

05.02.92



FOLIA FORESTALIA

METSÄNTUTKIMUSLAITOS
THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE
HELSINKI 1991

776

Kari Mielikäinen & Sauli Valkonen

HARVENNUSTAVAN VAIKUTUS VARTTUNEEN METSIKÖN
TUOTOKSEEN JA TUOTTOIHIN ETELÄ-SUOMESSA

Effect of thinning method on the yield of middle-aged stands
in southern Finland

METSÄNTUTKIMUSLAITOS
Kiljaste

METSÄNTUTKIMUSLAITOS
THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE

Osoite: Unioninkatu 40 A
Address: SF-00170 Helsinki, Finland

Puhelin: (90) 857 051
Phone:

Telex: 121286 metla sf
Telefax: (90) 625 308

Ylijohtaja: <i>Director:</i>	Professori <i>Professor</i>	Eljas Pohtila
Julkaisujen jakelu: <i>Distribution of publications:</i>	Kirjastonhoitaja <i>Librarian</i>	Liisa Ikävalko-Ahvonon
Julkaisujen toimitus: <i>Editorial office:</i>	Toimittajat <i>Editors</i>	Seppo Oja Tommi Salonen

Metsäntutkimuslaitos on maa- ja metsätalousministeriön alainen vuonna 1917 perustettu valtion tutkimuslaitos. Sen päätehtävänä on Suomen metsätaloutta sekä metsävarojen ja metsien tarkoituksenmukaista käyttöä edistävä tutkimus. Metsäntutkimustyötä tehdään lähes 800 hengen voimin yhdeksällä tutkimusosastolla ja kymmenellä tutkimus- ja koeasemalla. Tutkimus- ja koetoimintaa varten laitoksella on hallinnassaan valtion-metsiä yhteensä n. 150 000 hehtaaria, jotka on jaettu 17 tutkimusalueeseen ja joihin sisältyy kaksi kansallis- ja viisi luonnonpuistoa. Kenttäkokeita on käynnissä maan kaikissa osissa.

The Finnish Forest Research Institute, established in 1917, is a state research institution subordinated to the Ministry of Agriculture and Forestry. Its main task is to carry out research work to support the development of forestry and the expedient use of forest resources and forests. The work is carried out by means of 800 persons in nine research departments and ten research stations. The institute administers state-owned forests of over 150 000 hectares for research purposes, including two national parks and five strict nature reserves. Field experiments are in progress in all parts of the country.

Kari Mielikäinen & Sauli Valkonen

HARVENNUSTAVAN VAIKUTUS VARTTUNEEN METSIKÖN
TUOTOKSEEN JA TUOTTOIHIN ETELÄ-SUOMESSA

Effect of thinning method on the yield of middle-aged stands
in southern Finland

Approved on 16.8.1991

SISÄLLYS

1. JOHDANTO	3
2. TUTKIMUSAINEISTO	4
21. Aineiston määrä ja laatu	4
22. Koalojen käsittely	5
3. HARVENNUSTAVAN VAIKUTUS KASVUUN JA TUOTOKSEEN	6
31. Puiden kasvureaktiot	6
32. Puuston pohjapinta-alan kasvu	6
33. Valtapituuden kasvu	9
34. Tilavuuskasvu	10
35. Puusto koejakson lopussa	10
36. Kokonaistuotos	10
4. PUUN KASVATUKSEN TUOTOT	14
41. Hinnat	14
42. Metsikön kokonaistuotot	14
43. Korjuukustannukset	16
44. Kiertoaika ja metsän uudistaminen	16
5. TULOSTEN TARKASTELU	18
KIRJALLISUUS — REFERENCES	20
SUMMARY	21
LIITTEET — APPENDICES	22

Mielikäinen, K. & Valkonen, S. 1991. Harvennustavan vaikutus varttuneen 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 p.

Tutkimuksessa selvitettiin harvennustavan vaikutusta varttuneen, tasaikäisen metsikön tuotokseen ja kantorahatuloihin. Aineisto koostui 10 harvennuskokeesta (53 koealaa), joita on seurattu noin 25 vuotta. Koesarja käsitti 7 männikköä, 2 koivikkoa ja yhden kuusikon. Metsiköt olivat kokeita perustettaessa kahta lukuunottamatta yli 50 vuoden ikäisiä. Kasvupaikkavaihtelu ulottui kivistä kankaasta (CT) lehtomaiseen kankaaseen (OMT).

Yläharvennettujen männiköiden tilavuuskasvu tutkimusjakson aikana oli keskimäärin 7,6 % korkeampi kuin alaharvennettujen. Harvennustapa ei kuitenkaan vaikuttanut tukkipuun kokonaistuotokseen eikä kantorahatuloihin, kun myös kokeiden loppupuusto (päätehakkuu) otettiin huomioon. Tulojen nykyarvon laskeminen 4 %:n korolla korosti harvennustulojen merkitystä parantaen näin yläharvennuksen edullisuutta alaharvennukseen verrattuna.

Kuusikossa ja koivikoissa yläharvennus alensi kasvua, tukkipuun tuotosta ja kantorahatuloja.

Keywords: thinning method, growth and yield.
FDC 242 + 56

Authors' address: The Finnish Forest Research Institute, Department of Forest Inventory and Yield, Unioninkatu 40 A, SF-00170 Helsinki, Finland.

The effect of two thinning methods on the yield of even-aged maturing stands was studied. The study material consisted of 10 permanent experiments (53 plots), which had been assessed for about 25 years. There were 7 Scots pine stands, two birch stands and one Norway spruce stand in the material.

Thinning from above resulted in an increase of 7,6 % in the volume growth of middle-aged pine stands during the study period. The thinning method had no effect on the amount of saw timber production or revenues, if the final cut was included in the calculations. The net revenues discounted at 4 % were 10 % higher in pine stands thinned from above than from below.

Both in Norway spruce and birch stands thinning from above resulted in a loss of volume growth, saw timber production and net revenues.

ISBN 951-40-1167-8
ISSN 0015-5543
Tampere 1991. Tammer-Paino Oy

1. Johdanto

Sanalla harsinta on monta merkitystä (Vuokila 1984). *Määrämittaharsinnassa* ovat puiden poistamisen kriteereinä niiden koko ja tekninen laatu. Metsikkö jätetään toipumaan ja uudistumaan luontaisesti. Aiemmin vain tukkipuulla oli käyttöä, joten kuitupuun mitat täyttävät ja sitä pienemmät puut jätettiin kasvamaan. Nykypäivänä, jolloin lähes kaikenkokoisella puulla on kysyntää, määrämittaharsinta johtaisi suunnilleen avohakkuuta vastaavaan puustoon.

Vuosisadan alkupuoliskolla hoitamattomien luonnonmetsien harsinta sai aikaan vähäpuustoisia, heikkokasvuisia jätemetsiköitä (Sarvas 1944). Harsintatyyppeihin hakkuisiin kielteisesti kantaa ottanut julkilausuma allekirjoitettiin v. 1948 paljolti mainittuun tutkimukseen vedoten. Sarvaksen mukaan ”harsintamänniköiden vähäinen kasvu näyttää ensi sijassa johtuvan pienestä puuvarastosta”.

Metsänhoidollinen harsinta on eri-ikäisen metsän kasvatemuoto. Eri-ikäistä metsää kasvatetaan ja uudistetaan samanaikaisesti. Hakkuiden periaatteena on säilyttää metsikön rakenne jatkuvasti likimain muuttumattomana. Metsästä poistetaan suurimpia puita pyrkien näin luomaan edellytykset luontaiselle uudistumiselle. Samalla harvennetaan nuorempaa puustoa ja parannetaan näin pienempien puiden mahdollisuuksia kasvaa valtapuiksi.

Metsänhoidollista harsintaa ei pidä sekoittaa hoidetun, tasaikäisen metsikön ylä- eli harsintaharvennukseen (Assmann 1961, Lähde 1986). Harsintaharvennettu metsikkö uudistetaan normaalisti iän tai järeiden saavuttaessa tavoitellun uudistuskypsyden rajan.

