



Pentti Niemistö

Pentti Niemistö

## Ensiharvennuksen ajankohdan ja voimakkuuden vaikutus istutetun rauduskoivikon kasvuun ja tuotokseen

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

Istutettujen rauduskoivikoiden ensiharvennusreaktiota tutkittiin 17 kestokokeessa, joissa jäävän puuston pohjapinta-ala oli harvennuksen jälkeen 50, 65 ja 80 prosenttia harventamattomasta kontrollista.

Harventamisen seurauksena puuston hehtaarikohtainen tilavuuskasvu aleni, vaikka yksittäiset koivut lisäsivät paksuuskasvuun voimakkaasti. Tämä harvennusreaktio vastasi ensimmäisellä 5-vuotiskaudella noin 20 % suuruisen puustopääoman vähennyksen mukana menettettyä kasvupotentiaalia. Eniten suhteellista kasvuaan paransivat jäävän puuston pienimmät puut. Järeän koivun kasvatuksen kannalta oli kuitenkin merkittävää, että myös koivikon suurimmat puut lisäsivät voimakkaan harvennuksen jälkeen paksuuskasvuun noin 30 %. Näin ollen viljavien kasvupaikkojen rauduskoivikoille suositellaan voimakasta ensiharvennus-käsittelyä. Tulosten mukaan rauduskoivun kasvu puutasolla lisääntyi pudotettaessa puustopääoma 65 %:n tasolta 50 %:n tasolle ja edelleen kolmanneksen harventamattomasta, joten hyvinkin voimakkaat käsittelyt voivat olla perusteltuja. Koivun pituuskehitys kuitenkin hidastui näin voimakkaan harvennuksen seurauksena.

Tiheydessä 1 600 kpl/ha kasvavan rauduskoivikon ensiharvennus kannattaa tehdä aikaisintaan 14 metrin valtapituudessa. Harventamattoman koivikon latvukset supistuvat tässä vaiheessa nopeasti, joten aikaa järkevälle ensiharvennukselle on korkeintaan 4–5 vuotta ja tiheämmässä koivikossa tätäkin vähemmän. Taimikonharvennus on tarpeellinen mikäli runkolu on 2 500 kpl tai enemmän.

Asiasanat: koivu, *Betula pendula*, ensiharvennus, harvennusaste, kasvu, tuotos, valtapituus, latvus  
Yhteystiedot: Metsäntutkimuslaitos, Muhoksen tutkimusasema, Kirkkosaarentie 7, 91500 Muhos. Faksi (08) 531 2211, sähköposti pentti.niemisto@metla.fi  
Hyväksytty 30.10.1997

# 1 Johdanto

Rauduskoivun istutus yleistyi Suomessa 1960-luvun loppupuolella ja istutuspinna-alaat kohosivat nopeasti 7 000–8 000 hehtaarin vuositason 1970-luvun alussa (Aarne 1995). Enimmäkseen koivua istutettiin metsitettävillä pelloille, mutta myös viljavimpia metsämaita uudistettiin rauduskoivulle. Tuohon aikaan istutetut koivikot ovat yleisimpiä Etelä- ja Keski-Suomen sisämaassa aina Iisalmen korkeudelle saakka. Myyrä-, jänis- ja hirvituhojen, versolaikkutaudin, kasvupaikan voimakkaan heinittymisen tai virheellisen kasvupaikkavallinnan takia innostus koivun istutukseen laantui 1970-luvun puolivälissä (Raulo 1979). Koivun kysynnän kasvun ja pellonmetsitystarpeen lisääntymisen myötä istutusala kohosi uudelleen 1980-luvun aikana saavuttaen lähes 20 000 hehtaarin vuositason. Viime vuosina noin 10–15 % koivunviljelystä on tehty hieskoivulla lähinnä metsitettävillä turvepelloilla (Aarne 1995).

Kaikkiaan Suomessa on tähän mennessä istutettu rauduskoivua noin 165 000 ha ja hieskoivua 15 000 ha. Varhaisimmista viljelyistä epäonnistui tai poistui tontti- ym. rakennusmaaksi noin 30 % (Raulo 1979). Myöhemmillä koivuviljelmillä menetykset ovat olleet pienempiä, joten tällä hetkellä maassa voidaan arvioida olevan 150 000 ha istutuskoivikoita, joista vanhimmat on jo harvennettu 2–3 kertaa. Ensiharvennustarve lienee lähivuosien aikana noin 4 000 ha/v. 1980-luvun istutusalojen ensiharvennukset alkavat lisääntyä vuoden 2005 tienoilla.

Rauduskoivikon istutustiheydeksi on Suomessa vakiintunut 1 600 kpl/ha, luontaisen lehtipuun täydentäessä suositellaan myös 1 200 kpl/ha (Metsänhoitosuositukset 1989). Niemistön (1995a ja 1995b) mukaan tämä viljelyohje sopii muille paitsi viljavimmille peltomaille, joissa oksien paksuskasvun ja rungon tyvekkyuden vähentämiseksi tarvitaan suurempaa tiheyttä taimivaiheessa. Kasvatustiheyden lisääminen vähentää koivujen oksaisuutta ja rungon kapenemista, mutta yli 2 500 kpl/ha menevä runkoluku parantaa koivun laatua enää niin vähän, ettei sellaista kannata kustannussyistä käyttää.

Oikarinen (1983) on laatinut viljelykoivulle tuotossarjat ja harvennusmallit. Aineisto oli tuolloin suppea, koska ennen 1960-lukua istutettuja koivi-

koita löytyi vain muutamia. Kestokokeisiin perustuvia harvennusohjeita ovat julkaisseet Raulo (1981) ja Niemistö (1993, 1995a ja 1995b). Suppeisiin ja usein myös melko nuorista puustoista saatuihin tuloksiin nojautuen tutkijat ovat suositelleet istutetuille rauduskoivikoille verrattain voimakkaita ja aikaisia harvennuksia. Ensiharvennuksessa suositellaan jätettäväksi noin 800 puuta hehtaarille. Viljelykoivikon nopean pituuskehityksen vuoksi oikea-aikainen ensiharvennus on tärkeä toimenpide (Raulo 1977). Niemistön (1995a) mukaan aikaa taloudellisesti kannattavaan, mutta samalla latvusten suotuisan kehityksen turvaavaan ensiharvennukseen on vain 3–4 vuotta.

Tämän tutkimuksen tavoitteena on selvittää eri valtapituudessa tehtyjen eriasteisten ensiharvennusten vaikutukset istutuskoivikon rakenteeseen sekä kasvuun ja tuotokseen harvennusta seuraavalla 5-vuotisjaksolla. Samalla tutkitaan harvennuspoistuman määrää ja koostumusta sekä latvusten kehitystä suotuisan ensiharvennusajankohdan määrittämiseksi.

## 2 Aineisto ja menetelmät

### 2.1 Koemetsiköt

Suurin osa tutkimusaineiston 17 harvennuskokeesta perustettiin vuosina 1988–1990. Koesarjaan kuuluu lisäksi kolme vuonna 1980 perustettua koetta. Koemetsiköiksi valittiin Suomen eteläpuolikosta eri pituusvaiheissa olevia, puustoltaan ja kasvupaikaltaan mahdollisimman tasaisia harventamattomia istutuskoivikoita. Kymmenessä koemetsikössä kasvupaikka on entinen kivennäismaapelto ja metsämailla viidessä tapauksessa MT ja kahdessa OMT (taulukko 1). Puolet kokeista on nykyisen UPM-Kymmene Oy:n mailla ja loput jakautuvat puoliiksi valtion ja yksityismetsien kesken.

Tutkimusmetsiköt valittiin maanomistajilta saatuihin yleistietoihin nojautuneen maastotarkastuksen perusteella. Koemetsikön minimikokona pidettiin 2 hehtaaria, jolloin sinne voitiin perustaa ainakin kahdeksan suorakaiteen muotoista koelaa, joiden tavoitekoko oli 1 000 m<sup>2</sup> ja jokaisen ympärillä

**Taulukko 1.** Istutuskoivun harvennuskokeiden yleistiedot kokeita perustettaessa.

Koe nro	Paikkakunta	Yhtenäiskoordinaatit		Kasvu- paikka	Pituus- bonitetti*	Ensiharv.- vuosi	Biologinen ikä, v	Koealoja, kpl
		Pohjoinen	Itä					
831	Pälkäne	6811	365	Pelto	26	-88	21	8
832	Kannus	7090	359	Pelto	22	-89	22	6
833	Lestijärvi	7056	388	Pelto	25	-89	21	8
834	Kivijärvi	7012	404	Pelto	26	-89	19	12
835	Uurainen	6923	422	MT	26	-89	23	14
836	Kuopio	6984	538	Pelto	29	-89	20	6
837	Konginkangas	6957	439	MT	26	-89	22	15
838	Konginkangas	6957	439	MT	24	-89	23	10
839	Uurainen	6923	422	Pelto	27	-89	16	12
840	Juuka	7026	626	OMT	26	-89	20	9
841	Perho	7009	382	Pelto	25	-90	22	8
842	Suonenjoki	6942	519	Pelto	25	-90	20	12
845	Vesijako	6807	398	OMT	24	-90	22	11
846	Lammi	6797	392	MT	24	-90	23	13
859	Pieksämäki	6901	594	Pelto	27	-80,-85	12, 17	10
860	Pieksämäki	6901	594	MT	26	-80,-85	12, 17	15
867	Kiihtelysvaara	6935	680	Pelto	25	-85	17	5

