



Jari Hynynen



Merja Arola

Jari Hynynen ja Merja Arola

## Ensiharvennusajankohdan vaikutus hoidetun männikön kehitykseen ja harvennuksen kannattavuuteen

**Hynynen, J. & Arola, M.** 1999. Ensiharvennusajankohdan vaikutus hoidetun männikön kehitykseen ja harvennuksen kannattavuuteen. *Metsätieteen aikakauskirja* 1/1999: 5–23.

Ensiharvennusajankohdan vaikutusta nuoren männikön kehitykseen tutkittiin 20 vuoden ajan kymmenessä koemetsikössä. Kaikissa metsiköissä oli tehty taimikonharvennus. Tutkimuksen koejärjestely sisälsi kolme ensiharvennuskäsittelyä. Aikainen harvennus tehtiin kokeiden perustamisvaiheessa puuston valtapituuden ollessa noin 13 m. Kaksivaiheisessa harvennuksessa lievä harvennus toistettiin kymmenen vuoden välein. Viivästetty ensiharvennus tehtiin 15 vuotta kokeiden perustamisen jälkeen valtapituuden ollessa keskimäärin 17,7 m.

Harvennusajankohta ei vaikuttanut merkittävästi puuston kokonaistuotokseen. Puuston kasvu aleni kuitenkin tilapäisesti harvennuksen seurauksena sitä enemmän mitä voimakkaammin puustoa oli harvennettu.

Aikaisen ensiharvennuksen jälkeen puiden läpimitan kasvu voimistui ja latvussuhteen iänmukainen pieneneminen hidastui. Puuston reaktio viivästyneeseen harvennukseseen oli samansuuntainen mutta pienempi. Ensiharvennus lisäsi määrällisesti eniten metsikön suurimpien puiden läpimitan kasvua. Harvennuksen jälkeen puiden läpimitan kasvu oli voimakkainta rungon tyviosissa.

Ensiharvennuksen viivästäminen paransi harvennuksen kannattavuutta tuntuvasti. Harvennuksessa talteen saadun käyttöpuun määrä lisääntyi 35:stä m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup> 64:een m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup>, mikä lähes kaksinkertaisti laskennalliset puunmyyntitulot. Vastaavasti laskennalliset puunkorjuun yksikkökustannukset alenivat 159 mk:sta 73 mk:aan kuutiometriltä.

Tulosten mukaan männiköissä, joissa taimikonhoito on tehty ajallaan, ensiharvennusta voidaan viivästyttää 10–15 vuodella heikentämättä oleellisesti puuston kasvuedellytyksiä.

Asiasanat: *Pinus sylvestris*, ensiharvennus, kasvu, tuotos, harvennusreaktio, runkomuoto, latvus  
Yhteystiedot: *Hynynen*: Metla, Vantaan tutkimuskeskus, PL 18, 01301 Vantaa; *Arola*: Metla, Rovaniemen tutkimusasema, Sallan toimipaikka, Kinttalanpolku 4, 98900 Salla  
Faksi (09) 8570 5361, sähköposti jari.hynynen@metla.fi; merja.arola@metla.fi  
Hyväksytty 27.1.1999

# 1 Johdanto

Ensiharvennus on nuoren metsän ensimmäinen hakkuu, jossa saadaan korjattua myyntikelpoista puutavaraa. Ensiharvennusten osuus kaikista hakkuista on varsin merkittävä. Vuonna 1997 koko maassa ensiharvennettujen metsien pinta-ala oli 124 600 ha, joka oli 39 % vuotuisesta kasvatushakkuiden pinta-alasta ja 24 % hakkuiden vuotuisesta kokonaispinta-alasta (Metsätilastollinen vuosikirja 1998). Ensiharvennuksia tehdään kuitenkin selvästi vähemmän kuin metsien metsänhoidollinen tarve edellyttäisi. Ensiharvennusten tarpeessa olevien metsien vuotuiseksi pinta-alaksi on arvioitu 236 000 ha, josta on toteutunut viime vuosina vain n. 30–50 % (Metsätilastollinen vuosikirja 1996, 1997 ja 1998). Mittavien ensiharvennusrästien syyt ovat taloudellisia. Ensiharvennuksissa hakkuun kannattavuus jää poikkeuksetta heikommaksi kuin järeämpien puustojen harvennuksissa tai uudistushakkuissa. Myös mäntykuitupuun markkinointiongelmien ovat ajoittain vähentäneet kiinnostusta ensiharvennuksiin.

Metsänhoidon kannalta ensiharvennus on tärkein kasvatushakkuu. Se on ensi sijassa metsää hoitava toimenpide, jonka tärkeimpänä tavoitteena on parantaa kasvatettavan puuston kasvuedellytyksiä. Metsikön ensiharvennustarvetta arvioidaankin kasvatettavan puuston kannalta. Näin ollen metsänhoidolliset kriteerit määräävät pitkälle harvennuksen ajankohdan ja harvennusvoimakkuuden. Nykyisten metsänhoitosuosituksen mukaan ensiharvennus on ajankohtainen, kun puiden alaoksat ovat kuolleet tyvitukin pituudelta, mutta ennen kuin kasvatettavan puuston elävä latvus on supistunut männynllä alle 40 %:iin, koivulla alle 50 %:iin ja kuusella alle 60 %:iin puun koko pituudesta (Metsänhoitosuositukset 1994). Ensiharvennuksen metsänhoidollisesti suositeltava ajankohta riippuu puuston kasvustiheydestä (mm. Vuokila 1981, 1982, Hynynen ym. 1997). Tiheät männiköt, joissa runkoluku on 3500 kpl ha<sup>-1</sup>, tulisi harventaa jo 10–11 metrin valtapituusvaiheessa. Sen sijaan puuston tiheyden ollessa alhainen (1500 kpl ha<sup>-1</sup>) voidaan ensiharvennusta lykätä 14–16 m:n valtapituusvaiheelle saakka.

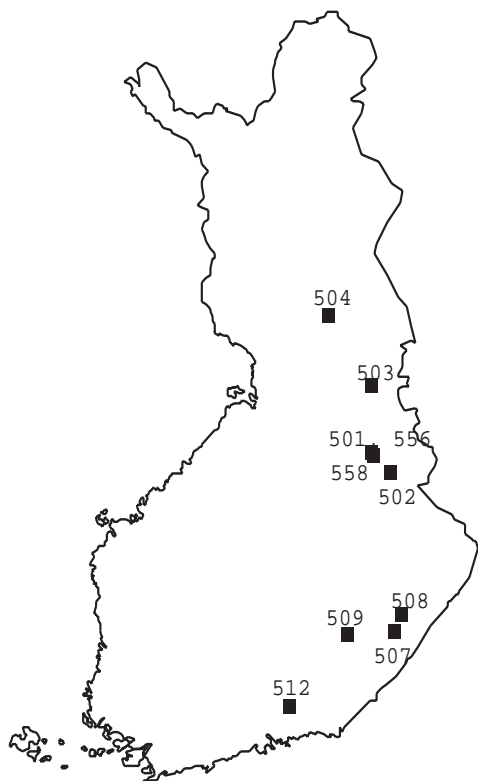
Harvennukset vähentävät aina puuston kokonaistuotosta. Nykysuosituksen mukainen ensiharvennuksen jälkeinen puuston pohjapinta-ala männikössä (14–16 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>) merkitsee Vuokilan (1981) tutki-

muksen mukaan n. 3–7 %:n tilavuuskasvutappiota harvennusta seuraavan seitsemän vuoden kuluessa. Tällaisen kasvutappion aiheuttama taloudellinen menetys lasketaan kuitenkin pienemmäksi kuin se hyöty, joka saadaan puuston nopeutuvan järeytymisen ja suurempien harvennustulojen ansiosta. Liian voimakasta harvennusta seuraava kasvutappio voi kuitenkin olla harvennuksen hyötyä suurempi. Voimakkaan harvennuksen seurauksena lisääntyy myös puuston tuhoriski, kuten alttius tuulituhoille (Persson 1975, Laiho 1987). Nykyisin suositellaan yhdellä harvennuskerralla poistettavaksi enintään kolmannes puuston tilavuudesta (Metsänhoitosuositukset 1994).

Ensiharvennusten alhainen kannattavuus johtuu korkeista korjuukustannuksista, joiden syynä on hakattavien puiden pieni koko ja alhainen hakkuukertymä (mm. Rummukainen ym. 1993, Hakkila ym. 1995). Ensiharvennuspuun teollista käyttöarvoa heikentää suuri hävikki puun kuorinnassa. Se johtuu toisaalta pieniläpimittaisen puun suurehkoista kuoripitoisuudesta ja toisaalta siitä, että osa ohuista pölkkyistä murskaantuu rumpukuorinnassa (Hakkila ym. 1995). Ensiharvennuspuu poikkeaa myös puuaineen ominaisuuksien puolesta varttuneemmista metsistä saatavasta kuitupuusta. Kun se tehdasprosessissa sekoitetaan muuhun kuitupuuhun, on seurauksena saantotappioita ja massan laadun vaihtelua (Hakkila 1997).

Ensiharvennus on taloudellisesti sitä kannattavampaa mitä kookkaampaa puusto on harvennushetkellä. Kannattavuuden suhteen ratkaisevaa on kuitupuun minimimitat ylittävien runkojen osuus poistumasta. Nykyisin voimassa oleva 7 cm:n vähimmäisläpimitta mäntykuitupuulla merkitsee sitä, että puun tulee olla rinnankorkeudelta yli 9 cm:n paksuinen, jotta siitä saadaan myyntikelpoista kuitupuuta (Hakkila ja Sirén 1997). Puuston järeys vaikuttaa ratkaisevasti myös korjuutyön ajanmenekkiin ja sitä kautta korjuukustannuksiin (Kuitto ym. 1994, Rummukainen ym. 1993). Korjuun yksikkökustannukset kohoavat jyrkästi, jos hakattavien runkojen tilavuus alittaa 100 dm<sup>3</sup>, mikä vastaa keskivertomännikössä 13–15 cm:n läpimittaa (mm. Harvennushakkuiden ... 1992, Rummukainen ym. 1993, Kuitto ym. 1994).

Ensiharvennuksen ajankohtaa kannattaisi viivästyttää harvennuksen kannattavuuden parantamiseksi



Kuva 1. Koemetsiköiden sijainti.

si. Se tulisi kuitenkin tehdä metsänhoidollisten kriteerien sallimissa rajoissa. Ensiharvennuksen lykkäämisen edellytyksenä on riittävän myöhäinen ja voimakas taimikonharvennus. Pesosen ja Hirvelän (1992) laskelmien mukaan VT-männikössä saadaan aikaan taloudellisesti kannattavin tulos harventamalla taimikko 4–6 metrin valtapituusvaiheessa tiheyteen 1800–2000 kpl/ha ja lykkäämällä ensiharvennusta vähintään 13 metrin keskipituusvaiheeseen asti.

Tutkimuksen ensimmäisenä tavoitteena oli selvittää ensiharvennuksen ajankohdan ja harvennusvoimakkuuden vaikutus männikön kokonaistuotokseen sekä kasvatettavien puiden kasvuun ja puiden elinvoimaisuuteen. Toisena tavoitteena oli tarkastella harvennusvoimakkuuden ja -ajankohdan vaikutusta harvennuspoistuman määrään ja rakenteeseen, korjuukustannuksiin sekä ensiharvennuksen kannattavuuteen.

## 2 Aineisto ja menetelmät

Tutkimusaineistoon kuuluu kymmenen (kuva 1) 1970-luvulla perustettua harvennuskoetta. Alunperin kokeet perustettiin selvittämään sitä, millaisia vaikutuksia harvennuksella ja typpilannoituksella on nuorten kasvatusmänniköiden puuston kehitykseen. Koejärjestelyn perusrunkona on  $3 \times 3$ -faktorikoe sisältäen kolme harvennus- ja kolme lannoituskäsittelyä. Kuhunkin kokeeseen kuuluu siten yhdeksän koealaa (Hynynen ja Saramäki 1995). Tässä tutkimuksessa tarkasteltiin pelkästään harvennuksen vaikutusta puustoon 20 vuoden seurantajakson aikana. Tarkasteluun otettiin mukaan vain lannoittamattomat koealat. Samaan tutkimusaineistoon perustuvia tuloksia kokeiden perustamista seuranneiden 15 vuoden ajalta ovat aikaisemmin julkaisseet Hynynen (1995a, 1995b, 1995c) sekä Hynynen ja Saramäki (1995).

