



Pentti Niemistö

Pentti Niemistö

Ruskotäplät istutettujen rauduskoivujen rungoissa

Niemistö, P. 1998. Ruskotäplät istutettujen rauduskoivujen rungoissa. Metsätieteen aikakauskirja – Folia Forestalia 2/1998: 133–149.

Ruskotäpläkärpäsen toukkakäytävät alentavat koivupuutavaran arvoa aiheuttamalla tuotteisiin epäsäännöllisiä tummia juovia. Iältään 18–31-vuotiaissa istutuskoivuissa oli paljain silmin erottuvia ruskotäplä peltomailla noin 1,5-kertaisesti metsämaihin verrattuna. Ruskotäplä oli eniten suurimmissa koivuissa riippumatta siitä, johtuiko hyvä kasvu puun vallitsevasta asemasta, viljavasta kasvupaikasta tai metsikön harvuudesta. Pelto- tai metsämaiden eri ikäluokissa noin kolmannes täplämäärän vaihtelusta oli metsiköiden välistä. Metsikön sisäisestä vaihtelusta puolet selittyi puun läpimitalla.

Paljain silmin havaittavia toukkakäytäviä oli rinnankorkeudella iästä ja kasvupaikasta riippuen keskimäärin 35–70 kpl. Yli 200 käytävää sisältävät koivut olivat harvinaisia. Rinnankorkeudelta puhtaita oli metsämaiden koivuista alle 20 % ja peltomailla keskimäärin 6 %. Rinnankorkeudelta ylöspäin ruskotäplien määrä puolittui 6 m:n korkeuteen mennessä, ja alaspäin se kaksinkertaistui noin 40 cm:n korkeuteen mennessä. Ruskotäplätiheys puuaineessa kohosi maksimiin noin 6 cm:n etäisyydellä puun ytimestä rinnankorkeudella ja aleni sen jälkeen syntyneissä vuosilustoissa. Varttuneimmissa koivikoissa yli 10–12 cm:n etäisyydelle ytimestä syntyvät lustot olivat lähes puhtaita. Ylempänä rungolla ruskotäplätiheyden maksimi oli kauempana ytimestä.

Uudet tulokset eivät aiheuta muutostarvetta istutuskoivikon kasvatusohjeisiin. Kasvupaikan viljavuuden alentuessa ja puuston kasvatustideyden lisääntyessä ruskotäplät tosin lievästi vähenivät, mutta samalla koivikon tuotos ja järeytys alenivat. Kiertoaajan pituudella lienee suurempi vaikutus sorviviilun ruskotäläisyyteen kuin puuston käsittelyllä, koska ruskotäplät ovat harvinaisia kookkaiden koivutukkien pintapuussa.

Asiasanat: koivu, ruskotäpläkärpänen, koivunviljely, vaneri, puun laatu, hyönteistuhot, peltonmetsitys

Yhteystiedot: Metsäntutkimuslaitos, Parkanon tutkimusasema, Kaironiementie 54, 39700 Parkano. Puh. (03) 44 351, sähköposti pentti.niemisto@metla.fi

Hyväksytty 26.5.1998

1 Johdanto

Koivun ruskotäpläkärpänen (*Phytobia betulae* Kang. (Diptera:Agromysidae)) on varsin yleinen metsähyönteinen Suomessa. Aikuinen kärpänen munii kesäkuussa koivun uusiin versoihin (Kangas 1935). Toukka kulkee rungossa alaspäin erilaistuvassa puuaineessa jälsikerroksen läheisyydessä (Ylioja ym. 1997). Loppukesällä varttuneet toukat ovat yleensä saavuttaneet koivun tyven ja tunkeutuvat kuoren läpi ulos koteloituakseen talvehtimaan maanpinnan kariekerroksessa. Varsinkaan nuorissa koivuissa toukat eivät ole puun tyvelle saapuessaan vielä täysikasvuisia, vaan kääntyvät maanrajasta tai juurista takaisin liikkuen puun tyvellä edestakaisin kunnes ovat varttuneet tarpeeksi (Kangas 1935, 1937).

Aluksi toukat ovat niin pieniä ja puun paksuuskasvu voimakasta, että toukkakäytävät erottuvat puun poikkileikkauksesta korkeintaan mikroskoopin avulla eivätkä heikennä puun laatua. Lähempänä tyveä toukan koko kasvaa, ja ennen ulostuloa käytävän läpimitta on jopa 3–4 mm (Kangas 1935). Toukkakäytävät täyttyvät parenkyymisolukolla, jonka ei ole havaittu heikentävän puuaineen lujuutta tai työstettävyyttä (Panshin ja DeZeeuw 1980, Ylioja ym. 1997). Ruskotäpläkärpäsen aiheuttama haitta on pääasiassa esteettinen, koska toukkakäytävät ovat väritään ruskeita, joskus lähes mustia. Sorviuilussa ja höylätyssä puutavarassa ne näkyvät epä-säännöllisen pituisina mutkaisina juovina, jotka erottuvat selvästi ympäröivästä vaaleasta puuaineesta. Ruskotäplät aiheuttavat merkittävää taloudellista haittaa silloin, kun koivua käytetään huonekalu- ym. sisustustarkoituksiin (Schulman 1992).

Koivun ruskotäpläkärpänen esiintyy muutamilla *Betula*-suvun puilla (Spencer 1973, Hara 1990, 1994), Suomessa sekä hies- että rauduskoivulla. Peltoistutuksissa on ruskotäpliä havaittu enemmän hieskoivuissa (Schulman 1994). Munintapaikkaa valitessaan koivun ruskotäpläkärpänen suosii pitkiä kasvuseroja latvusten keski- ja yläosissa (Hinkkanen 1996). Hyväkasvuissa koivuissa onkin havaittu enemmän käytäviä kuin hitaammin kasva-neissa (Ylioja ym. 1995). Kasvunopeuden käytävämäärää lisäävä vaikutus on havaittu sekä puiden välillä samassa metsikössä että eri metsiköiden vä-

lillä. Lisääntymiskäyttäytymisessään ruskotäpläkärpänen suosii selvästi elinvoimaisia koivuja, mutta lisäksi on havaittu puun perimästä johtuvia eroja (Ylioja ym. 1995, Hinkkanen 1996). Myös metsikön reunalta on löydetty munintapaikkoja enemmän kuin keskeltä metsikköä, mutta puun eri ilmansuunnissa olevien versojen välillä ei ollut eroa (Hinkkanen 1996). Ilmeisesti koivun ruskotäpläkärpänen suosii muniessaan lämpimiä ja valoisia olosuhteita. Koivun iän lisääntyessä on toukkien määrän havaittu vähentyneen (Roininen ym. 1995).

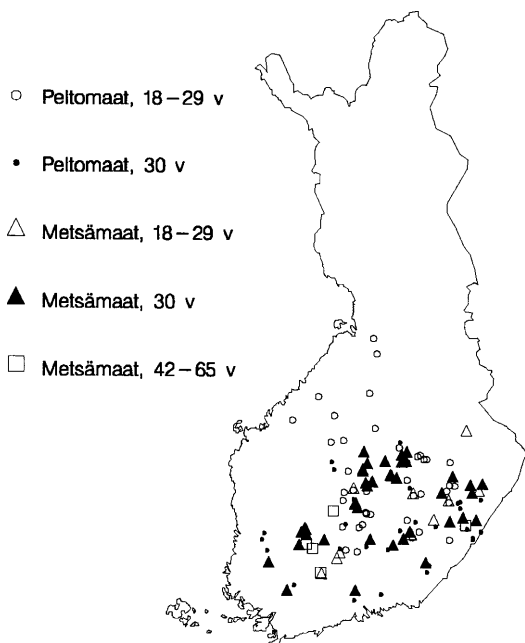
Tämän tutkimuksen tavoitteena on selvittää rungon poikkileikkauksesta paljain silmin havaittavien toukkakäytävien (= ruskotäplien) esiintymistä istutetuissa rauduskoivuissa. Ruskotäplien määrän vaihtelua tutkitaan: a) rungon sisällä, b) puiden välillä metsikössä ja c) metsiköiden välillä. Istutuskoivikoissa ei ole aikaisemmin tehty edustavaan aineistoon perustuvaa selvitystä ruskotäpläkärpäsen toukkakäytävien määrästä ja sijainnista. Ruskotäplien silmävarainen havainnointi on perusteltua silloin kun ongelmaa lähestytään koivusta saatavan raaka-aineen näkökulmasta. Toukkakäytävien todellisen määrän selvittäminen edellyttää mikroskoopin käyttöä.

2 Aineisto ja menetelmät

Tutkimusaineistona käytettiin kaatokoepuita, jotka on valittu ensisijaisesti istutuskoivikoiden tuotosta ja ulkoista laatua koskevan tutkimuksen tarpeisiin (Niemistö ym. 1997). Puun eri korkeuksilta otetuista kiekkonäytteistä tähän tutkimukseen valittiin kiinteät korkeudet 1,3 ja 6,0 metriä maanpinnasta sekä puun piteuden perusteella laskettu 2,5 %:n suhteellinen korkeus, joka vaihteli aineistossa 24 ja 79 cm:n välillä.