\* H<sub>50</sub> = koivikon valtapituus 50 vuoden iässä (Oikarinen 1983)

oli vähintään 5 metrin levyinen samalla tavalla käsitelty vaippavyöhyke. Kolmessa koemetsikössä jouduttiin koealamäärästä tinkimään alueen pienen koon tai puuston epätasaisuuden takia. Varttuneiden koivikoiden vähäisyyden takia aineistoon sisällytettiin myös kaksi ennen kokeen perustamista lievästi harvennettua koivikkoa (kokeet 835 ja 841). Jo noin 9 metrin valtapituudessa perustetuista kokeista nro 859 ja 860 sisällytettiin tutkimusaineistoon myös viisi vuotta myöhemmin harvennetut koealat niiltä osin kuin ne olivat ennestään harventamatta tai hyvin lievästi käsiteltyjä.

Koemetsiköiden valtapituusboniteetti H<sub>50</sub> vaihteli Oikarisen 1983 julkaisemien boniteettikäyrien mukaan 22:n ja 29:n välillä (= valtapituus 50 vuoden iässä). Ensiharvennuksissa oli istutusajankohdasta kulunut 14–21 kasvukautta ja koivujen biologinen ikä oli kaksi vuotta tätä suurempi (taulukko 1).

## 2.2 Koejärjestely

Koejärjestelyyn sisältyi harventamattomien koealojen ohella kolme eri harvennusastetta, joissa jäävän

puuston pohjapinta-alan tavoite oli 80, 65 ja 50 prosenttia saman koemetsikön harventamattomien koealojen pohjapinta-alan keskiarvosta. Koska koejärjestely perustui harventamattoman puuston määrään, valittiin harventamatta jääviksi kontrollikoealoiksi sellaiset, joilla puuston pohjapinta-ala oli mahdollisimman lähellä koko koemetsikön keskiarvoa. Tällä menettelyllä vähennettiin puuston satunnaisvaihtelun vaikutusta harvennusten voimakkuuteen. Eri tavoin käsiteltävät koealat valittiin satunnaisesti. Koejärjestely toistettiin niin monta kertaa kuin koemetsikön pinta-ala salli. Mahdolliset ylimääräiset koealat jätettiin harventamattomina odottamaan myöhempiä ensiharvennusta.

Kolmea koemetsikköä lukuunottamatta koejärjestely toistettiin täydellisenä vähintään kahdesti. Kokeessa 867 ei ole toistoja ja vajaa koejärjestely toistettiin kahdesti kokeissa 832 ja 836. Metsikkö 834 jaettiin kasvupaikkaeron takia kahteen lohkokoon ennen käsittelyjen arvontaa. Harvennus tehtiin alaharvennuksen periaatteita noudattaen ja koivujen laatu otettiin huomioon poistamalla vikaisia tai muuten huonolaatuisia koivuja koosta riippumatta. Kokeisiin 859 ja 867 sisältyi tavanomaisesta poi-

keten erittäin voimakas harvennus, jossa puuston määrä pudotettiin keskimäärin 34 prosenttiin harventamattomasta.

### 2.3 Mittaukset ja tulosten laskenta

Kaikista puista mitattiin suunta ja etäisyys koealan keskipisteeseen sekä koealan säteen suuntainen ja sitä vastaan kohtisuora läpimitta 1,3 metrin korkeudelta. Lisäksi kaikista puista määritettiin mittaustomakkeen 71 mukaiset silmävaraiset tunnuksat (Metsikkökokeiden maastotyöohjeet 1987). Jokaiselta koealalta valittiin noin 40 koepuuta siten, että puun todennäköisyys tulla valituksi oli suoraan verrannollinen sen poikkileikkauksen pinta-alaan 1,3 metrin korkeudella (Laasasenaho 1973). Koeapuista mitattiin ristikkäiset läpimitat 6,0 metrin korkeudelta sekä puun pituus ja latvusrajan korkeus alimman elävän oksan kiinnittymiskohdan perusteella. Läpimittojen mittauksessa käytettiin mittasaksia 1 mm:n tarkkuudella ja korkeusmittauksissa hypsoometriä 1 dm:n tarkkuudella. Uudelleenmittauksessa puut tunnistettiin sijainnin perusteella, ja koeapuina olivat samat puut kuin aikaisemminkin. Harvennuksessa poistettujen koeapuiden tilalle ei valit-

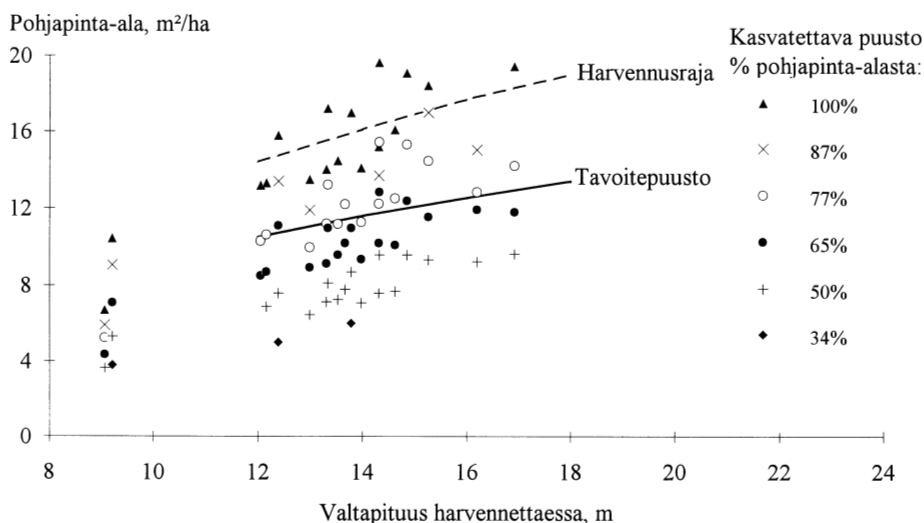
tu uusia, koska koealojen koepuumäärä oli harvennuksen jälkeenkin yli 20.

Tutkimuksessa käytettävät puustotunnukset laskettiin koealojen peruslaskentaohjelmalla KPL (Heinonen 1994). Tulosten tilastollisessa analysoinnissa käytettiin varianssianalyysiä ja käsittelyjen keskinäisessä vertailussa Tukeyn testiä (BMDP 7.0 DOS-versio). Havaintoina olivat toisistaan riippumattomat koemetsiköiden keskiarvot harvennusasteittain.

## 3 Tulokset

### 3.1 Koemetsiköiden puustoensiharvennuksessa

Runkoluvun vaihteluväli oli ennen harvennusta 1 360–2 750 kpl/ha lukuunottamatta kokeita 835 ja 841, joiden puusto oli harvennettu lievästi muutama vuotta ennen kokeen perustamista tiheyteen 1 000 kpl/ha. Kokeiden perustamisvaiheessa koivikoiden valtapituus vaihteli 9 ja 17 metrin välillä. Ajankohdaltaan tavanomaiseksi katsottavissa ensiharvennuksissa valtapituus vaihteli 12,1 ja 15,3



**Kuva 1.** Ensiharvennuksen jälkeiset puustotasot istutuskoivun harvennuskokeissa verrattuna Oikarisen (1983) harvennusmalliin.

