsämaiden välinen ero oli merkitsevä vain sellaisilla maalajeilla, jotka sisälsivät hienoja lajitteita (savi+hiesu:  $p = 0,027$ , hietamoreeni:  $p = 0,016$  ja hiekkamoreeni:  $p = 0,072$ ). Peltomaiden harvapuutoisissa koivikoissa pintavikaisia puita oli vähän enemmän (16 %) kuin vastaavissa tiheämmissä metsiköissä (11 %), mutta ero oli tilastollisesti korkeintaan suuntaa antava ( $p = 0,09$ ). Puuston keskipituudella ei ollut vaikutusta pintavikojen esiintymiseen.

Yleisimpiä pintavikoja olivat erilaiset korot, joita oli 600 paksuimmassa istutuskoivussa hehtaarilla keskimäärin 50 puussa peltomailla ja 32 puussa metsämailla ( $\chi^2 = 4,4$ ,  $p = 0,037$ ). Maalajilla, puuston pituudella tai tiheydellä ei ollut vaikutusta ko-

**Taulukko 13.** Pintavikaisten puiden lukumäärien keskiarvot rungon pahimman pintavian perusteella luokiteltuna pelto- ja metsämaiden istutuskoivikoissa (600 paksuinta puuta /ha).

| Pintaviat                       | Peltomaat |      | Metsämaat |      | Yhteensä |      |
|---------------------------------|-----------|------|-----------|------|----------|------|
|                                 | kpl/ha    | %    | kpl/ha    | %    | kpl/ha   | %    |
| Umpikoro                        | 31        | 5,2  | 18        | 3,0  | 24       | 4,0  |
| Avokoro                         | 19        | 3,2  | 14        | 2,4  | 16       | 2,8  |
| Halkeama                        | 16        | 2,7  | 10        | 1,6  | 13       | 2,1  |
| Tuoheama                        | 6         | 1,1  | 0         | 0    | 3        | 0,5  |
| Pahka tai paisuma               | 8         | 1,3  | 8         | 1,3  | 8        | 1,3  |
| Muu pintavika                   | 4         | 0,7  | 3         | 0,4  | 3        | 0,6  |
| Pintavikaisia runkoja yhteensä  | 84        | 14,1 | 53        | 8,7  | 67       | 11,2 |
| Pinnaltaan virheettömiä runkoja | 516       | 85,9 | 547       | 91,3 | 533      | 88,8 |

roisuuteen. Koroja esiintyi kuitenkin eniten, 333 kpl/ha, tutkimusaineiston ainoalla savipellolla mutta hiesumailla niitä ei ollut lainkaan.

Halkeamia esiintyi keskimäärin vain 13 puussa hehtaarilla. Pelto- ja metsämaiden ero ei ollut merkitsevä. Keskimääräistä harvempana kasvatetuissa koivikoissa halkeamia oli vähän enemmän kuin tiheimmissä ( $\chi^2 = 3,3$ ,  $p = 0,068$ ), mutta ero oli tilastollisesti vain suuntaa antava. Puuston pituudella tai paksuudella ei ollut vaikutusta halkeamien määrään. Muita pintavikoja esiintyi vikatyypeittäin niin vähän, etteivät testit olleet niiden osalta luotettavia. Rungon ulkopuolelta havaittavia lahovikoja havaittiin peltomailla keskimäärin 26 puusta ja metsämailla 15 puusta hehtaarilla ( $\chi^2 = 3,4$ ,  $p = 0,065$ ).

Tiheissä koivikoissa pintaviat olivat yleisempiä 600 paksuimmassa puussa (74 kpl/ha) kuin niitä ohuemmassa puustossa, jossa lukumäärä oli 29 kpl/ha (taulukko 12). Tästä poiketen avokoroja oli peltomailla ohuemmissa puissa hieman useammin kuin paksuimmassa puussa.

### 3.5.4 Tyveykset ja välileikot

Tyveyksien yhteenlaskettu pituus 600 paksuimmassa rauduskoivussa hehtaarilla oli peltomailla keskimäärin 354 m ja metsämailla 227 m ( $p = 0,14$ )

(taulukko 14). Leikkojen vastaava määrä oli peltomailla keskimäärin 156 m/ha ja metsämailla 127 m/ha. Taimivaiheessa hirvi-, jänis- tai myyrätuhoista kärsineissä koivikoissa tyveysten yhteispituus oli keskimäärin 383 m/ha ja eläintuhoilta säästyneissä 244 m/ha ( $p = 0,14$ ). Erot eivät olleet tilastollisesti merkitseviä.

Tyveysten lukumäärä oli myös suurempi peltomailla kuin metsämailla ( $\chi^2 = 7,4$ ,  $p = 0,007$ ) ja ero oli havaittavissa lajittuneilla savi-, hiesu- ja hietamailla sekä hiekkamoreeneilla. Leikkojen määrässä oli samansuuntainen ero pelto- ja metsämaiden välillä ( $\chi^2 = 7,4$ ,  $p = 0,04$ ). Maalajien välillä ei ollut merkitseviä eroja tyveysten lukumäärässä, mutta leikkoja oli eniten hienojakoisilla ja runsaasti orgaanista ainesta sisältävillä mailla. Maan hienoainesosuudella ja puuston pituudella ei ollut vaikutusta tyveysten tai leikkojen määrään. Puuston tiheyden kasvaessa vähenivät tyveykset ( $\chi^2 = 6,5$ ,  $p = 0,011$ ) ja leikot ( $\chi^2 = 16$ ,  $p = 0,000$ ) metsämailla, mutta eivät peltomailla. Koivuja, joista ei olisi tehty lainkaan tyveykiä tai leikkoja, oli peltomailla keskimäärin 332 kpl/ha ja metsämailla 388 kpl/ha.