Tutkimuksessa käytettiin vuosina 1993 ja 1994 hankittua kolmea eri ikäistä ja eri tavalla valittua aineistoa (kuva 1, taulukko 1):

1. "30-vuotiaat" rauduskoivikot perustettiin Jyrki Raulon johdolla vuonna 1964, ja ne muodostavat kasvupaikkojen osalta edustavimman osa-aineiston (Raulo 1979).
2. "Nuoret" = vuosina 1966–1977 istutetut rauduskoivikot ovat otos metsälautakunnille, metsähallituk-



Kuva 1. Koeaineistona käytettyjen istutuskoivikoiden sijainti, yhteensä 137 metsikköä.

selle ja teollisuusyrityksille vuonna 1989 tehdyn kyselyn perusteella paikallistetuista koivikoista, joista 40 %:lle Metsäntutkimuslaitos on myöhemmin perustanut harvennuskokeita. Metsikköiden keski-ikä oli 24 vuotta.

3. ”Varttuneet” viljelykoivikot muodostuvat kaikista löydetyistä, iältään yli 40-vuotiaista, pinta-alaltaan riittävän suurista istutetuista rauduskoivikoista.

Kaikkiaan 137 koemetsikköstä oli entisillä peltomailla 78 kpl ja metsämailla 59 kpl (taulukko 1). Metsätyyppin lisäksi määritettiin maalaji 30 cm:n syvyydestä otetuista näytteistä. Metsämaiden koivikoista mustikkatyyppillä oli 18 kpl ja käenkaali-mustikkatyyppillä 41 kpl. Mustikkatyyppin koivikoiden pienen osuuden takia metsätyyppiä ei eroteltu tuloksia analysoitaessa, vaan kasvupaikkavertailut tehtiin pelto- ja metsämaiden välillä. 30-vuotiaat koivikot jakautuivat tasan pelto- ja metsämailla. Nuorista koivikoista oli 77 % peltomailla ja varttuneet, yli 40-vuotiaat koivikot kasvoivat pelkästään metsämailla.

Koemetsikköiden puusto ja kannot mitattiin metsikön keskellä sijaitsevalta 300 m²:n ympyräko-

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

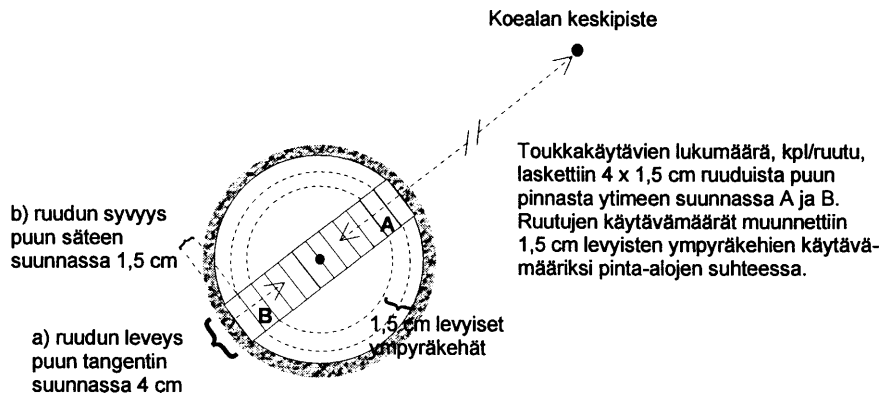
Kasvupaikka	Nuoret (18–29 v)	30-vuotiaat	Varttuneet (42–65 v)	Yhteensä
Metsiköitä metsämaalla	13	40	6	59
Metsiköitä peltomaalla	43	35	-	78
Koepuita metsämaalla	64	193	30	287
Koepuita peltomaalla	210	170	-	380

alalta. Kaatokoeputia otettiin koealalta pääsääntöisesti 5 kpl, poikkeustapauksissa maanomistajan vaatimuksesta vain 3 tai 4 kpl. Kaatokoeputien valintaa varten koealan istutuskoivut jaettiin lämpimän 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. Maaperän, puuston ja kaatokoeputien mittausten menetelmät on selostettu aikaisemmassa tutkimuksessa (Niemistö ym. 1997).

Näytekiekot oli kavennettu ja höylätty lustonmitausta varten siten, että ruskotäplien määrä ja sijainti saatiin mitatuksi 4,0 cm:n levyiseltä koealan säteen suuntaiselta halkaisijalta. Silmävaraisesti erottuvien toukkakäytävien lukumäärä laskettiin 1,5 cm × 4,0 cm ruuduista kuvan 2 mukaisesti. Ruutukohtaiset lukumäärät muunnettiin puun kuoretton säteen avulla vastaamaan kunkin 1,5 cm:n levyisen kehän ruskotäplämäärää kiekossa. Ilmansuuntia ei eroteltu, vaan tunnuksina käytettiin koko kiekolle tai sen eri vyöhykkeille määritettyä ruskotäplien lukumäärää (= Lkm) sekä puun pökkileikkauksen pinta-alayksikköä kohden laskettua esiintymistiheyttä (= Tih).

Aineistoksi valittujen koivuviljelysten historia tunnetaan hyvin, joten puuston tiheyden määrittäminen eri ajankohtina ei tuottanut vaikeuksia. Tiheysmuuttujaksi valittiin puuston keskimääräinen runkoluku ikävuosien 10–24 aikana. Koivikon pituusboniteetti määritettiin graafisesti Oikarisen (1983) pituusboniteettikäyrien avulla.

Aineiston tilastolliseen analysointiin käytettiin



Kuva 2. Ruskotäpläkärpäsen toukkakäytävien mittaamenetelmä.

varianssi-, kovarianssi- ja regressioanalyysiä sekä t-testiä (SAS 6.06). Ruskotäplätiheyden vaihtelua rungon sisällä tutkittiin myös aikasarja-analyysin avulla. Ruskotäplien lukumäärän jakauma poikkesi yleensä normaalijakaumasta, koska se sisälsi usein 0-havaintoja ja joitakin poikkeuksellisen suuria arvoja. Muunnoksen "log(lukumäärä + 1)" avulla jakauma saatiin useimmiten riittävän lähelle em. menetelmien vaatimaa normalisuutta. Nollahavaintoja vähensi myös puutason muuttujien korvaaminen metsikkökeskiarvoilla silloin, kun se muutoin oli mahdollista. Ruskotäplätiheys noudatti yleensä riittävän hyvin normaalijakaumaa sellaisenaan. Ruskotäpläisyyden vaihtelua puun sisällä tutkittiin kaikilla kolmella mittauskorkeudella. Sen sijaan metsikköiden sisäistä ja niiden välistä vaihtelua tutkittiin pelkästään 1,3 metrin korkeudessa, koska 2,5 %:n korkeus vaihtelee puun pituuden mukaan ja 6,0 metrin korkeus on tyvitukin yläpuolella.

3 Tulokset

3.1 Ruskotäplien määrä rinnankorkeudella

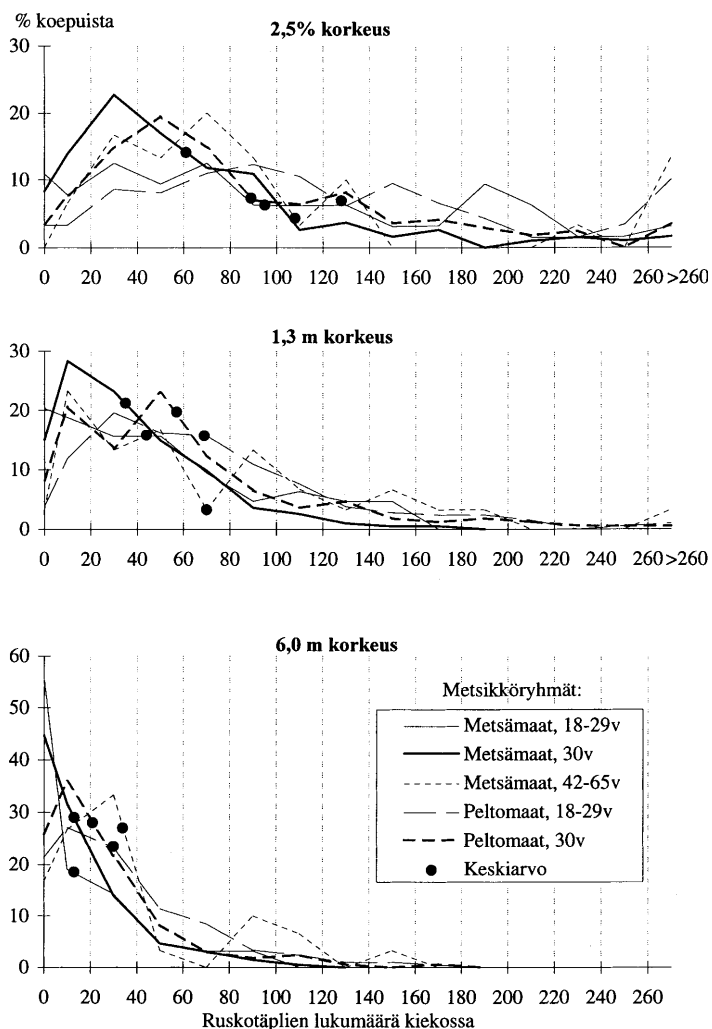
Ruskotäplien lukumäärän jakauma poikkesi vinoutensa takia normaalijakaumasta (kuva 3). Rinnankorkeuskiekoissa ruskotäplien lukumäärä oli metsämailla keskimäärin 40 kpl lukuunottamatta vartuneita koivuja, joissa niitä oli keskimäärin 70 kpl

Taulukko 2. Varianssitableu koivun ruskotäplien lukumäärästä istutetuissa rauduskoivuissa 1,3 metrin korkeudella.