Koemetsiköt ovat joko luontaisesti syntyneitä tai kylvettyjä metsiä, joissa taimikko on harvennettu metsänhoitosuosituksen mukaisesti. Kasvupaikkatyypiltään metsiköt ovat tuoreita ja kuivahkoja kangaita, joilla puuston pituusboniteetti vaihtelee välillä 20,7–30,9 m. Kokeiden perustamisvaiheessa puuston valtapituus oli keskimäärin 13,0 m (10,4–16,8 m) ja puuston ikä 29–55 vuotta (taulukko 1).

Aikaisessa ensiharvennuksessa ( $H_2$ ) 60 % puuston runkoluvusta poistettiin kokeiden perustamisajankohtana. Kaksivaiheisen ensiharvennuksen koealoilla ( $H_1$ ) poistettiin 30 % runkoluvusta kokeiden perustamisen yhteydessä. Nämä koealat harvennettiin toisen kerran 10 vuoden kuluttua, jolloin poistettiin 30 % koealojen alkuperäisestä runkoluvusta. Viivästetyn ensiharvennuksen koealoilla ( $H_0$ ) puuston annettiin kehittyä harventamattomana 15 vuotta, jonka jälkeen harvennettiin 60 % runkoluvusta. Puuston valtapituus oli tuolloin keskimäärin 17,7 m. Kaikki harvennukset tehtiin alaharvennuksina.

Tapion harvennusmalleihin (Metsänhoitosuosituksen 1994) nähden aikaisen ensiharvennuksen koealojen ( $H_2$ ) harvennus oli suosituksia voimakkaampi. Seitsemällä kokeella kymmenestä puuston pohjapinta-ala harvennuksen jälkeen alitti Tapion harvennusmallien mukaiset jäävän puuston alarajat keskimäärin kymmenellä prosentilla. Kaksivaiheisen ensiharvennuksen ( $H_1$ ) ensimmäisen vaiheen harvennuksessa jäävän puuston pohjapinta-alat oli-

vat keskimäärin harvennusmallien suosittelman jäävän puuston ylärajalla. Toisen vaiheen harvennuksessa puustopääoma laskettiin keskimäärin harvennusmallien mukaisen jäävän puuston alarajalle. Viivästetyssä ensiharvennuksessa ( $H_0$ ) jäävän puuston pohjapinta-alat olivat harvennusmallien suosittelimissa rajoissa.

Koemetsiköihin rajattiin perustamisvaiheessa 1000 m<sup>2</sup>:n koealat. Jokaisen koealan ympärillä on 5 m:n levyinen vaippa-alue, joka käsiteltiin samalla tavoin kuin varsinainen koeala. Kokeet mitattiin perustamisvaiheessa ja 20 vuoden aikana viiden vuoden välein. Perustamismittauksessa kaikki puut numeroitiin ja kartoitettiin. Lisäksi puista mitattiin kuorellinen rinnankorkeusläpimitta ja määritettiin puun latvuskerros, tekninen laatu ja terveydentila (Metsikkökokeiden maastotyöohjeet 1987). Kahdessa ensimmäisessä mittauksessa puiden terveydentila luokiteltiin kuuteen luokkaan: terve, kuollut, sairas, kuivalatvainen, kuivalatvainen ja sairas sekä kuoleva. Myöhemmissä mittauksissa käytettiin valtakunnan metsien inventoinnissa käytettyä luokitusta, jossa tarkemmin määritetään vaurion laatu ja sen aiheuttaja (Metsikkökokeiden maastotyöohjeet 1987).

Jokaiselta koealalta valittiin satunnaisesti noin 40 koepuuta, joista kaksi kolmasosaa oli puuston keskiläpimittaa paksumpia puita ja yksi kolmasosa ohuempia puita (Harvennuskokeiden perustamis- ja mittaushjeet 1976). Harvennuksissa poistuneiden puiden tilalle valittiin uudet koepuut. Koepuista mitattiin lukupuiden tunnusten lisäksi puun pituus, elävän latvuksen alarajan korkeus, läpimitta kuuden metrin korkeudelta sekä läpimitat suhteellisilta korkeuksilta (2,5 %, 10 %, 30 % ja 50 % puun pituudesta).

Puustotunnukset laskettiin Metsäntutkimuslaitoksen koealojen peruslaskenta-ohjelmistolla (Heinonen 1994). Koealojen koepuista mitattujen pituuksien perusteella laadittiin Näslundin (1937) yhtälön mukaiset pituuskäyrät, joiden avulla lopuille koealan puille laskettiin pituudet. Koepuiden tilavuudet laskettiin Laasasenahon (1982) simultaaniyhtälöillä laaditulla runkokäyrämallilla, jossa tilavuus lasketaan puun rinnankorkeusläpimitan, suhteellisilta korkeuksilta mitattujen läpimittojen ja puun pituuden avulla. Lukupuiden tilavuudet laskettiin koepuuaineistosta laadituilla tasoitusmalleilla. Puus-

ton kasvutunnukset laskettiin kahden peräkkäisen mittauksen puustotunnusten erotuksena. Eri puutavara-ajien tilavuuksien laskennassa käytetyt pituus- ja läpimittarajat olivat seuraavat:

| Puutavara-aj | Pölkyn pituus, m | Pölkyn minimiläpimitta, cm |
|--------------|------------------|----------------------------|
| Tukkipuu     | 3,1              | 20,5                       |
|              | 3,4–3,7          | 18,5                       |
|              | 4,0              | 16,5                       |
|              | 4,3–6,1          | 15,0                       |
| Kuitupu      | yli 2,0          | 7,0                        |

Taloudellisissa laskelmissa puun tienvarsihintana (= hankintahinta) käytettiin koko maan yksityismetsistä vuosina 1986–1995 korjatusta puusta maksettuja keskimääräisiä tienvarsihintoja. Kantohinnoille käytettiin kahta vaihtoehtoista hintaa, joista ensimmäinen (hintataso 1) edusti kuitupuusta maksettujen kantohintojen keskimääräistä tasoa määritettynä samoin perustein kuin tienvarsihinnat. Sen lisäksi käytettiin alempaa kuitupuun hintaa (hintataso 2) perustuen siihen, että pelkästään ensiharvennuksista koostuvan kuitupuukertymän myyntihinta jää usein huomattavasti keskimääräistä hintaa alhaisemmaksi. Alhaisempaa kuitupuun kantohintana käytettiin 50 mk m<sup>-3</sup>. Laskelmissa sovelletut puutavaran hinnat olivat seuraavan asetelman mukaiset:

| Puulaji                                 | Kuitupu, mk m <sup>-3</sup>          |               | Tukki, mk m <sup>-3</sup> |               |
|---|--------------------------------------|---------------|---------------------------|---------------|
|   | Kantohinta, hintataso 1/ hintataso 2 | Tienvarsihint | Kantohinta                | Tienvarsihint |
| Vuosien 1986–1995 keskimääräiset hinnat |                                      |               |                           |               |
| Mänty                                   | 103/50                               | 185           | 255                       | 280           |
| Kuusi                                   | 125/50                               | 206           | 199                       | 219           |
| Koivu                                   | 88/50                                | 175           | 249                       | 270           |

Korjuukustannukset laskettiin koneellisen korjuutyön ajanmenekkiin (Rummukainen ym. 1993) sekä puutavaran lähikuljetuksen ajanmenekkiin (Kuitto ym. 1994) perustuvilla malleilla. Laskelmissa käytettiin koneellisen korjuun tuntikustannuksena 350 mk ja lähikuljetuksen tuntikustannuksena 270 mk. Niiden lisäksi laskelmissa otettiin huomioon kolmantena kustannusryhmänä muut kustannukset, jotka koostuivat mm. suunnittelun ja mittauksen kustannuksista sekä kiinteistä kustannuksista. Niiden osuus korjuun kokonaiskustannuksista oli n. 10 %:n luokkaa.

**Taulukko 1.** Tietoja metsiköistä kokeiden perustamisajankohtana kasvupaikan mukaan ryhmiteltynä sekä kasvupaikkaryhmittäiset keskiarvot

| Koe/ryhmä | Ikä, v | Metsä-<br>tyyppi | $H_{100}$ ,<br>m | $H_g$ ,<br>m | $D_g$ ,<br>cm | PPA,<br>m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> | Runkoluku,<br>kpl ha <sup>-1</sup> |
|-----------|--------|------------------|------------------|--------------|---------------|---|------------------------------------|
| 509/I     | 29     | MT               | 30,9             | 10,6         | 12,8          | 25,3                                    | 3360                               |
| 558/II    | 44     | EVT              | 26,6             | 14,9         | 16,1          | 25,9                                    | 1536                               |
| 507/II    | 38     | VT               | 26,6             | 11,2         | 11,7          | 24,0                                    | 3093                               |
| 508/II    | 39     | VT               | 25,6             | 10,4         | 11,6          | 23,0                                    | 3277                               |
| 503/III   | 41     | VMT              | 24,2             | 11,7         | 14,0          | 23,8                                    | 1920                               |
| 501/III   | 40     | EVT              | 23,2             | 10,4         | 10,5          | 19,0                                    | 2900                               |
| 556/III   | 40     | EVT              | 23,8             | 10,2         | 10,6          | 18,3                                    | 2853                               |
| 512/IV    | 48     | VT               | 21,4             | 9,2          | 10,8          | 19,1                                    | 2677                               |
| 504/IV    | 45     | VMT              | 21,2             | 11,8         | 13,8          | 21,0                                    | 1830                               |
| 502/IV    | 55     | EVT              | 20,7             | 10,8         | 11,9          | 17,9                                    | 2270                               |
| Ryhmä I   | 29     |                  | 30,9             | 10,6         | 12,8          | 25,3                                    | 3360                               |
| Ryhmä II  | 40     |                  | 26,3             | 12,2         | 13,1          | 24,3                                    | 2635                               |
| Ryhmä III | 40     |                  | 23,7             | 10,8         | 11,7          | 20,4                                    | 2558                               |
| Ryhmä IV  | 49     |                  | 21,1             | 10,6         | 12,2          | 19,3                                    | 2259                               |

$H_{100}$  = pituusboniteetti (Vuokila ja Väliaho 1980);  $H_g$  = pohjapinta-alalla painotettu keskipituus;  $D_g$  = pohjapinta-alalla painotettu keskiläpimitta; PPA = puuston kuorellinen pohjapinta-ala

Ensiharvennuksen taloudellista kannattavuutta koskevilla laskelmissa hakkuutulot ja kustannukset diskontattiin kokeiden seurantajakson alkuhetkeen eli aikaisen ensiharvennuksen ajankohtaan. Laskelmissa sovellettiin 0, 1, 3 ja 5 %:n korkokantoja. Käsittelyjen välisissä kannattavuusvertailuissa harvennustulot laskettiin käyttämällä kahta vaihtoehtoista kantohintatasoa sekä lisäksi laskemalla harvennuksen nettotulot tienvarsihinnan ja korjuukustannusten erotuksena.

Harvennuskäsittelyjen vaikutuksia puustotunnuksen kehitykseen tutkittiin kovarianssianalyysin avulla. Analyysissä käytetyssä mallissa luokkamuuttujina olivat harvennuskäsittely ja koe, joista jälkimmäinen sisälsi muuhun kuin koejärjestelyyn liittyvän metsikkökohtaisen vaihtelun. Mallin kovariaattina käytettiin koealojen pituusboniteettia, jonka avulla malliin voitiin sisällyttää kokeen sisäinen kasvupaikkavaihtelu koealojen välillä. Tuloksia esiteltäessä tilastollisiin testeihin viitataan esittämällä riskitaso (esim.  $p = 0,03$ ). Todetut erot katsottiin tilastollisesti merkitseviksi riskitasolla 5 % ( $p < 0,05$ ).

Kokeet ryhmiteltiin kasvupaikan puuntuotokyvyn mukaisesti neljään ryhmään (taulukko 1). Tu-

lostien analysoinnissa tuota ryhmittelyä käytettiin tarkasteltaessa kasvupaikan vaikutusta saatuihin tuloksiin.

Tutkimuksessa tarkasteltiin myös harvennuskäsittelyn vaikutusta puun runkomuotoon. Puun runkomuotoa kuvattiin kolmella tunnuksella, jotka olivat kapeneminen (1,3 ja 6 metrin korkeuksilta mitattujen läpimittojen erotus), solakkuus (puun pituuden suhde puun rinnankorkeusläpimittaan) ja puun rinnankorkeusmuotoluku ( $f_{1.3}$ ). Muotoluku ilmaisee puun todellisen tilavuuden ( $v$ ) suhteen sellaisen sylinterin tilavuuteen, jonka korkeus on yhtä suuri kuin puun pituus ( $h$ ) ja pinta-ala yhtä suuri kuin puun poikkileikkauspinta-ala rinnankorkeudella ( $g$ ):

$$f_{1.3} = \frac{v}{h \cdot g}$$

Puun runkomuotoa pidetään sitä parempana mitä suurempi on rungon muotoluku.