**Taulukko 14.** 30-vuotiaista istutuskoivuista arvioitujen tyveysten ja leikkojen tarve (= metsiköiden keskiarvo / 600 paksuinta puuta/ha) sekä niiden puukohtainen keskipituus.

|   | Peltomaat |     | Metsämaat |     |
|---|-----------|-----|-----------|-----|
|   | $\bar{x}$ | s   | $\bar{x}$ | s   |
| Puut, joista tehtäisiin tyveys                        |           |     |           |     |
| Tyvettyjä puita, kpl/ha                               | 153       |     | 118       |     |
| Tyveykiä yhteensä, m/ha                               | 354       | 484 | 227       | 232 |
| Tyveyksen keskipituus, m/puu                          | 1,9       | 1,1 | 1,7       | 0,8 |
| Puut, joista tehtäisiin yksi tai useampi leikko       |           |     |           |     |
| Leikottuja puita, kpl/ha                              | 138       |     | 111       |     |
| Leikkoja yhteensä, m/ha                               | 156       | 124 | 127       | 167 |
| Leikon keskipituus, m/puu                             | 1,2       | 0,8 | 1,0       | 0,6 |
| Puut, joista tehtäisiin sekä tyveys että leikko       |           |     |           |     |
| Puita, joissa tyveys ja leikko, kpl/ha                | 24        | 36  | 15        | 29  |
| Tyveykset ja leikot yhteensä, m/ha                    | 143       | 181 | 124       | 88  |
| Tyveyksen ja leikon yhteenlaskettu keskipituus, m/puu | 2,3       | 1,0 | 2,4       | 0,6 |

**Taulukko 15.** 30-vuotiaista istutuskoivuista arvioitujen tyveysten ja leikkojen aiheuttajat.

| Pääasiallinen aiheuttaja | Tyveykset |      |           |      | Leikot    |      |           |      |
|--------------------------|-----------|------|-----------|------|-----------|------|-----------|------|
|                          | Peltomaat |      | Metsämaat |      | Peltomaat |      | Metsämaat |      |
|                          | kpl/ha    | %    | kpl/ha    | %    | kpl/ha    | %    | kpl/ha    | %    |
| Pystyoksa                | 1         | 0,7  | 12        | 10,5 | 47        | 34,1 | 46        | 41,7 |
| Mutka tai monivääryys    | 126       | 81,6 | 80        | 67,7 | 87        | 62,1 | 53        | 48,0 |
| Lenkous                  | 10        | 6,8  | 7         | 6,0  | 1         | 0,8  | 0         | 0    |
| Tuore oksa tai oksaryhmä | 11        | 7,5  | 9         | 7,5  | 2         | 1,5  | 4         | 3,2  |
| Laho oksa                | 1         | 0,7  | 0         | 0    | 0         | 0    | 0         | 0    |
| Halkeama                 | 1         | 0,7  | 3         | 2,3  | 0         | 0    | 1         | 0,8  |
| Runkolahjo               | 0         | 0    | 1         | 0,8  | 1         | 0,8  | 0         | 0    |
| Pintavika                | 2         | 1,3  | 6         | 5,2  | 0         | 0    | 4         | 3,2  |
| Muut                     | 1         | 0,7  | 0         | 0    | 1         | 0,8  | 4         | 3,2  |
| Yhteensä                 | 153       | 100  | 118       | 100  | 139       | 100  | 112       | 100  |

Yleisimpiä tyveysten syitä olivat runkomuotoviat ja niistä etenkin tyvimutkat ja monivääryys (taulukko 15). Peltomailla nämä syyt olivat yleisempiä kuin metsämailla. Pystyoksa oli metsämailla yleisempi syy kuin peltomailla. Myös leikon aiheuttivat useimmiten runkomuotoviat, etenkin mutkat tai monivääryys sekä pystyoksat. Mutkan aiheuttamia leikkoja esiintyi peltomailla enemmän kuin metsämailla.

## 4 Tulosten tarkastelu

Tutkimuksessa tarkasteltiin 30-vuotiaiden pelto- ja metsämaiten rauduskoivujen oksaisuutta, latvuk- sia, runkomuotoa ja vikaisuutta eri maalajeilla, puuston keskipituuksilla ja kasvatustiheyksillä. Taulukossa 16 on yhteenveto tuloksista. Oksanpaksuutta ja rungon kapenemista tutkittiin kaatokoepuista ja muita tunnuksia 600 paksuimmasta istutuskoivusta hehtaarilla. Menettely suuntasi tarkastelun metsikön potentiaalsiin tukkipuihin. Samalla laatu saatiin hiukan aliarvioida harventamattomissa metsiköissä, joista huonolaatuisia koivuja ei oltu vielä poistettu.

Rauduskoivujen pituuskasvu oli nopeinta moreenimailla ja hitainta savi- ja hiesumailla. Pelto-

ja metsämaiten välillä ei ollut eroa pituuskasvussa eikä se riippunut myöskään puuston tiheydestä. Lämpimän kasvua edistivät harva puusto, voimakas pituuskasvu ja kasvupaikkana peltomaa tai metsämailla joko moreeni tai runsaasti orgaanista ainesta sisältävä kivennäismaalaji.

Istutuskoivujen oksat olivat kuolleet keskimäärin 8,0 metrin korkeuteen, joten oksaisuudessa keskityttiin kuivien oksien paksuuteen ja karsiutumiseen. 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. Runkojen kapeneminen oli kaatokoepuilla keskimäärin 30 mm ja suurimmilla puilla yli 35 mm. Paksuimman kuivan oksan läpimitta oli keskimäärin 21 mm ja se kohosi 16:sta 26 mm:iin puun läpimittaan vaihdeltaessa 10:stä 25 cm:iin. Verkasalon (1997) tutkimuksessa rungon käyttöosan paksuin kuiva oksa oli vastaavan kokoisilla luontaisilla rauduskoivuilla keskimäärin 30 mm ja hieskoivuilla 27 mm.