**Taulukko 2.** Istutiskoivun harvennuskokeiden puusto ennen ensiharvennusta valtapituuden mukaisessa järjestyksessä.

Koe nro	Koe-aloja, kpl	Valtapituus, m		Keskiläpimitta, cm		Runkoluku, kpl/ha		Pohjapinta-ala, m <sup>2</sup> /ha		Tilavuus, m <sup>3</sup> /ha		Latvusraja, m		Latvuksen pituus, m
		$\bar{x}$	<i>s</i>	$\bar{x}$	<i>s</i>	$\bar{x}$	<i>s</i>	$\bar{x}$	<i>s</i>	$\bar{x}$	<i>s</i>	$\bar{x}$	<i>s</i>	
860	14	9,1	0,52	6,9	0,47	2204	235	6,7	0,94	26,5	4,9	-	-	-
859	10	9,2	0,89	7,7	0,49	2324	214	9,8	1,74	41,1	9,9	-	-	-
832	6	12,1	0,58	12,1	0,65	1362	160	13,3	1,54	68,7	11,4	3,7	0,58	6,8
839	12	12,2	0,47	10,4	0,54	2028	442	13,3	1,51	69,0	9,2	3,0	0,60	7,0
867	5	12,4	0,18	9,4	0,46	2747	354	15,1	0,74	86,9	5,8	4,0	0,27	6,1
860	10	13,0	0,79	10,4	0,77	1876	353	13,3	1,30	73,0	11,4	-	-	-
845	11	13,3	0,72	10,7	0,45	1795	199	13,8	1,46	76,6	11,2	4,2	0,33	6,9
842	12	13,3	0,64	11,2	0,67	2152	247	17,5	1,91	101,7	15,4	5,3	0,68	5,8
834	12	13,5	0,83	12,1	0,40	1459	145	15,0	1,69	88,7	16,0	4,1	0,97	8,0
841	8	13,7	0,21	12,6	0,26	1042	77	12,0	0,56	72,0	3,8	5,2	0,39	7,4
859	6	13,8	0,83	11,2	0,44	1911	293	17,4	1,63	101,4	14,4	-	-	-
846	13	14,0	0,94	10,2	0,55	2148	274	14,1	1,55	83,6	14,0	4,8	0,65	6,5
838	10	14,3	1,04	11,3	1,13	1879	390	15,1	0,97	91,7	12,1	4,8	0,67	7,1
833	8	14,3	0,63	12,4	1,38	1907	430	19,6	1,23	118,5	10,1	6,0	0,66	6,6
831	8	14,6	0,58	12,5	0,45	1455	118	15,9	0,52	102,5	5,7	4,5	0,43	8,9
840	8	14,9	0,31	11,5	0,49	2163	199	19,2	1,12	122,2	8,2	6,2	0,61	6,8
837	15	15,3	1,11	12,2	0,56	1745	176	17,9	1,79	115,9	16,3	5,4	0,81	8,0
835	14	16,2	1,01	14,4	0,94	966	73	14,3	1,72	102,8	18,8	5,8	0,88	8,9
836	6	16,9	0,54	13,0	0,73	1693	273	19,8	1,73	142,9	18,1	7,0	0,90	8,1
$\bar{x}$ *	10	14,0	0,67	11,6	0,64	1784	247	15,7	1,35	95,2	11,8	4,9	0,63	7,2

\* Keskiarvo ei sisällä 9 metrin pituudessa tehtyjä taimikkovaiheen harvennuksia kokeilla 860 ja 859.

metrin välillä, jolloin puuston tilavuus ennen harvennusta oli 69–122 m<sup>3</sup>/ha (taulukko 2). Tavallista myöhäisemmässä ensiharvennuksessa kokeella 836 puuston valtapituus oli saavuttanut 17 m ja tilavuus oli 143 m<sup>3</sup>/ha.

Tämän tutkimuksen harventamattomat koivuuruudet ylittivät Oikarisen (1983) esittämän harvennusrajan 12–14 metrin valtapituuteen tultaessa (kuva 1). Harvennusmallin tavoitepuusto oli useimmiten koejärjestelyyn kuuluvien 80 %:n ja 65 %:n puustotasojen välissä. Voimakkaassa, 50 %:n harvennuksessa pohjapinta-ala putosi keskimäärin kolmanneksen Oikarisen tavoitepuustoa pienemmäksi.

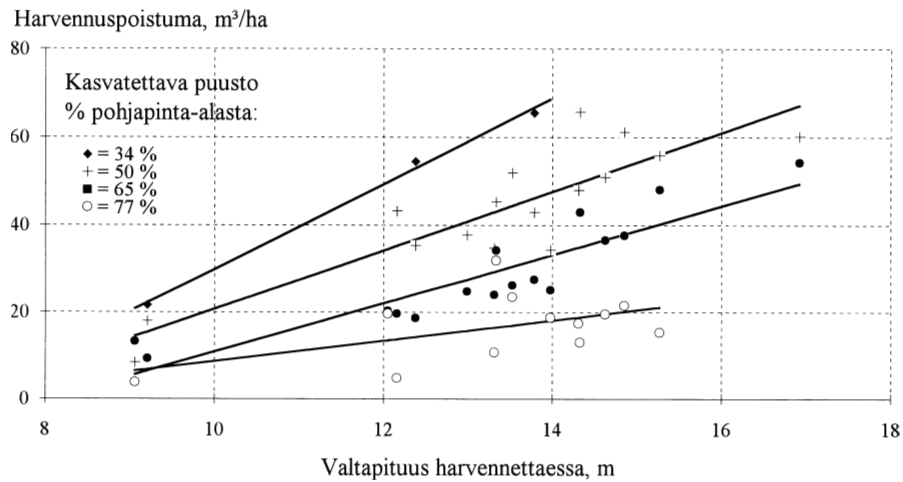
Harventamattomilla koelaloilla koivuja oli keskimäärin 1 870 kpl/ha. 50 prosentin harvennuksessa kasvamaan jäi keskimäärin 690 koivua hehtaarille ja 65 %:n puustotasolla runkoluku oli keskimäärin 940 kpl/ha. Lievässä harvennuksessa tavoitteena ollut 80 %:n puustotaso alittui hakkuissa siten, että näiden koelajien pohjapinta-ala putosi keskimää-

rin 77 %:n tasolle ja runkoluku oli keskimäärin 1 170 kpl/ha. Puuston keskimääräiset tilavuudet eri puustotasolla olivat 51, 65, 78 ja 97 m<sup>3</sup>/ha (taulukko 3). Myöhäiset taimikonharvennuksat kokeilla 859 ja 860 eivät sisälly näihin keskiarvoihin.

### 3.2 Harvennuspoistuma

Poistuman suuruus riippui selvästi sekä harvennuksen ajankohdasta että voimakkuudesta (kuva 2). Runkopuun poistuma eri harvennusasteilla kasvoi suoraviivaisesti puuston valtapituuden lisääntyessä. Taloudellisesti kannattavaksi katsottava hakkuupoistuma (40 m<sup>3</sup>/ha) ylitettiin voimakkaassa 50 %:n harvennuksessa noin 13 m valtapituudessa ja Oikarisen harvennumallien mukaisessa harvennuksessa noin 16 m valtapituudessa.

Myös kuitupuun kertymä lisääntyi harvennuksen myöhentyessä ja sen voimakkuuden lisääntyessä.



**Kuva 2.** Istutusköiviköiden ensiharvennuspoistuman riippuvuus puuston valtapiuudesta ja harvennuksen voimakkuudesta.

**Taulukko 3.** Istutusköiviköiden ensiharvennuksissa kasvamaan jätetyn ja poistetun puuston tilavuus eri pohjapiinta-alatasoilla.

Koe nro	Tilavuus harvennuksen jälkeen					Kuitupuukertymä *				Pienpuukertymä *			
	34 %	50 %	65 %	77 %	100 %	34 %	50 %	65 %	77 %	34 %	50 %	65 %	77 %
860		15	18	21	27		1	1	0		8	12	4
859	16	23	29		47	5	4	1		16	14	8	
832			44	56	66			14	15			7	5
839		38	46	55	70		21	7	1		22	12	4
867	30	44	66		93	26	14	6		29	22	12	
860		38	50	57	70		26	17					
845		40	55	63	78		20	13	2		15	11	9
842		48	66	82	99		28	22	18		17	12	14
834		45	55	66	86		44	19	18		8	7	5
841		47	63	72			17	10					
859	39	54	63		98	58	37	22					
846		44	57	71	84		17	9	7		18	16	12
838		48	58	73	99		33	4	6		15	13	12
833		60	80	91	121		54	33	6		12	10	7
831		49	67	83	105		42	29	15		9	8	4
840		62	81	100	124		39	22	10		23	15	11
837		62	78	93	122		44	38	10		12	11	6
835		65	87	89			25	16	14				
836		72	86	113	136		47	46	50		13	8	14
$\bar{x}^{**}$	35	51	65	78	97		33	20	13		15	11	9

\* Kuitupuupölkyn alin pituus 3 m ja pienin latvaläpimitta 6,5 cm kuoren päältä, muu runkopuu on pienpuuta.

\*\* Keskiarvo ei sisällä taimikkovaiheen harvennuksia metsikoissa 860 ja 859.

**Taulukko 4.** Istutusköiviköiden valtapituuden kasvu ja latvusosuuden kehitys eri puustotasolla 5-vuotisjaksolla ensiharvennuksen jälkeen.