Harvennuskäsittelyn vaikutusta runkomuotoa kuvaaviin tunnuksiin tutkittiin kovarianssianalyysillä, jossa kovariaatteina käytettiin puun läpimittaa ja koealan pituusboniteettia.

Koepuumittausten avulla tarkasteltiin puiden läpimitan kasvun ja latvussuhteen riippuvuutta puun

koosta eri harvennuskäsittelyissä. Tarkastelua varten puut luokiteltiin kahden senttimetrin läpimittaluokkiin ja laskettiin absoluuttisen ja suhteellisen läpimitan kasvun, latvussuhteen ja elävän latvuksen alarajan korkeuden läpimittaluokittaiset keskiarvot.

Koemetsiköiden 20 vuotta kestänyt seurantajakso ajoittui vuosille 1974–1997. Ilmastosta aiheutuvan vuotuisen kasvunvaihtelun vaikutus pyrittiin poistamaan kasvuindeksikorjauksella. Sitä varten laskettiin vuosittaisten kasvuindeksien (Henttonen, Helena, Metla, julkaisematon aineisto 1997) avulla viiden vuoden kasvujaksojen keskimääräiset indeksit kunkin koemetsikön jokaiselle mittausjaksolle. Niillä korjattiin koelaloilta mitatut kasvat. Vuosilta 1996 ja 1997 ei ollut vielä saatavilla kasvuindeksejä. Niille vuosille laskelmissa käytettiin indeksiarvoa 100. Koko aineiston keskimääräiset kasvuindeksit viisivuotiskauskoittain ovat seuraavat:

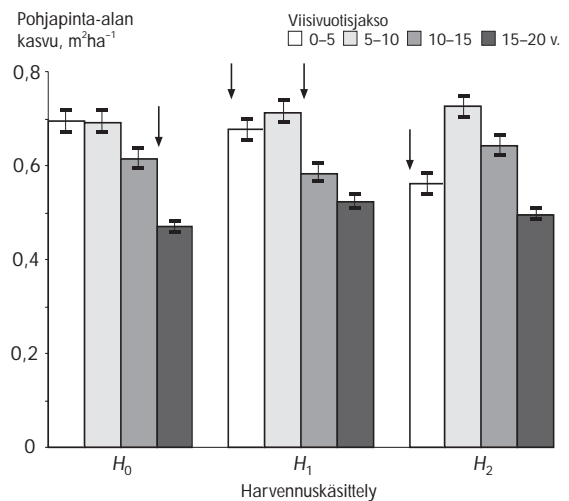
| Viisivuotiskauden keskimääräinen kasvuindeksi |          |          |          |
|---|----------|----------|----------|
| 1. jakso                                      | 2. jakso | 3. jakso | 4. jakso |
| 106.6   | 94.4     | 105.0    | 92.4     |

Kasvuindeksit osoittivat ensimmäisen ja kolmannen kasvujakson olleen keskimääräistä parempia ja vastaavasti toisen ja neljännen keskimääräistä heikompi jaksoja puiden kasvun kannalta.

## 3 Tulokset

### 3.1 Metsikön kasvu ja tuotos

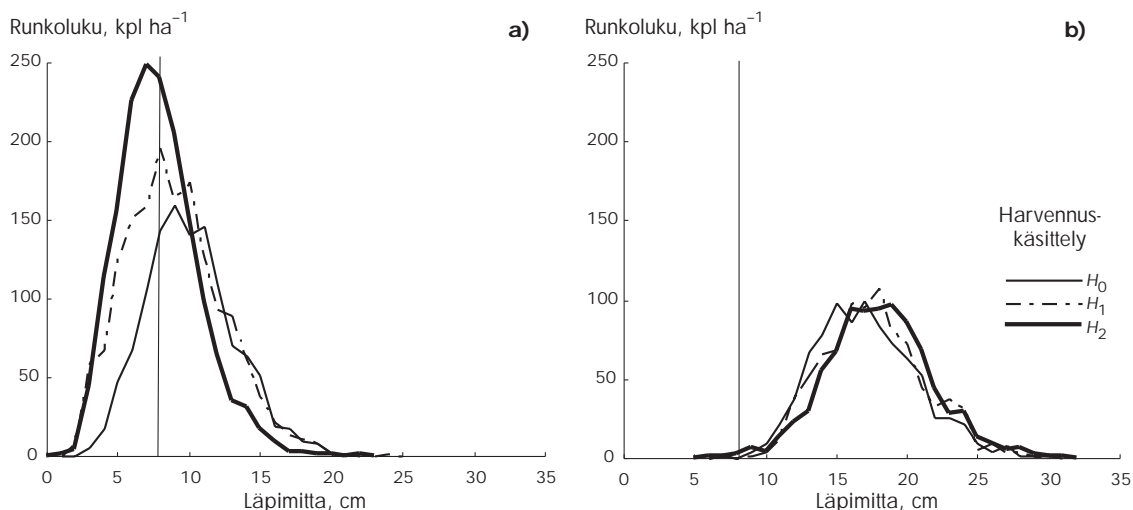
Harvennus vähensi pohjapinta-alan (kuva 2) ja tilavuuden kasvua harvennusta seuraavan kasvujakson aikana. Puuston kokonaistilavuuden kasvu oli suurin koelaloilla, joilla kasvavan puuston määrä oli suurin. Koko 20 vuoden seurantajakson vuotuinen tilavuuskasvu oli aikaisen ensiharvennuksen koelaloilla ( $H_2$ ) keskimäärin  $6,9 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$ , kaksivaiheisesti harvennetuilla koelaloilla ( $H_1$ )  $7,3 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$  ja viivästetyn ensiharvennuksen koelaloilla ( $H_0$ )  $7,6 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$ . Seurantajakson viimeisellä viisivuotiskaudella viivästetyn ensiharvennuksen jälkeen puuston vuotuinen kasvu oli keskimäärin  $6,0 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$ , kun se vastaavalla kasvujaksolla aikaisemmin harvennetuilla koelaloilla oli  $6,7$  ( $H_1$ ) ja  $6,9 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$  ( $H_2$ ).



**Kuva 2.** Puuston vuotuinen kovarianssikorjattu pohjapinta-alan kasvu (käsittelykeskiarvo  $\pm$  keskihajonta) harvennuskäsittelyittäin. Käsittelyt:  $H_0$  = viivästynyt ensiharvennus;  $H_1$  = kaksivaiheinen ensiharvennus;  $H_2$  = aikainen ensiharvennus. Harvennusajankohdat on merkitty nuolilla.

Koko 20 vuoden seurantajakson aikana myös puuston iänmukaisen kehitysvaiheen vaikutus näkyi jaksoittaisissa kasvuissa. Koemetsiköt olivat jo ohittaneet nopeimman kasvun kehitysvaiheen pohjapinta-alan kasvussa, mikä näkyi kasvujen pienene- misenä seurantajakson loppupuolella käsittelystä riippumatta (kuva 2).

Puuston kasvu ja tuotos vaihteli luonnollisesti kasvupaikan viljavuuden mukaan. Kasvupaikkaryhmittäiset kokonaistuotokset 20 vuoden seurantajakson loppuun mennessä viljavimmasta karuimpaan ryhmään olivat  $349 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$  (I),  $313 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$  (II),  $253 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$  (III) ja  $209 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$  (IV). Kokonaistuotos oli lähes riippumaton harvennuskäsittelystä. Keskimääräinen tuotos oli suurin viivästetyn ensiharvennuksen koelaloilla ( $H_0$ ). Aikaisen harvennuksen koelaloilla ( $H_2$ ) kokonaistuotos oli 96,3 % ja kaksivaiheisen harvennuksen koelaloilla ( $H_1$ ) 99,1 % viivästetyn ensiharvennuksen koelalojen kokonaistuotoksesta. Suurimmat tuotoserot harvennuskäsittelyjen välillä todettiin karuimman kasvupaikkaryhmän metsiköissä, joissa aikaisen harvennuksen koelaloilla ( $H_2$ ) kokonaistuotos oli 11 % pienempi kuin viivästetyn ensiharvennuksen koelaloilla ( $H_0$ ).



**Kuva 3.** Harvennuksissa poistetun puuston läpimittajakauma (a) sekä kasvatettavan puuston läpimittajakauma tarkastelujakson lopussa (b). Kuviin piirretyt pystyviivat osoittavat läpimitan, jota pienemmät puut eivät täytä kuitupuun mittoja. Käsittelyiden lyhenteet selitetty kuvassa 2.

Seurantajakson lopussa kasvatettavan puuston tilavuus oli suurin käsittelyssä  $H_2$ , keskimäärin  $208 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ . Käsittelyssä  $H_1$  tilavuus oli  $196 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  ja käsittelyssä  $H_0$   $188 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ . Kasvupaikkaryhmittäin loppupuuston tilavuus vaihteli  $284 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  (ryhmä I) ja  $149 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  (ryhmä IV) välillä.

Puuston valtapituus kasvoi 20 vuoden jakson aikana keskimäärin 13:sta 18,8:aan m:iin. Harvennuskäsittelyjen välillä ei todettu tilastollisesti merkitseviä eroja 20 vuoden jakson valtapituuden kehityksessä.

Ensiharvennuksen ajankohta ja voimakkuus vaikuttivat puuston järeytymiseen. Harvennuskäsittelyjen väliset puuston järeyserot olivat suurimmillaan 15 vuotta kokeiden perustamisesta tehdyssä mittauksessa, jonka yhteydessä viivästetyn ensiharvennuksen koalat ( $H_0$ ) leimattiin. Käsittelyssä  $H_0$  puuston pohjapinta-alalla painotettu keskiläpimitta ennen harvennusta oli 15,4 cm, kun se aikaisemmin harvennetuissa käsittelyissä  $H_2$  oli 18,5 cm ja käsittelyssä  $H_1$  17,8 cm. Harvennuksen jälkeen käsittelyssä  $H_0$  kasvamaan jätettyjen puiden keskiläpimitta oli 17,5 cm. Kasvatettavien puiden keskiläpimittojen ero aikaisen ( $H_2$ ) ja viivästetyn ( $H_0$ ) ensiharvennuksen koaloilla oli siten yksi senttimetri ( $p = 0,009$ ). Viisi vuotta myöhemmin tehdyssä viimeisessä mittauksessa ero oli edelleen lähes yhtä

suuri ( $p = 0,001$ ). Käsittelyjen väliset suhteelliset järeyserot olivat samansuuntaisia kaikissa kasvupaikkaryhmissä.

Ensiharvennusajankohta ja -voimakkuus eivät mainittavasti vaikuttaneet kasvatettavan puuston rakenteeseen. Puuston järeyseroista huolimatta läpimittajakaumat tarkastelujakson lopussa olivat muodoltaan varsin samanlaisia kaikissa harvennuskäsittelyissä (kuva 3b).