Saman paksuisten koivujen kuivat oksat olivat paksuimpia ja rungon kapeneminen voimakkainta hienolajitteisilla mailla etenkin entisillä pelloilla. Puun kokoon nähden ohuimmat kuivat oksat olivat hieta- ja moreenimailla ja rungon kapeneminen vähäisintä hieta- ja hiekkamailla. Kasvupaikan vaikutus oli suurin isokokoisissa puissa, joiden pak-

**Taulukko 16.** Yhteenveto kasvupaikkatekijöiden ja puuston tiheyden vaikutuksista istutuskoivujen ulkoiseen laatuun.

| Laatuominaisuus          | Kasvupaikka |       | Maalaji             |              |       |        |                |                 | Korkea hienoaines-% | Voimakas Pituus- Paksuus- kasvu kasvu |     | Harva puusto |
|--------------------------|-------------|-------|---------------------|--------------|-------|--------|----------------|-----------------|---------------------|---------------------------------------|-----|--------------|
|                          | Pelto       | Metsä | Org. > 20%          | Savi + hiesu | Hieta | Hiekka | Hieta- moreeni | Hiekka- moreeni |                     |                                       |     |              |
| <i>Hyvä kasvu</i>        |             |       |                     |              |       |        |                |                 |                     |                                       |     |              |
| Pituus                   | 0           | 0     |                     | -            |       |        | +              | ++              | 0                   |                                       | ++  | 0            |
| Läpimitta                | ++          | --    | +(m)                | --(m)        |       |        | +(m)           | +(m)            | 0                   | ++                                    |     | ++           |
| Solakkuus                | --          | ++    | -                   | -(p)         |       | +      |                |                 | 0                   | +                                     |     | --           |
| Kapeneminen              | -           | +     |                     | -            | ++    | ++     |                |                 | -(p)                | +                                     | --- | ---          |
| <i>Oksat ohuita</i>      |             |       |                     |              |       |        |                |                 |                     |                                       |     |              |
| Paksuin elävä            | 0           | 0     |                     | -            |       |        | +              | +               |                     |                                       | -   |              |
| Paksuin kuiva            | --          | ++    | --                  | --           | ++    |        | +              | +               | 0                   | 0                                     | --- | -(m)         |
| <i>Karsiutumisen</i>     |             |       |                     |              |       |        |                |                 |                     |                                       |     |              |
| Tuoreoksaraja            | 0           | 0     | pituus vaikuttaa: - |              |       |        | +              | ++              |                     | ++                                    |     | --           |
| Latvussuhde              | 0           | 0     | 0                   | 0            | 0     | 0      | 0              | 0               | 0                   | 0                                     |     | -            |
| Kuivaoksaraja            | 0           | 0     | --                  | -            | +     |        |                | +               | -                   | ++                                    | +   | --           |
| <i>Vikaisuus yleensä</i> | --          | ++    |                     | ++(m)        |       |        |                |                 | ++ (m)              | ++ (m)                                |     | 0            |
| <i>Runkomuotoviat</i>    | --          | ++    |                     | ++(m)        |       |        |                |                 | ++ (m)              | +(m)                                  |     | 0            |
| Mutkat + haarat          | hie: --     | ++    | -                   | +(m)         | +     |        |                |                 | +(m)                | +(m)                                  |     |              |
| Kallistumat              | 0           | 0     |                     |              |       |        |                | -(m)            | +(m)                | -                                     |     | -            |
| Lenkous                  | 0           | 0     |                     |              | -     |        |                | -(m)            | +                   | -                                     |     | -            |
| <i>Pintaviat</i>         | hie: -      | +     | 0                   | 0            | 0     | 0      | 0              | 0               |                     | 0                                     |     | -(p)         |
| Korot                    | hie: -      | +     |                     |              |       |        |                |                 |                     | 0                                     |     | 0            |
| Halkeamat                | 0           | 0     |                     |              |       |        |                |                 |                     | 0                                     | 0   | -            |
| Lahot                    | -           | +     |                     |              |       |        |                |                 |                     |                                       |     |              |

(m) = vain metsämailla, (p) = vain peltomailla, hie = hienoainespitoiset maalajit

0 ei vaikutusta koivun laatuun

+ lievästi positiivinen ++ selvästi positiivinen +++ erittäin positiivinen vaikutus koivun laatuun

- lievästi negatiivinen -- selvästi negatiivinen --- erittäin negatiivinen vaikutus koivun laatuun

suin oksa oli peltomailla 3–4 mm vahvempi kuin metsämailla. Koivujen nopea pituuskasvu paransi runkomuotoa, mutta oksanpaksuuteen sillä ei ollut vaikutusta. Varmolan (1996) mukaan saman paksuisten mäntyjen oksat olivat harvassa taimikossa paksumpia kuin tiheässä, mutta pituusboniteetilla ei ollut vaikutusta. Puuston harvuus lisäsi saman paksuisten koivujen oksanpaksuutta vain metsämailla mutta kapenemista molemmilla kasvupaikoilla. Peltomaiden osalta tulos oli samanlainen kuin Niemistön (1995a) rauduskoivututkimuksessa tiheyksillä 400–5 000 kpl/ha.