Vaihtelun lähde	Vapausasteet	Keskineliö	F-arvo	p-arvo
Ikäluokka	2	6063	5,49	0,0051
Kasvupaikka (pelto/metsä)	1	15249	13,80	0,0003
Ikäluokka × Kasvupaikka	1	26	0,02	0,8779
$n = 137, R^2 = 0,158, S_m = 35,7, S_f = 32,7$				

(kuva 3). Peltomailla ruskotäpliä oli enemmän, 30-vuotiaissa koivuissa keskimäärin 57 kpl ja nuoremmassa 69 kpl. Nuorissa peltokoivuissa puun poikkileikkausta kohti laskettu ruskotäplätiheys (0,4 kpl/cm²) oli noin kaksinkertainen muuhun aineistoon verrattuna. Sellaisia puita, joissa ruskotäpliä ei esiintynyt rinnankorkeudella lainkaan, oli metsämaiden nuorissa ja 30-vuotiaissa koivikoissa noin 20 %, mutta vastaavissa peltomaan koivikoissa vain 4 %.

Metsikkötason keskiarvojen perusteella ikäluokkien sekä pelto- ja metsämaiden väliset erot olivat merkitseviä (taulukko 2) eikä näillä muuttujilla ollut yhdysvaikutusta ruskotäplien esiintymiseen. Peltomaiden koivuissa oli ruskotäpliä merkitsevästi enemmän kuin metsämailla molemmissa ikäluokissa. Iän vaikutus ei ollut johdonmukainen, koska 30-vuotiaissa koivuissa ruskotäpliä oli vähemmän kuin nuoremmassa. Metsämailla täpliä oli kuitenkin eniten yli 40-vuotiaissa koivuissa. Peltomailta



Kuva 3. Istutuskoivujen %-jakaumat ruskoäplien lukumäärän mukaisissa luokissa.

näin vanhat istutuskoivut puuttuivat. Tuloksen perusteella aineiston jako viiteen metsikköryhmään iän ja kasvupaikan perusteella oli selvästi tarpeellinen (ks. taulukko 1).

3.2 Ruskoäplien määrän vaihtelu puun pystysuunnassa

Tutkituissa näytteissä oli ruskoäpliä selvästi eniten 2,5 prosentin korkeudelta otetuissa kiekkoissa,

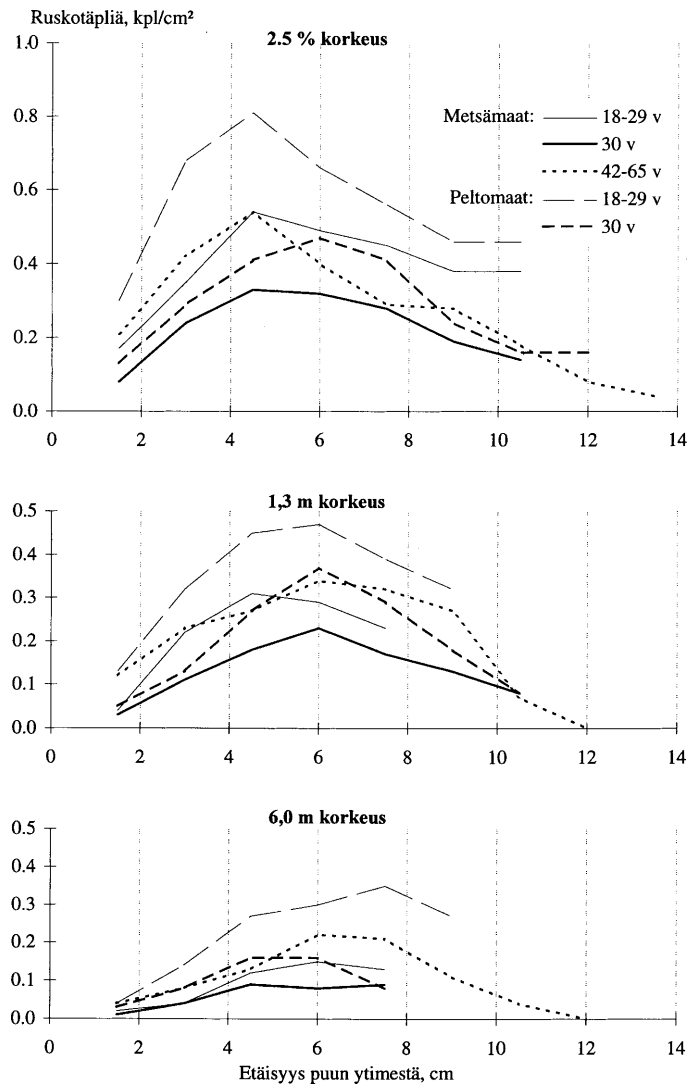
joissa niitä oli nuorissa koivuissa keskimäärin kaksinkertaisesti verrattuna rinnankorkeuteen (kuva 3). 30-vuotiaissa koivuissa tämä ero oli keskimäärin 1,7-kertainen ja varttuneissa 1,5-kertainen. Eron pienentyminen metsikön iän lisääntyessä selittyi osittain sillä, että 2,5 prosentin korkeus oli varttuneissa koivuissa keskimäärin ylempänä, 63 cm:n korkeudessa verrattuna nuoriin koivuihin, joissa se oli 41 cm:n korkeudessa.

Alle 10 prosentissa koivun tyvistä ei havaittu lainkaan ruskoäpliä. Sen sijaan 6 metrin korkeu-

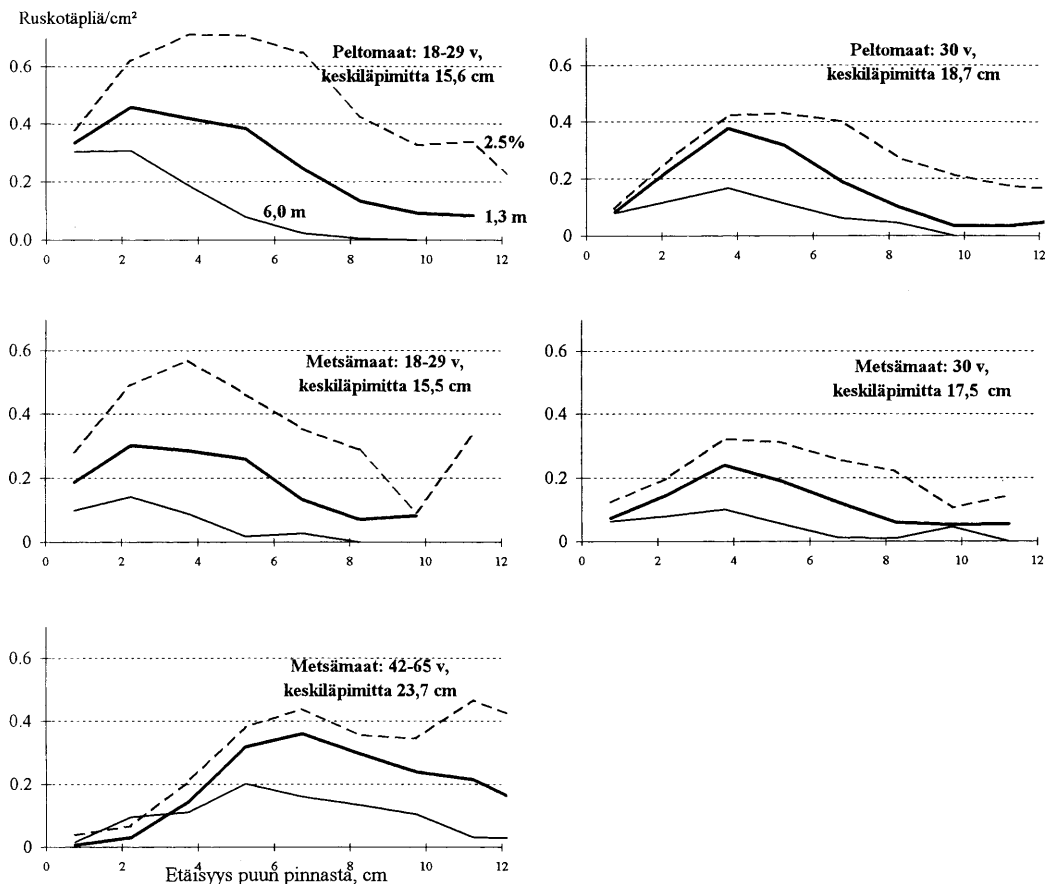
della noin puolet metsämaan 30-vuotiaista ja sitä nuoremmista koivuista oli puhtaita ja peltomailla niiden osuus oli noin 25 %. Ruskotäplien määrä 6 metrin korkeudella oli 30–50 % rinnankorkeuden käytävämäärästä. Metsämaan nuorissa ja 30-vuotiaissa koivuissa ruskotäplätiheys aleni rinnankorkeudelta 6 metriin tultaessa noin puoleen, peltomailla vähemmän. Yli 40-vuotiaissa koivuissa erot eri korkeuksien välillä olivat pienimmät.

3.3 Ruskotäplätiheyden vaihtelu puun säteen suunnassa

Kaikissa ikäryhmissä niin pelto- kuin metsämaalakin ruskotäplätiheys ensin kohosi ytimestä ulospäin mentäessä, saavutti jollakin etäisyydellä huipunsa ja alkoi sitten laskea (kuva 4). Täplätiheys puun poikkileikkauksessa oli rinnankorkeudella suurimmillaan noin 6 cm:n etäisyydessä puun yti-



Kuva 4. Ruskotäplien esiintymistiheys eri etäisyyksillä istutuskoivujen ytimestä.