### 3.2 Ensiharvennuksen kannattavuus

Ensiharvennusajankohta vaikutti merkittävästi harvennuspoistuman määrään ja järeyteen (taulukko 2, kuva 3a) sekä harvennuksen kannattavuuteen (kuva 4). Aikaisessa ensiharvennuksessa ( $H_2$ ) poistuman pohjapinta-alalla painotettu keskiläpimitta oli 10 cm ja viivästetyssä harvennuksessa ( $H_0$ ) 12 cm. Kahden senttimetrin lisäys poistettujen puiden keskiläpimitassa merkitsi keskitilavuuden lisääntymistä lähes kaksinkertaiseksi  $37,1 \text{ dm}^3$ :sta  $71,8 \text{ dm}^3$ :iin. Harvennusta myöhäistämällä korjuussa kertyvän hukkapuun osuutta saatiin vähennettyä 34 %:sta 17 %:iin kokonaispoistumasta. Harvennuksessa talteen saadun käyttöpuun tilavuudet olivat  $35 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  ( $H_2$ ) ja  $64 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  ( $H_0$ ). Kaksivaiheisessa harvennukses-

**Taulukko 2.** Keskimääräiset puustotiedot ensiharvennushetkellä sekä tietoja harvennuspoistumasta, hakkuutuloista ja kustannuksista eri harvennuskäsittelyissä laskettuna koalojen keskiarvoina.

|   | Aikainen<br>ensiharvennus | Kaksivaiheinen<br>ensiharvennus |       | Yht.               | Myöhäinen<br>ensiharvennus |
|---|---------------------------|---------------------------------|-------|--------------------|----------------------------|
|   |                           | 1.                              | 2.    |                    |                            |
| <b>Puusto ennen harvennusta</b>                   |                           |                                 |       |                    |                            |
| – valtapituus, m                                  | 12,9                      | 13,0                            | 16,4  |                    | 17,7                       |
| – pohjapinta-ala, m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> | 22,2                      | 21,8                            | 24,5  |                    | 30,4                       |
| – tilavuus, m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>       | 135,6                     | 135,0                           | 189,6 |                    | 246,4                      |
| – keskiläpimitta, cm                              | 12,4                      | 12,2                            | 15,4  |                    | 15,4                       |
| <b>Puusto harvennuksen jälkeen</b>                |                           |                                 |       |                    |                            |
| – valtapituus, m                                  | 12,9                      | 13,0                            | 16,4  |                    | 17,7                       |
| – pohjapinta-ala, m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> | 12,8                      | 17,5                            | 17,0  |                    | 19,0                       |
| – tilavuus, m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>       | 82,1                      | 111,1                           | 134,5 |                    | 162,0                      |
| – keskiläpimitta, cm                              | 14,0                      | 13,0                            | 16,4  |                    | 17,6                       |
| <b>Poistuman tilavuus</b>                         |                           |                                 |       |                    |                            |
| – kuitupuuta, m <sup>3</sup> /ha                  | 52,9                      | 23,2                            | 53,3  | 76,5               | 77,0                       |
| – tukkipuuta, m <sup>3</sup> /ha                  | 34,5                      | 13,0                            | 45,9  | 58,9               | 62,9                       |
| – hukkapuuta, m <sup>3</sup> /ha                  | 0,2                       | 0,0                             | 1,7   | 1,7                | 0,8                        |
| – hukkapuuta, m <sup>3</sup> /ha                  | 18,2                      | 10,2                            | 5,7   | 15,9               | 13,2                       |
| <b>Poistuman järeys</b>                           |                           |                                 |       |                    |                            |
| – keskiläpimitta, cm                              | 10,0                      | 8,7                             | 13,1  | 10,9 <sup>1)</sup> | 12,0                       |
| – keskitilavuus, dm <sup>3</sup>                  | 37,1                      | 28,4                            | 91,3  | 59,9 <sup>1)</sup> | 71,8                       |
| <b>Puun myyntitulot</b>                           |                           |                                 |       |                    |                            |
| – kantorahatulo-1, mk/ha                          | 3600                      | 1330                            | 5160  | 6490               | 6680                       |
| – kantorahatulo-2, mk/ha                          | 1780                      | 650                             | 2730  | 3380               | 3360                       |
| – tienvarsihintaa, mk/ha                          | 6520                      | 2450                            | 8990  | 11440              | 12150                      |
| <b>Korjuukustannukset</b>                         |                           |                                 |       |                    |                            |
| 1) koneellinen hakkuu                             |                           |                                 |       |                    |                            |
| – hehtaarikust., mk ha <sup>-1</sup>              | 4020                      | 2180                            | 1730  | 3910               | 3140                       |
| – yksikkökust., mk m <sup>-3</sup>                | 128                       | 213                             | 38    | 125 <sup>1)</sup>  | 51                         |
| 2) lähikuljetus                                   |                           |                                 |       |                    |                            |
| – hehtaarikust., mk ha <sup>-1</sup>              | 600                       | 280                             | 780   | 1070               | 980                        |
| – yksikkökust., mk m <sup>-3</sup>                | 18                        | 23                              | 17    | 20 <sup>1)</sup>   | 16                         |
| 3) muut kust., mk/ha                              |                           |                                 |       |                    |                            |
|   | 430                       | 320                             | 360   | 680                | 450                        |
| <b>Kustannukset yhteensä</b>                      |                           |                                 |       |                    |                            |
| – hehtaarikust., mk ha <sup>-1</sup>              | 5050                      | 2780                            | 2870  | 5650               | 4570                       |
| – yksikkökust., mk m <sup>-3</sup>                | 159                       | 266                             | 63    | 164 <sup>1)</sup>  | 73                         |

<sup>1)</sup> Kahden harvennuskerran keskiarvo

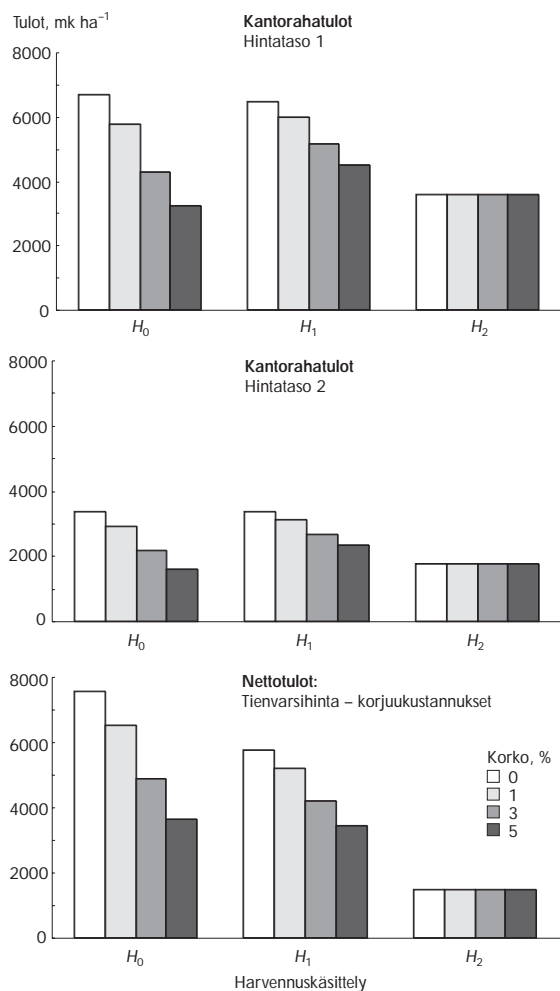
sa ( $H_1$ ) poistuman määrää ja rakennetta kuvaavat tunnusluvut sijoittuivat käsittelyjen  $H_0$  ja  $H_2$  välille. Kaikissa käsittelyissä harvennuspoistuma oli valtaosin kuitupuuta.

Viivästetyssä ensiharvennuksessa harvennettujen puiden suurempi järeys ja isommat hehtaariohtaiset hakkuukertymät alensivat korjuukustannuksia ja kasvattivat puun myyntituloja (taulukko 2). Viivästetyssä ensiharvennuksessa ( $H_0$ ) laskennalliset kor-

juukustannukset kuutiometriä kohden olivat 46 % aikaisen ensiharvennuksen ( $H_2$ ) yksikkökustannuksista. Puun tienvarsihinnoin lasketut hehtaariohtaiset hakkuutulot olivat lähes kaksinkertaiset verrattuna aikaiseen harvennukseseen.

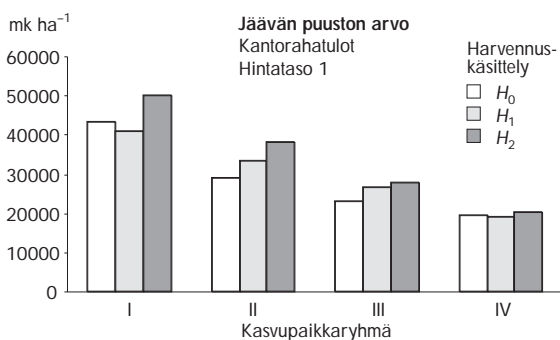
Kaksivaiheisessa ensiharvennuksessa valtaosa tuloista saatiin myöhemmässä harvennuksessa. Ensimmäisessä harvennuksessa, jossa poistettiin metsikön pienimpiä puita 30 % runkoluvusta, vain 56 %





**Kuva 4.** Tarkastelujakson alkuun diskontatut ensiharvennustulot harvennuskäsittelyittäin vaihtelevilla korkokannoilla laskettuna. Harvennuspuulle on esitetty kolme vaihtoehtoista hinnoitteluperustetta: kaksi vaihtoehtoista kantorahahintatasoa sekä nettohintaa laskettuna tienvarsihinnan ja korjuukustannusten erotuksena. Käsitteilyiden lyhenteet selitety kuvassa 2.

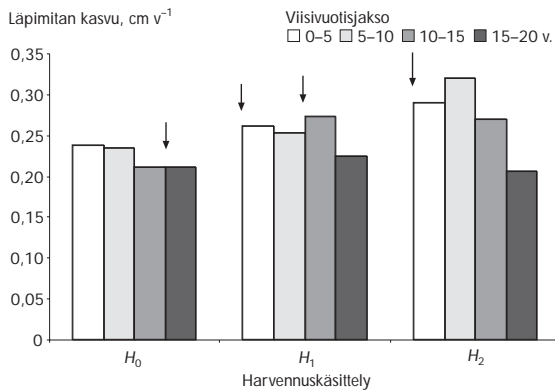
poistuman tilavuudesta oli kuitupuun mitat täyttävää puuta. Tuossa harvennuksessa koneellisen korjuun kustannukset olivatkin myyntituloja suuremmat. Kymmenen vuoden kuluttua tehdyssä jälkimmäisessä harvennuksessa poistuman keskiläpimitta oli keskimäärin 13,1 cm ja hukkapuun osuus kokonaispoistumasta vain 11 %, mikä ilmeni suurina myyntituloina ja alhaisina korjuukustannuksina.



**Kuva 5.** Jäävän puuston arvo tarkastelujakson lopussa käsittelyittäin ja kasvupaikkaryhmittäin. Käsitteilyiden lyhenteet selitety kuvassa 2 ja kasvupaikkaryhmät taulukossa 1.

Harvennustuloihin ja korjuukustannuksiin pohjautuva kannattavuustarkastelu osoitti ensiharvennuksen viivästämisen parantavan oleellisesti harvennuksen taloudellista kannattavuutta (kuva 4). Käsitteilyissä  $H_0$  ja  $H_1$  harvennustulojen siirtyminen tulevaisuuteen alensi diskontattuja tuloja sitä enemmän mitä korkeampaa laskentakorkokantaa sovellettiin. Siitä huolimatta ne osoittautuivat aikaista ensiharvennusta ( $H_2$ ) kannattavammiksi käsittelyvaihtoehtoiksi kantorahatuloihin perustuvissa laskelmissa alle 5 %:n korkokannoilla ja nettotuloihin perustuvassa laskelmassa kaikilla käytetyillä korkokannoilla. Tienvarsihinnan ja korjuukustannusten erotuksena laskettu nettotulo kuutiometriä kohti käsittelyllä  $H_2$  oli 42 mk. Myöhäisen ensiharvennuksen käsittelyllä ( $H_0$ ) nettotulo oli kaikilla sovelletuilla korkokannoilla selvästi suurempi vaihdellen välillä 118 mk (0 %)–57 mk (5 %).

Puuston arvo tarkastelujakson lopussa laskettiin kasvupaikkaryhmittäin käyttäen kantohintatasoa 1 (kuva 5). Kasvupaikkaryhmien väliset erot puuston arvossa olivat suuremmat kuin vastaavat erot puuston tilavuudessa, koska metsiköt olivat kehitysvaiheessa, jolloin puuston siirtymä kuitupuukoosta tukkipuun mitat täyttäviin runkoihin on nopeaa. Viljavimmilla kasvupaikoilla, joilla puiden keskikoko oli suurempi, siirtyminen kuidusta tukiksi oli nopeampaa ja suurempi osa puista oli jo saavuttanut tukkipuun mitat. Kasvupaikkaryhmässä I tukkipuun tilavuus kokonaistilavuudesta oli 37 %, kun se IV kasvupaikkaryhmässä oli 21 %. Nopeasta puutavaralajeittaisesta siirtymästä johtuen myös kä-



**Kuva 6.** Kasvamaan jätettyjen koepuiden keskiläpimitan kasvu harvennuskäsittelyittäin. Harvennusajankohdat on merkitty nuolilla. Käsittelyiden lyhenteet selitetty kuvassa 2.

sittelyjen väliset erot puuston arvossa olivat viljavimmissa kasvupaikkaryhmissä suuremmat kuin karuimmissa ryhmissä.