Koe nro	Valtapituuden kasvu, dm/v erilaisilla puustotasolla						Elävän latvuksen osuus puun pituudesta, % Ennen har- vennusta			
	34 %	50 %	65 %	77 %	87 %	100 %	5 vuotta harvennuksen jälkeen			
							50 %	65 %	77 %	100 %
860		7,8	7,9	8,1	6,8	7,8				
859	9,4	8,8	9,5		9,4	9,8				
832			4,3	3,8		3,9	65	66	61	61
839		7,5	7,9	7,8		8,2	70	70	68	61
867	3,8	4,0	4,5		9,0	5,0	60	63	60	47
860		4,0	4,3	3,9	3,9	4,1	-	-	-	-
845		5,3	6,3	5,9		6,0	62	69	66	64
842		6,3	6,1	7,1		6,7	52	61	57	52
834		6,9	5,6	7,1		6,9	66	70	65	60
841		6,9	6,4	6,5			-	-	-	-
859	3,0	4,4	4,2			4,6	59	63	60	58
846		4,7	4,9	4,9		5,0	57	64	62	58
838		5,6	4,4	5,5	7,2	6,0	60	64	62	58
833		3,8	4,5	4,8		4,9	52	58	57	50
831		5,7	5,7	5,0		5,7	67	67	62	64
840		4,9	5,7	5,0		4,7	52	60	57	51
837		5,3	6,0	5,6	7,4	6,5	60	62	58	56
835		4,6	4,2	4,9	4,3		61	62	57	62
836		4,8	7,6	5,8		6,8	54	59	61	52
$\bar{x}$ *		5,3	5,5	5,6		5,7	60	64	61	58

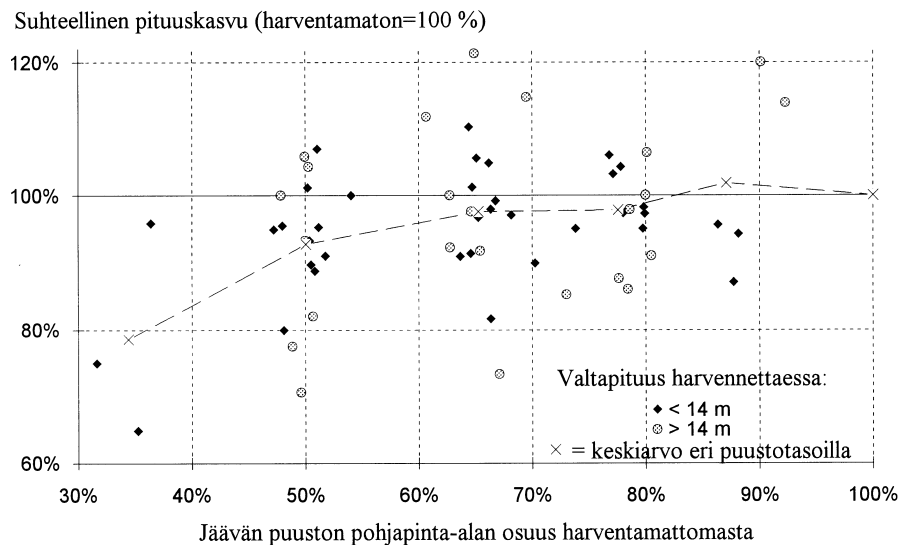
\* Keskiarvo ei sisällä 9 metrin pituudessa tehtyjä taimikkovaiheen harvennuksia kokeilla 859 ja 860.

Kuitupuun kertymä vaihteli kokeittain enemmän kuin kokonaispoistuma, koska puuston tiheys ennen harvennusta vaikutti voimakkaasti pienikokoisen runkohukkapuun määrään (taulukko 3). Poistuman kuitupuuosuus oli aikaisissa ja voimakkaissa ensiharvennuksissa 40–50 prosentin tasolla, myöhemmin yleisesti 80 %:n yläpuolella. Jäävän puuston osuuden vähentäminen 65 %:sta 50 %:n tasolle lisäsi kuitupuukertymää keskimäärin 13 m<sup>3</sup>/ha. Alle 7 cm:n paksuista puuta kertyi lievässä harvennuksessa keskimäärin 8,7 m<sup>3</sup>/ha ja voimakkaassa 50 %:n harvennuksessa 14,4 m<sup>3</sup>/ha.

### 3.3 Puuston pituuskasvu

Koko aineistossa valtapituuden kasvu oli ensiharvennuksen jälkeisellä 5-vuotisjaksolla keskimäärin

5,5 dm vuodessa (taulukko 4). 50 %:n harvennuksen jälkeen valtapituuden kasvu oli keskimäärin 4 cm/v alempi kuin harventamattomassa puustossa, mutta tiheydestä johtuva kasvuero ei ollut tilastollisesti merkitsevä. Kuvassa 3 valtapituuden kasvu on esitetty suhteellisena siten, että harventamattoman puuston pohjapinta-alaa ja pituuskasvua on merkitty kokeittain vertailuarvolla 100. Tällä tavalla saatu valtapituuden suhteellinen kasvu oli 50 %:n puustotasolla 92 % harventamattoman köivikon kasvusta. Ero voimakkaasti harvennetun ja maksimaalista pituuskasvua edustavan harventamattoman puuston välillä oli Tukeyn testin mukaan merkitsevä alle 5 %:n riskillä (varianssianalyyseissä  $F = 2,87$  ja  $p = 0,04$ ). Kahdessa kokeessa oli mukana koejäsen, jonka puuston määrä oli 34 % harventamattomasta ja silloin valtapituuden kasvu oli vain 70 % harventamattoman puuston kasvusta. Tiheäm-



**Kuva 3.** Istutuskoivikon suhteellinen valtapiisuuden kasvu puustopääoman funktiona ensiharvennuksen jälkeisellä 5-vuotisjaksolla.

pää puustoa alhaisempi pituuskasvu on havaittu myös harvaan istutetuissa rauduskoivikoissa (Niemistö 1995b).

Pohjapinta-alalla painotetun keskipituuden kasvu ei poikennut valtapiisuuden kasvusta. Aritmeettisen keskipituuden kasvu oli sekin keskimäärin vain 3 cm valtapiisuuden kasvua alempi, mikä merkitsee sitä, että eri kokoiset puut kasvoivat pituutta lähes yhtä paljon.

### 3.4 Latvusten kehitys

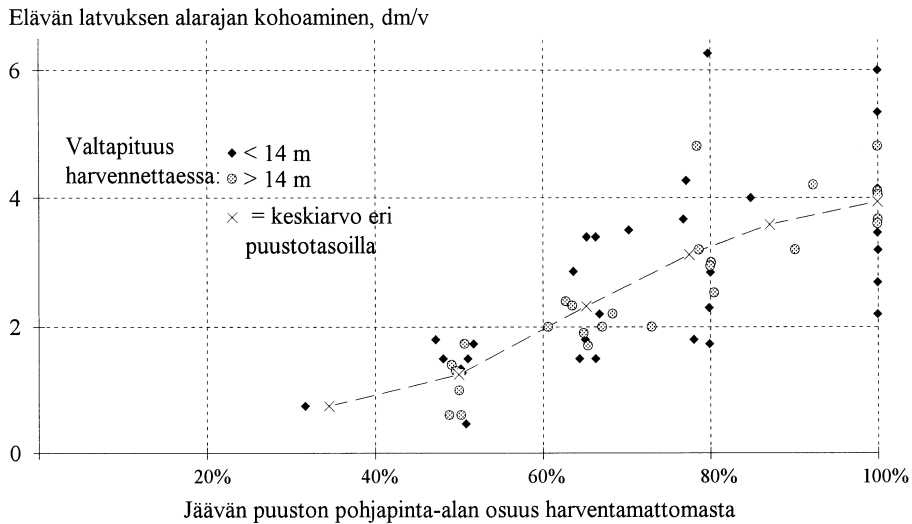
Elävän latvuksen alarajan keskiarvo ennen harvennusta vaihteli varhaisten ensiharvennusten 3 metristä myöhäisimmän harvennuksen 7 metriin (taulukko 2). Elävän latvuksen pituuden vaihteluväli oli vastaavasti 6–9 metriä. Puuston pituusvaiheen lisäksi harvennusta edeltänyt runkoluku vaikutti oleellisesti latvusrajan korkeuteen. Valtapiitudeltaan 13–15-metrisissä tiheissä metsiköissä (yli 1 900 kpl/ha) latvusraja oli keskimäärin metrin ylempänä kuin harvemmissä koivikoissa.

Koivun latvusrajan kohoaminen harvennuksen jälkeen riippui melko suoraviivaisesti kasvamaan jätetyn puuston määrästä (kuva 4). Harventamatto-

man koivikon alaoksat kuolivat keskimäärin 40 cm matkalta vuodessa eli lähes puun pituuskasvun nopeudella. 65 %:n puustotasolla latvusraja kohosi keskimäärin 24 cm ja 50 %:n puustotasolla 13 cm vuodessa. Voimakkaasti harvennetuilla koealoilla kokeiden välinen hajonta oli pienempää kuin lievästi harvennetuilla. Lievä harvennus koivikon myöhemmässä kehitysvaiheessa (valtapiisuus > 14 m) hidasti latvuksen supistumista enemmän kuin vastaava aikainen harvennus.