Kuva 5. Ruskotäplien esiintymistiheys eri etäisyyksillä istutuskoivun rungon pinnasta.

mestä. Tulos oli yhdenmukainen eri metsikköryhmissä. Vain metsämaiden nuorissa koivuissa ruskotäplien maksimivaihe oli vähän aikaisemmin.

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

Puun tyvellä, 2,5 prosentin korkeudella oli nähtävissä toinen ruskotäplätihentymä yli 10 cm:n etä-

syydellä puun pinnasta. Toisen tihentymän olemassaolo jäi kuitenkin epävarmaksi, koska se havaittiin verrattain pienellä määrällä aineiston suurimpia puita. Toisaalta tihentymä näkyi tällä kohdalla lähes kaikissa ikäryhmissä metsä- ja peltomailla.

Ruskotäplätiheyden muutosta tarkasteltiin myös puun pinnasta lähtien (kuva 5). Rinnankorkeudella täplätiheyden huipun etäisyys puun pinnasta oli nuorissa koivuissa keskimäärin 2,5 cm, 30-vuotiaissa noin 4 cm ja varttuneissa koivuissa keskimäärin 6,5 cm. Varttuneissa koivuissa rungon pintavyöhyke oli puhdas puun tyvellä ja aina 3 cm:n syvyyteen saakka ruskotäpliä oli hyvin vähän. 30-vuotiaiden koivujen pintapuussa oli keskimäärin 1 täplä jokaista 10 cm²:ä kohden. Vastaava luku oli nuorissa koivikoissa metsämailla 2 ja peltomailla 3,5.

Ruskotäplätiheys oli 6,0 metrin korkeudella suu-

rimmillaan samassa vyöhykkeessä kuin rinnankorkeudella. Poikkeuksena olivat varttuneet metsiköt, joissa tiheyshuippu oli yhtä vyöhykettä lähempänä pintaa kuin rinnankorkeudella. Runkoa ylöspäin mentäessä ruskotäplätiheys näytti pienenevän rungon sisäosissa voimakkaammin kuin pintapuussa.

Ruskotäplien esiintymistiheyttä puun säteen suun-

nassa 1,3 m:n korkeudella selitettiin regressiomallilla:

$$Tih_{ij} = a + b \times Et_j + c \times Et_j^2 + d \times R_i + \varepsilon_{ij},$$

jossa Tih_{ij} = keskimääräinen ruskotäplätiheys metsikössä i vyöhykkeellä j , Et_j = 1,5 cm leveän vyö-

Taulukko 3. Ruskotäplien esiintymistiheyden (kpl/cm²) vaihtelua rungon säteen suunnassa selittävät regressiomallit ikäluokittain metsä- ja pelto- maiden istutuskoivikoissa.

Selittävä muuttuja	Kerroin	Keskiahajonta	t-arvo	p-arvo
Selitettävä muuttuja: Tih_{ij} = Ruskotäplätiheys rinnankorkeudella metsikössä i vyöhykkeellä j				
Metsämaat: 18–29-v.				
Vakio	-0,466	0,237	-1,97	0,053
Etäisyys kuoresta, cm	0,096	0,052	1,86	0,067
Etäisyys kuoresta**2	-0,018	0,007	-2,59	0,011
Puiden kuoreton keskisäde, cm	0,084	0,030	2,81	0,006
n = 80, R ² = 0,226				
Metsämaat: 30-v.				
Vakio	-0,277	0,077	-3,61	0,0004
Etäisyys kuoresta, cm	0,087	0,017	5,26	0,0001
Etäisyys kuoresta**2	-0,012	0,002	-6,29	0,0001
Puiden kuoreton keskisäde, cm	0,036	0,008	4,46	0,0001
n = 276, R ² = 0,205				
Metsämaat: 42–65-v.				
Vakio	-0,270	0,158	-1,71	0,093
Etäisyys kuoresta, cm	0,135	0,039	3,48	0,001
Etäisyys kuoresta**2	-0,011	0,004	-2,93	0,005
Puiden kuoreton keskisäde, cm	0,012	0,011	1,07	0,289
n = 51, R ² = 0,263				
Peltomaat: 18–29-v.				
Vakio	0,300	0,124	2,42	0,016
Etäisyys kuoresta, cm	0,082	0,032	2,52	0,012
Etäisyys kuoresta**2	-0,173	0,004	-4,16	0,001
Puiden kuoreton keskisäde, cm	(0,002	0,014	0,13	0,896)
n = 264, R ² = 0,195				
Peltomaat: 30-v.				
Vakio	0,216	0,098	-2,21	0,0279
Etäisyys kuoresta, cm	0,133	0,019	6,85	0,0001
Etäisyys kuoresta**2	-0,018	0,002	-8,38	0,0001
Puiden kuoreton keskisäde, cm	0,028	0,010	2,85	0,0047
n = 257, R ² = 0,285				

Taulukko 4. Puun säteen suuntaista ruskotäplätiheyden vaihelua selittävän kovarianssimallin tulokset istutuskoivujen rinnankorkeuskiekoissa. Kovarianssianalyysiin päädyttiin erikseen pelto- ja metsämailla ikäluokittain tehdyn aikasarja-analyysin perusteella.

Ryhmä	β_1			β_2			Selitysaste
	NS (I)*	F-arvo	p-arvo	NS (I)*	F-arvo	p-arvo	
Metsämaat, 18–29 v.	1,17	53,1	0,0001	0,15	6,9	0,0112	0,54
30 v.	1,77	112,8	0,0001	0,05	3,3	0,0704	0,37
42–65 v.	0,25	7,4	0,0098	0,07	2,0	0,1650	0,20
Peltomaat, 18–29 v.	4,62	197,5	0,0001	0,19	8,0	0,0052	0,54
30 v.	2,86	164,0	0,0001	0,68	39,2	0,0001	0,52

* NS(I): Mallin selittämä neliösumma = NS(I)

hykkeen ulkoreunan etäisyys puun pinnasta ja R_i = puun keskimääräinen kuoreton säde rinnankorkeudella metsikössä i . Malli laadittiin ikäryhmittäin pelto- ja metsämailla (taulukko 3). Mallien selitysasteet olivat alhaiset vaihdellen välillä 19–29 %.

Peräkkäisten vyöhykkeiden ruskotäplätiheydet saattavat riippua toisistaan, joten aineistoon sovellettiin myös aikasarjamallia:

$$Tih_{ij} = m + \beta_1 \times Tih_{i,j-1} + \beta_2 \times Tih_{i,j-2} + \varepsilon_{ij}$$

(ks. taulukko 4)

Mallin kehittäessä testattiin selittäjinä myös puuston keskiläpimitaa ja metsikkötason satunnaisparametria, mutta ne todettiin tarpeettomiksi, koska puun säteen suuntaisen vaihtelun muoto ei poikennut metsiköstä toiseen. Aikasarjamallin selitysaste oli varttuneita koivikoita lukuunottamatta noin kaksinkertainen regressiomalliin verrattuna. Tulos osoitti sen, että ruskotäplä esiintyi rungossa sitä enemmän, mitä enemmän niitä oli ko. puussa ollut aikaisemmin.

3.4 Ruskotäplien määrän vaihtelu 1,3 metrin korkeudessa

Ruskotäplien lukumäärän (Lkm, kpl/rungon poikileikkaus) ja tiheyden (Tih , kpl/cm²) logaritmin vaihtelu jaettiin metsikön sisäiseen ja metsiköiden väliseen vaihteluun. Mallin $y = \mu + \text{metsikkö}_i + \varepsilon_{j(i)}$ selitysaste R^2 on metsiköiden välisen vaihtelun osuus kokonaisvaihtelusta. Selittämättä jäävä vaihtelu

($1 - R^2$) on metsiköiden sisäistä vaihtelua. Normaalin varianssianalyysin sijasta käytettiin SAS-ohjelmiston Nested-menettelyä, joka ottaa huomioon vaihtelun lähteiden sisäkkäisyyden ja sietää havaintomäärän metsiköittäistä vaihtelua.

Tulokset laskettiin ikäryhmittäin metsä- ja pelto- mailla (taulukko 5). Metsiköiden sisäinen vaihtelu muodosti keskimäärin 66 % ruskotäplien määrän vaihtelusta. Vaihtelun jakautuminen kahteen komponenttiin oli samanlaista eri ikäluokissa metsä- ja peltomailla eikä riippunut myöskään näytekiekköjen sijaintikorkeudesta. Ruskotäplätiheydessä metsikön sisäisen vaihtelun osuus kokonaisvaihtelusta kohosi jonkin verran puuston vanhetessa. Metsiköiden välisen vaihtelun osuus oli suurempi 6,0 metrin korkeudessa kuin puun tyvellä.

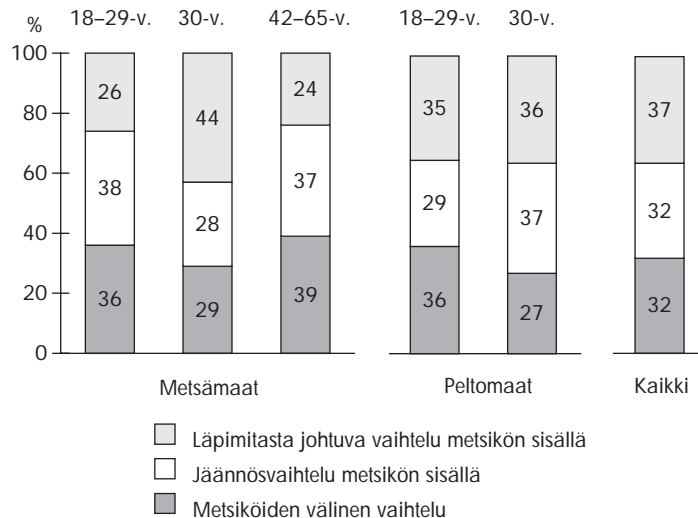
Seuraavassa vaiheessa metsikön sisäinen vaihtelu rinnankorkeudella jaettiin kahteen komponenttiin: a) puiden läpimitaeroista (= kasvuerosta) johtuvaan ja b) muuhun vaihteluun.