### 3.3 Kasvatettavan puuston kehitys

#### 3.3.1 Puiden kasvu

Harvennuskäsittelyn vaikutusta kasvatettavan puuston kehitykseen tarkasteltiin koepuumittausten avulla. Puiden käytössä olevan kasvutilan suuruus heijastui puiden läpimitan kasvuun (kuva 6). Harvennus nopeutti selvästi läpimitan kasvua käsittelyissä  $H_1$  ja  $H_2$ . Myöhään harvennetuilla koaloilla ( $H_0$ ) läpimitan kasvu väheni aina harvennushetkeen asti. Harvennuksen seurauksena kasvun väheneminen pysähtyi, mutta mitään selkeää paksuuskasvun nopeutumista ei todettu myöhäistä ensiharvennusta seuraavan viiden vuoden kuluessa. Käsittelyissä  $H_1$  ja  $H_2$  kasvu pieneni 20 vuoden tarkastelujakson loppupuolella toisaalta puuston tihenemisen vuoksi ja toisaalta sen vuoksi, että metsiköt olivat jo ohitaneet kehitysvaiheen, jolloin puuston läpimitan kasvu on nopeimmillaan.

Kasvupaikka vaikutti puuston harvennusreaktion nopeuteen. Viljavimmissa kasvupaikkaryhmässä (I) puusto reagoi harvennukseen voimakkaasti jo harvennusta seuraavan viiden vuoden kuluessa, minkä

**Taulukko 3.** Kasvamaan jättyjen koepuiden suhteelliset pituuskasvut eri kasvujaksoilla (vertailutaso: myöhäisen ensiharvennuksen koelan kasvu = 100).

| Käsittely     | Viiden vuoden kasvujaksot, v. |      |       |       | Koko jakso, v.<br>0-20 |
|---------------|-------------------------------|------|-------|-------|------------------------|
|               | 0-5                           | 5-10 | 10-15 | 15-20 |                        |
| Ensiharvennus |                               |      |       |       |                        |
| Myöhäinen     | 100                           | 100  | 100   | 100   | 100                    |
| 2-vaiheinen   | 99                            | 95   | 90    | 107   | 97                     |
| Aikainen      | 86                            | 91   | 110   | 125   | 99                     |

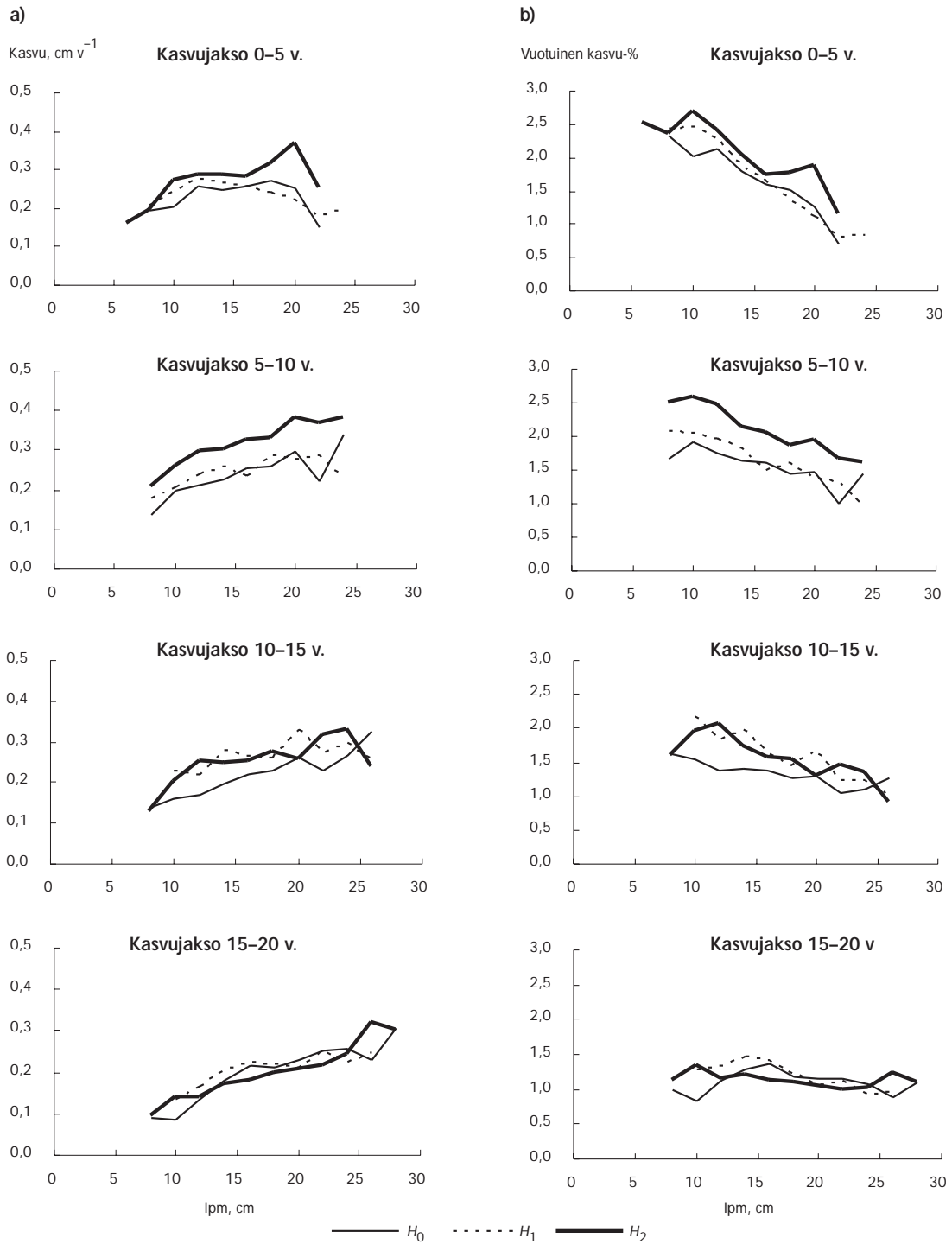
jälkeen kasvut pienenevät tasaisesti. Karuimmilla kasvupaikoilla (ryhmä IV) harvennusreaktio oli hitaampi ja se näkyi kasvussa vielä 10–15 vuotta harvennuksen jälkeen.

Harvennuskäsittelystä riippumatta metsikön kookkaimmat puut kasvoivat absoluuttisesti mitattuna enemmän paksuutta kuin pienemmät puut (kuva 7a). Sen sijaan suhteellisesti mitattuna metsikön pienimpien puiden kasvu oli voimakkainta (kuva 7b).

Kokeiden 20 vuoden seurantajakson aikana isoimpien puiden paksuuskasvu voimistui suhteessa metsikön pienimpiin puihin. Toisin sanoen, puiden väliset kokoerot lisääntyivät tarkastelujakson aikana. Metsikön paksuimpien puiden vuotuinen suhteellinen kasvu ei juurikaan vaihdellut jaksojen välillä; se oli kaikilla viisivuotiskauskoilla 0,8–1,6 %:n välillä. Sen sijaan metsikön pienimpien puiden suhteellinen kasvu aleni ensimmäisen viisivuotiskausko 2,3–2,5 %:sta viimeisen kasvujakson 1,0–1,3 %:iin.

Seurantajakson alussa tehty ensiharvennus käsittelyissä  $H_1$  ja  $H_2$  ei vaikuttanut läpimitan kasvun jakautumiseen erikokoisten puiden kesken verrattuna harventamattomaan käsittelyyn  $H_0$ . Puun paksuuskasvun ja puun koon välinen riippuvuus oli samankaltainen kaikissa käsittelyissä harvennusta seuranneen viiden vuoden aikana. Seuraavina kasvujaksoina harventamattomien koalojen nopea tiheneminen ( $H_0$ ) alkoi vähentää kaikkien puiden, mutta eniten pienimpien puiden paksuuskasvua. Se ilmeni käsittelyjen välisinä eroina kolmannella kasvujaksolla, 10–15 vuotta kokeiden perustamisesta. Viimeisellä viisivuotiskausko käsittelyjen välillä ei todettu eroja.

Harvennus vaikutti hieman myös puiden pituuskehitykseen (taulukko 3). Aikaisin ensiharvennetuilla



**Kuva 7.** Absoluuttisen (a) ja suhteellisen (b) rinnankorkeusläpimitan kasvun riippuvuus puun koosta eri harvennus-käsittelyissä. Käsittelyiden lyhenteet selitetty kuvassa 2.

la ( $H_2$ ) koaloilla pituuskasvu oli harvennusta seuraavan viiden vuoden aikana keskimäärin 14 % hitaampaa verrattuna jakson alussa lievästi harvennettuihin ( $H_1$ ,  $p = 0,061$ ) ja harventamattomiin ( $H_0$ ,  $p = 0,093$ ) koaloihin. Tarkastelujakson loppupuolella puiden pituuskasvu  $H_2$ -koaloilla oli nopeampaa kuin muissa käsittelyissä niin, että 20 vuoden keskimääräiset pituuskasvut eri käsittelyissä eivät poikenneet toisistaan tilastollisesti merkitsevästi. Viivästetyn ensiharvennuksen koaloilla ( $H_0$ ) myöhäistä harvennusta seuraavan viiden vuoden aikana puiden pituuskasvu oli keskimäärin 13 % hitaampaa kuin aikaisemmin harvennetuilla koaloilla ( $p = 0,03$ ). Kasvupaikan ja pituuskasvun harvennusreaktion välillä ei todettu selkeää riippuvuutta.

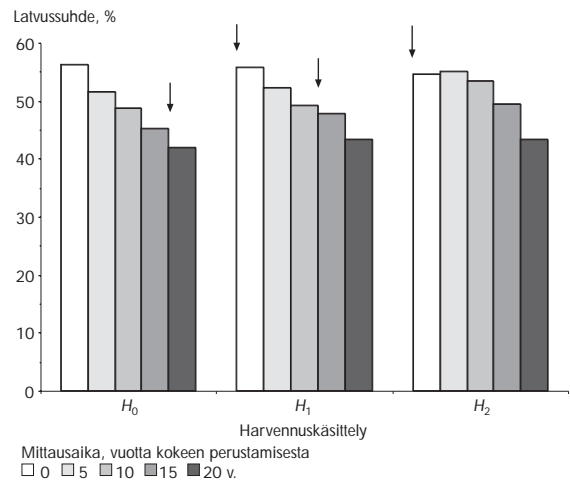
### 3.3.2 Latvusten kehitys

Latvussuhteella tarkoitetaan puun elävän latvuksen pituuden ja puun pituuden suhdetta. Latvussuhteeseen vaikuttavat eniten puun kehitysvaihe ja metsikön tiheys. Latvussuhde pieneni koko tarkastelujakson aikana käsittelystä riippumatta. Latvussuhteen iänmukainen pieneminen oli nopeinta viljavimpien kasvupaikkaryhmien metsiköissä, joissa puuston tiheys ja metsikön sisäinen varjostus lisääntyivät nopeimmin.

Puiden latvussuhteet pienenivät nopeimmin viivästetyn ensiharvennuksen koaloilla ( $H_0$ ), joissa puusto sai kehittyä harventamatta 15 vuoden ajan (kuva 8). Hitaimmin latvussuhde pieneni aikaisin harvennetuilla koaloilla  $H_2$ . Käsittelyjen väliset erot olivat suurimmillaan 15 vuotta kokeiden perustamisen jälkeen, jolloin koepuiden keskimääräiset latvussuhteet käsittelyittäin olivat 45,3 % ( $H_0$ ), 47,9 % ( $H_1$ ) ja 49,5 % ( $H_2$ ). Erot olivat tilastollisesti merkitseviä.

Kasvupaikan vaikutus latvussuhteisiin oli selkeä.  $H_0$ -koaloilla puiden keskimääräiset latvussuhteet ennen myöhäistä ensiharvennusta viljavimmasta karuimpaan ryhmään olivat: 38,2% (I), 45,5% (II), 45,9% (III) ja 47,4 % (IV).

Viimeisellä viisivuotisjaksolla latvussuhteet supistuivat keskimäärin enemmän kuin aiempina kasvujaksoina. Kyseisen jakson epäedulliset kasvuolosuhteet (ks. luku 2) ilmenivät myös aikaisempaa nopeampana latvussuhteiden pienemisenä.



**Kuva 8.** Kasvamaan jätettyjen koepuiden keskimääräisen latvussuhteen kehitys eri harvennuskäsittelyissä. Harvennusajankohdat on merkitty nuoilla. Käsittelyiden lyhenteet selitetty kuvassa 2.