Eri-ikäisen metsän kasvatusta on harrastettu lähinnä Keski-Euroopassa ja USA:ssa. Saksassa ja Itävallassa menetelmää käytetään 2–3 %:lla metsäpinta-alasta lähinnä vuoristoissa. Kasvatettavat puulajit ovat yleensä kuusi (*Picea abies*), saksanpihta (*Abies alba*) ja pyökki (*Fagus sylvatica*). Pohjoismaisessa käytännön metsätaloudessa menetelmän käytön suurimmat ongelmat ovat uudistuminen (Lundqvist 1989), lehtipuuston säilyminen, varjoa heikosti sietävät puulajit sekä puunkorjuu.

Harsintaharvennus on tasaikäisen, hoidetun metsikön kasvatukseen menetelmä (Vuokila 1970, 1977). Menetelmässä aiemmin alaharvennetus-

ta metsiköstä poistetaan paitsi pienimpiä, jälkeensä jääneitä puita, myös suurimpia valtapuita. Harsintaharvennuksen päätavoitteita ovat Vuokilan mukaan harvennustulojen ja metsikön elinaikana tuotettavien tukkirunkojen lukumäärän lisääminen. Harvennuksessa jätetään kasvamaan riittävä määrä laadultaan parhaita ja silmämäärin arvioiden hyväkasvuisia, mutta ei välttämättä suurimpia metsikön puita.

Vaikka harsintaharvennuksessa poistetaan myös pienimpiä puita, on käsittely poistettavan puuston tilavuudella mitaten selvästi harvennusta ylhäältäpäin. Samoin ei myöskään perinteinen alaharvennus ole ”puhdasta”, vaan myös huonolaatuisia ja sairaita suurimpiakin puita hakataan. Tässä tutkimuksessa alaharvennuksen vastakohtaa eli harsintaharvennusta kutsutaan sekaannusten välttämiseksi *yläharvennukseksi*.

Viime vuosina kiinnostusta yläharvennukseen ovat lisänneet monet seikat:

1. Huomattava osa harvennusmetsistämme koostuu tällä hetkellä usean alaharvennuksen läpäisseistä valioista, jotka on jätetty kasvamaan nimenomaan hyvän laatunsa ja kasvuisuutensa vuoksi. Hoidetussa, täystiheässä metsikössä aiempaa vapaampi harvennus merkitsee lisääntyviä harvennustuloja.
2. Säännöllisesti ja voimakkaasti alaharvennetut rehevimpien kasvupaikkojen viljelykuisot saavuttavat nykysuosituksia vastaavan uudistamisjäreiden aikaisimmillaan jo noin 50 v iällä. Huomattavasti suositusta suurempi järeys on sahateollisuuden kannalta haitallista. Ylijäreys vaiheessa, jolloin kiertoajan keskikasvu vielä kohoaa, on mahdollista välttää poistamalla viimeisissä harvennuksissa myös suurimpia puita.
3. Hakuukoneet harvennusmetsissä edellyttävät aiempaa vapaampaa puiden valintaa. Täysin puhdasoppinen alaharvennus ei ole hakuukoneita käytettäessä enää mahdollista. Myös harvennuspuun korkeat korjuukustannukset lisäävät paineita kaavamaisesta alaharvennuksesta luopumiseen. Puun laatutekijät otetaan entistä tarkemmin huomioon harvennuksissa.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on selvittää harvennustavan (ala/ylä) vaikutusta varttuneen metsikön puuntuotokseen ja tuottoihin pitkäikäisten harvennuskokeiden perusteella. Tutkimus on jatkoa Vuokilan (1977) samoista ko-

keista tekemälle raportille. Noin 25 v seuratut koemetsiköt lähestyvät uudistamiskypsyyttä tai ovat jo sen saavuttaneet, mikä tekee mahdolliseksi seuraavien seikkojen tarkastelun:

- metsikön kokonaistuotos
- poistuman määrä, järeys ja puutavaralajit
- korjuukustannukset ja hakkuutulot
- kiertoajan pituus.

Tutkimuksen päätavoitteena on vastata kysymykseen, onko metsästä mahdollista ottaa etukäteen runsaampia hakkuutuloja jo harvennustapovaiheessa ilman, että tämä kustautuu viimeistään kiertoajan lopussa pienempänä päätehakkautulona?

2. Tutkimusaineisto

21. Aineiston määrä ja laatu

Tutkimus perustuu samaan kestokoeaineistoon kuin Vuokilan (1977) tutkimus. Aineistosta poistettiin Heinolan Nynäsissä sijaitseva kuusikko (Vuokilan n:o 9). Sen käsittelyt eivät vastanneet alkuperäistä tutkimussuunnitelmaa: sen neljästä koealasta kahdella oli vaihdettu harvennustapaa kesken kokeen ja kaksi koealaa oli lannoitettu. Aineisto ei ollut vertailukelpoinen eikä hyödynnettävissä tämän tutkimuksen muun aineiston kanssa. Tämän jälkeen tutkimusaineisto käsittää 10 koetta (53 koealaa), joista männiköitä on 7 (32), kuusikoita 1 (15) ja koivikoita 2 (6). Tässä tutkimuksessa käytetyn puuntuotoksen tutkimussuunnan alkuperäisen ja Vuokilan käyttämän kokeiden numeroinnin vastaavuus on esitetty seuraavassa asetelmassa:

Kokeen numero

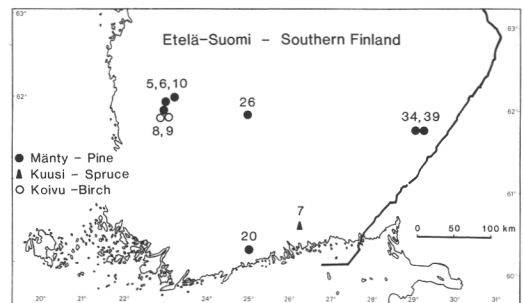
Tämä tutkimus 5, 6, 7, 8, 9, 10, 20, 26, 34, 39, –
Vuokila 1977 7, 6, 8, 5, 10, 11, 4, 3, 1, 2, 9

Perustiedot tutkimusaineistosta on esitetty kuvassa 1 ja taulukossa 1. Pääosa männiköistä ja molemmat koivikot kasvavat kuivahkolla kankaalla (VT) ja tutkimusaineiston ainoa kuusikko lehtomaisella kankaalla (OMT). Koivikoiden poikkeuksellinen kasvupaikka, samoin kuin ainoastaan yksi laaja (7 toistoa) kuusikkokoe eivät anna mahdollisuutta pitkälle meneviin yleistyksiin näiden puulajien osalta.

Tutkimus on laadittu Metsäntutkimuslaitoksen puuntuotoksen tutkimussuunnalla. Kari Mielikäinen suunnitteli tutkimuksen prof. Yrjö Vuokilan perustamien kokeiden pohjalta. Sauli Valkonen käsitteli tiedot, joiden perustamien oli suorittanut MTI Ari Pekonen. Tekijät kirjoittivat käsikirjoituksen yhdessä. Marja-Liisa Herno piirsi kuvat ja laati taulukot. Englannin kielen tarkasti Ph.D. Ashley Selby. MMK Simo Hannelius samoin kuin ennakotarkastajat, prof. Aarne Nyyssönen ja MML Lauri Valsta, tekivät varteenotettuja huomautuksia käsikirjoitukseen. Tekijät lausuvat parhaat kiitoksensa kaikille tutkimuksen toteuttamiseen vaikuttaneille.

Kuusikokeessa kuusen osuus oli alkutilanteen runkoluvusta 60 %, vaihteluväli koealoittain 42–74 %. Kuusta oli tilavuudesta vain hieman yli puolet. Harvennustapojen välillä ei ollut eroa puulajisuhteissa. Männyn osuus kasvoi alaharvennuksessa, kun taas yläharvennuksessa kuusen ja koivun osuudet suurentivat. Kaikki muutokset olivat suuruusluokkaa 1–2 prosenttiyksikköä. Sekametsän puulajidynamiikka saattoi johtaa harvennustapojen välisiin puuston kasvun eroihin, joiden vaikutus jäi tuntemattomaksi.

Männiköiden kasvupaikkaluokitus valtapituutta ja ikää käyttäen antaa alkuperäisestä metsätyypittelystä huomattavasti poikkeavan kuvan.



Kuva 1. Tutkimusmetsiköiden sijainti.
Figure 1. Location of the stands investigated.