Ensin tutkittiin puun rinnankorkeusläpimitan ja ruskotäplien määrän välistä korrelaatiota kaikissa metsiköissä erikseen. Korrelaatiokerroin oli lähes poikkeuksetta positiivinen, joten täplämäärä oli paksuimmilla puilla yleensä suurempi kuin ohuemmilla. Pienen havaintomäärän (5 kpl/metsikkö) takia alle 10 %:n merkitsevyystaso saavutettiin kuitenkin vain 19 metsikössä niin Pearsonin kuin Spearmanin korrelaatiokertoimia käytettäessä. Ylioja ym. (1995) ovat havainneet puun läpimitan vaikuttavan samaan suuntaan 17-vuotiaissa koivikoissa.

Läpimitan vaikutuksen erottamiseksi metsikön

Taulukko 5. Metsiköiden sisäisen vaihtelun osuus ruskotäplien lukumäärän ja käytäviheyden kokonaisvaihtelusta SAS-ohjelmiston Nested-menettelyä käyttäen.

Korkeus	Metsämaat			Peltomaat		Keskiarvo
	18–29-v.	30-v.	42–65-v.	18–29-v.	30-v.	
	%					
Selitettävä = log(Lkm, kpl/kiekk)						
2,5 %	75,7	60,5	69,9	61,3	61,6	65,8
1,3 m	64,4	71,3	61,1	64,2	73,3	66,9
6,0 m	69,7	73,9	46,8	69,8	65,7	65,2
Keskiarvo	69,9	68,6	59,3	65,1	66,9	65,9
Selitettävä = log(Tih, kpl/cm ²)						
2,5 %	73,8	62,8	100	52	66,3	71,0
1,3 m	66,9	71	98,6	52,5	72,3	72,3
6,0 m	57,1	85,7	46,9	58,6	72,9	64,2
Keskiarvo	65,9	73,2	81,8	54,4	70,5	69,2



Kuva 6. Ruskotäplien lukumäärän kokonaisvaihtelun jakautuminen kolmeen komponenttiin metsä- ja peltomaiden istutusköivujen rinnankorkeuskiekoissa.

muusta sisäisestä vaihtelusta sovitettiin havaintoihin seuraavaa kovarianssimallia:

$$\log(Lkm + 1)_{ij} = \mu + \text{Metsikkö}_i + \beta_1 \times d_{ij} + \beta_2 \times (\text{Metsikkö} \times d)_{ij} + \varepsilon_{ij}$$

Mallia sovellettiin erikseen viidessä metsikköryh-

mässä, joissa μ = ryhmän keskiarvo, i = metsikön numero, j = puun numero ja d = puun rinnankorkeusläpimitta. ”Metsikkö” on tässä luokitteleva muuttuja, jonka a) arvot ovat peräisin normaalijakamasta, b) odotusarvo = 0 ja c) varianssi on vakio. Mallin jäännösvaihteluun jää nyt metsiköiden sisäisen vaihtelun läpimitasta riippumaton kompo-

nentti, joten läpimitasta johtuva vaihtelu voidaan laskea metsiköiden sisäisen vaihtelun ja kovarianssimallin jäännösvaihtelun erotuksena. Ruskotäplien lukumäärän vaihtelun jakautuminen kolmeen komponenttiin on esitetty kuvassa 6.

3.5 Metsiköiden välinen vaihtelu ja siihen vaikuttavat tekijät

Edellä todettiin, että kaikissa ikäluokissa on jo ohitettu suurimman ruskotäplätiheyden vaihe ainakin rinnankorkeudella ja sen alapuolella. Neljästä, puun säteen suunnassa rajatusta 1,5 cm:n levyisestä vyöhykkeestä, joiden täplätiheydet olivat suurimmat, muodostettiin yhdessä 6 cm leveä alue. Näin laajennetun vyöhykkeen keskimääräisen ruskotäplätiheyden avulla eri-ikäiset ja kokoiset koivut olivat paremmin verrattavissa toisiinsa. Tätä laajempi vyöhyke ei kelvannut, koska nuorimmissa koivuissa rungon paksuus ei riitä ja kapeammassa vyöhykkeessä satunnaisvaihtelu on suurta ja mittaustavasta johtuvia 0-havaintoja esiintyy paljon. Uuden muuttujan käyttö on perusteltua, koska käytävitiheyden muutos kuoresta ytimeen oli samanmuotoista eri ikäluokissa, vaikka ruskotäplätiheyden maksimin sijainti ja taso poikkesivatkin.

Edellä määritellystä muuttujasta käytetään jatkossa nimitystä ”maksimivaiheen ruskotäplätiheys”. Rinnankorkeudella se laskettiin nuorissa metsiköissä heti puun pinnasta alkaen ja 30-vuotiaissa 1,5–7,5 cm:n syvyydeltä. Varttuneiden koivikoiden ikäerot olivat niin suuret, että ruskotäplätiheyden maksimivaihe määritettiin jokaiselle metsikölle erikseen, jolloin 6 cm:n levyinen vyöhyke alkoi metsiköstä riippuen 3–6 cm:n syvyydeltä puun pinnasta. Uuden muuttujan jakauma saatiin logaritmimuunnoksen avulla riittävän lähelle normaalijakaumaa.

Taulukossa 2 on aikaisemmin tehdyn varanssi-analyysin tulokset, joiden mukaan puuston ikäluokka ja kasvupaikka vaikuttivat selvästi ruskotäplien lukumäärään (kpl/rinnankorkeuskiekkko). Vastaava tulos saatiin myös maksimivaiheen ruskotäplätiheydessä (taulukko 6). Ikäluokan ja kasvupaikan yhdysvaikutusstermi poistettiin tarpeettomana ja kumpaankin malliin lisättiin selittäjiksi vuoron perään muita metsikkötason muuttujia.

Puuston keskiläpimita osoittautui iän ja kasvupai-

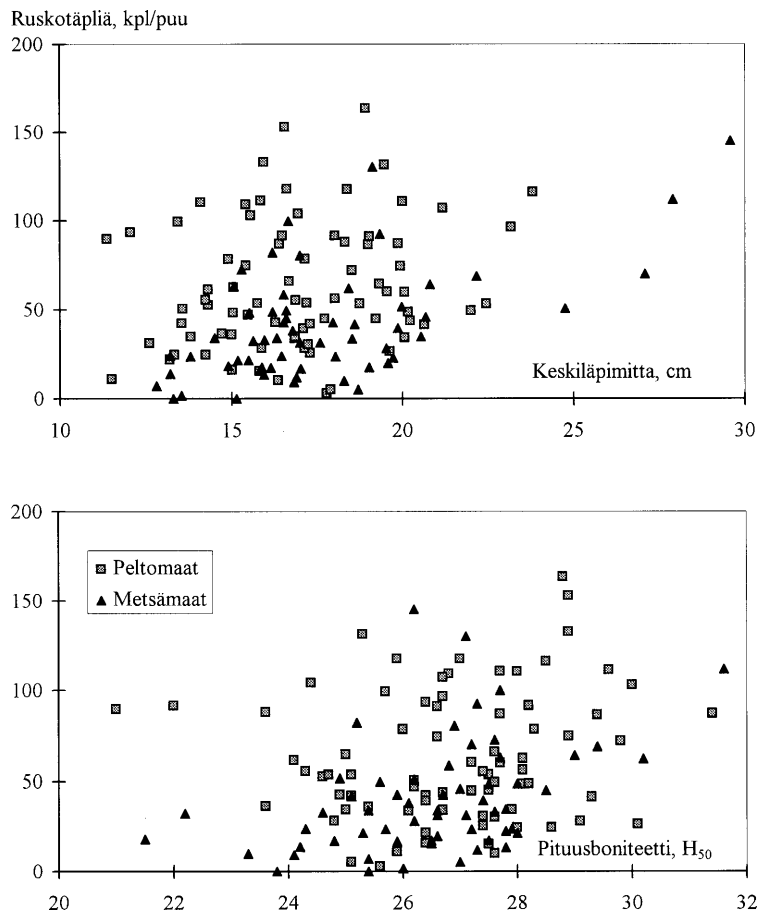
Taulukko 6. Maksimivaiheen ruskotäplätiheyden ($\log(\text{kpl}/\text{cm}^2)$) varianssianalyysi istutetuissa rauduskoivikoissa. Vaihtelun selittäjinä puuston ikäryhmä ja kasvupaikka (pelto- ja metsämaat).

Vaihtelun lähde	Vapausasteet	Jäännös NS	F-arvo	p-arvo
Ikäluokka	2	0,149	9,4	0,0002
Kasvupaikka	1	0,247	15,6	0,0001
Ikäluokka \times Kasvupaikka	1	0,003	0,2	0,6523
n = 137, R ² = 0,208, S _m = 0,139, S _f = 0,124				

Taulukko 7. Rinnankorkeudelta laskettujen ruskotäplien lukumäärän (kpl/rinnankorkeuskiekkko) kovarianssianalyysi istutetuissa rauduskoivikoissa.