Käsittelyn  $H_0$  koalat harvennettiin viimeisen kasvujakson alussa, jonka jälkeen latvussuhteen supistuminen oli hitaampaa (3,4 %-yksikköä) kuin  $H_1$ -koaloilla (4,6 %-yksikköä) ja  $H_2$ -koaloilla (6,2 %-yksikköä).

Latvussuhteen kehitystä tarkasteltiin myös läpimittaluokittain. Kokeiden perustamishetkellä puiden elävän latvuksen alaraja oli lähes samalla korkeudella puun koosta riippumatta. Isoimpien ja pienimpien puiden latvusrajojen erotus oli keskimäärin 1,2 m. Ero kasvoi 20 vuoden tarkastelujakson loppuun mennessä 3,5 m:iin.

Harvennus vaikutti eniten metsikön pienimpien puiden latvussuhteeseen ja latvusrajaan. Mitä tiheämpi metsikkö oli sitä supistuneempia olivat metsikön pienimpien puiden latvukset. Metsikön kaikkein suurimpien puiden latvusten kehitykseen harvennuksilla ei ollut mainittavaa vaikutusta.

### 3.3.3 Runkomuodon kehitys

Puun runkomuoto korreloi voimakkaasti puun koon kanssa. Tässä tutkimuksessa tarkastelluista muototunnuksista rungon kapeneminen lisääntyi, kun puolestaan solakkuus ja muotoluku pienenivät puun

**Taulukko 4.** Puun runkomuotoa kuvaavien tunnusten kovarianssikorjatut käsittelykeskiarvot. Kovariaattina on käytetty puun rinnankorkeusläpimittaa. Luvun perässä olevan yläindeksin kirjain ilmaisee erojen tilastollisen merkitsevyyden käsittelyjen välillä. Samalla kirjaimella varustetut luvut eivät poikkea toisistaan merkitsevästi 5 %:n riskitasolla.

| Käsittely | Mittauskerta (vuotta kokeen perustamisesta) |                      |                       |                       |                       |
|-----------|---|----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
|           | 1. mittaus<br>(0 v.)                        | 2. mittaus<br>(5 v.) | 3. mittaus<br>(10 v.) | 4. mittaus<br>(15 v.) | 5. mittaus<br>(20 v.) |
|           | Kapeneminen, $d_{1,3}-d_{6,0}$ , cm         |                      |                       |                       |                       |
| $H_0$     | 3,92 <sup>a</sup>                           | 3,63 <sup>a</sup>    | 3,44 <sup>a</sup>     | 3,47 <sup>a</sup>     | 3,52 <sup>a</sup>     |
| $H_1$     | 3,87 <sup>a</sup>                           | 3,63 <sup>a</sup>    | 3,42 <sup>a</sup>     | 3,52 <sup>a</sup>     | 3,56 <sup>a</sup>     |
| $H_2$     | 3,91 <sup>a</sup>                           | 3,67 <sup>a</sup>    | 3,57 <sup>b</sup>     | 3,55 <sup>a</sup>     | 3,62 <sup>a</sup>     |
|           | Solakkuus, h (m)/ $d_{1,3}$ (cm)            |                      |                       |                       |                       |
| $H_0$     | 0,87 <sup>a</sup>                           | 0,89 <sup>a</sup>    | 0,95 <sup>a</sup>     | 0,96 <sup>a</sup>     | 0,97 <sup>a</sup>     |
| $H_1$     | 0,88 <sup>a</sup>                           | 0,89 <sup>a</sup>    | 0,94 <sup>a</sup>     | 0,94 <sup>b</sup>     | 0,95 <sup>b</sup>     |
| $H_2$     | 0,87 <sup>a</sup>                           | 0,87 <sup>b</sup>    | 0,91 <sup>b</sup>     | 0,93 <sup>c</sup>     | 0,95 <sup>b</sup>     |
|           | Muotoluku, $f_{1,3}=v/gh$                   |                      |                       |                       |                       |
| $H_0$     | 0,54 <sup>a</sup>                           | 0,53 <sup>a</sup>    | 0,52 <sup>a</sup>     | 0,51 <sup>a</sup>     | 0,50 <sup>a</sup>     |
| $H_1$     | 0,54 <sup>a</sup>                           | 0,53 <sup>a</sup>    | 0,52 <sup>a</sup>     | 0,51 <sup>a</sup>     | 0,50 <sup>a</sup>     |
| $H_2$     | 0,54 <sup>a</sup>                           | 0,53 <sup>a</sup>    | 0,52 <sup>a</sup>     | 0,51 <sup>a</sup>     | 0,50 <sup>a</sup>     |

läpimitan kasvaessa. Harvennuksen seurauksena puiden läpimitan kasvu nopeutuu. Puun läpimitan ja runkomuodon välisen riippuvuuden vuoksi harvennuskäsittely vaikutti nopeutuvan paksuuskasvun myötä myös puun runkomuotoon.

Harvennusten vaikutusta puun runkomuotoon tarkasteltiin kovarianssianalyysin avulla ”puhdistamalla” läpimitan vaikutus analyysissä pois. Puun läpimittaa käytettiin koealan pituusboniteetin lisäksi kovariaattina analysoitaessa harvennuksen vaikutusta runkomuototunnuksiin. Kovarianssikorjattujen muotolukutunnusten vertailu ilmaisee sen, miten harvennuskäsittely on vaikuttanut samankokoisten puiden runkomuotoon (taulukko 4).

Kokeiden perustamishetkellä puiden runkomuotoa kuvaavissa tunnuksissa ei todettu tilastollisesti merkitseviä eroja koealojen välillä. Runkojen kapeneminen oli voimakkainta aikaisin ensiharvennetuilla koealoilla ( $H_2$ ) koko seurantajakson ajan. Harvennuskäsittelyn vaikutus kapenemiseen oli tosin tilastollisesti merkitsevä ainoastaan kolmannella mittauskerralla. Vastaavasti puut olivat solakampia käsittelyssä  $H_0$  verrattuna aikaisemmin harvennettujen koealojen puihin. Myös solakkuuden osalta

käsittelyjen väliset erot olivat pieniä, mutta kuitenkin tilastollisesti merkitseviä kaikilla mittauskerroilla alkumittausta lukuunottamatta. Rinnankorkeusmuotolukuun harvennuskäsittely ei vaikuttanut lainkaan.

Kovarianssianalyysissä todettiin riippuvuus kasvupaikan ja runkomuotoa kuvaavien tunnusten, solakkuuden ja kapenemisen, välillä. Pituusboniteetin kasvaessa kapeneminen vähentyi ja solakkuus lisääntyi. Rinnankorkeusmuotoluvun ja pituusboniteetin välillä ei todettu tilastollisesti merkitsevää riippuvuutta.

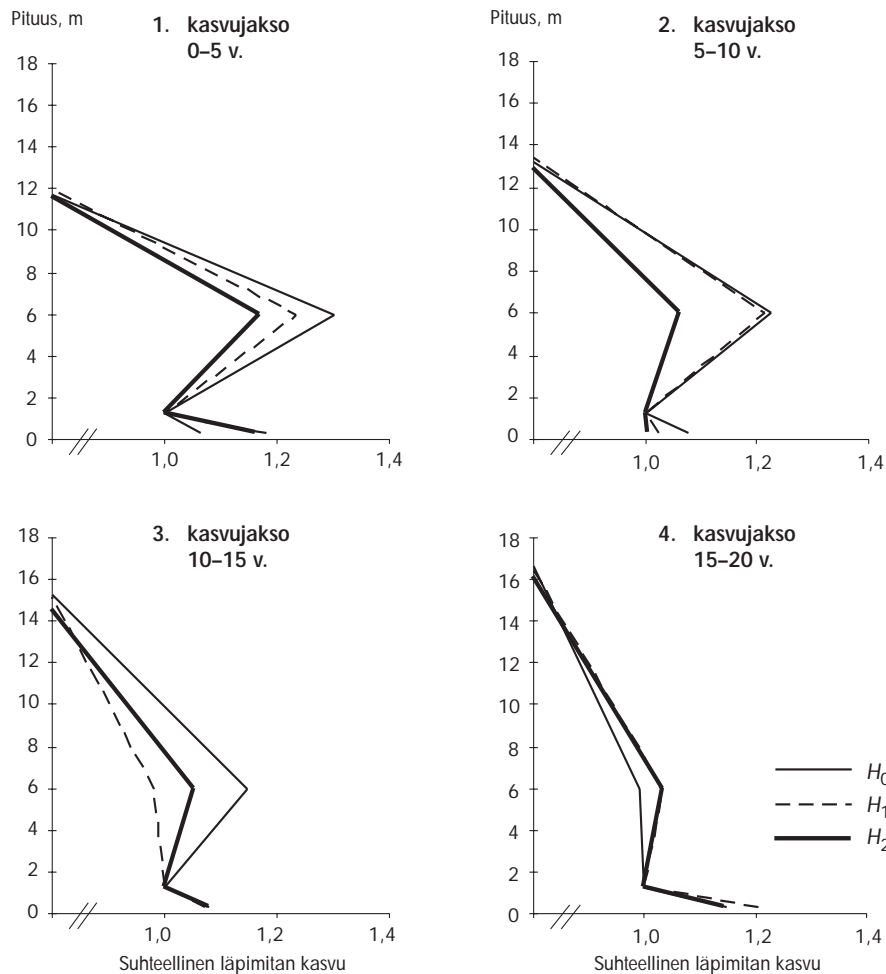
Yksityiskohtaisempi kuva harvennuksen vaikutuksesta puiden runkomuotoon saatiin tarkastelemalla koepuiden läpimitan kasvuja kannonkorkeudella ja kuuden metrin korkeudella suhteessa rinnankorkeusläpimitan kasvuun (kuva 9). Harvennuksen jälkeen puiden paksuuskasvu oli nopeinta rungon tyviosissa. Harvennetuilla koealoilla yläläpimitan (6 m) ja rinnankorkeusläpimitan (1,3 m) kasvujen suhde harvennusta seuranneella viisivuotijaksolla oli pienempi kuin harventamattomilla koealoilla. Suhde oli pienin voimakkaasti harvennetuilla  $H_2$ -koealoilla. Harvennuskäsittelyn vaikutus yläläpimitan ja rinnankorkeusläpimitan kasvujen suhteeseen oli tilastollisesti merkitsevä kolmen ensimmäisen kasvujakson aikana.

Harvennuskäsittely  $H_1$  ja  $H_2$  lisäsivät rungon tyviosan (alle 1,3 m) suhteellista paksuuskasvua seurantajakson ensimmäisen viisivuotiskauden aikana. Sitä seuranneilla kasvujaksoilla käsittelyjen väliset erot eivät olleet tilastollisesti merkitseviä.

Viivästettyä ensiharvennusta seuranneella kasvujaksolla (15–20 v) rungon eri korkeuksilta mitattujen läpimittojen kasvujen suhteissa ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja käsittelyiden välillä.

### 3.3.4 Puiden terveydentila

Koemetsiköissä ei todettu laaja-alaisia tuhoja 20 vuoden seurantajakson aikana. Puustovaurioita esiintyi koemetsiköissä keskimäärin varsin vähän. Todettu luonnonpoistuma oli pääasiassa puuston ylitheyden seurausta harventamattomina kasvavilla  $H_0$ -koealoilla (kuva 10). Kolmannen kasvujakson aikana siihen asti harventamattomana kasvaneet koealat ( $H_0$ ) alkoivat saavuttaa itseharvenemisvai-



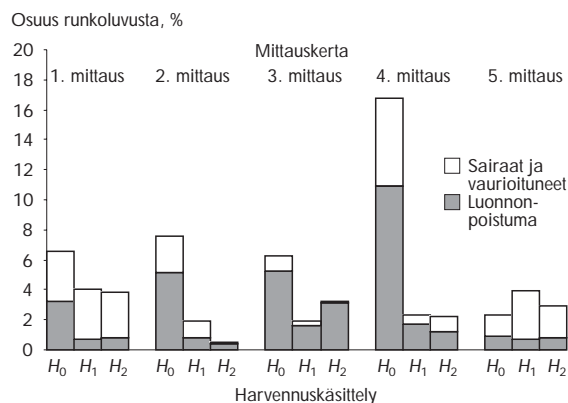
**Kuva 9.** Puun läpimitan kasvu rungon eri korkeuksilla suhteessa puun kasvuun rinnankorkeudella. Pituus vastaa koepuiden keskipituutta kyseisen kasvujakson alussa. Rinnankorkeusläpimitan kasvu normeerattu kaikissa käsittelyissä arvoksi 1. Käsittelyiden lyhenteet selitetty kuvassa 2.

heen, mikä näkyi lisääntyneenä luonnonpoistumana. 15-vuotismittauksessa todettu luonnonpoistuma edeltävän viiden vuoden aikana oli n. 10 % metsikön runkoluvusta, eli lähes kaksinkertainen aikaisempiin mittauksiin verrattuna. Suurin osa luonnonpoistumana kuolleista puista oli metsikön pienimpiä puita. Niiden osuus puuston kokonaistuotoksesta 20 vuoden jaksolla oli 4,7 % käsittelyssä  $H_0$ . Käsittelyssä  $H_1$  luonnonpoistuman osuus kokonaistuotoksesta oli 2,2 % ja käsittelyssä  $H_2$  2,7 %.