Elävän latvuksen osuus puun pituudesta oli ennen harvennusta keskimäärin 60 % (vaihteluväli 52–70 %). Pienten puiden poistaminen harvennuksessa kohotti latvusosuuden keskiarvoa laskennallisesti 1–2 %-yksiköllä, mutta eri puustotasojen välille ei syntynyt tästä syystä merkitseviä eroja. Harvennuksen jälkeisellä 5-vuotisjaksolla elävän latvuksen osuus kohosi alimmalla puustotasolla keskimäärin 65 prosenttiin. Lievästi harvennetussa ja harventamattomassa koivikossa latvuksen osuus sitä vastoin pieni (taulukko 4). Mittausjakson aikana harventamattoman koivikon latvusosuus supistui viidessä koemetsikössä kriittisenä pidetyn 50 prosentin rajan (Raulo 1981, Niemistö 1991) alapuolelle. Jo lieväkin harvennus esti latvuksen liiallisen supistumisen.





**Kuva 4.** Istutuskoivujen latvusrajan kohoaminen puustopääoman funktiona ensiharvennuksen jälkeisellä 5-vuotisjaksolla.

### 3.5 Lämpimitan kasvu

Välittömästi harvennuksen jälkeen eri puustotasojen valtalämpimitoissa (= 100 paksuimman keskiarvo hehtaarilla) ei ollut eroa, koska poistettavat puut valittiin alaharvennusperiaatteella. Viisi vuotta harvennuksen jälkeenkään erot eivät olleet merkitseviä eri harvennusasteiden välillä. (taulukko 5). Pohjapinta-alalla painotetun keskilämpimitan ero eri puustotasojen välillä oli välittömästi harvennuksen jälkeen hyvin pieni, ainostaan harventamattoman koivikon keskilämpimita oli noin 1 cm muita alempi. Viiden vuoden kuluttua erot olivat selkeämmät: 50 % puustotasolla keskilämpimita oli 15,3 cm, 65 %:n tasolla 14,8 cm, 77 %:n tasolla 14,3 cm ja harventamattomassa puustossa 13,4 cm (variassianalyysissä  $F = 8,0$  ja  $p = 0,0001$ , Tukeyn testin mukaan harventamattomat koealat poikkesivat harvennetuista). Tulos osoitti myös sen, että metsikön suurimpien koivujen paksuuskasvu reagoi harventamiseen vähemmän kuin pienemmät puut.

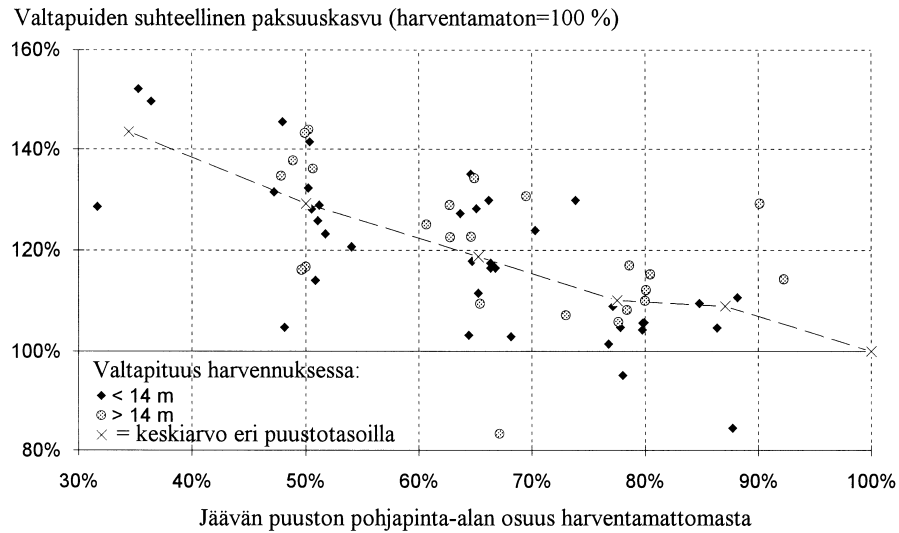
Vaikka valtapuiden järeydessä ei ollutkaan selviä eroja vielä ensimmäisen 5-vuotiskauden jälkeen, olivat paksuuskasvun erot jo selvästi havaittavissa. Kuvassa 5 harventamattomien koealojen valtalämpimitan kasvua on merkitty kokeittain ar-

volla 100. Siihen verrattuna 65 prosentin puustotasolla mitattiin keskimäärin 20 % ja 50 prosentin puustotasolla 30 % suurempi valtalämpimitan kasvu. Puustopääoman vaikutus oli suoraviivaista. Varhaisissa ensiharvennuksissa (valtapituus < 14 m) käsittelyn vaikutus valtalämpimitaan oli lievempi kuin myöhemmin harvennetuissa.

### 3.6 Tilavuuskasvu

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

Varhaisten, 12–14 metrin valtapituudessa tehtyjen ensiharvennusten jälkeen vuotuinen tilavuuskasvu-% oli voimakkaasti harvennetuissa koivikois-



**Kuva 5.** Istutuskovikoin suhteellinen valtaläpimitan kasvu puustopääoman funktiona ensiharvennuksen jälkeisellä 5-vuotisjaksolla.

**Taulukko 5.** Viljelykoivikoiden pohjapinta-alalla painotetut keskiläpimitat ja valtaläpimitat eri puustotasolla 5 vuoden kuluttua ensiharvennuksesta.

Koe nro	Keskiläpimitat eri puustotasolla, cm						Valtaläpimitat (100 paksuinta/ha), cm					
	34 %	50 %	65 %	77 %	87 %	100 %	34 %	50 %	65 %	77 %	87 %	100 %
860		11,7	12,2	10,5	9,9	10,5		14,3	14,8	13,5	13,4	14,1
859	13,1	12,0	11,4		10,7	11,5	15,0	14,2	13,9		13,3	14,2
832			14,7	14,7		15,0			17,7	17,4		18,7
839		15,1	14,3	13,8		13,4		17,8	17,8	17,4		17,6
867	12,8	12,0	12,2		11,9	10,4	15,1	14,7	15,4		15,7	13,8
860		15,8	14,5	15,1	13,3	12,0		18,2	17,6	18,2	16,7	16,5
845		14,8	14,6	13,4		12,5		17,3	17,5	17,1		16,5
842		15,1	15,4	14,1		12,7		17,7	18,8	17,5		17,2
834		16,7	15,4	15,2		14,2		18,9	18,0	18,1		18,1
841		16,2	15,3	14,8				18,9	17,9	18,2		
859	16,5	15,2	15,3			13,0	18,1	17,2	18,2			16,7
846		13,7	13,1	12,7		11,7		16,4	16,0	15,7		15,6
838		15,2	12,8	13,4	13,6	14,1		17,8	15,6	17,1	18,0	18,9
833		16,5	15,8	13,9		14,8		19,8	18,5	18,3		19,3
831		16,7	16,0	15,4		14,4		19,3	18,5	18,2		17,8
840		15,3	15,4	14,0		12,9		18,0	19,2	17,3		17,1
837		16,2	15,7	14,4	13,0	14,3		19,4	19,0	18,4	17,3	18,5
835		16,8	16,2	16,0	16,9			19,4	19,0	19,1	20,2	
836		16,5	17,5	15,9		15,3		19,1	21,1	19,3		19,8
$\bar{x}^*$		15,3	14,8	14,3		13,4		18,0	17,9	17,7		17,5

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

**Taulukko 6.** Eri voimakkuuksilla harvennettujen istutuskoivikoiden tilavuuskasvu ensiharvennuksen jälkeisellä 5-vuotiskaudella sekä kuitupuun tuotos kasvujakson loppuun mennessä.

Koe nro	Runkotilavuuden kasvu eri puustotasolla, m <sup>3</sup> /ha/v						Kuitupuun (> 7cm) tuotos eri puustotasolla, m <sup>3</sup> /ha					
	34 %	50 %	65 %	77 %	87 %	100 %	34 %	50 %	65 %	77 %	87 %	100 %
860		7,3	8,8	9,0	8,6	10,4		46	58	53	48	61
859	9,0	10,7	12,0		12,2	14,3	63	74	81		81	105
832			6,6	7,5		8,4			86	102		99
839		9,5	11,1	11,7		13,5		101	101	103		120
867	3,7	4,9	6,1		7,1	7,3	67	69	86		94	89
860		7,9	9,0	9,6	9,8	10,3		101	101	99	107	102
845		5,9	8,2	8,4		9,3		84	102	97		104
842		7,2	8,9	10,0		9,6		108	125	139		122
834		8,4	9,1	10,5		11,1		127	114	130		128
841		7,2	8,7	9,0				96	109	109		
859	7,5	10,1	11,0			12,2	132	137	118			143
846		4,9	5,8	6,8		6,7		80	86	99		94
838		6,8	6,5	8,7	10,0	9,8		111	84	110	114	133
833		8,6	11,2	11,7		12,5		153	163	142		164
831		7,2	9,4	9,1		10,7		123	137	136		144
840		8,1	11,0	9,2		10,4		136	151	143		151
837		9,1	10,6	11,2	11,8	13,1		147	162	144	137	170
835		6,3	7,4	7,9	8,7			118	134	125	154	
836		9,7	12,5	12,5		12,6		163	189	217		183
$\bar{x}$ *		7,7	9,1	9,8		10,5		117	120	128		130