Paksuimman elävän oksan läpimitta oli keskimäärin 32 mm ja se sijaitsi yleisimmin 3–4 metriä latvusrajan yläpuolella. Oksan läpimitassa ei ha-

vaittu pelto- ja metsämaiden tai kasvatustiheyksien välillä muita kuin puun läpimitasta riippuvia eroja. Saman paksuisten puiden elävät oksat olivat vahvimpia savi- ja hiesumaille ja ohuimpia moreenimaille. Heiskasen (1957) luontaisten rauduskoivujen paksuin oksa oli keskimäärin 9 mm ohuempi kuin tämän tutkimuksen istutusrauduskoivuilla. Syynä suureen eroon lienee istutuskoivujen nopeampi kasvu, joka johtuu viljavemmasta kasvupaikasta ja alemmasta kasvatustiheydestä. Koepuiden otanta oli myös erilainen. Puuston iän vaikutus paksuimman elävän oksan läpimitaan käy ilmi Verkasalon (1997) tutkimuksesta, jossa 60–70-vuotiaiden rauduskoivujen oksat olivat 16–18 mm paksumpia kuin vastaavan kokoisten istutuskoivujen

oksat tässä tutkimuksessa. Raulon (1979a) 10–15-vuotiaissa istutusrauduskoivuissa viiden paksuimman oksan keskiläpimitta oli vain 14 mm.

Kellomäen ym. (1992) mukaan männyn oksien kuoleminen nopeutuu puuston tiheyden lisääntyessä sekä neulasten typpipitoisuuden ja maan hienoainesosuuden kohotessa. Tässä tutkimuksessa koivun nopea pituuskehitys edisti oksien kuolemista, mutta muita kasvupaikan vaikutuksia ei havaittu. Myös koivulla elävän latvuksen alaraja ja kuivaoksaraja olivat sitä ylempänä mitä tiheämpänä puusto oli kasvanut (vrt. Niemistö 1991 sekä Niemistö 1995 a ja b). Pelto- ja metsämaiden välillä ei ollut eroa, vaikka oksat olivat peltomailla paksumpia. Noin 20 metrin pituudessa ja 1 300 koivun hehtaartiheydessä oli elävän latvuksen osuus keskimäärin 59 %. Alimpaan elävään oksaan perustuva latvus-  
 raja oli keskimäärin 1,3 metriä alempana kuin lehvästöön perustuva vihreän latvuksen alaraja.

Koivun oksien karsiutumista hidasti eniten niiden suuri läpimitta ja samansuuntainen vaikutus oli myös alhaisella pituuskasvulla ja maan hienoainesosuuden kohoamisella. Myös puuston harvuus hidasti karsiutumista, mutta myöhemmin harventamisen tiedetään nopeuttavan kuivien oksien karsiutumista (Heikinheimo 1953, Varmola 1980, Jokinen ja Kellomäki 1982, Cameron ym. 1995, Niemistö 1995a). Saman suuntaisia tuloksia saatiin myös tässä tutkimuksessa. Karsiutumista edistää ilmeisesti oksien katkeilu harvennuksen yhteydessä sekä lumen ja tuulen vaikutuksen lisääntyminen harvennuksen jälkeen.

Koivun oksaton tyvi 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. Heiskasen (1957) 21–30-vuotiailla luonnonkoivuilla oksaton osuus puun pituudesta oli 8 % ja 31–40-vuotiailla 19 % ja Verkasalon 21–40-vuotiailla luonnonkoivuilla 14 %. Tämän tutkimuksen 30-vuotiailla istutuskoivuissa oksaton osuus oli suurempi, 20–24 %, vaikka oksat olivat paksumpia.

Runkomuotoviat ryhmitteltiin niiden todennäköi-

sen syntyvän mukaan, koska sitä kautta voidaan paremmin ymmärtää myös vikojen esiintymistä. Tyvimutka tai lenkous syntyy esimerkiksi juuriston epämuodostuman tai maan kosteuden ja pehmeiden seurauksena taimen ollessa pieni (Huuri 1976, Hulten ja Jansson 1978, Parviainen ja Antola 1986, Valtanen 1988). Tasainen lenkous voi syntyä puun kallistuessa myöhemminkin. Muiden runkomuotovikojen, kuten pystyoksien, haarojen ja keskimutkien oletettiin syntyneen pääasiassa puun latvakasvun häiriön tai latvan vaurioitumisen seurauksena (Heikkilä ym. 1993). Monivääritys oli tämän tyyppin vioista yleisin, joten latvanvaihtoja on ollut samassa puussa useita tai ilmiö voi johtua koivun sympodiaalisesta kasvatavasta. Lievästi moniväärissä puissa voi olla kysymyksessä pitkin runkoa tavattavat pyöreäkulmaiset mutkat eli ns. kiharuus, joka on rauduskoivulla varsin tavallista (Heiskanen 1957, Tikka 1935). Latvakasvun häiriöksi tai latvan vaurioitumiseksi katsottavat viat muodostivat 70 % kaikista runkomuotovioista.

Runkomuotovikoja oli peltomailla 72 %:ssa ja metsämailla 58 %:ssa potentiaalisista tukkipuista. Varmolan (1980) tutkimuksessa vain 10 % istutusmännystä luokiteltiin mutkaisiksi tai haaraisiksi mutta sen sijaan oksikkuus katsottiin tekniseksi viaksi 25–29 %:lla. Haaraisuutta ja pystyoksia oli pelto- ja metsämaiden koivuissa saman verran lukuunottamatta näiden vikojen yleisyyttä runsaasti orgaanista ainesta sisältävillä metsämailla. Vähiten mutkaisuutta ja haaraisuutta oli lajittuneilla hietamailla ja metsämaan savi- ja hiesumailla. Lisäksi nopea pituuskehitys ja runkomuodon virheettömyys olivat yhteydessä toisiinsa etenkin metsämailla. Puun kallistumiseen liittyvä lenkous ja tyvimutkat olivat yleisimpiä hietamailla ja metsämaiden hiekkamoreeneilla. Myös puuston alhainen tiheys ja maan pieni hienoaines-% lisäsivät kallistumisesta johtuvia vikoja. Tyvimutkia ja lenkoutta esiintyi yhtä usein pelto- ja metsämailla. Männyntaimikoiden lenkoutta ja tyvimutkaisuutta on pidetty ongelmana hienojakoisilla, pehmeillä ja kosteilla mailla (Huuri 1976), mutta Valtanen (1988) ei havainnut maalajien välillä tällaista eroa.