Taulukko 1. Perustietoja tutkimusaineistosta.
Table 1. Basic data on the research material.

Koe Stand	Sijainti Location	Koaloja Number of plots	Metsätyyppi Site type	H ₁₀₀	Puulaji Tree species	Puuston ikä kokeen alussa Stand age at establishment	Kokeen kesto Duration of experiment
5	Parkano	4	CT	15	1	87	23
6	Parkano	4	VT-CT	16-17	1	78	24
7	Lapinjärvi	15	OMT	27	2	46	21
8	Parkano	4	VT	27	1	40	22
9	Parkano	4	VT	17	4	55	22
10	Parkano	2	VT	18	3	55	22
20	Tuusula	4	VT	19	1	79	22
26	Vilppula	4	VT	21	1	70	24
34	Punkaharju	8	MT	26	1	54	27
39	Punkaharju	4	VT	26	1	58	27

Metsätyyppi — Site type

CT = Kuiva kangas — Dry heath
VT = Kuivahko kangas — Sub-dry heath
MT = Tuore kangas — Moist heath
OMT = Lehtomainen kangas — Rich heath

Puulaji — Tree species

1 = Mänty — Scots pine
2 = Kuusi — Norway spruce
3 = Rauduskoivu — Betula pendula
4 = Hieskoivu — Betula pubescens

H₁₀₀ = Valtapituus 100 vuoden biologisella iällä.
Dominant height (100 thickest trees/ha) at the age of 100 years.

Kokeet 8, 34 ja 39 ovat pituusboniteetiltaan lähinnä mustikkatyyppejä (H₁₀₀ = 26–27), koemetsikkö 26 karua puolukkatyyppiä (H₁₀₀ = 21) ja metsiköt 5, 6 ja 20 kanervatyyppejä (H₁₀₀ = 15–19). Metsätyypittelyssä 4 (5) koemetsikköä oli arvioitu puolukkatyyppiä ja vain yksi mustikkatyypiksi.

Kokeet on perustettu vuosina 1962–66 varttuneisiin kasvatusmetsiin, joista useimmissa puuston ikä on vaihdellut välillä 40–60 v; karuimissa männiköissä välillä 80–90 v. Kaikki metsiköt olivat syntyneet luontaisesti paitsi nro 8, joka oli kylvömännikkö. Kokeita on seurattu viimeisimpään mittaukseen mennessä yli 20 v. Tällä hetkellä koemetsiköt ovat ikänsä puolesta pääosin uudistuskypsiä tai lähellä sitä.

22. Koalojen käsittely

Kussakin kokeessa koejäseninä ovat pohjapinta-alalla mitaten yhtä voimakkaat ala- ja ylähar-

vennus, jotka on toistettu yleensä kahdesti (Vuokila 1977). Yhdessä männikössä (nro 34) toistoja on neljä ja kuusikossa (nro 7) seitsemän. Koi-
vikossa nro 10 ei ole toistoja.

Koemetsiköissä on tehty 1–4 harvennusta, jotka ovat olleet erityisesti myöhemmillä kerroilla lieviä (taulukko 2). Harvennuksessa kullekin koelalle on jätetty sama, harvennussalle vastaava pohjapinta-ala. Näin menetellen yläharvennetuille koaloille on jäänyt kasvamaan koko ajan lukumääräisesti enemmän runkoja, jotka ovat keskimäärin pienempiä kuin alaharvennetuilla koaloilla.

Harvennustapojen eroa voidaan kuvata paitsi runkolukusarjoilla, myös poistetun ja jäävän puuston keskijäreyksillä. Koemänniköiden ensimmäisessä käsittelyssä poistettujen puiden keskikäpimitan suhde vastaavaan läpimittaan ennen harvennusta oli alaharvennuksessa 0,75 ja yläharvennuksessa 1,15. Ruotsalaisen Erikssonin (1976, 1990) mukaan edellinen luku merkitsee korostettua alaharvennusta ja jälkimmäinen selvää yläharvennusta.

Taulukko 2. Koemetsiköiden toteutunut harvennusohjelma.
Table 2. The timing and intensity of thinnings in the study stands.

Koe Stand	1. harvennus 1st thinning		2. harvennus 2nd thinning		3. harvennus 3rd thinning		4. harvennus 4th thinning	
	Vuosi Year 1)	Voimakkuus Rate 2)	Vuosi Year	Voimakkuus Rate	Vuosi Year	Voimakkuus Rate	Vuosi Year	Voimakkuus Rate
5	0	23	—	—	—	—	—	—
6	5	20	—	—	—	—	—	—
7	0	20	5	19	—	—	—	—
8	0	28	12	18	—	—	—	—
9	0	30	12	12	—	—	—	—
10	0	22	12	10	—	—	—	—
20	0	19	—	—	—	—	—	—
26	0	17	6	15	14	15	—	—
34	0	20	5	10	14	20	27	16
39	0	21	5	10	14	19	27	16

1) 0 = Ensimmäinen mittaus — First assessment

2) % pohjapinta-alasta — % of basal area

3. Harvennustavan vaikutus kasvuun ja tuotokseen

31. Puiden kasvureaktiot

Kuvassa 2 on verrattu erikokoisten, viimeisessä mittauksessa jäljellä olleiden puiden paksuuskasvuja rinnankorkeudelta kolmen kokeen alaja yläharvennetuilla koealoilla. Alaharvennuksesta hyötyvät eniten pikkupuut. Yhtenä syynä tähän on yksinkertaisesti heikompien pikkupuiden poistaminen, jolloin kasvun keskiarvot koahoavat ilman kasvun elpymistäkin. Luonnollisesti myös pikkupuiden välinen kilpailu vähenee alaharvennuksen jälkeen.

Yläharvennuksesta hyötyvät eniten harvennuksessa kasvamaan jätettävät lisävaltapuut. Alaharvennetun metsikön samankokoiset puut kasvavat suurimpien puiden kiusaamina vähemmän.

Pelkkä puun rinnankorkeudelta mitattu paksuuskasvu saattaa antaa väärän kuvan harvennusten edullisuudesta. Lisääntynyt kasvutila merkitsee kasvun keskittymistä puun tyvelle eli puun runkomuodon suhteellista heikkenemistä. Ilmiön uskotaan liittyvän puun tarpeeseen vahvistaa tyveään lisääntyvää tuulta vastaan (Vuokila 1960). Voimakkaiden harsintahakkuiden jälkeen runkomuodon heikkeneminen on selvintä (Nyysönen 1952).

Tämän tutkimuksen yhtä voimakkaiden ala-

ja yläharvennusten vaikutus puiden runkomuotoon on esitetty kuvassa 3. Koepuiden 6,0 ja 1,3 metrin korkeuksilta mitattujen paksuuskasvujen suhteessa ei ole nähtävissä eroja ylä- ja alaharvennuksen välillä. Syynä tähän on harvennusvoimakkuuden yhtäläisyys eri koealoilla.

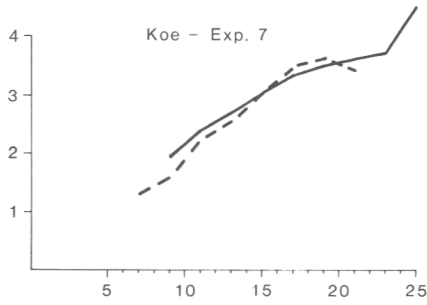
Lähes kaikilla koealoilla pienimmät puut kasvoivat 6 m:n korkeudella selvästi enemmän kuin rinnankorkeudella. Yhtenä syynä tähän voi olla valtapuiden suojassa kasvavien pienimpien puiden vähäinen tarve rungon tyviosan tukemiseen. Myös pikkupuiden alistettu asema ja 6 m:n korkeuden sijainti lähellä niiden latvaa vaikuttavat asiaan.