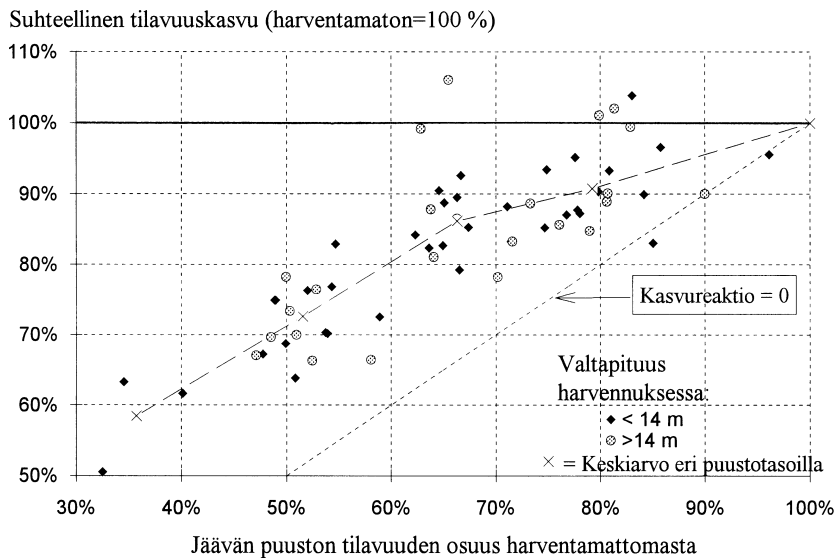
\* Keskiarvo ei sisällä taimikkovaiheen harvennuksia kokeissa 859 ja 860 eikä ennen kokeen perustamista lievästi harvennettuja koemetsiköitä 835 ja 841.

sa 15–25 %:n tasolla, myöhemmin harvennetuissa metsiköissä 10–15 %:n tasolla. Harventamattoman koivikon suhteellinen vuotuinen tilavuuskasvu oli mittausjaksolla keskimäärin 11,3 % ja poikkesi Tukeyn testin mukaan voimakkaasti harvennettujen puustojen kasvuprosenteista: 50 %:n puustotasolla keskimäärin 15,3 ja 65 % puustotasolla 14,3 (varianssianalysissä  $F = 3,9$  ja  $p = 0,013$ ).

Kun harventamattoman puuston tilavuuskasvua merkittiin 100:lla ja harvennettujen puustojen kasvua verrattiin siihen, päästiin kuvan 6 mukaiseen tarkasteluun. Siitä havaitaan, että rauduskoivujen suhteellinen kasvu lisääntyi harvennuksen voimistuessa siten, että 65 %:n pohjapinta-alatasoa (= 67 % tilavuudesta) vastaava tilavuuskasvun taso oli keskimäärin 87 %. Ensimmäisellä 5-vuotisjaksolla jäävän puuston kasvunlisäys on siten korvannut yli

puolet harvennuksessa poistetun puuston mukana menetetyistä kasvusta. Kahdessa kokeessa tilavuuskasvu ei ollut vähentynyt ko. puustotasolla lainkaan. Kun koivikon pohjapinta-ala pudotettiin ensiharvennuksessa 50 prosenttiin (= 52 % tilavuudesta), tilavuuskasvu oli keskimäärin 72 % harventamattoman puuston kasvusta.

Voimakkaan ja keskivahvan harvennuksen aikaansaama lisäys kasvatettavien puiden kasvussa vastasi metsikkötasolla keskimäärin viidennestä puuston maksimikasvusta. Tämän yli menevää osaa poistetun puuston mukana menetetyistä kasvupotentiaalista ei rauduskoivujen harvennusreaktio pystynyt ensimmäisellä 5-vuotisjaksolla korvaamaan. Koska harvennusreaktiosta kertyvä lisäpuumäärä ei poikennut puustotasojen 67, 52 ja 36 % välillä, täytyi yksittäisten puiden kasvun lisääntyä vielä



**Kuva 6.** Istutuskoivikon suhteellinen tilavuuskasvu puustopääoman funktiona ensiharvennuksen jälkeisellä 5-vuotisjaksolla.

voimakkaimmissakin harvennuksissa samassa suhteessa kuin puustopääoma pieneni. Jäävän puuston tilavuuskasvu-% harventamattomaan verrattuna oli lievässä harvennuksessa keskimäärin 1,15-kertainen, keskivahvassa 1,3-kertainen ja 50 %:n puustotasolla 1,4-kertainen. Yksittäisten rauduskoivujen harvennusreaktion maksimia ei saavutettu vielä 50 prosentinkaan harvennuksessa, koska kahdessa koeksessa 34 %:n tasolle harvennetun puuston tilavuuskasvuprosentti oli yli 1,5-kertainen verrattuna harventamattomaan.

Harventaminen alensi rauduskoivikon tilavuuskasvua lukuunottamatta joitakin lieviä tai keskivahvoja harvennuksia normaalia tiheämissä (yli 2 000 kpl/ha) koivikoissa. Samoin tutkimusaineiston myöhäisin ensiharvennus 17 metrin valtapituudessa alensi puuston tilavuuskasvua vasta 50 %:n harvennuksessa.

### 3.7 Runkopuun tuotos

Mittausjakson loppuun laskettu käyttöpuun (> 7 cm) kokonaistuotos oli suurin harventamattomassa puustossa (taulukko 6), keskimäärin 130 m<sup>3</sup>/ha (vaihte-

luväli 89–183 m<sup>3</sup>/ha). Luvut sisältävät sekä harvennuskertymän että loppupuuston käyttöpuuosuuden. Noin 10 prosentin suuruinen kasvutappio 65 %:n ja 50 %:n puustotasolla ei ollut kuitenkaan tilastollisesti merkitsevä ( $F = 0,67$ ). Koemetsiköittäin tarkasteltuna käyttöpuun tuotostappio johtui pääasiassa harvennuksen jälkeisistä kasvueroista, ei niinkään pienten puiden poistamisesta ennen kuitupuukynnystä.

Tutkituissa koivikoissa tähän mennessä tuotetun pieniläpimittaisen puun määrät olivat pienimmät puustotasolla 65 % ja 77 % (17 m<sup>3</sup>/ha), mutta ero harventamattomaan tai voimakkaasti harvennettuun ei ollut merkitsevä. Eniten pieniläpimittaisen puun tuotokseen vaikutti koivikon alkuperäinen kasvatustiheys (korrelaatiokerroin  $r = 0,9$ ). Tiheydessä 2 200 kpl/ha pienpuun tuotos oli 23 m<sup>3</sup>/ha, tiheydessä 1 750 kpl/ha 17 m<sup>3</sup>/ha ja tiheydessä 1 400 kpl/ha 12 m<sup>3</sup>/ha. Ensiharvennuksen ajankohta ei vaikuttanut oleellisesti pienpuun määrään ellei harvennusta tehty jo taimikkovaiheessa, ennen 12 metrin valtapituutta.

Poistettujen runkojen keskitilavuus riippui samoista tekijöistä kuin kuitupuukertymän määrä. Puuston suuri tiheys ennen harvennusta lisäsi ker-

tymän määrää mutta pienensi korjattavan rungon kokoa. Eniten poistettujen puiden keskikokoon vaikutti harvennuksen ajankohta. Varhaisimmissa ensiharvennuksissa poistetun rungon kuituosan keskitilavuus oli 30–40 dm<sup>3</sup> ja myöhäisimmissä yli 70 dm<sup>3</sup>. Harvennusasteen vaikutus jäi verrattain pieneksi: voimakkaassa harvennuksessa kuituosan keskitilavuus oli keskimäärin 45 dm<sup>3</sup> ja lievässä harvennuksessa 35 dm<sup>3</sup>.

### 3.8 Puiden kuoleminen

Kuolleiden koivujen määrä oli vielä viisi vuotta kokeiden perustamisen jälkeen vähäinen. Harvennetuilla koaloilla luonnonpoistuma oli keskimäärin alle puoli kuutiometriä hehtaarilla. Harventamattomilla koaloilla kuollutta puustoa oli mittausjakson lopussa keskimäärin 1,8 m<sup>3</sup>/ha. Eniten, yli 5 m<sup>3</sup>/ha, sitä oli tiheimmissä ja pisimmissä metsiköissä. Luonnonpoistuma koostui lähes pelkästään kuitupuun minimimitä pienemmistä puista.