Yleisin pintavika oli umpikoro, joka esiintyi 4,0 %:ssa potentiaalisista vanerikoivuista. Halkeamia esiintyi vastaavasti 2,1 %:ssa ja niitä oli tiheissä koivikoissa vähemmän kuin harvoissa. Lievät, kyl-

**Taulukko 17.** Tämän tutkimuksen istutuskoivujen vikaisuus verrattuna aikaisempiin koivututkimuksiin.

| Tutkimus          | Kasvu-<br>paikka | Puulaji | Ikä,<br>v | Synty-<br>tapa | Vikaisten runkojen osuus runkoluvusta, % |        |            |           |      |
|-------------------|------------------|---------|-----------|----------------|--|--------|------------|-----------|------|
|                   |                  |         |           |                | Mutkat                                   | Haarat | Pystyoksat | Pintaviat | Muut |
| Tämä<br>tutkimus  | Pelto            | Raudus  | 30        | Ist.           | 60                                       | 3      | 9          | 11        | 1    |
|                   | OMT+MT           | Raudus  | 30        | Ist.           | 45                                       | 2      | 11         | 7         | 1    |
| Heiskanen<br>1957 | OMT              | Raudus  | 21–40     | Luont.         | 54                                       | 27     | 11         | 12        | 1    |
|                   | 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<br>1997 | MT               | Raudus  | 21–40     | Luont.         | 64                                       | 6      | 36         | 36        |      |
|                   | MT               | Hies    | 21–40     | Luont.         | 76                                       | 2      | 24         | 47        |      |
| Valkonen<br>1992  | Pelto            | Raudus  | 10–20     | Ist.           | 10                                       | 21     |            | 1         |      |
|                   | Pelto            | Hies    | 10–20     | Ist.           | 11                                       | 13     |            | 1         |      |

jestymässä olevat halkeamat saattoivat sisältyä koroihin. Kuusikoissa on havaittu eniten halkeamia nopekasvuissa puissa varsinkin peltomailla (Persson 1994), mutta vastaavaa tulosta ei havaittu koivulla. Tosin hienojakoisilla peltomailla esiintyi koroisuutta eniten. Tuoheamia, pahkoja tai huolemia esiintyi istutuskoivuissa harvoin.

Aikaisemmin koivun vikaisuutta on tutkittu pääasiassa luontaisesti syntyneissä metsiköissä. Tulosten vertailussa täytyy olla varovainen, koska aineiston hankinta, vikojen määrittely ja niiden luokittelu poikkeavat toisistaan eri tutkimuksissa. Heiskanen (1957) tutkimuksessa oli 21–40-vuotiaissa luontaisesti syntyneissä rauduskoivikoissa vikaisia puita jonkin verran enemmän kuin tämän tutkimuksen istutuskoivuissa metsämailla (taulukko 17). Erityisesti haaraisia puita oli luonnonkoivikoissa selvästi enemmän. Syynä tähän on todennäköisesti se, että haaraisuutta rungon yläosassa ei tässä tutkimuksessa noteerattu, mikäli rungon alaosassa oli muita vikoja. Lisäksi viljelykoivikoita on hoidettu intensiivisemmin kuin luonnonkoivikoita, ja haaraisia puita on ilmeisesti poistettu harvennuksissa. Myös metsälaiduntaminen on voinut aikanaan lisätä haaraisuutta. Verkasalon (1997) länsisuomalaisessa aineistossa oli vastaavan ikäisissä luontaisissa rauduskoivuissa selvästi enemmän sekä mutkaisia, pystyoksaisia että pintavikaisia runkoja kuin tämän tutkimuksen metsämaiden istutuskoivuissa.

Luontaisesti syntyneiden kivennäismaan hieskoivujen vikaisuus ei Heiskanen (1957) ja Verkasalon (1997) mukaan poikkea oleellisesti vastaavan ikäisistä rauduskoivuista lukuunottamatta hieskoivun mutkaisuutta ja pintavikaisuutta MT:llä ja pystyoksien runsautta OMT:llä.

Valkosen tutkimuksen (1992) pelloille perustettujen viljelykoivikoiden haaraisten runkojen suuri lukumäärä tähän tutkimukseen verrattuna johtuu ilmeisesti puiden nuoresta iästä. Metsiköt olivat vielä pääosin harventamattomia ja osa haaroista muttuu ajan myötä pystyoksiksi ja mutkiksi. Mutkaisia runkoja olikin selvästi vähemmän kuin muissa tutkimuksissa.

Tyveyksien keskipituudeksi istutuskoivikoissa arvioitiin vähän alle 2 metriä ja niitä olisi tehty peltomailla keskimäärin 153 ja metsämailla 118 potentiaalisesta tukkipuusta hehtaarilla. Ylempää rungolta otettavat leikat arvioitiin keskimäärin noin metrin pituisiksi ja lukumääräisesti niitä oli hie- man vähemmän kuin tyveyksiä. Mutka oli selvästi yleisin syy tyveyksiin (75 %) ja leikkoihin (55 %). Pystyoksa oli toiseksi yleisin leikon syy (38 %). Muusta aineistosta erottui selvästi tutkimuksen ainoa savipelto, jonka puissa oli muita metsiköitä huomattavasti enemmän koroja ja niiden takia tehtyjä tyveyksiä ja leikkoja. Heiskanen (1957) luonnonkoivikoissa tehtiin tyveys tai leikko 22 prosentin tukkipuukokoisista rauduskoivuista ja 28 pro-

sentissa vastaavista hieskoivuista, siis hieman useammin kuin tämän tutkimuksen istutuskoivuista. Pintaviat olivat tällöin yleisin syy tyveyksiin ja mutkat välileikkoihin.