32. Puuston pohjapinta-alan kasvu

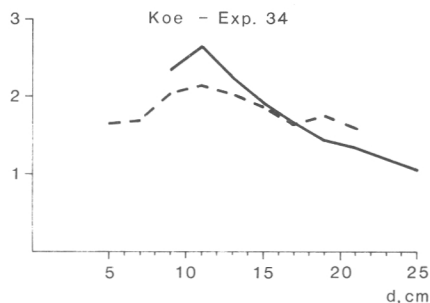
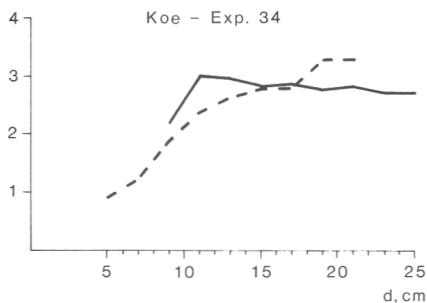
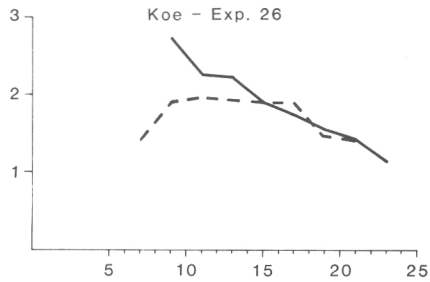
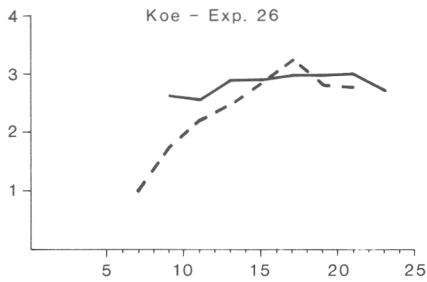
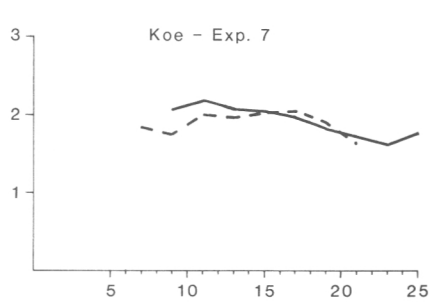
Suhteellisen korkean kasvuprosentin omaavien pikkupuiden runsaudesta ja harvennuksessa säästettyjen lisävaltapuiden hyvästä kasvusta oli käytännön tuloksena yläharvennetun metsikön korkea tuotos. Näin siitakin huolimatta, että alaharvennetun metsikön harvalukuisemmat pikkupuut kasvoivat kaikkein eniten.

Puuston pohjapinta-alan kasvu oli yläharvennetuissa männiköissä kokeiden tähänastisena

Läpimitan kasvu
Diameter increment
mm/v - mm/yr



Läpimitan kasvu
Diameter increment
%



— Alaharvennus - Thinning from below
- - - Yläharvennus - Thinning from above

Kuva 2. Loppupuustossa jäljellä olleiden eri kokoisten puiden läpimitan kasvu kokeiden kestoaikana. Läpimitat (d) ovat kokeiden perustamisajankohdan arvoja.

Figure 2. The diameter increment of remaining trees during the whole study period; trees that were still present at the last assessment. Diameters (d) are values of the first assessment.

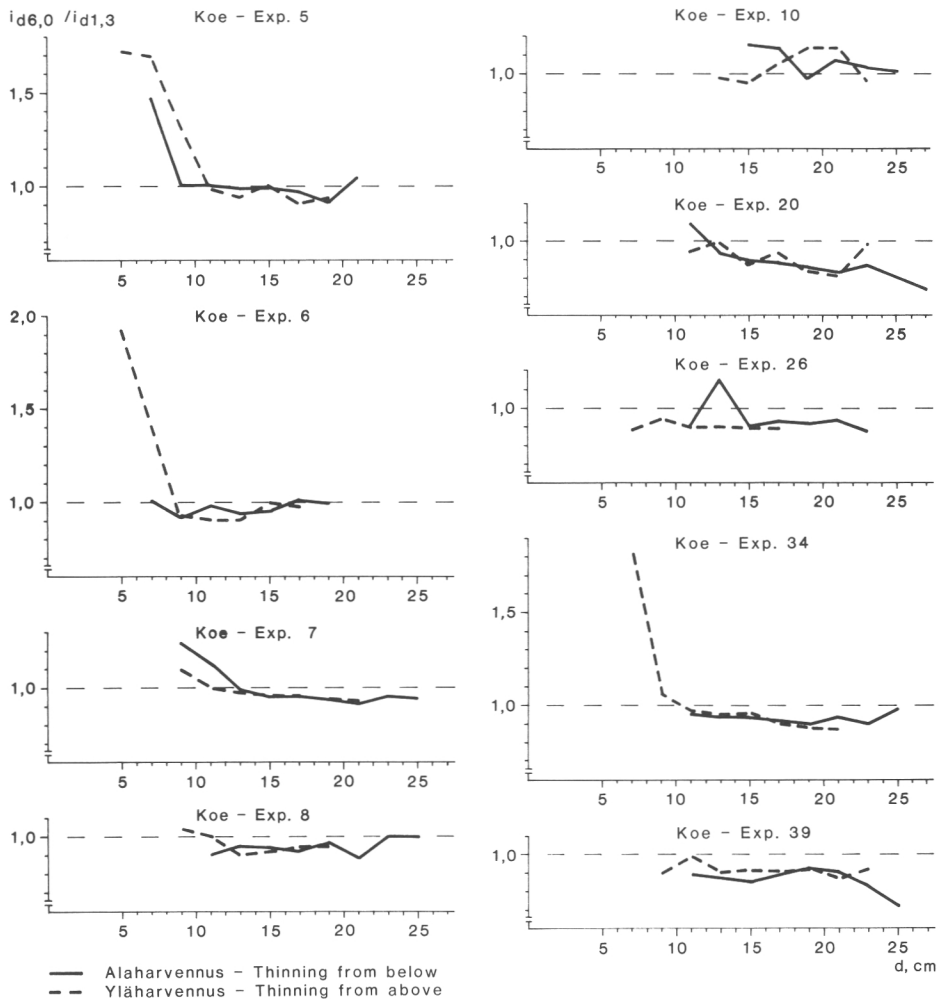
seuranta-aikana keskimäärin yli 12 % parempi kuin alaharvennetuissa (taulukko 3). Kokeiden vanhetessa yläharvennus on osoittautunut hieman paremmaksi verrattuna Vuokilan (1977) esittämiin tuloksiin ensimmäiseltä 9-vuotiskaudelta. Tulokset eivät ole yllättäviä. Yläharvennuksessa suosittavien lisävaltapuiden voimakkaan kasvureaktion ovat todenneet aiemmin mm. Nyysösen (1954) ja Mielikäinen (1978).

Myös koesarjan ainoa kuusikko oli kasvanut yläharvennettuna hieman alaharvennettua parem-

min. Koivikoille yläharvennus merkitsi noin 10 %:n pohjapinta-alan kasvutappiota. Tällöin on muistettava, että koivikot olivat jo koetta perustettaessa vanhoja ja kasvoivat koivun kasvupaikkavaatimuksiin nähden liian karulla maalla.

Pohjapinta-alan kasvueroja testattiin tilastollisesti parittaisella t-testillä, jossa tarkasteltavien keskiarvojen välillä on riippuvuus (Ranta ym. 1989, s. 207). Jakaumien normaalisuus testattiin BMDP-tilasto-ohjelmiston W-testillä.

Koko aineiston kasvukeskiarvot olivat alahar-



Kuva 3. Harvennustavan vaikutus puun muodon ($i_{d6,0}/i_{d1,3}$) kehitykseen.

Figure 3. The effect of thinning method on the development of stem form ($i_{d6,0}/i_{d1,3}$).

vennetuilla koaloilla 0,459 m²/ha/v ja yläharvennetuilla 0,494 m²/ha/v. Keskiarvot poikkesivat toisistaan 3,2 %:n riskillä (t-arvo -2,54, vapausasteet 9). Männiköissä kasvujen keskiarvot poikkesivat toisistaan yläharvennuksen hyväksi vieläkin pienemmällä eli 0,8 %:n riskillä.