Elävistä puista vaurioituneiksi luokiteltujen osuus vaihteli 0,1 %:n ja 5,9 %:n välillä. Yleisimmät vau-

riotyypit olivat neulaskato, erilaiset latvavauriot tai mekaaniset runkovauriot. Ylitiheyden lisäksi vaurioita aiheuttivat useimmiten lumi ja tuuli.

Käsittelyssä  $H_0$  tehty myöhäinen ensiharvennus ei lisännyt puiden tuhoalttiutta harvennusta seuranneen viiden vuoden aikana. Luonnonpoistuman osuus oli 0,9 % runkoluvusta. Elävistä puista vaurioituneiksi tai sairaiksi oli luokiteltu 1,4 %. Viivästynyttä ensiharvennusta seuranneella kasvujaksolla kuolleiden ja vaurioituneiden puiden yhteenlaskettu osuus oli pienempi kuin aikaisemmin harvennetuilla koaloilla käsittelyissä  $H_1$  ja  $H_2$ .



**Kuva 10.** Luonnonpoistumana kuolleiden sekä sairaiden ja vaurioituneiden puiden suhteelliset osuudet runkoluvusta eri harvennuskäsittelyissä. Käsittelyiden lyhenteet selitetty kuvassa 2.

## 4 Tulosten tarkastelu

Kun arvioidaan ensiharvennusten viivästymisen kokonaisvaikutusta, on tarkasteltava toisaalta myöhäisen ensiharvennuksen mukanaan tuomaa taloudellista hyötyä ja toisaalta harvennuksen lykkäämisestä aiheutuvia mahdollisia metsänhoidollisia haittoja, kuten tuotostappioita ja lisääntyviä tuhoriskejä. Ensiharvennuksen viivästyttämisellä saadaan välitöntä taloudellista hyötyä suurempien hakkuutulojen ansiosta. Sen sijaan mahdolliset metsänhoidolliset haitat vaikuttavat puuston tulevaan kehitykseen ja tulevat esiin vasta myöhempien hakkuuiden yhteydessä. Tässä tutkimuksessa saatiin empiiristä tutkimustietoa sekä ensiharvennuksen viivästymisen välittömistä taloudellisista vaikutuksista että alustavia tuloksia viivästymisen metsänhoidollisista vaikutuksista.

Metsikkökokeiden 20 vuoden seurantajakson ensimmäisen 15 vuoden perusteella voitiin selvittää, miten harvennuksen viivästyminen vaikuttaa puuston kehitykseen verrattuna aikaisiin ensiharvennettuun puustoon. Kyseistä jaksoa koskevia tuloksia ovat aikaisemmin esitelleet Hynynen ja Saramäki (1995). Seurantajakson viiden viimeisen vuoden perusteella saatiin tuloksia siitä, miten kasvatettava puusto reagoi viivästyneeseen ensiharvennukseen. Käsillä olevan tutkimuksen yksi keskeisimpiä ky-

symyksiä onkin, miten puusto toipuu ensiharvennuksen viivästymisen aiheuttamasta ylitheydestä. Viivästyneen harvennuksen jälkeinen viiden vuoden jakso on liian lyhyt lopullisten johtopäätösten tekoon. Se antaa kuitenkin perusteita arvioida puuston tulevaa kehitystä.

Tulosten yleistettävyyteen vaikuttavat eräät tutkimusaineistoon liittyvät rajoitteet. Aineistona on käytetty puulajipuhtaisiin ja tasaikäisiin männiköihin perustettuja kontrolloituja metsikkökokeita, joissa puuston rakenne on tasaisempi kuin talousmetsissä keskimäärin. Kaikki koemetsiköt on hoidettu taimikkovaiheessa. Tulosten perusteella voidaan arvioida ensiharvennuksen viivästymisen vaikutuksia taimikkovaiheessa hyvin hoidettujen männiköiden kehitykseen. Tuloksia ei voi yleistää metsiköihin, joissa taimikonhoito on laiminlyöty ja jotka ovat saaneet kehittyä hoitamattomina aina ensiharvennuksen asti.

Puuston kasvun ja tuotoksen osalta tulokset ovat samansuuntaisia aiempien tutkimusten kanssa (mm. Vuokila 1981). Ensiharvennuksen ajankohdasta riippumatta puuston hehtaarikohtainen tilavuuskasvu alenee harvennuksen seurauksena. Vuokilan (1981) mukaan ensiharvennusmännikössä harvennus vähentää puuston tilavuuskasvua, jos puuston runkoluku harvennuksen jälkeen on alle 1500 kpl ha<sup>-1</sup>, pohjapinta-ala alle 17–18 m<sup>2</sup>ha<sup>-1</sup> tai tilavuus alle 100–110 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup>. Aikaisen ensiharvennuksen ja kaksivaiheisen ensiharvennuksen koaloilla puuston tilavuuskasvu suhteessa viivästetyn harvennuksen koaloihin on esitetty seuraavassa asetelmassa:

| Kasvujakso (vuotta kokeiden perustamisesta) | Suhteellinen tilavuuskasvu verrattuna viivästetyn harvennuksen käsittelyyn (H <sub>0</sub> = 100) Käsittely |                |
|---|---|----------------|
|   | H <sub>1</sub>  | H <sub>2</sub> |
| 1. jakso (0–5 v)                            | 95,3  | 74,3           |
| 2. jakso (5–10 v)                           | 98,3  | 83,3           |
| 3. jakso (10–15 v)                          | 83,1  | 96,3           |
| 4. jakso (15–20 v)                          | 110,7   | 113,6          |

Aikaisen harvennuksen käsittelyssä (H<sub>2</sub>) puuston määrä vähennettiin keskimäärin pohjapinta-alaan 13 m<sup>2</sup>ha<sup>-1</sup>. Vuokilan (1981) mukaan vastaava puustopääoman vähennys merkitsee 10 %:n vähentymistä jäävän puuston tilavuuskasvussa harvennusta seuraavan 7 vuoden kuluessa, mikä on hieman vähemmän kuin tässä tutkimuksessa todettu kasvun pie-

neneminen. Kaksivaiheisessa harvennuksessa puusto harvennettiin ensivaiheessa pohjapinta-alaan  $18 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ . Näin lievä harvennus ei mainittavasti vähentänyt tilavuuskasvua. Tulos on samalainen kuin Vuokilan (1981) tutkimuksessa. Viivästetyn harvennuksen jälkeen puuston tilavuuskasvu oli keskimäärin 11 % alempi kuin aikaisemmin harvennetuilla koaloilla.

Harvennuksen myötä puiden kasvutila lisääntyy ja niiden paksuuskasvu alkaa nopeutua. Aikaisin harvennetuilla koaloilla puiden läpimitan kasvu lisääntyi selvästi harvennuksen jälkeen. Viivästetyn ensiharvennuksen jälkeen puiden paksuuskasvu ei lisääntynyt ainakaan vielä harvennusta seuraavan viiden vuoden aikana, mutta harvennuksen asti jatkunut kasvun aleneminen pysähtyi. Kasvu säilyi harvennuksen jälkeen samalla tasolla kuin harvennusta edeltäneellä viisivuotisjaksolla.

Harvennus lisäsi eniten metsikön kookkaimpien puiden paksuuskasvua. Suhteellisen kasvunlisäyksen ja puun koon välillä ei voitu todeta selkeää riippuvuutta. Useissa puiden harvennusreaktiota ennustavissa kasvumalleissa (mm. Moore ym. 1994, Hynynen 1995c) on oletettu, että harvennuksen aiheuttama suhteellinen kasvureaktio on riippumaton puun koosta. Tämän tutkimuksen tulokset antavat osaltaan empiiristä vahvistusta tuolle oletukselle.

Puiden pituuskasvun todettiin hieman vähenevän harvennuksen jälkeen. Sitä seurasi kuitenkin kasvun paraneminen siten, että koko 20 vuoden jakson keskimääräinen pituuskasvu oli lähes sama kaikilla harvennuskäsittelyillä. Samanlaisen tilapäisen pituuskasvun taantumien ovat aikaisemmin todenneet tutkimuksissaan Vestjordet (1977) ja Varmola (1982).

Puiden latvussuhteet pienenevät metsikön ikääntyessä (mm. Heikinheimo 1953). Muutoksen nopeus riippuu puuston tiheydestä, jota voidaan säädellä harvennuksilla. Koemetsiköissä harvennus hidasti latvussuhteen pienemistä kaikissa harvennuskäsittelyissä. Vastaavia tuloksia harvennuksen vaikutuksesta latvussuhteen kehitykseen nuorissa männiköissä ovat aikaisemmin esittäneet Varmola (1982) sekä Salminen ja Varmola (1990). Harvennuksen vaikutus oli suurin aikaisin harvennetuilla koaloilla, mutta myös viivästynyt harvennus hidasti puiden alaoksien kuolemista ja latvussuhteen pienemistä. Viivästyneen harvennuksen jälkeen puiden keski-

määräinen latvussuhde alitti alle kriittisenä pidetyn 40 %:n rajan ainoastaan kaikkein viljavimman kasvupaikkatyypin (I) metsikössä. Siellä latvussuhde aleni 38,2 %:iin puuston pohjapinta-alaan ollessa  $33,5 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ .

Harvennuksen seurauksena puiden paksuuskasvu oli nopeinta rungon tyviosassa, mikä on todettu aikaisemmissakin tutkimuksissa (Vuokila 1960, Valinger 1992). Puun runkomuotoa kuvattiin kolmella tunnuksella, jotka kaikki korreloivat voimakkaasti puun läpimitan kanssa. Harvennus lisäsi rungon kapenemista ja vähensi solakkuutta. Vastaavia tuloksia ovat aikaisemmin raportoineet Ojansuu (1993) ja Niemistö (1994). Harvennuskäsittely ei vaikuttanut rinnankorkeusmuotoluvun kehitykseen. Ilmeisesti harvennuksen aiheuttama kasvun nopeutuminen rungon tyviosissa kompensoi paksuuskasvun vähenemisen rungon yläosissa niin, että rinnankorkeudeltaan samanpaksuisilla ja samanpituisilla puilla muotoluku ei muutu harvennuksen vuoksi (vrt. kuva 9).

Harventamattomuus lisäsi sairaiden ja luonnonpoistumana kuolleiden puiden määrää. Niiden yhteenlaskettu osuus oli suurimmillaan viivästetyn harvennuksen koaloilla ennen harvennusta, lähes 20 % runkoluvusta. Myös Valinger ym. (1994) totesivat kuolleiden ja vaurioituneiden puiden osuuden olevan suurimmillaan harventamattomissa metsiköissä. Tämän tutkimuksen tulokset osoittavat kuitenkin, että myöhäinen ensiharvennus ei altistanut kasvatettavia puita tuhoille enempää kuin aikaisemmin tehdyt harvennukset.

Koemetsiköissä ei todettu merkittäviä tuuli- tai lumituhoja seurantajakson aikana. Tässä tutkimuksessa ei voitu tarkastella käsittelyn vaikutusta näiden tuhojen esiintymiseen. Aikaisemmissa tutkimuksissa voimakkaiden harvennusten on todettu lisäävän tuulituhojen määrää (Persson 1975, Laiho 1987). Lumituhojen riski on puolestaan suurimmillaan tiheänä kasvavissa metsissä (Valinger ym. 1994).