Moreenimaiden hienoainesosuudet tutkimusaineistossa vastasivat Suomen moreeneista aikaisemmin laskettuja keskiarvoja (Aarnio 1938, Kivekäs 1947, Anttonen 1990). Hiekkamoreenimaan hyvyys rauduskoivun kasvun ja oksaisuuslaadun kannalta voi johtua siitä, että siinä ovat yhdistyneinä ilma- vuutta ja veden liikkuvuutta lisäävä karkea lajite sekä vedenpidätyskykyyn ja ravinteisuuteen edullisesti vaikuttava hieno aines.

Hirvien, myyrien tai jänisten aiheuttamien eläintuhojen määrissä ei ollut tutkimusmetsiköiden aikaisemmissa inventoinneissa eroja pelto- ja metsämaiden välillä. Muut bioottiset tuhot (esim. tuhohyönteisten aiheuttamat) jäivät tässä tutkimuksessa toteamatta.

Koivun laatu peltomailla oli lähes kaikissa suhteissa heikompi kuin metsämailla, mutta suurempi läpimitta tasoittaa kasvupaikkojen välistä laatueroa hakkuukypsissä vaneritukeissa. Kasvupaikan puuntuotoskykyä kuvaavan pituustunnuksen vaikutus oksaisuuteen ei ollut rauduskoivulla yhtä selkeä kuin männyllä (Kellomäki ym. 1992, Varmola 1996). Syynä voi olla rauduskoivun kasvupaikkojen kapeampi vaihteluväli. Samassa kasvatustiheydessä kuivaoksaraja oli sitä ylempänä mitä pitempää puusto oli. Kasvupaikan puuntuotoskyvyn lisääntyminen ei siis näyttänyt hidastaneen alaoksien kuolemista ja karsiutumista. Esimerkiksi tutkimusaineiston peltomaat olivat puuntuotokseltaan parempia kuin metsämaat, mutta latvusten kehityksessä ei ollut eroja. Kellomäen ym. (1992) mukaan kasvupaikan viljavuus edistää mäntyjen karsiutumista huolimatta paksummista oksista.

Oksaisuuden kannalta on edullista kasvattaa nuori koivikko alussa tiheänä ja tehdä voimakas ensiharvennus tyvitukin oksien kuoltua. Niemistön (1995a) mukaan tämä tapahtuu runkoluvulla 2500 kpl/ha noin 13 metrin ja runkoluvulla 1600 kpl/ha noin 15 metrin valtapituuteen mennessä.

## Kiitokset

Tutkimuksen maastotöistä vastasivat Kari Alatalo, Eero Poutiainen ja Jaakko Rokkonen ja aineiston käsittelyssä avustivat tutkija Marja-Leena Piironen ja tilastotieteen opiskelija Hannu Vähä-Nikkilä. Tutkimusraportin pohjana on Piia Hukin pro gradu -työ, jonka arvioinnista ovat vastanneet vt. prof. C.J. Westman ja apul.prof. Pentti K. Räsänen. Merkittäviin parannuksiin ovat johtaneet myös MMT Martti Varmolan käsikirjoitukseemme tekemät kommentit. Lämpimät kiitoksemme kaikille, jotka ovat edistäneet tämän tutkimuksen valmistumista.

## Kirjallisuus

- Aarne, M. 1995. (toim.). Metsätalastollinen vuosikirja 1995 (ja edelliset). SVT Maa- ja metsätalous 1995:5. 354 s.
- Aarnio, B. 1938. Moreenin mekaaninen koostumus Suomessa. Maatalouskoelaitoksen maatutkimusosasto, Agrogeologia julkaisuja 45.
- Anttonen, T. 1990. Pellolle istutettujen koivikoiden tila Pohjois-Karjalassa 79 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.
- Ferm, A. 1985. Pienikokoisen hieskoivun rungon kosteuden ja tiheyden vaihtelu turvemaalla. Abstract: Variation in the water content and basic density of small-sized pubescent birch (*Betula pubescens*) stems on peatlands. Metsätutkimuslaitoksen tiedonantoja 206: 19–39.
- 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* 54(4). 182 s.
- Heikinheimo, O. 1953. Puun rungon luontaisesta karsiutumisesta. Summary: On natural pruning of tree stems. *Communicationes Instituti Forestalia Fenniae* 41(5). 39 s.