Kokeiden sisällä kasvueroja testattiin yhdistellen kokeita, joiden koaloja voitiin pitää saman laajemman kokeen toistoina. Kasvupaikkojen, puuston kehitysvaiheen ja määrän sekä harvennuskäsittelyjen ja kasvun tason tuli tällöin olla riittävän samanlaisia. Seuraavien kokeiden ja koe yhdistelmien kasvuerojen merkisyys testattiin: kokeet 5+6, koe 7, kokeet 9+10 ja kokeet 34+39. Näistä ainoastaan kokeiden 34

ja 39 yhdistelmässä yläharvennus poikkesi merkitsevästi alaharvennuksesta. Ero oli merkitsevä 1 %:n riskillä. Muissa kokeissa riski oli yli 10 % (liite 1).

Saadut tulokset saavat tukea myös Ruotsista. Erikssonin (1990) laajat kokeet osoittavat, että yläharvennus ei heikennä nuoren männikön kasvua alaharvennukseen verrattuna. Myös Hynysen & Kukkolan (1989) ensimmäiset tulokset harvennustapaa ja lannoitusta käsitteleviltä kokeilta ovat samansuuntaisia.

Taulukko 3. Harvennustavan vaikutus puuston pohjapinta-alan, valtapituuden ja tilavuuden kasvuun kokeiden kesto-aikana. Yläharvennusemetsikön kasvut on esitetty prosentteina alaharvennetun metsikön kasvuista.

Table 3. The effect of thinning method on the increment of stand basal area, dominant height and volume during the study period. The increment after thinning from above is shown as proportional to that after thinning from below.

Koe Stand	Puulaji Tree species	Kasvutunnus — Growth characteristic					
		Pohjapinta-ala Basal area		Valtapituus* Dominant height		Tilavuus Volume	
		AH m ² /ha/ v — yr	YH %	AH cm/ v — yr	YH %	AH m ³ /ha/ v — yr	YH %
5	1	0,28	115	8	128	2,3	113
6	1	0,36	115	11	91	3,2	104
7	2	0,74	103	34	106	10,2	96
8	1	0,51	114	27	99	6,3	108
9	4	0,32	92	20	80	3,7	88
10	3	0,31	89	17	84	4,3	82
20	1	0,35	108	14	120	3,7	105
26	1	0,46	109	23	104	5,2	99
34	1	0,61	111	24	102	7,4	109
39	1	0,65	116	28	89	8,2	115
Keskiarvo — Mean							
Mänty — Pine			112,6		104,7		107,6
Kuusi — Spruce			103,0		106,0		96,0
Koivu — Birch			90,5		82,0		85,0

Puulaji — Tree species

- 1 = Mänty — Scots pine
- 2 = Kuusi — Norway spruce
- 3 = Rauduskoivu — *Betula pendula*
- 4 = Hieskoivu — *Betula pubescens*

Harvennustapa — Thinning method

- AH = Alaharvennus — Thinning from below
- YH = Yläharvennus — Thinning from above

* Suurten puiden poistamisesta aiheutuva välitön vaikutus valtapituuteen ei ole mukana luvuissa.
The direct effect of removal of the largest trees is not included.

33. Valtapituuden kasvu

Puuston tilavuuskasvuun vaikuttavat pohjapinta-alan kasvun lisäksi myös pituuskasvu ja runkomuodon kehitys. Viimeksimainittujen tekijöiden vaikutus tilavuuskasvuun on kuitenkin pohjapinta-alan vaikutusta vähäisempi.

Yläharvennus pudottaa puuston valtapituuksia, kun osa suurimmista valtapuista poistetaan hakkuussa. Tämän tutkimuksen kokeilla valtapituuden pieneneminen oli ensimmäisessä yläharvennuksessa 70 cm, toisessa ja kolmannessa harvennuksessa n. 10–15 cm.

Valtapituuden kasvu käsittelyjen välillä oli yläharvennetuilla mäntykoealoilla neljässä tapauksessa seitsemästä nopeampaa kuin alaharvennetuilla (taulukko 3). Absoluuttisesti kasvun paremmuus yläharvennuksessa oli keskimäärin vain noin 1 cm/v eli 25–30 cm kokeiden kestäessä. Tulos poikkeaa Vuokilan samoilta koea-

loilta saamista ensimmäisistä tuloksista. Vuokilan mukaan yläharvennus heikentää myös valtapuiden pituuskasvua. Näyttää siltä, että yläharvennetun havumetsikön puut elpyvät vähitellen ja pystyvät saavuttamaan alaharvennusemetsikön puiden pituuskasvun ja jopa niukasti ylittämään sen. Koivikoissa yläharvennus merkitsi pituuskasvun alenemista noin 20 %.

Kaikenkaikkiaan yläharvennus johtaa hitaampaan valtapituuden kehitykseen kuin alaharvennus. Ero syntyy nimenomaan hakkuista, ei kasvun erilaisuudesta. Tutkituissa, 1–4 kertaa harvennetuissa metsiköissä valtapituuteen kehittynyt ero harvennustapojen välillä oli 25 vuodessa vajaa metri.

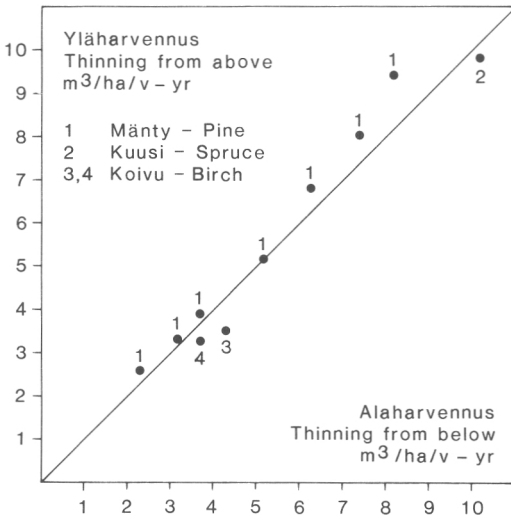
34. Tilavuuskasvu

Kuudessa männikössä seitsemästä yläharvennus on tuottanut kokeiden seuranta-aikana (n. 25 v) enemmän puuta kuin alaharvennus. Seitsemännessä kokeessa tilavuuskasvu on ollut samansuuruinen molemmilla tavoin käsitellyissä metsiköissä. Tilavuuskasvun paremmuus yläharvennuksen jälkeen on ollut keskimäärin 7,6 %. Tämä on selvästi enemmän kuin Vuokilan saama tulos (+3 %) ensimmäisen 10-vuotiskauden jälkeen (kuva 4 ja taulukko 3).

Näyttää siltä, että yläharvennuksen positiivinen vaikutus jäävien puiden kasvuun on ollut hitaasti suureneva. Erityisesti tämä koskee pituden kasvua ja runkumuodon kehitystä. Pohjapinta-alan kasvussa ei ollut nähtävissä yhtä suurta muutosta.

Koesarjan ainoassa kuusikossa yläharvennus on johtanut 4 %:n ja kahdessa koivikossa noin 15 %:n tilavuuskasvun laskuun. Kuusikoiden osalta tulokset saavat tukea ruotsalaisista tutkimuksista; koivikoista ei ole olemassa vertailutuloksia.

Tilavuuskasvuerojen tilastollista merkitsevyyttä testattiin samalla tavoin kuin pohjapinta-alojen kasvua. Ainoastaan koko männikköaineiston kasvujen keskiarvot (alaharvennus 5,21 m³/ha/v ja yläharvennus 5,63 m³/ha/v) poikkesivat



Kuva 4. Harvennustavan vaikutus puuston tilavuuskasvuun tutkimusjakson aikana.

Figure 4. The effect of thinning method on the volume increment of the stand during the study period.

toisistaan alle 5 %:n riskillä. Sen sijaan yksittäisten kokeiden tai koeryhmien kasvut eivät poikenneet toisistaan merkitsevästi (liite 2).

Kaikkia kasvutuloksia tulkittaessa on syytä muistaa, että tarkasteltavina olivat hyvin hoidetut metsiköt, joissa lähes kaikki puut ovat aiemmat harvennukset läpäisseitä valiopuita. Sekä ala- että yläharvennetuilla koelohjoilla myös kasvatettavan puuston määrä oli käytännön harvennussmallien mukainen. Näistä edellytyksistä kumpainkaan ei täyttynyt vuosikymmenien takaisissa, metsän hävitykseen johtaneissa harsintahakkuissa.