Vaihtelun lähde	Vapausasteet	NS(I)	F-arvo	p-arvo
a) Kovarianttina puuston keskiläpimita				
Keskiläpimita, cm		29166	33,0	0,0001
Kasvupaikka	1	18000	20,37	0,0001
Ikäluokka	2	4686	5,30	0,0061
n = 137, R ² = 0,326, S _m = 35,7, S _f = 29,3				
b) Kovariantteina pituusboniteetti ja runkoluku				
Pituusboniteetti		8366	8,68	0,0038
Runkoluku, kpl/ha		5079	5,28	0,0233
Kasvupaikka	1	18000	18,70	0,0001
Ikäluokka	2	4686	4,87	0,0092
Maalaji	5	2225	2,31	0,0478
n = 137, R ² = 0,30, S _m = 35,7, S _f = 29,9				

kan ohella parhaaksi ruskotäplien lukumäärän selittäjäksi (taulukko 7a, kuva 7). Ikäluokalla ja keskiläpimitalla oli yhteisvaihtelua, mutta niillä ei ollut kuitenkaan yhdysvaikutusta mallissa, koska läpimitan vaikutus oli samanlaista kaikissa ikäluokissa. Keskiläpimitan ohella tutkittiin myös pituusboniteetin ja puuston runkoluvun vaikutusta. Boniteetin vaikutus oli suurempi (kuva 7), mutta molemmat olivat selkeästi merkitseviä selittäjiä vain silloin, kun keskiläpimita jätettiin pois mallista. Myös yhteisvaihtelun vuoksi malliin kannatti sisällyttää joko keskiläpimita tai vaihtoehtoisesti boniteetti ja puuston runkoluku.



Kuva 7. Ruskotäplien lukumäärän riippuvuus istutuskoivikon keskiläpimittasta ja pituusboniteetista.

Maalaji ja maan hienoaainesosuus eivät selittäneet ruskotäplämäärän vaihtelua rinnankorkeudella, mikäli puuston keskiläpimitta oli mallissa mukana. Sen sijaan pituusboniteetin ja runkoluvun kanssa maalaji oli merkitsevä selittäjä kovarianssimallissa (taulukko 7b). Mallissa ei ollut merkitseviä yhdysvaikutuksia. Ruskotäplä oli eniten hiekkamoreeneilla ja hieta- mailla (kuva 8), joilla koivut olivat myös paksuimpia. Vähiten niitä oli hiekkamailla.

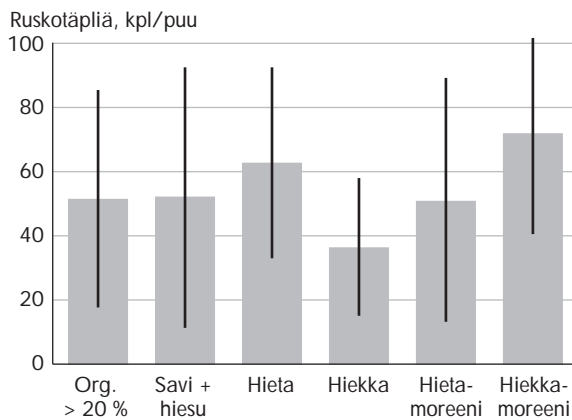
län ja kasvupaikan (pelto- tai metsämaat) lisäksi ruskotäplien määrään vaikutti siis lähinnä puuston kasvunopeus. Maksimivaiheen ruskotäplätiheyden vaihtelua selitettäessä puuston keskiläpimitta ei ollut enää merkitsevä muuttuja, koska läpimitta sisältyy jo täplätiheyden laskentaan. Mikään muukaan tutki-

tuista metsikkötason muuttujista ei ollut merkitsevä, joten käytäviheyttä selittävään malliin jäivät jäljelle vain ikäluokka ja kasvupaikka (taulukko 6).

3.6 Latvusrajan ja keskiläpimitan vaikutus ruskotäplien esiintymiseen

Metsikkökohtainen latvusraja laskettiin istutuskoivujen alimman elävän oksan sijaintikorkeuden keskiarvona ja sitä tarjottiin keskiläpimitan rinnalla selittäväksi muuttujaksi malleihin, jotka tehtiin ikäluokittain pelto- ja metsämailla (taulukko 8).

Metsämaan 30-vuotiaissa koivikoissa latvusrajan mukaanotto kohotti mallin selitysastetta rusko-



Kuva 8. Ruskotäplien esiintyminen eri maalajeille istutetuissa pelto- ja metsämaiden istutuskoivikoissa (pystyviiva = keskihajonta).

täplien lukumäärän osalta 19:sta 32 prosenttiin ja maksimivaiheen ruskotäplätiheyden osalta 12:sta 24 prosenttiin. Nuoremmissa koivikoissa metsämailla latvusraja oli myös merkitsevä selittäjä, mutta se lisäsi mallien selitysasetta vain 1–3 %-yksikköä, mikä johtui ilmeisesti siitä, että läpimitta selitti jo yksinään lähes puolet ruskotäplämäärän vaihtelusta. Metsämaiden yli 40-vuotiaissa koivikoissa aineisto ei riittänyt mallien laatimiseen.

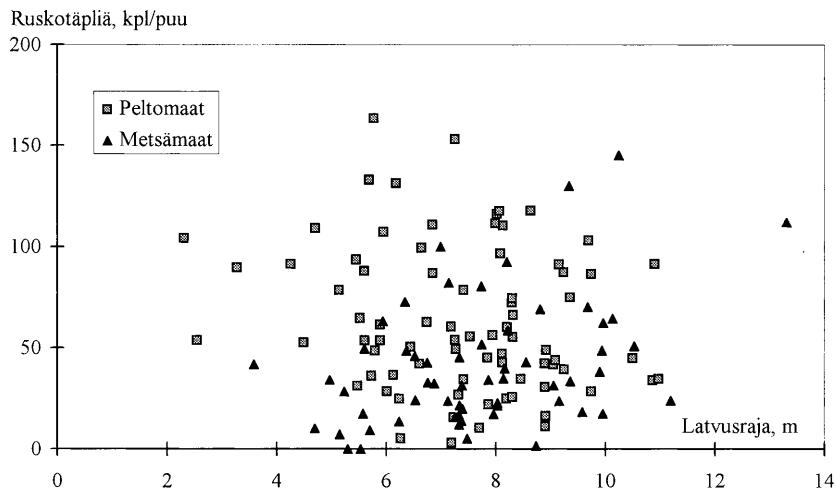
Peltomaiden 30-vuotiaissa koivikoissa keskiläpimitta selitti 20 % ruskotäplien lukumäärän vaihtelusta, mutta latvusrajalla ei ollut vaikutusta. Kumpikaan ei selittänyt merkitsevästi ruskotäplätiheyden vaihtelua. Nuoremmissa peltomaiden koivikoissa keskiläpimitta selitti 9 % ruskotäplämäärän vaihtelusta ja latvusrajan lisääminen malliin lähes kaksinkertaisti selitysasteen, mutta se jäi edelleen alhaiseksi. Ruskotäplätiheyden ainoa merkitsevä selittäjä oli latvusraja, mutta mallin selitysasaste oli vain 11 %. Metsämaiden malleissa latvusrajan kerroin oli positiivinen (kuva 9), mutta peltomaiden nuorissa koivikoissa negatiivinen, joten tulokseen on suhtauduttava kriittisesti.

3.7 Väriastian leviäminen ruskotäpläkärpäsen toukkakäytävistä

Samasta tutkimusaineistosta on aikaisemmin tut-

Taulukko 8. Ikäluokittain pelto- ja metsämaalle tehdyt regressiomallit, joissa ruskotäplien lukumäärää ja maksimivaiheen käytäviheyttä rinnankorkeudella selitetään puuston keskiläpimitalla ja elävän latvuksen alarajalla.

Selittävä muuttuja	Kerroin	Keskivirhe	t-arvo	p-arvo
Selitettävä muuttuja: Ruskotäplien lukumäärä 1,3 m:n korkeudella				
Metsämaat: 18–29-v.				
Vakio	-195,8	77,6	-2,52	0,030
Keskiläpimitta, mm	1,08	0,42	2,55	0,029
Latvusraja, dm	1,24	0,62	1,99	0,074
n = 13, R ² = 0,495				
Metsämaat: 30-v.				
Vakio	-102,6	33,5	-3,06	0,004
Keskiläpimitta, mm	0,050	0,17	3,00	0,005
Latvusraja, dm	0,638	0,24	2,62	0,013
n = 40, R ² = 0,320				
Peltomaat: 18–29-v.				
Vakio	24,5	43,7	0,56	0,577
Keskiläpimitta, mm	0,551	0,251	2,19	0,034
Latvusraja, dm	-0,609	0,329	-1,91	0,063
n = 43, R ² = 0,164				
Peltomaat: 30-v.				
Vakio	-63,6	42,8	-1,49	0,147
Keskiläpimitta, mm	0,647	0,228	2,84	0,008
n = 35, R ² = 0,197				
Selitettävä muuttuja: log(maksimivaiheen käytäviheys, kpl/cm ²)				
Metsämaat: 18–29-v.				
Vakio	-0,7784	0,372	-2,09	0,063
Keskiläpimitta, mm	0,0040	0,002	1,99	0,075
Latvusraja, dm	0,0062	0,003	2,10	0,063
n = 13, R ² = 0,437				
Metsämaat: 30-v.				
Vakio	-0,2299	0,1288	-1,79	0,083
Keskiläpimitta, mm	0,0011	0,0006	1,66	0,106
Latvusraja, dm	0,0027	0,0009	2,84	0,007
n = 40, R ² = 0,24				
Peltomaat: 18–29-v.				
Vakio	0,5297	0,0955	5,55	0,0001
Latvusraja, dm	-0,0030	0,0014	-2,23	0,0317
n = 43, R ² = 0,108				



Kuva 9. Ruskotäplien lukumäärän riippuvuus elävän latvuksen alarajan korkeudesta istutusköivökoissa.

kittu lahojen ja värivikojen esiintymistä (Hallaksela ja Niemistö 1998). Rinnankorkeudelta ja sen alapuolelta otetuista kiekkoista 2,5–5,0 % oli sellaisia, joissa havaittiin selvästi värivikaa ympärilleen levittäneitä ruskotäpläkärpäsen toukkakäytäviä. Yleisimmin värivika ulottui muutamia millimetrejä kaikkiin suuntiin alkuperäisen käytävän ympärille. Tavallisesti tällaisia värivikoja esiintyi kehämäisesti samassa kiekossa useita ja ne olivat saaneet alkunsa saman vuosiluston toukkakäytävistä. Ylempänä rungosta ei tavattu värivikaa levittäneitä käytäviä.