- Heikkilä, R., Lilja, A. & Härkönen, S. 1993. Rauduskoivuntaimien toipuminen latvan katkeamisen jälkeen. Summary: Recovery of young *Betula pendula* trees after stem breakage. *Folia Forestalia* 809. 10 s.
- 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). 99 s.
- 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). 119 s.
- & Saikku, O. 1976. Koivuvaneritukin hinnan muodostuminen. Metsäntutkimuslaitos, metsäteknologian tutkimusosasto. Moniste. 120 s.
- Hulten, H. & Jansson, K.-Å. 1978. Stabilitet och rotdeformation hos tallplantor. Summary: Stability and root deformation of pine plants (*Pinus silvestris*). Institut för Skogsför., Rapport och Uppsatser 93. Stockholm.
- Huuri, O. 1976. Kallistumisilmiö istutusmänniköissä; tiedustelun tuloksia. Summary: Tilting of planted pines; survey results. *Folia Forestalia* 265. 22 s.
- Hynönen, T. 1992. Maan ominaisuuksien vaikutus turvemaa- ja peltojen metsittämiseen. Helsingin yliopisto, maatalous-metsätieteellinen tiedekunta. Tutkielma maatalous- ja metsätieteiden lisensiaatin tutkintoa varten. 181 s.
- & Saksa, T. 1991. Peltojen metsitystulos Pohjois-Savossa 1970- ja 1980-luvulla. Julkaisussa: Ferm, A. & Polet K. (toim.). Peltojen metsitysmenetelmät, tutkimuksen väliraportti. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 391: 29–34.
- Hytönen, J. 1991. Pellonmetsityksen onnistuminen Keski-Pohjanmaalla. Julkaisussa: Ferm, A. & Polet K. (toim.). Peltojen metsitysmenetelmät, tutkimuksen väliraportti. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 391: 22–28.
- 1995. Taimien alkukehitys pellonmetsitysaloilla. Julkaisussa: Hytönen, J. & Polet, K. (toim.). Peltojen metsitysmenetelmät. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 581: 12–23.
- & Ekola, E. 1993. Maan ja puuston ravinnetila Keski-Pohjanmaan metsityillä pelloilla. Summary: Soil nutrient regime and tree nutrition on afforested fields in central Ostrobotnia, western Finland. *Folia Forestalia* 822. 32 s.
- Hägglund, B. 1976. Skattning av höjdboniteteten i unga tall och granbestånd. Summary: Estimating site index in young stands of Scots pine and Norway spruce in Sweden. Skogshögskolan, Institut för Skogsproduktion, Rapport och Uppsatser 39. 66 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.
- Juvonen, R. & Kariniemi, J. 1984. Vaneriteollisuus. Mekaaninen metsäteollisuus 1. Ammattikasvatushallitus – Suomen puutalousinsinöörien yhdistys ry., Helsinki. 189 s.
- Kalela, A. 1971. Kasviorganologia. Helsinki. 180 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.
- Kinnunen, K. 1995. Käytännön pellonmetsitysten onnistuminen ja tuotos. Julkaisussa: Hytönen, J. & Polet, K. (toim.). Peltojen metsitysmenetelmät. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 581: 53–62.
- Kivekäs, E. K. 1946. Zur Kenntnis der mechanischen, chemischen und mineralogischen Zusammensetzung der Finnischen Moränen. *Acta Agralia Fennica* 60.2.
- Koivisto, A.-K. 1994. Suomen vaneriteollisuuden kilpailuympäristö Euroopan markkinoilla suhteessa Indonésiaan. Pro gradu -työ. Helsingin yliopisto, maatalous-metsätieteellinen tiedekunta, metsäekonomian laitos. 81 s.
- Korhonen, K.-H., Gardemeister, R. & Tammirinne, M. 1974. Geotekninen maaluokitus. Valtion teknillinen tutkimuskeskus, Geotekniikan laboratorio, Tiedonanto 14. 20 s.
- Kujala, V. 1946. Koivututkimuksia. Summary: Some recent research data on birch. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 34(1). 34 s.
- Kärkkäinen, M. 1984. Miten koivuun tulisi suhtautua metsätaloudessa. *Silva Fennica* 18(1): 1–34.
- 1985. Puutiede. Sallisen Kustannus Oy, Sotkamo. 415 s.
- 1986. Koivuvaneritukkien ja -runkojen arvosuhteet. Abstract: Value relations of birch veneer logs and stems. *Silva Fennica* 20(1): 45–57.
- Lipas, E. 1985. Kasvupaikan puuntuotoskyvyn ja lannoitustarpeen arviointi maan ominaisuuksien avulla. Summary: Assessment of site productivity and fertilizer requirement by means of soil properties. *Folia Forestalia* 618. 15 s.
- Niemistö, P. 1991. Hieskoivikoiden kasvatustiheys ja harvennusmallit Pohjois-Suomen turvemilla. Summary: Growing density and thinning models for Be-