35. Puusto koejakson lopussa

Harvennustapakokeiden tähänastiset tulokset ovat koskeneet ainoastaan puuston kehitystä harvennusten välillä (Vuokila 1977). Luotettavampi vastaus varttuneen metsän käsittelyvaihtoehtojen paremmuudesta saadaan vasta kiertoajan lopussa. Useaan kertaan yläharvennettu puusto jää järeydeltään jälkeen alaharvennetusta metsiköstä. Tämä tulee ilmi päätehakkuupuuston vähäisempänä tukkiosuutena ja korkeampina korjuukustannuksina (Eriksson 1990).

Yläharvennettujen metsiköiden runkoluvut olivat viimeisimmän mittauksen aikaan noin 40 % korkeampia, mutta rungot lähes 30 % pienempiä kuin alaharvennusemetsiköissä (taulukko 4). Tilavuuskasvuero on männiköissä edelleen 7,9 % yläharvennuksen hyväksi, kun koko 25 vuoden ero oli keskimäärin 7,6 %.

Arvokasvutulokset eivät ole yhtä yksiselitteisiä. Neljällä mäntykokeella seitsemästä alaharvennuspuiden arvokasvu on viime vuosina ollut korkeampi kuin yläharvennettujen. Syynä tähän on se, että siirtymä kuitupuusta tukkipuiksi on myös alaharvennusemetsiköissä edelleen runsasta. Mikäli yläharvennettujen puustojen tilavuuskasvut pysyvät vielä jatkossakin korkeina, kiertoajan jatkaminen lisäänee yläharvennuksen kilpailukykyä tässä suhteessa.

36. Kokonaistuotos

Vaikka nyt tarkasteltavat kokeet perustettiin 1960-luvulla pääosin varttuneisiin, aiemmin alaharvennettuihin metsiköihin, eivät tulokset ole kaikkien kokeiden osalta vielä lopullisia. Seuraavassa tarkastelussa puuston kokonaistuotos laskettiin harvennuksissa poistetun ja arvioidun

Taulukko 4. Puuston rakenne ja kasvu koejakson lopussa.
 Table 4. Structure and growth of the stands at the last assesment.

Koe Stand	Runkoluku, kpl/ha Number of stems/ha		Rungon keski- tilavuus, dm ³ Average stem volume, dm ³		Viime jakso — Last period				
	AH	YH	AH	YH	Tilavuuskasvu, Volume increment mk/ha/v-yr		Arvokasvu Value increment mk/ha/v-yr		Jakson pituus, v Length of period, yr
					AH	YH	AH	YH	
5	830	945	133	116	2,52	2,78	496	669	11
6	905	1495	164	97	3,86	4,17	802	757	11
7	630	896	504	329	11,73	11,24	1997	2042	11
8	498	642	430	338	6,25	6,71	1693	1782	10
9	471	627	343	229	3,55	3,23	906	845	10
10	414	522	486	329	4,61	3,28	1291	803	10
20	670	726	286	255	4,17	4,37	1150	1183	13
26	452	715	404	241	4,92	5,14	1313	1303	10
34	510	852	444	251	9,47	10,50	2929	2641	3
39	453	620	539	393	10,16	11,15	3254	3003	3

Harvennustapa — Thinning method

AH = Alaharvennus — Thinning from below

YH = Yläharvennus — Thinning from above

päätähakkuupuuston (= viimeisimmän mittauksen puuston) summana. Luvusta puuttuu ennen kokeen aloittamista harvennuksissa poistetun tai kuolleen puuston tilavuus. Tuloksia ei voi näin ollen verrata suoraan kasvu- ja tuotossarjojen kokonaistuotoksiin. Lähtöpuuston tilavuuden ja puutavaralajien pienet erot korjattiin muuttamalla alaharvennuksen kokonaispoistumaa erotuksen verran. Kokonaistilavuuden korjaukset olivat seuraavan aselman mukaiset:

Koe	Korjaus alaharvennuspöystösta m ³	
	% lähtöpuustosta	% lähtöpuustosta
5	-4,58	-5,5
6	-0,99	-1,0
7	+4,23	+3,1
8	-18,54	-12,0
9	+0,93	-0,7
10	-1,23	-0,8
20	-5,18	-3,8
26	-5,86	-5,1
34	-14,36	-9,5
39	+25,50	+15,0

Yläharvennus ja päätähakkuu tuottivat yhteenlaskettuna männiköissä kokeen kestäessä keskimäärin 4,8 % enemmän puuta kuin alaharvennus. Kuusikossa yläharvennuksen aiheuttama tuotostappio oli 2,7 % ja koivikoissa 5,6 %.

Tukkipuun tuotosta koskevat tulokset eivät olleet yhtä selviä. Neljällä männikkökokeella

seitsemästä yläharvennuksesta ja päätähakkuusta saatiin enemmän tukkipuuta kuin alaharvennuksista (taulukko 5). Yläharvennus kärsi selvästi päätähakkuupuuston vähäisestä järeydestä. Kokeella 6, jonka puusto oli lähellä tukkipuukokoa, yläharvennus oli tuottanut tukkipuuta vain runsaat puolet siitä mitä alaharvennus. Kuusikossa yläharvennus tuotti 5,7 % ja koivikoissa 18,1 % vähemmän tukkipuuta kuin alaharvennus.

Kuvassa 5 on esitetty harvennuksissa poistetun ja viimeisimmän mittauksen kokonaispuuston jakautuminen 5 cm:n läpimittaluokkiin. Kokeiden 34 ja 39 tulokset puuttuvat kuvasta perustamismittauksissa esiintyvien puuttuvien puutietojen vuoksi. Yläharvennuksessa tuotettiin lukumääräisesti paljon tukkirunkoja, mutta ne olivat pienempiä kuin alaharvennuksin tuotetut. Alaharvennuspöystöissä tukkirunkojen keskipituus oli 413 dm³, kun yläharvennuksen tukkirungot olivat 23 % pienempiä (taulukko 6). Kuusikossa ja koivikoissa runkojen kokoerot olivat vähäisempiä.

Vuokilan (1970) kertakoeala-aineistoon perustuneiden laskelmien mukaan yläharvennus (harsintaharvennus) johtaisi 1–3 %:n suuruiseen tukkipuun kokonaistuotoksen lisäykseen. Tämä ei kuitenkaan ole vielä toteutunut nyt tarkasteltavissa kokeissa (myös Vuokila 1977). Sen sijaan yläharvennetuilla koaloilla on runsaasti

Taulukko 5. Kokonaispoistuma kokeiden seuranta-aikana (harvennukset ja puuston tilavuus viimeisessä mittauksessa).

Table 5. The total removal of volume during the study period (thinnings and final cut).

Koe Stand	Puulaji Tree species	Harvennustapa Thinning method	Yhteensä Total		Tukkipuuta Saw timber		Kuitupuuta Pulpwood m ³ /ha
			m ³ /ha	%	m ³ /ha	%	
5	1	AH	131		43		83
		YH	138	105	45	104	87
6	1	AH	171		56		106
		YH	174	102	31	55	138
7	2	AH	397		278		116
		YH	387	97	262	94	121
8	1	AH	271		203		67
		YH	303	112	213	105	87
9	4	AH	211		100		105
		YH	201	95	81	81	115
10	3	AH	252		171		79
		YH	236	93	142	83	91
20	1	AH	213		146		66
		YH	217	102	149	102	66
26	1	AH	235		158		75
		YH	233	99	141	90	89
34	1	AH	333		223		107
		YH	353	106	194	87	155
39	1	AH	418		292		121
		YH	452	108	309	106	137