Mainitussa tutkimuksessa analysoitiin koivun värivikojen yhteydessä esiintyvää mikrobistoa. Ruskotäpläkärpäsen toukkakäytäviin liittyviä värivikoja ei tutkittu erikseen, mutta tulosten perusteella voidaan olettaa, että niissä esiintyy erilaisia sienä ja bakteereja, mutta ei varsinaisia lahottajasieniä (Hallaksela ja Niemistö 1998). Tällaiset väriviat eivät laajene nopeasti ja puuaine pysyy kiinteänä. Osa toukkakäytävistä oli väriltään mustia ja tumma väri voi johtua käytävään kuolleista sienistä ja bakteereista. Mustuneiden käytävien osuus kaikista näkyvistä toukkakäytävistä oli nuorten koivujen tyvellä 3,8 % metsämailla ja 7,3 % peltomailla. Ylempänä, 6 m:n korkeudessa mustien käytävien osuus oli alle 1 %. Tulos viittaa siihen, että alle 10 % toukkakäytävistä infektoiduu läheltä toukan ulostulo-

aukkoa, mutta suurin osa mikrobeista kuolee tunkeutumatta ympäröivään puuaineeseen.

4 Tulosten tarkastelu

Silmävaraisesti havaittavia ruskotäpläkärpäsen toukkakäytäviä oli peltomaiden rauduskoivuissa noin 1,5-kertaisesti metsämaihin verrattuna. Metsämaan 30-vuotiaissa ja sitä nuoremmassa istutuskoivuissa oli keskimäärin 40 ruskotäplää rinnankorkeudella ja puhtaita näistä kiekkoista oli 15–20 %. Yli 40-vuotiaissa koivuissa ruskotäpliä oli keskimäärin 70 kpl. Peltomailla rinnankorkeuskiekoista oli puhtaita 4–8 %. Viiden koepuun perusteella ruskotäplistä puhtaita metsiköitä oli vain 2 kpl koko 137 metsikön aineistossa.

Ruskotäplien määrä kaksinkertaistui rinnankorkeudelta alaspäin 40 cm:n korkeuteen mennessä ja vastaavasti puolittui ylöspäin 6 metrin korkeuteen mennessä. Yliojan ja Rousin (1998) tutkimuksen 30-vuotiaissa koivuissa mikroskoopilla havaittävien toukkakäytävien määrä ei juuri muuttunut korkeuksien 0,25 m ja 3 m välillä, mutta kaksinkertaistui kannonkorkeudella. Tulos viittaa siihen, että lähes kaikki 2,5 m:n korkeudelta havaitut käytävät olivat

olemassa myös 1,3 metrissä, mutta jopa puolet niistä jäi huomaamatta ilman mikroskooppia. Kuuden metrin korkeudessa käytävistä jäi havaitsematta vielä suurempi osuus, vaikka käytävien todellinenkin määrä vähenee em. tutkimuksen mukaan 3 metrissä ylöspäin.

Kaikissa tutkituissa ikäryhmissä ruskotäplätiheys lisääntyi puun ytimestä ulospäin, saavutti rinnankorkeudella maksimin noin 6 cm:n etäisyydellä ja aleni sen jälkeen puun pintaa kohti tultaessa. Siinä vaiheessa, kun ruskotäplien määrä kääntyi laskuun, puuston keskipituus oli 13–14 m. Schulmanin (1994) tutkimissa peltokoivikoissa toukkakäytävät alkoivat yleistyä 4–5 vuoden kuluttua istutuksesta. Kymmenen vuotta myöhemmin lustoittain laskettu käytävämäärä oli jo vähenemässä. Tämän tutkimuksen 30-vuotiaiden koivujen pintapuussa ruskotäplien määrä oli jo selvästi alentunut, mutta nuoremmissa koivuissa täplätiheyden maksimi oli lähellä puun pintaa, 1,5–3,0 cm:n syvyydessä. Varttuneiden, yli 40-vuotiaiden koivujen pintapuussa esiintyi ruskotäpliä hyvin harvassa ja maksimivaihe oli yli 6 cm:n syvyydessä puun pinnasta.

Maksimivaiheessa ruskotäpliä oli metsämailla keskimäärin 3 kpl/10 cm² ja peltomailla 4 kpl/10 cm². Tihentymä oli sitä lähempänä puun pintaa, mitä ylempää havainnot oli tehty. Tulos johtunee kolmesta syystä (Kangas 1935, Ylioja ym. 1997): a) Lähellä maanpintaa ruskotäplätiheyden varhainen maksimi liittyy toukkien edestakaiseen liikkumiseen nuorissa koivuissa. b) Kuuden metrin korkeudessa sisimpien vuosilustojen toukkakäytävät eivät erotu paljaalla silmällä. c) Koivun varttuessa toukat eivät ehdi puun tyvellä saakka, vaan kuolevat tai tulevat ulos rinnankorkeuden yläpuolella (Ylioja ym. 1997). Runkoa ylöspäin mentäessä ruskotäplätiheys vähentyi rungon sisäosissa voimakkaammin kuin pintapuussa. Rinnankorkeudelta lasketut ruskotäplät kuvasivat koivun tyvitukin laatua paremmin kuin muilta korkeuksilta tehdyt havainnot. Alempana ruskotäplien määrä lisääntyi voimakkaasti toukkien edestakaisen liikkumisen takia ja 6 metrin korkeus on jo tyvitukin yläpuolella.

Koivikon varttuessa ruskotäpläkärpäsen toukkakäytävien määrä pintapuussa alenee selvästi (Roininen ym. 1995). Hinkkasen (1996) mukaan koivun ikääntyessä lyhenevät kasvoversot eivät tarjoa ruskotäpläkärpäselälle suotuisia munintapaikkoja.

Sorvauksen kannalta ilmiö on merkittävä, koska tukin pintaosista saadaan suurin osa viulun tuotoksesta. Paksujen tukkien pintapuusta on muiltakin laatuominaisuuksiltaan parempaa kuin sisäosien kuivaoksainen ja värikkäinen puu (Niemistö ym. 1997, Hallaksela ja Niemistö 1998). Tuloksen perusteella rauduskoivut kannattaa kasvattaa järeiksi.

Puiden iästä sekä pelto- ja metsämaan eroista johtuvan vaihtelun jälkeen ruskotäplien määrään jääneestä vaihtelusta noin kolmannes oli muuta metsiköiden välistä vaihtelua. Pääasiassa tämä vaihtelu liittyi puiden keskiläpimittaan, joka puolestaan riippui ikäluokittaisen tarkastelun takia lähinnä puiden kasvunopeudesta. Yksi syy käytävien runsauteen on siinä, että aikuinen kärpänen viihtyy valoisassa metsikössä, jossa puilla on runsaasti kasvutilaa (Ylioja ym. 1995, Hinkkanen 1996). Ruskotäpliä oli kuitenkin runsaammin myös niissä metsikössä, joissa hyvä kasvu johtui enemmän pituusboniteetista (ts. maan viljavuudesta) kuin puuston harvuudesta. Maalajin tai maantieteellisen sijainnin vaikutus ei ollut merkitsevää.

Peltokoivut ovat keskimäärin nopeakasvuisempia kuin metsämaan koivut (Niemistö 1996, Niemistö ym. 1997), mutta tämä pieni ero ei selittä kokonaan ruskotäplien runsaampaa esiintymistä peltomailla. Muita selityksiä voivat olla kärpäsaikeisten munintaan vaikuttavat versojen ravinteisuuserot (Hinkkanen 1996) tai talvehtimisolojen vaihtelu kasvupaikkojen välillä. Syksyllä toukkien kotoitumisvaihe on arka kuivuudelle (Annala 1981) ja suuret määrät esim. käpykärpäsiä tuhoutuu talven aikana liiallisen kosteuden seurauksena (Standitskii ym. 1978).

Koivun latvusrajan kohoamisen on oletettu vähentävän ruskotäplien määrää puun tyvellä, koska toukkien kuljettavan matkan latvuksesta on arveltu tällöin venyvän liian pitkäksi. Tässä tutkimuksessa latvusrajan kohoaminen kuitenkin lisäsi ruskotäplien määrää rinnankorkeudella metsämaiden koivuissa, mutta ei peltomailla. Puiden latvusrajan korkeudessa pelto- ja metsämailla ei ollut eroa, joka olisi selittänyt em. kasvupaikkojen eroavaisuuden. Eri korkeuksia tarkasteltaessa huomattiin, että metsämailla havaittu ruskotäplien määrän riippuvuus latvusrajasta häviää rinnankorkeuden alapuolella ja 6,0 metrin korkeuteen tultaessa se myös hiukan pienenee. Tulos viittaa siihen, että latvusrajan ko-

hotessa suurempi määrä toukista ehtii kasvaa rinnankorkeudelle tullessaan niin suuriksi, että niiden käytävät erottuvat puun poikkileikkauksesta silmävaraisesti.