Ensiharvennuskertymästä lasketut hakkuutulot ja korjuukustannukset osoittivat harvennuksen taloudellisen kannattavuuden lisääntyvän ratkaisevasti, kun ensiharvennus viivästetään (taulukko 2, kuva 4). Tulosta arvioitaessa on syytä muistaa laskelmien taustaoletukset, joiden mukaan vain kuitupuun mitat täyttävällä puutavaralla on taloudellista arvoa, ja että ensiharvennus tehdään koneellisesti. Kaik-



kiin käytännössä tehtäviin ensiharvennuksiin esitetyt laskentaperusteet eivät varmaankaan sovellu. Jos esimerkiksi oletetaan, että metsänomistajalla on pieniläpimittaiselle puulle käyttöä energiapuuna ja että hän pystyy tekemään korjuun omatoimisesti alhaisemmin kustannuksin, myös kannattavuusvertailujen tulokset muuttuvat ratkaisevasti.

Ensiharvennusta ei ole järkevää tarkastella irrallisena toimenpiteenä. Se on yksi toimenpide metsän kasvatusketjussa, jossa myöhemmät hakkuut ovat taloudellisesti ensiharvennusta merkittävämpiä. Taloudellisissa vertailuissa käytetyn laskentakoron vuoksi toimenpiteen kannattavuuteen vaikuttavat sekä tulojen määrä että niiden ajoittuminen (mm. Valsta 1993, Salminen 1993). Mitä suurempaa korkokantaa laskelmissa sovelletaan sitä edullisemmaksi osoittautuvat toimenpiteet, joissa tulot saadaan mahdollisimman varhain. Arvioitaessa ensiharvennusajankohdan merkitystä metsänkasvatuksen kannattavuuteen koko kiertoaikana on huomattava, että aikaisin ensiharvennetuilla koealoilla seuraava harvennus ajoittuu lähitulevaisuuteen, 5–10 vuoden päähän, jolloin saadaan jo järeää puutavaraa korjatuksi. Sen sijaan viivästetyn ensiharvennuksen koealoilla seuraava harvennus on ajankohtainen vasta 15–20 vuoden kuluttua. Koko kiertojen kattavissa taloudellisissa tarkasteluissa ensiharvennusajankohdan merkitys jääkin suhteellisen pieneksi, jos ajankohtaa vaihdellaan sellaisissa puitteissa, ettei se vaikuta puuston kasvuedellytyksiin. Siihen viittaavat myös Hynynen ym. (1997) laskelmat erilaisten harvennusohjelmien vaikutuksesta koko kiertojen nettotuloihin eri korkokannoilla. Käsillä olevan tutkimuksen perusteella ei voida tehdä lopullisia päätelmiä ensiharvennusajankohdan taloudellisista vaikutuksista, sillä eri käsittelyiden mahdolliset hyödyt ja haitat realisoituvat lopullisesti vasta päätehakkuussa.

Saadut tulokset viittaavat siihen, että hoidettu männikkö kestää kohtuullisen hyvin ensiharvennuksen viivästyksen. Puusto näyttää säilyttävän kyvyn reagoida viivästyneeseenkin ensiharvennukseen, vaikka kasvureaktio onkin hitaampi kuin aikaisin tehdyn ensiharvennuksen jälkeen. On kuitenkin hyvät perusteet olettaa, että puiden kasvun elpyminen jatkuu ja harvennuksen vaikutus näkyy puiden kasvussa vielä harvennusta seuraavan viiden vuoden jälkeenkin.

Tutkimuksen tuloksia voidaan harkiten käyttää apuna käytännön metsätalouden päätöksenteossa. Ne ovat sovellettavissa vain sellaisiin metsäkohtiin, joissa taimikonhoito on tehty ajallaan. Tulokset korostavat taimikonhoidon tärkeää merkitystä osana nuoren metsän taloudellisesti kannattavaa kasvatus- (Varmola 1996). Hyvin hoidetuissa männiköissä, joissa taimikonharvennus on tehty suhteellisen myöhään ja riittävän voimakkaana, ensiharvennusta voidaan viivästyttää ainakin 10 vuodella ilman, että puuston kasvuedellytykset heikkenevät.

## Kiitokset

Metsikkökokeiden mittauksesta ja kokeiden ylläpidosta on vastannut Tapio Ylimartimo. Hannele Saloseutu on huolehtinut mittaustalouden tallentamisesta. Esitämme heille parhaat kiitokset tehdystä tutkimustyöstä. Ensiharvennuspuun korjuukustannuksia koskevan tarkastelun osalta arvokasta palautetta ovat antaneet MML Arto Rummukainen ja MMT Matti Sirén. Käsikirjoituksen ovat lukeneet professori Kari Mielikäinen, MH Mikko Kukkola sekä kolme päätoimittajan nimeämää ennakkotarkastajaa, jotka kaikki ovat tehneet varteenotettavia korjaus- ja parannusehdotuksia. Kiitämme kaikkia tutkimuksen valmistumiseen myötävaikuttaneita henkilöitä.

## Kirjallisuus

- Hakkila, P. 1997. Ensiharvennuspuu – ongelma ja mahdollisuus. Julkaisussa: Kanninen, K. & Heino, M. (toim.), Miten puunkorjuun tutkimus vastaa ajan haasteisiin. Vantaan tutkimuskeskuksen tutkimuspäivä Vääksyssä 3.12.1996. s. 55–67.
- & Sirén, M. 1997. Puunkorjuu. Julkaisussa: Mielikäinen, K. & Riikilä, M. (toim.), Kannattava puuntuotanto. Metsäntutkimuslaitos ja Tapio. Metsälehti Kustannus. s. 86–101.
- , Kalaja, H. & Saranpää, P. 1995. Etelä-Suomen ensiharvennusmänniköt kuitu- ja energianlähteenä. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 582. 99 s.
- Harvennushakkuiden taloudellinen merkitys ja toteuttamisvaihtoehdot. Metsäntutkimuslaitos, Metsäteho, Jaakko Pöyry Oy. Maa- ja metsätalousministeriö 1992. 121 s.

- Harvennuskokeiden perustamis- ja mittausohjeet. 1976. Moniste. Metsäntutkimuslaitos, metsänarvioimisen tutkimusosasto. 59 s.
- Heikinheimo, O. 1953. Puun rungon luontaisesta karsiutumuksesta. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 41(5): 1–39.
- Heinonen, J. 1994. Koalojen puu- ja puustotunnusten laskentaohjelma KPL. Käyttöohje. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 504. 80 s.
- Hynynen, J. 1995a. Predicting tree crown ratio for unthinned and thinned Scots pine stands. *Canadian Journal of Forest Research* 25(1): 57–62.
- 1995b. Predicting the growth response to thinning for Scots pine stands using individual-tree growth models. *Silva Fennica* 29(3): 225–246.
- 1995c. Modelling tree growth for managed stands. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 576. 59 + 76 s.
- & Saramäki, J. 1995. Ensiharvennuksen viivästymisen ja harvennusvoimakkuuden vaikutus nuoren männikön kehitykseen. *Folia Forestalia – Metsätieteen aikakauskirja* 1995(2): 99–113.
- , Hökkä, H., Niemistö, P. & Valkonen, S. 1997. Harvennushakkuut. Julkaisussa: Mielikäinen, K. & Riikilä, M. (toim.), Kannattava puuntuotanto. Metsäntutkimuslaitos ja Tapio. Metsälehti Kustannus. s. 65–85.
- Kuitto, P.J., Keskinen, S., Lindroos, J., Ojala, T., Rajamäki, J. Räsänen, T. & Terävä, J. 1994. Puutavaran koneellinen hakkuu ja metsäkuljetus. Summary: Mechanized cutting and forest haulage. *Metsäteho. Tiedotus* 410. 38 s.
- Laasasenaho, J. 1982. Taper curve and volume functions for pine, spruce and birch. Seloste: Männyn, kuusen ja koivun runkokäyrä- ja tilavuusyhtälöt. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 108. 74 s.
- Laiho, O. 1987. Metsiköiden alttius tuulituholle Etelä-Suomessa. Summary: Susceptibility of forest stands to windthrow in southern Finland. *Folia Forestalia* 706. 24 s.
- Metsikkökokeiden maastotyöohjeet. 1987. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 257. 237 s.
- Metsänhoitosuositukset. 1994. Metsäkeskus Tapio. 83 s.
- Metsätalostollinen vuosikirja 1996. Metsäntutkimuslaitos. SVT Maa- ja metsätalous 1996:3. 352 s.
- Metsätalostollinen vuosikirja 1997. Metsäntutkimuslaitos. SVT Maa- ja metsätalous 1997:4. 348 s.
- Metsätalostollinen vuosikirja 1998. Metsäntutkimuslaitos. SVT Maa- ja metsätalous 1998:3. 344 s.
- Moore, J.A., Zhang, L. & Newberry, J.D. 1994. Effects of intermediate silvicultural treatments on the distribution of within-stand growth. *Canadian Journal of Forest Research*. 24: 398–404.
- Niemistö, P. 1994. Männikön ensiharvennus ala-, ylä- tai laatuharvennusta käyttäen. *Folia Forestalia – Metsätieteen aikakauskirja* 1994(1): 19–32.
- Näslund, M. 1937. Skogsförsöksanstaltens gallingsförsök i tallskog. *Meddelanden från Statens Skogsförsöksanstalt* 29(1): 1–169.
- Ojansuu, R. 1993. Prediction of Scots pine increment using a multivariate variance component model. Tiivistelmä: Männyn kasvun ennustaminen monimuuttuja- ja varianssikomponenttimallilla. *Acta Forestalia Fennica* 239. 72 s.
- Persson, P. 1975. Stormskador på skog – Uppkomstbetingelsen och inverkan av skogliga åtgärder. Summary: Windthrow in forests – Its causes and the effect of forestry measures. Skogshögskolan. Institutionen för skogsproduktion. Rapporter och uppsatser 34. 294 s.
- Pesonen, M. & Hirvelä, H. 1992. Liiketaloudelliset harvennussmallit Etelä-Suomessa. Summary: Thinning models based on profitability calculations for southern Finland. *Folia Forestalia* 800. 35 s.
- Rummukainen, A., Alanne, H. & Mikkonen, E. 1993. Puunhankinta muutospainessa. Voimavaratarpeiden arviointimalli vuoteen 2010. Metsäntutkimuslaitos. Metsänkasvatuksen tutkimusosasto. Helsingin yliopiston metsävarojen käytön laitoksen julkaisuja 2. 103 s.
- Salminen, H. & Varmola, M. 1990. Puolukkatyyppin kylvömänniköiden kehitys taimikon myöhäisestä harvennuksesta nuoren metsän ensiharvennukseen. Summary: Development of seeded Scots pine stands from precommercial thinning to first commercial thinning. *Folia Forestalia* 752. 29 s.
- Salminen, O. 1993. Dynaamiseen optimointiin perustuva viljelymetsiköiden harvennusten ja kiertoajan optimointi. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 480. 48 s.
- Valinger, E. 1992. Effects of thinning and nitrogen fertilization on stem growth and stem form of *Pinus sylvestris* (L.) trees. *Scandinavian Journal of Forest Research* 7: 219–228.
- , Lundqvist, L. & Brandel, G. 1994. Wind and snow damage in a thinning and fertilisation experiment in *Pinus sylvestris*. *Scandinavian Journal of Forest Research* 9: 129–134.
- Valsta, L. 1993. Stand management optimization based on growth simulators. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 453. 51 + 81 s.
- Varmola, M. 1982. Taimikko- ja riukuvaiheen männikön kehitys harvennuksen jälkeen. Summary: Development of Scots pine stands at the sapling and pole stages after thinning. *Folia Forestalia* 524. 31 s.
- 1996. Nuorten viljelymänniköiden tuotos ja laatu. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 585. 70 s. + 6 liitettä.

- Vestjordet, E. 1977. Avstandsregulering av unge furu- och granbestand. I: Materiale, stabilitet, dimensjonfordeling, m.v. Summary: Precommercial thinning of young stands of Scots pine and Norway spruce: I: Data, stability, dimension distribution, etc. Norsk Inst. Skogforsk. 33(9): 314–436.
- Vuokila, Y. 1960. Männyn kasvusta ja sen vaihtelusta harventaen käsitellyissä ja luonnontilaisissa metsiköissä. Summary: On growth and its variation in thinned and unthinned Scots pine stands. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 52(7): 1–38.
- 1981. Nuoren männikön kasvureaktio ensiharvennuk- sen jälkeen. Summary: The growth reaction of young pine stands to first commercial thinning. Folia Forestalia 468. 13 s.
- 1982. Metsien teknisen laadun kehittäminen. Summary: The improvement of technical quality of forests. Folia Forestalia 523: 1–55.
- & Väliaho, H. 1980. Viljeltyjen havumetsiköiden kasvatusmallit. Summary: Growth and yield models for conifer cultures in Finland. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 99(2): 1–271.

### 39 viitettä