Puulaji — Tree species

1 = Mänty — Scots pine

2 = Kuusi — Norway spruce

3 = Rauduskoivu — *Betula pendula*

4 = Hieskoivu — *Betula pubescens*

Harvennustapa — Thinning method

AH = Alaharvennus — Thinning from below

YH = Yläharvennus — Thinning from above

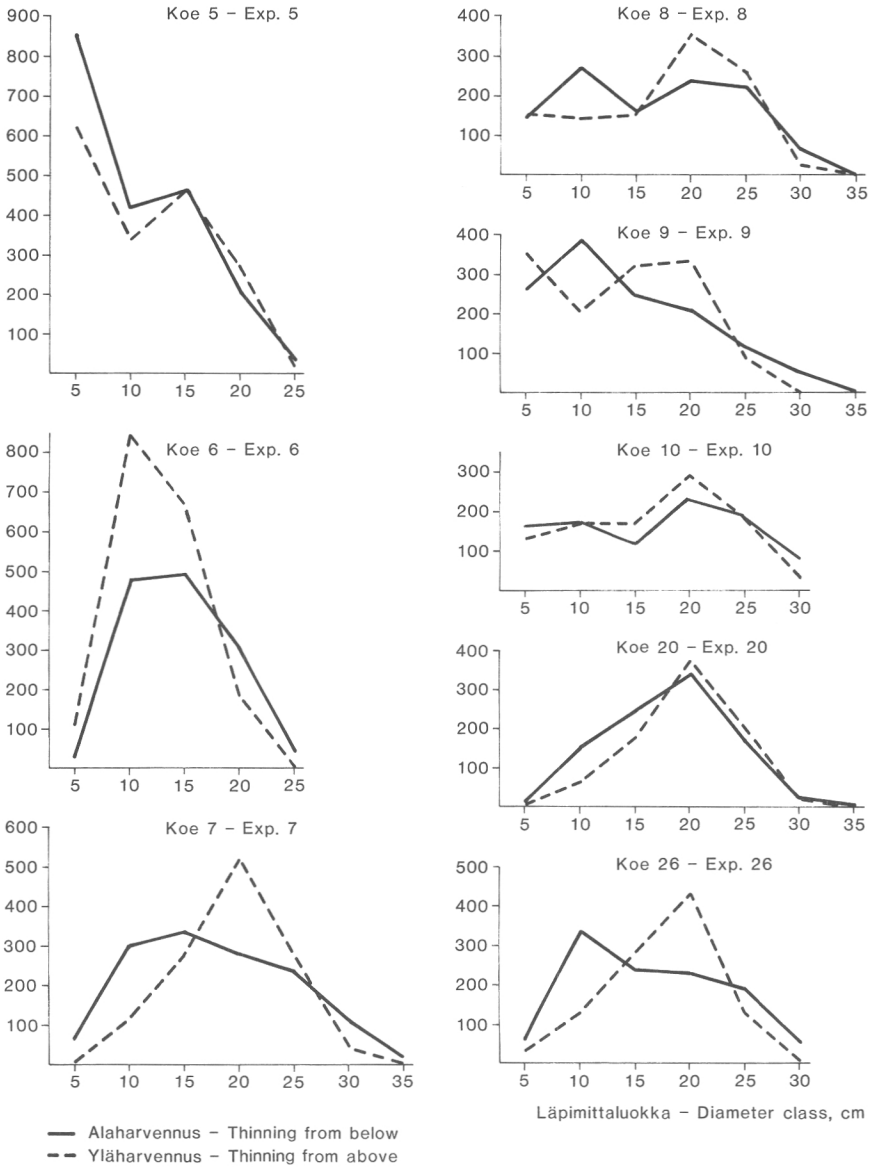
sekä pieniä tukkirunkoja että tukkipuiksi kehittyviä runkoja. Kiertoajan jatkaminen yläharvennusemetsikössä lisää tukkipuun osuutta kokonais-
tuotoksesta. Vuokila (1984) esitti, että järeyden jälkeenjääneisyys voitaisiin poistaa pidentämällä yläharvennetun metsikön kiertoaikaa 10–20 vuotta.

Taulukko 6. Tuotettujen tukkirunkojen käyttöosan keskitilavuus.

Table 6. Mean merchantable volume of sawtimber stems.

Puulaji Tree species	a	b	b/a
	Alaharvennus Thinning from below m ³	Yläharvennus Thinning from above m ³	%
Mänty — Pine	0,413	0,318	77
Kuusi — Spruce	0,509	0,431	85
Koivu — Birch	0,446	0,363	81

Tuotettu puusto 5 cm läpimittaluokittain
Yield by 5 cm diameter classes
kpl/ha



Kuva 5. Tutkimusjakson aikana tuotettu puusto (harvennettu + loppupuusto) läpimittaluokittain.
Figure 5. The total volume of stems (thinned + final stand) during the study period, by diameter classes.

4. Puun kasvatuksen tuotot

41. Hinnat

Koemetsiköiden puustojen arvot laskettiin käyttäen perusleimikon kantohintoina Etelä-Suomessa v. 1989 toisella puoliskolla maksettuja hintoja (taulukko 7). Perusleimikon mukaiset vakiot, joihin harvennustapa ei vaikuta olivat:

— leimikon koko	301–500 m ³
— metsäkuljetusmatka	301–400 m
— maastoluokka	1

Hintoihin tehtiin tämän jälkeen puustosta johtuvat tukki- ja kuitupuiden järeyskorjaus sekä leimikon tiheyskorjaus. Puutavaralajien hintasuhteiden vaikutuksen selvittämiseksi näin saatujen kantohintojen lisäksi laskettiin herkkyyssanalyysinä vaihtoehtoja, joissa kuitupuun hintoja alennettiin ja korotettiin 50 %:lla.

42. Metsikön kokonaistuotot

Metsikön kokonaistuotot laskettiin harvennusten ja arvioidun päätehakkuun kantorahatulujen summana. Kokonaistuotosta puuttuvat ennen kokeiden perustamista saadut harvennustulot ja aiheutuneet kustannukset. Jos oletetaan, että kunkin koemetsikön kaikkien osien käsittely on ollut ennen kokeiden perustamista sama, harvennustapojen vertailu pätee myös koko kiertoaajalle.

Tarkastelun lähtökohtana on näin ollen tilanne, jossa metsänomistaja haluaa tehdä päätöksen siitä, jatkaako hän varttuneen metsän käsittelyä alaharvennuksin vai siirtyykö kiertoaajan loppuajaksi käyttämään yläharvennusta. Yläharvennukseen häntä voivat houkutella suurimpien puiden heikko laatu, puuston uhkaava ylijäreytyminen tai välitön rahan tarve. Suhteellisen tasaikäisessä metsikössä ei yläharvennuksellakaan kuitenkaan voida välttää selväpiirteiseltä metsikön uudistamiselta tulevaisuudessa.

Kiertoaajan loppuosan suoraan yhteenlasketut kantorahatulot olivat männiköissä keskimäärin samat käsiteltiin metsikköä viimeisissä harvennuksissa alhaalta tai ylhäältä päin (kuva 6). Myöskään tukkipuun ja kuitupuun hintasuhteella ei ollut selvää vaikutusta hakkuutapojen kes-

kinäiseen edullisuusjärjestykseen. Se, mitä yläharvennus kasvussa ja harvennustuloissa voitti, sen se päätehakkuussa menetti. Kiertoaajan jatkaminen parantane yläharvennuksen edullisuutta tässä suhteessa.

Tilanne muuttuu, kun tämän hetken tuloille annetaan tulevia suurempi painoarvo. Ns. nykyarvon laskemisessa painotetaan välittömiä tai lähitulevaisuuden hakkuutuloja sitä enemmän, mitä korkeampaa korkokantaa käytetään.

Nykyarvolaskelmien merkitys käy konkreettiseksi, jos asiaa ajatellaan käänteisesti. Välittömästi saatavat hakkuutulot ovat arvokkaampia, koska ne on mahdollista sijoittaa edelleen tuottamaan korkoa. Tällöin on muistettava, että metsätalouden laskelmissa yleisesti käytetty reaalkorko 4 % merkitsee esim. 6 %:n inflaation vallitessa, että rahalle täytyy löytää 10 %:n nimelliskorkoa tuottava sijoitus.