## 4 Tulosten tarkastelu

Harvennuksen vaikutukset puustoon ja sen kasvuun erottuivat selvästi eri puustotasojen välillä, joten koejärjestelyn kannalta käsittelyt poikkesivat tarpeeksi toisistaan. Tutkimuksessa puuston määrä alitti käytännön harvennusmallien ohjearvot enimmillään 50 prosentilla. Ennen harvennusta koemetsiköt olivat normaalikäytäntöä tiheämpiä sisältäen keskimäärin 1 870 koivua hehtaarilla. Jäävän puuston runkoluku vaihteli voimakkaan, 50 %:n harvennuksen jälkeen välillä 500–800 kpl/ha. Ensiharvennuksen ajankohdan suhteen kokeiden välistä vaihtelua olisi saanut olla enemmän. Aineisto oli niukka etenkin myöhäisten, yli 15,5 metrin valtipituudessa tehtyjen ensiharvennusten osalta.

Rauduskoivun pituuskasvu aleni voimakkaan harvennuksen (50 % pohjapinta-alasta) seurauksena 8 %. Niemi (1995b) mukaan tiheyteen 400 kpl/ha istutettujen rauduskoivukoiden valtipituuden kasvu oli 10–20 vuoden iässä noin 15 % alempi kuin tiheimmissä koivikoissa. Samassa tutkimuksessa

havaittiin myös ylitiheyden (istutettu 5 000 koivua/ha) alentavan pituuskasvua 15–16 metrin valtipituudesta lähtien. Tämän tutkimuksen aineistossa ei ylitiheys vielä vaikuttanut pituuskasvuun. Harvennuksen aiheuttaman valtipituuden kasvun alentumisen ovat männynllä havainneet Saramäki ja Silander (1982), Valinger (1990) sekä hieskoivulla Niemi (1991). Yleisin havainto on ollut se, ettei voimakkuudeltaan normaali alaharvennus vaikuta pituuskasvuun (Assmann 1970, Hägglund 1974, Vuokila ja Väliaho 1980, Clutter ym. 1983, Salminen ja Varmola 1990, Lampola 1991, Hynynen 1995). Myös taimivaiheen kasvatustiheyden vaikutuksesta pituuskasvuun on saatu vaihtelevia tuloksia (esim. Seibt ja Angeles 1971, Vuokila 1972, Salminen ja Varmola 1993, Spellman ja Nagel 1992, Varmola 1996).

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

Niemi (1995a) mukaan rauduskoivun elävän latvuksen osuus laskee kriittisenä pidetyn 50 %:n alapuolelle 13 metrin valtipituudessa, jos runkoluku oli 3 300 kpl/ha. Runkoluvulla 2 100 vastaava pituusvaihe oli 16 metriä. Tämän tutkimuksen tiheimmissä koivikoissa harventamattoman puuston latvusten kehitys oli samanlaista, mutta alle 2 000 koivun hehtaartihyksissä latvusten supistuminen oli hitaampaa kuin em. tutkimuksessa. Tällä perusteella tiheydessä 1 600–1 900 kpl/ha kasvavien rauduskoivujen latvukset eivät supistu liikaa ennen 16 metrin valtipituutta, mutta tiheimmässä puustossa vaara on ilmeinen. Lieväkin harventaminen ehkäisi latvusten liiallista supistumista. Vastaavissa tiheyksissä männyn latvus supistuu aikaisemmin (Hynynen 1995) kuin rauduskoivulla, mutta männyn katsotaankin pärjäävän koivuun verrattuna lyhyemmällä latvuksella. Alimman elävän oksan kiinnitysmiskorkeuteen perustuva latvusraja myös liioittelee rauduskoivun latvuksen pituutta, koska vihreä lehtävä latvus alkaa Niemi (1997) mu-

kaan vasta noin 1,3 metriä tuoreoksarajan yläpuolelta.

Alaharvennuksen jälkeen koivikon pienimpien puiden paksuuskasvu lisääntyi enemmän kuin valtapuiden kasvu. Monissa muissakin harvennustutkimuksissa on saatu samanlainen tulos (esim. Mielikäinen 1978, Vuokila 1977, Mielikäinen ja Valkonen 1991, Niemistö 1994). Kuitenkin myös valtapuiden kasvureaktio oli istutuskoivikoissa selvä; 100 paksuinta puuta/ha kasvoi läpimittaa voimakkaan harvennuksen jälkeen 30 % enemmän verrattuna harventamattoman puuston vastaavaan arvoon. Niemistön (1995b) mukaan valtapuiden paksuuskasvu nuorissa koivikoissa lisääntyi istutustiheyden laskiessa, mutta ei enää runkoluvun laskettua alle 1 000 kpl/ha. Varttuneemmissa koivikoissa valtapuiden kasvureaktio oli tässä tutkimuksessa havaittavissa myös alemmilla runkoluvuilla.

Harventaminen alensi puuston tilavuuskasvua muissa paitsi ylitiheydestä kärsivien koivikoiden lievissä tai keskivahvoissa harvennuksissa. Jäävän puuston kasvureaktion ansiosta 33 prosentin pudotus puuston tilavuudessa vähensi tilavuuskasvua ensimmäisellä 5-vuotiskaudella keskimäärin 13 %. Vastaavasti 48 prosentin pudotus tilavuudessa merkitsi 28 %:n vähennystä ja 64 prosentin pudotus 42 % vähennystä kasvussa. Näin ollen jäävän puuston kasvureaktio pystyi korvaamaan noin 20 % suurista puustopääoman vähennyistä vastaavan tilavuuskasvun menetyksen. Metsikkötasolla tällainen ”täysi harvennusreaktio” saavutettiin, kun vähintään kolmannes pohjapinta-alasta oli poistettu. Nopeaa järeytymistä tavoiteltaessa tätäkin voimakkaammasta harvennuksesta oli hyötyä, koska puutasolla kasvu lisääntyi vielä puustotason alittettua 50 %:n rajan.

Istutuskoivuun verrattuna alhaisempia tilavuuskasvureaktioita on harvennuksen jälkeen havaittu mm. turvemaan nuorissa hieskoivikoissa (Niemistö 1991), Pohjois- ja Keski-Ruotsin männiköissä (Eriksson 1990) ja niissä suomalaisissa männiköissä, joiden pituusboniteetti  $H_{100}$  oli alle 23 (Antti Isomäki, Metsäntutkimuslaitos, Vantaan tutkimuskeskus, julkaisematon harvennusaineisto). Istutuskoivun kanssa suhteellisesti samantasoinen tilavuuskasvun harvennusreaktio on em. tutkimuksissa mitattu Etelä-Ruotsin männiköissä ja kuusikoissa, viljävissä männiköissä Suomessa ja turvemaiden vart-

tuneissa hieskoivikoissa.

Käyttöpuun tuotos ei eronnut merkittävästi eri harvennuskäsittelyjen välillä, vaikka voimakkaassa 50 %:n harvennuksessa tuotos olikin noin 10 % alempi kuin harventamattomilla koelohjoilla. Vielä 5 vuotta ensiharvennuksen jälkeen käyttöpuu on lähes poikkeuksetta kuitupuuta. Kuitupuun minimiläpimitan (7 cm) alittavan pienpuun tuotos riippui pääasiassa nuoren koivikon kasvustiheydestä. Sen sijaan harvennusasteella tai ajankohdalla ei ollut mainittavaa vaikutusta pienpuun tuotokseen.

Tämän tutkimuksen peltokoivikot tuottivat alimmilla pituusboniteeteilla noin 0,4 m<sup>3</sup>/ha/v enemmän kuitupuuta verrattuna viljelykoivun tuotostaulukoihin (Oikarinen 1983). Kun pituusboniteetti  $H_{50}$  ylitti 26, peltokoivikoiden tuotos vastasi taulukoita. Voimakkaan harvennuksen jälkeinen kasvu oli yleensä 1–2 m<sup>3</sup>/ha/v taulukkoarvoja pienempi. Metsämaan pituusboniteetilla 25–26 tuotos oli em. taulukoiden mukainen. Sen sijaan pituusboniteetilla 24 jäätin selvästi taulukkoarvojen alapuolelle: ennen harvennusta ero oli keskimäärin 16 m<sup>3</sup>/ha, viisi vuotta lievän harvennuksen jälkeen 21 m<sup>3</sup>/ha ja vastaavasti voimakkaan harvennuksen jälkeen 37 m<sup>3</sup>/ha.

Kannattavan puunkorjuun edellytyksenä pidetään noin 30 kuutiometrin harvennuskertymää hehtaarilta. Ensiharvennuksen myöhentyessä ja sen voimakkuuden lisääntyessä kuitupuun kertymä lisääntyi siten, että alle 2 000 puun hehtaariheydessä tämä kannattavuusraja saavutettiin voimakkaassa 50 %:n harvennuksessa noin 13,5 metrin valtapituudessa ja keskivahvassa harvennuksessa noin 14,5 metrissä. Lievässä, 20 %:n harvennuksessa ei saada riittävää kertymää suotuisan ensiharvennusajan kohdan puitteissa. Puunkorjuussa rungon koko on myös tärkeä taloudellisuuteen vaikuttava tekijä. Eniten poistettujen puiden keskikokoon vaikutti harvennuksen ajankohta; aikaisissa ensiharvennuksissa se oli alimmillaan noin 30 dm<sup>3</sup> ja myöhäisissä 16–17 metrin valtapituusvaiheessa yli 70 dm<sup>3</sup>. Sen sijaan harvennusasteen vaikutus poistettujen puiden keskikokoon oli verrattain pieni.