Latvusrajan korkeus riippuu lähinnä puuston tiheydestä. Kasvun hidastumisen takia tiheänä kasvattaminen ilmeisesti vähensi hiukan toukkakäytävien esiintymistiheyttä, mutta samalla ylemmäksi kohoava latvusraja lisäsi näkyvien käytävien määrää, tosin vain metsämailla. Koivikon harvennuskäsittelyllä pystytään siten vaikuttamaan ruskotäpläkärpäsen aiheuttamiin värivikoihin vain hyvin rajoitetusti.

Hyvä oksaisuuslaatu ja taloudellinen tuotos edellyttävät riittävää tiheyttä nuorena rauduskoivikossa (1600–2000 kpl/ha) ja voimakkaita harvennuksia sen jälkeen, kun tyvitukin oksat ovat kuolleet (Niemistö 1995a, 1997). Ruskotäplien tiheysmaksimi oli yleensä juuri ohitettu ennen suositeltavaa ensiharvennusajankohtaa, jolloin kasvatettavien puiden keskiläpimitta on 13–16 cm:n vaiheilla (Niemistö 1995b, 1997). Ensiharvennuksen saakka tiheydestä oli jonkin verran hyötyä myös toukkakäytävien vähentämiseksi. Harvennuksen jälkeen koivun voimakas järetyminen tuottaa nopeasti uutta pintapuuta, jossa ruskotäplien määrä oli jo selvästi vähenemässä puiden varttumisen takia. Näin ollen toukkakäytävistä saadut tulokset tukevat aikaisempien harvennusohjeiden käyttökelpoisuutta.

Myös metsikön sisäisessä vaihtelussa nopeakasvuisimmat puut sisälsivät eniten ruskotäpliä. Noin puolet puiden välisestä vaihtelusta selittyi niiden läpimittaeroilla. Tulosta voitaisiin soveltaa suosi-malla koivikon harvennuksessa yläharvennusta. Latvusten elinvoimaisuuden vuoksi sitä ei voi kuitenkaan suositella ensiharvennuksissa. Varttuneen koivikon yläharvennus ei enää samlla tavalla uhkaa latvusten kehitystä, mutta päätehakuu puuston järeys alenee vähentäen samalla ruskotäplistä puhtaan pintapuun määrää ellei kiertoaikaa samalla pidennetä. Hinkkasen (1996) mukaan koivujen välillä on myös geneettistä vaihtelua ruskotäpläkärpästen muninnan määrässä. Yliojan ym. (1995) mukaan myös perinnöllinen vaihtelu näyttää kuitenkin liittyvän usemmiten puun kasvunopeuteen.

Rungon säteen suuntaisessa tarkastelussa ruskotäpliä esiintyi sitä enemmän, mitä enemmän niitä oli puussa ollut aikaisemmin. Tämän tuloksen sekä

metsikön sisällä olevan suuren selittämättömän vaihtelun perusteella puun perimä vaikuttanee toukkakäytävien määrään esimerkiksi versojen kemiallisen koostumuksen kautta (Schulman 1994, Rousi ym. 1996, Hinkkanen 1996).

Ruskotäplät ovat hyvin yleisiä istutuskoivuissa aina 10–12 cm:n etäisyydelle saakka puun ytimestä. Vikojen torjunta ei näytä onnistuvan tehokkaasti metsänhoidollisin keinoin. Tosin sekapuuston vaikutusta ei tässä tutkimuksessa voitu selvittää. Valitsemalla koivun kasvupaikaksi vähemmän viljavuutta voidaan jossain määrin vähentää ruskotäpläkärpäsen aiheuttamaa vikaisuutta, mutta samalla joudutaan tinkimään tuotoksesta. Rauduskoivujen kasvattaminen tarpeeksi järeiksi näyttää olevan ensisijainen keino, jos halutaan tuottaa toukkakäytävistä puhdasta viilua. Toisaalta ruskotäplien vaikutus on lähinnä esteettinen, joten toukkakäytävien viiruttaman koivun markkinointi erikoispuuna visakoivun tapaan ei liene sekään poissuljettu vaihtoehto.

Kirjallisuus

- Annala, E. 1981. Kuusen käpy- ja siementuholaisten kannanvaihtelu. Summary: Fluctuations on cone and seed insect populations in Norway spruce. *Communications Instituti Forestalis Fenniae* 101. 32 s.
- Hallaksela, A.-M. & Niemistö, P. 1998. Stem discoloration of planted silver birch. Hyväksytty käsikirjoitus. *Scandinavian Journal of Forest Research*. 15 s.
- Hara, H. 1990. Pith flecks in Japanese white birch. *Hoppo Ringyo (Northern Forestry)* 42: 7–12.
- 1994. Life history of *Phytobia betulae* which causes pith-flecks in the wood of Japanese white birch. *Transactions of the Meeting in Hokkaido Branch of the Japanese Forestry Society* 42: 162–164.
- Hinkkanen, S. 1996. Koivukloonien ja niiden ominaisuuksien vaikutus koivun ruskotäpläkärpäsen munintaan. Pro gradu -tutkielma. Joensuun yliopisto. 41 s.
- Kangas, E. 1935. Die Braunfleckigkeit des Birkenholzes und ihr Urherer *Dendromyza (Dizygomya) betulae* n. sp., Vorläufige Mitteilung. *Selostus: Koivun ruskotäpläisyys ja sen aiheuttaja Dendromyza (Dizygomya) betulae* n. sp., edeltävä tiedonanto. *Communications Instituti Forestalis Fenniae* 22: 33–39.
- 1937. Über Braunfleckigkeit der Laubhölzter. *Anna-*

- les Entomologici Fennici 3: 33–39.
- Niemistö, P. 1995a. Influence of initial spacing and row-to-row distance on the crown and branch properties and taper of silver birch (*Betula pendula*). Scandinavian Journal of Forest Research 10: 235–244.
- 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.
- 1996. Yield and quality of planted silver birch (*Betula pendula*) in Finland – preliminary review. Norwegian Journal of Agricultural Sciences 24 1996: 51–59.
- 1997. Ensiharvennuksen ajankohdan ja voimakkuuden vaikutus istutetun rauduskoivun kasvuun ja tuotukseen. Metsätieteen aikakauskirja – Folia Forestalia 4/1997: 439–454.
- , Hukki, P. & Verkasalo, E. 1997. Kasvupaikan ja puuston tiheyden vaikutus rauduskoivun ulkoiseen laatuun 30-vuotiaissa istutuskoivikoissa. Metsätieteen aikakauskirja – Folia Forestalia 3/1997: 349–374.
- Oikarinen, M. 1983. Etelä-Suomen viljeltyjen rauduskoivikoiden kasvatustallit. Summary: Growth and yield models for silver birch (*Betula pendula*) plantations in southern Finland. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 113. 75 s.
- Panshin, A.J. & DeZeeuw, C. 1980. Textbook of wood technology. Structure, identification, properties and uses of the commercial woods of the United States and Canada. McGraw-Hill Book Company, New York. s. 387–389.
- Raulo, J. 1979. Suomen ensimmäinen laaja rauduskoivun viljelykokeilu. Teollisuuden metsäviesti 1: 8–19.
- Roininen, H., Ylioja, T. & Rousi, M. 1995. Long term population dynamics of *Phytobia betulae* Kang. on two host species: *Betula pendula* Roth. and *Betula pubescens* Ehrh. IUFRO XX World Congress 6.–12.8.1995, poster 167.
- Rousi, M., Tahvanainen, J., Henttonen, H., Herms, D. & Uotila, I. 1997. Clonal variation in susceptibility of white birches (*Betula* ssp.) to mammalian and insect herbivores. Forest Science 43(3): 396–402.
- Schulman, E. 1992. Ruskotäpläkärpänen – ikävä yllätys koivun viljelijöille. Tehdaspuu 2: 22–23.
- 1994. Ruskotäpläkärpäsen esiintyminen viljelykoivikoissa. Julkaisussa: Hytönen, J. & Polet, K. (toim.). Metsäntutkimuspäivä Kälvillä 1994. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 540: 29–33.
- Spencer, K. A. 1973. Agromyzidae (Diptera) of economic importance. Dr. W. Junk & Dr. B. V. Haag. 418 s.
- Standitskii, G. V., Iurchenko, G. I., Smetanin, A. N., Grebeshchikova, V. P. & Pribylova, M. V. 1978. A translation of the Russian book: Vrediteli shishek i semjan chvojnykh porod, Lesnaja Promyshlennost. Moskova.
- Ylioja, T. & Rousi, M. 1998. Koivun ruskotäpläkärpäsen elintavat – avain vahinkojen vähentämiseen. Julkaisussa: Niemistö, P. & Väärä, T. (toim.). Rauduskoivu tänään ja tulevaisuudessa. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 668: 151–161.
- , Saranpää, P., Roininen, H. & Rousi, M. 1998. Larval tunnels of *Phytobia betulae* (Diptera: Agromyzidae) in birch wood. Journal of Economic Entomology 91(1).

23 viitettä