- tula pubescens stands on peatlands in northern Finland. *Folia Forestalia* 782. 36 s.
- 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.
- 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.
- 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. & Antola, J. 1986. Taimien kehitys ja juuriston morfologia eri taimilajeilla perustetuissa mäntyistutuksissa. Summary: The root system morphology and stand development of different types of pine nursery stock. *Folia Forestalia* 671. 29 s.
- Persson, A. 1994. How genotype and silviculture interact in forming timber properties. *Silva Fennica* 28(4): 275–282.
- 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.
- 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). 39 s.
- 1979b. Suomen ensimmäinen laaja rauduskoivun viljelykokeilu. Teollisuuden metsäviesti 1: 8–19.
- 1981. Koivukirja. Gummerus, Jyväskylä. 130 s.
- Salmi, J. 1987. Koivun puuaineen ominaisuudet ja käyttö. *Sorbifolia* 18(3): 123–132.
- Silventoinen, J. 1994. Suomen vaneriteollisuuden kilpailuympäristö Euroopan markkinoilla. Pro gradu -työ. Helsingin yliopisto, maatalous-metsätieteellinen tiedekunta, metsäekonomian laitos. 83 s.
- Tamminen, P. 1991. Kangasmaan ravinnetunnusten ilmaiseminen ja viljavuuden alueellinen vaihtelu Etelä-Suomessa. Summary: Expression of soil nutrient status and regional variation in soil fertility of forested sites in southern Finland. *Folia Forestalia* 777. 40 s.
- Tikka, P. S. 1935. Puiden vikanaisuuksista Pohjois-Suomen metsissä. Tilastollismetsäpatologinen tutkimus. Referat: Über die Schadhaftheiten der Bäume in den Wäldern Nord-Suomis (-Finnlands). Eine statistisch-forstpatologische Untersuchung. *Acta Forestalia Fennica* 41(1). 302 s.
- Wall, A. & Heiskanen, J. 1995. Metsitetyn peltomaan fysikaaliset ja kemialliset ominaisuudet sekä niiden vaikutus puuston kasvuedellytyksiin. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 581: 133–148.
- Valkonen, S. 1992. Pellolle v. 1971 viljeltyjen raudus- ja hieskoivusekametsiköiden kehitys ja tuotos. *Metsäntuotantotieteen syventävien opintojen tutkielma*. Joensuu yliopisto, metsätieteellinen tiedekunta. 41 s.
- Valtanen, J. 1988. Taimien kallistuminen ja puiden tyvi- lenkous kivennäismailla. *Metsäntutkimuspäivä Kärämäellä 1987*. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 295. s. 76–87.
- Varmola, M. 1980. Männyn istutustaimistojen ulkoinen laatu. Summary: The external quality of pine plantations. *Folia Forestalia* 451. 21 s.
- 1996. Nuorten viljelymänniköiden tuotos ja laatu. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 585. 70 s.
- Veijalainen, H., Reinikainen, A. & Kolari, K. 1984. Metsäpuiden ravinneperäinen kasvuhäiriö Suomessa. Summary: Nutritional growth disturbances of forest trees in Finland. *Folia Forestalia* 601. 41 s.
- Verkasalo, E. 1997. Hieskoivun laatu vaneripuuna. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 632. 483 s. + liitt. 59 s.
- Viro, P. 1947. Metsämaan raekoostumus ja viljavuus varsinkin maan kivisyyttä silmällä pitäen. Summary: The mechanical composition and fertility of forest soil taking into consideration especially the stoniness of the soil. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 35(2). 115 s.
- Westman, C. J. 1990. Metsämaan fysikaaliset ja fysikaalis-kemialliset ominaisuudet CT-OMaT-kasvupaikkasarjassa. Summary: Soil physical and physico-chemical properties of Finnish upland forest sites. *Silva Fennica* 24(1): 141–158.
- 1991. Maaperä ja sen toiminta kasvualustana. Helsingin yliopisto, metsänhoitotieteen laitoksen tiedonantoja 67.

**Liite 1.** Istutuskoivujen ulkoisen laadun arvioinnissa käytetyt tunnuksset. Laatutunnukset mitattiin tai arvioitiin kaikista koealan elävistä viljelykoivuista.

#### **Lenkous, cm**

Otetaan huomioon suoran, jäykän sauvan > 2 cm:n etäisyys rungon pinnasta 4 m tyviosalta juurenniskalta ylöspäin.

#### **Pahin runkovika**

- 0 = ei pintavikoja
- 1 = umpikoro
- 2 = avokoro
- 3 = huolema
- 4 = tuoheama
- 5 = halkeama
- 6 = pahka tai muu paisuma
- 7 = tikanjäljet
- 8 = muu

#### **Runkovian alkamis- ja loppumiskorkeus, dm**

Loppumiskorkeus tarkoittaa vian vaikutuksen loppumista (esim. haaralla sitä ei ole, ja pystyoksan vaikutus alkaa puun ytimessä 20–30 cm oksan alapuolelta ja loppuu oksaan tai sen aiheuttamaan mutkan oikentemiseen). Jos vikoja on useita, niin merkitään ylös vaneripuun kannalta pahin vika, mutta vaikutusalueeksi koko vikaisen osan pituus.

#### **Pahin pintavika** (ks. kohta Pahin runkovika)

Otetaan huomioon 5 metrin tyviosan viat, jotka pienentävät vanerikelpoisen osan määrää tai heikentävät sen laatua. Jos 5 m:n tyviosaa on virheetön, otetaan huomioon ylempänä esiintyvä pahin runkovika (korkeus kertoo vikaisuuden sijainnin).

- 0 = ei runkovikoja
- 1 = tyvimutka
- 2 = keskimutka
- 3 = pystyoksa
- 4 = haara
- 5 = monivääryys
- 6 = tasainen lenkous
- 7 = yli 6 cm paksu(ja) oks(i)a
- 8 = paksujen oksien ryhmä

#### **Pintavian alkamis- ja loppumiskorkeus, dm** (ks. kohta Runkovian alkamis- ja loppumiskorkeus)

#### **Lahoisuus**

- 0 = ei ulospäin havaittavaa lahoa
- 1 = nestevuoto
- 2 = kovaa lahoa havaittavissa
- 3 = kääp(i)ä
- 4 = pehmeää lahoa havaittavissa

Rungon käyttökelpoisuuden kuvaamiseksi mitataan:

#### **Tukiksi kelpaamattoman tyveyksen pituus, dm**

#### **Tyveyksen syy**

- 1 = tuore oksa
- 2 = kuiva oksa
- 3 = laho oksa
- 4 = suuri oksakyhmy
- 5 = pystyoksa ja siihen liittyvä mutka
- 6 = oksaryhmä
- 7 = lenkous
- 8 = tavallinen mutka tai monivääryys
- 9 = runkolaho
- 10 = koro, huolema, tuoheama
- 11 = pintahalkeama
- 12 = muu

#### **Tukiksi kelpaamattomien leikkojen ja välivähennysten yhteenlaskettu pituus, dm**

**Leikon tai välivähennyksen syy** (ks. kohta Tyveyksen syy)

#### **Tukkiosan laadun mukainen päättymiskorkeus, dm**

Korkeus, jonka yläpuolelta ei tulla saamaan minimilaatuvaatimukset täyttävää tukkia. Huomioon otetaan vain laatu, ei tukin minimiläpimittaa.