Nykyohjeen mukaan perustetuissa rauduskoivutaimikoissa on yleensä alle 1 600 puuta hehtaarilla. Ensiharvennus kannattaa tällöin tehdä aikaisintaan 14 metrin valtapituudessa. Tässä vaiheessa oksat ovat kuolleet tyvitukin osuudelta ja suotuisaa aikaa

harvennukseseen on käytävissä 4–5 vuotta ennen kuin latvusten elinvoima ja puiden kasvu alkavat kärsiä noin 17 metrin valtipituudessa. Viljavimilla kasvupaikoilla, varsinkin parhailla peltomailla koivun laatu edellyttää mainittua suurempaa kasvatustiheyttä (Niemistö 1995a, Niemistö ym. 1997). Noin 2 000 koivun hehtaartiheydessä harvennuspun korjuu on kertymän perusteella kannattavaa noin 14 metrin valtipituudesta lähtien. Riittävän latvuksen ja kasvukyvyn säilyttämiseksi harvennus on tehtävä viimeistään 16 metrin valtipituudessa. Oikea-aikaiselle harvennukselle on näin ollen aikaa 3–4 vuotta. Tiheyden ylittäessä 2 500 kpl/ha on rauduskoivikon harvennus tehtävä niin aikaisin, ettei siinä saatava kuitupuumäärä ole taloudellisesti kannattava.

Taloudellisia laskelmia istutuskoivikon ensiharvennuksen kannattavuudesta ei lyhyen tutkimusjakson vuoksi tehty. Rauduskoivujen harvennusreaktiot todettiin voimakkaiksi ja nopeiksi, joten tulosten perusteella ei havaittu estettä voimakkaalle ensiharvennukselle. Istutuskoivikoissa kannattaa todennäköisesti tähdätä kahden voimakkaan harvennuksen ohjelmaan. Osa toisen harvennuksen kertymästä voisi olla tukkipuuta, koska myös metsikön suurimmat puut lisäisivät selvästi kasvuaan harvennuksen seurauksena. Tällöin voimakkaan ensiharvennuksen jälkeen kärsitty kuitupuun tuotostappio korvautuisi aikaisilla tukkipuutuloilla. Eri pituusvaiheissa olevissa koemetsiköissä sovellettu 65 prosentin pohjapinta-alataso kasvatettavalle puustolle alitti Oikarisen (1983) julkaiseman harvennusmallin tavoitepuuston määrän. Tulosten perusteella näin vahva harvennus ei ollut liian voimakas. Seuraavan harvennuskerran myöhentämistä ja tukkipuukertymää ajatellen harvennus olisi voinut olla useissa tapauksissa tätäkin voimakkaampi.

## Kirjallisuus

Arne, M. 1995. (toim.). Metsätalastollinen vuosikirja 1995 (ja edelliset). SVT Maa- ja metsätalous 1995:5. Metsäntutkimuslaitos, metsätalastollinen tietopalvelu. 354 s.

- Assman, E. 1970. The principles of forest yield study. Pergamon Press, Oxford. 506 s.
- Clutter, J. L., Fortson, J. C., Pienaar, L. V., Brister, G. H. & Bailey, R. L. 1983. Timber management: a quantitative approach. John Wiley & Sons, New York. 333 s.
- Eriksson, H. 1990. Hur har det gått med höggallringen? Sveriges Skogsförbunds Tidskrift 2 -90: 43–57.
- Heinonen, J. 1994. Koealojen puu- ja puustotunnusten laskentaohjelma KPL. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 504. 80 s.
- Hynynen, J. 1995. Modelling tree growth for managed stands. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 576. 59 + 76 s.
- Hägglund, B. 1974. Övre höjdens utveckling i tallbestånd. Summary: Site index curves for Scots pine in Sweden. Skoghögskolan, Institutionen för Skogsproduktion, Rapporter och Uppsatser 31. 54 s.
- Laasasenaho, J. 1973. Unequal probability sampling by DBH cumulator. Seloste: Koepuiden valinta kuutiomäärän summaajalla. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 79(6). 20 s.
- Lampola, S. 1991. Kasvatustiheyden ja lannoituksen vaikutus kylvömännikön tuotokseen ensiharvennuksen mennessä. Effects of spacing and fertilization on the growth and yield of young Scots pine stands. Pro gradu -työ. Helsingin yliopisto, metsänarvioimistieteen laitos. 60 s.
- Metsikkökokeiden maastotyöohjeet. 1987. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 257. 237 s.
- Metsänhoitosuositukset. 1989. Keskusmetsälautakunta Tapio. Moniste. 55 s.
- Mielikäinen, K. 1978. Puun kasvun ennustettavuus. Abstract: Predictability of tree growth. Folia Forestalia 363. 15 s.
- & Valkonen, S. 1991. Harvennustavan vaikutus vartuneen metsikön tuotokseen ja tuottoihin Etelä-Suomessa. Summary: Effect of thinning method on the yield of middle-aged stands in southern Finland. Folia Forestalia 776. 22 s.
- Niemistö, P. 1991. Hieskoivikoiden kasvatustiheys ja harvennusmallit Pohjois-Suomen turvemilla. Summary: Growing density and thinning models for *Betula pubescens* stands on peatlands in northern Finland. Folia Forestalia 782. 36 s.
- 1993. Rauduskoivun kasvatus. Julkaisussa: Hannelius, S. (toim.). Uusia vaihtoehtoja metsänkasvatukseen. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 491: 13–18.
- 1994. Nuoren männikön ensiharvennus ala-, ylä- tai laatuharvennusta käyttäen. Folia Forestalia – Metsätieteen aikakauskirja 1994(1): 19–32.
- 1995a. Influence of initial spacing and row-to-row distance on the crown and branch properties and ta-

- per 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.
- , Hukki, P. & Verkasalo, E. 1997. Kasvupaikan ja puuston tiheyden vaikutus rauduskoivun ulkoiseen laatuun 30-vuotiaissa istutuskoivikoissa. *Metsätieteen aikakauskirja – Folia Forestalia* 3/1997: 349–374.
- Oikarinen, M. 1983. Etelä-Suomen viljeltyjen rauduskoivikoiden kasvatusmallit. Summary: Growth and yield models for silver birch (*Betula pendula*) plantations in southern Finland. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 113. 75 s.
- 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). 15 s.
- 1979. Suomen ensimmäinen laaja rauduskoivun viljelykokeilu. *Teollisuuden metsäviesti* 1: 18–19.
- 1981. Koivukirja. Gummerus, Jyväskylä. 130 s.
- Salminen, H. & Varmola, M. 1990. Puolukkatyyppin kylvömänniköiden kehitys taimikon myöhäisestä havenuksesta nuoren metsän ensiharvennukseen. Summary: Development of seeded Scots pine stands from precommercial thinning to first commercial thinning. *Folia Forestalia* 752. 29.
- & Varmola, M. 1993. Influence of initial spacing and planting design on the development of young Scots pine (*Pinus sylvestris* L) stands. *Silva Fennica* 27(1): 21–28.
- Saramäki, J. & Silander, P. 1982. Lannoituksen ja harvennuksen vaikutus männyn latvukseen. The effects of fertilization and thinning on the crowns of Scots pine trees. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 52. 42 s.
- Seibt, G. & Angeles, L. 1971. A Norway spruce spacing trial at Kirm. *Allgemeine Forst und Jagzeitung* 142(1): 12–30.
- Spellmann, H. & Nagel, J. 1992. Second evaluation of Nelder's plant spacing experiment with Scots pine in Walsrode. *Allgemeine Forst und Jagzeitung* 163(11–12): 221–229.
- Valinger, E. 1990. Inverkan av gallring, gödsling, vind och trädstorlek på tallarnas utveckling. Influence of thinning, fertilization, wind and tree size on the development of Scots pine trees. Avhandling. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för skogsgötsel. 132 s.
- Varmola, M. 1996. Nuorten viljelymänniköiden tuotos ja laatu. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 585. 70 s.
- Vuokila, Y. 1972. Taimiston käsittely puuntuotannolliselta kannalta. Summary: Treatment of seedling stands from the viewpoint of production. *Folia Forestalia* 141. 36 s.
- 1977. Harsintaharvennus puuntuotantoon vaikuttavana tekijänä. Abstract: Selective thinning from above as a factor of growth and yield. *Folia Forestalia* 298. 17 s.
- 1980. Metsänkasvatuksen perusteet ja menetelmät. WSOY, Porvoo. 256 s.
- & Väliäho, H. 1980. Viljeltyjen havumetsiköiden kasvatusmallit. Summary: Growth and yield models for conifer cultures in Finland. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 99(2). 271 s.

### 34 viitettä