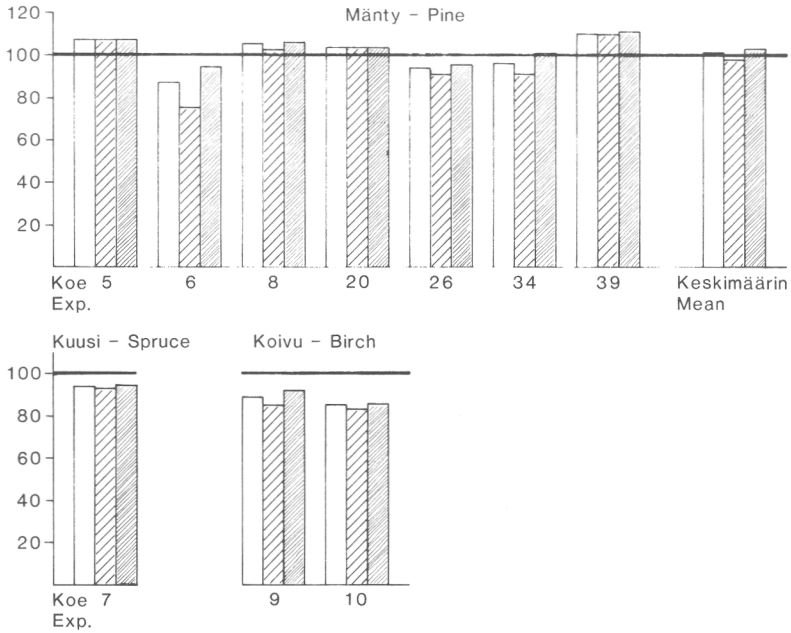
Hakkuutulojen nykyarvon laskeminen 4 %:n korolla merkitsi yläharvennuksen suurempien harvennustulujen (enemmän tukkipuuta) merkityksen kasvamista. Yläharvennetut männiköt tuottivat kokeiden aikana keskimäärin 10 % suuremmat diskontatut kantorahatulot kuin alahar-

Taulukko 7. Nykyarvolaskelmissa käytetyt kantohinnat (Etelä-Suomi touko–marraskuu 1989, Puumarkkinatiedote 336).

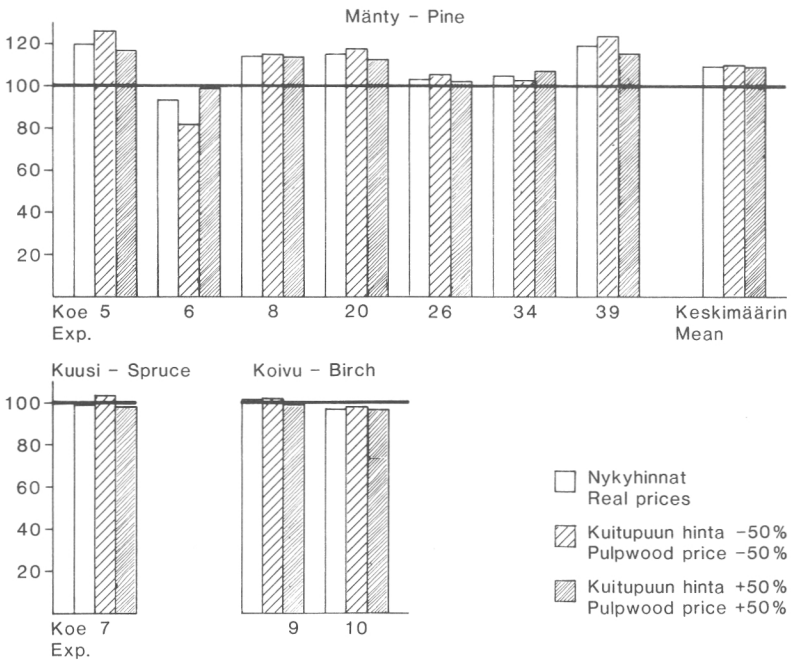
Table 7. Wood prices used in calculations (May–November 1989 in southern Finland).

Puutavaralaji <i>Timber assortment</i>	Kantohinta <i>Stumpage price</i>	Nykyhinnat <i>Current prices</i>	Kuitupuun hintamuutos <i>Change in pulpwood price</i>	
	mk/m ³	% mäntytukin kantohinnasta <i>% of the stumpage price of pine sawlog</i>	-50 %	+50 %
Tukkipuu — <i>Sawlog</i>				
Mänty — <i>Pine</i>	256	100		
Kuusi — <i>Spruce</i>	192	75		
Koivu — <i>Birch</i>	263	103		
Kuitupuun — <i>Pulpwood</i>				
Mänty — <i>Pine</i>	111	43	22	65
Kuusi — <i>Spruce</i>	135	52	26	79
Koivu — <i>Birch</i>	95	37	18	55

a.) ILMAN KORKOAA - DISCOUNT RATE 0%



b.) DISKONTTOKORKO 4% - DISCOUNT RATE 4%



Kuva 6. Yläharvennettujen koalojen kantorahatulot (harvennukset + päätehakkuu). Alaharvennetun metsikön tuloja on merkitty luvulla 100.

Figure 6. Revenues from thinnings and final cut in stands thinned from above, relative to stands thinned from below (= 100 per cent).

vennetut. Hämmäläisen (1978) laskelmien mukaan yläharvennus oli puolukkatyyppin (VT) männikössä 3–5 %:n laskentakorkokantoja käytettäessä edullisempi kuin alaharvennus. Tätä pienemmällä korkokannoilla alaharvennus oli hänen mukaansa edullisempaa.

Tutkimuksen ainoassa kuusikossa yläharvennus tuotti kantorahatuloja keskimäärin 6 % alaharvennettua vähemmän. Vastaavat diskontatut tulot olivat molemmilla harvennustavoilla samansuuruiset. Koivikoissa yläharvennus tuotti diskonttaamattomana 10–15 %:n ja diskontattuna 1–2 %:n rahallisen tappion alaharvennukseen verrattuna.

43. Korjuukustannukset

Harvennustapojen keskinäiseen edullisuuteen vaikuttavat puusta saatavan hinnan lisäksi korjuukustannukset. Koealoilta poistetulle puustolle laskettiin ihmistyönä tehtävän hakkuun ja metsätraktorikuljetuksen kustannukset voimassa olevia palkka- ja maksusopimuksia käyttäen.

Hakkuupalkka laskettiin työvaihetaksana palkka-alueelle 3 ja maastoluokalle 1. Harvennuksissa tukit tehtiin määrämittäisinä ja kuitupuu noin kolmemetrinenä vyöhykkeelle kasaten. Päätehakuussa kuitupuu tehtiin noin viisimetriseksi palstalle kasaten ja jätettiin ajoura vapaaksi. Oksaisuusluokka oli männynllä ja koivulla 2 ja kuusella 3. Kuitupuun mittausta tapahtui pinossa ja tukit merkattiin.

Maastokuljetus oletettiin tehtäväksi metsätraktorilla. Laskelmissa maastoluokka oli 1 ja ajourien väli harvennuksissa 30 m ja päätehakkuussa 20 m.

Tekijät, jotka aiheuttivat eroja ala- ja yläharvennettujen metsiköiden korjuukustannuksiin olivat puuston järeys, kasvamaan jäävän puuston tiheys sekä hakkuukertymä puutavaralajeittain. Todettakoon jo tässä vaiheessa, että koealapuustojen harvennuksiset ovat olleet nykykäytäntöön verrattuna lieviä ja päätehakuupuusto suhteellisen pienikokoista. Tämä näkyy tuloksissa keskimääräistä korkeampina korjuukustannuksina, mutta se ei häiritse ratkaisevasti menetelmien välistä vertailua.

Yläharvennuksessa poistettavan puuston järeys alentaa aluksi korjuukustannuksia alaharvennukseen verrattuna (taulukko 8). Kustannussäästö oli männiköissä 12–39 mk/m³ eli keskimäärin 22 %. Säästö muuttuu kuitenkin päätehakuussa lisäkustannukseksi aiemmin yläharvennetun

puuston pienemmän järeyden vuoksi. Näin ollen viimeisten harvennusten ja päätehakuun yhteenlasketut korjuukustannukset olivat samat harvennustavasta riippumatta.

Samoin ilmiön on havainnut myös Eriksson (1990) laskelmissaan. Ensiharvennuksessa yläharvennus on korjuukustannuksiltaan edullisin. Toisessa (seuraavassa) samanlaisessa käsittelyssä harvennustavat ovat tasavertaiset. Kolmas peräkkäinen yläharvennus on jo alaharvennusta kalliimpaa. Yläharvennus on näin ollen eräänlaista kustannusten ja tuottotappioiden siirtämistä eteenpäin.

44. Kiertoaika ja metsän uudistaminen

Puuston hakkuukypsyttä arvioitiin vertaamalla puuston ikää ja järeyttä Tapion metsänhoitosuositukseen (Kml. Tapio 1989). Tämän lisäksi käsittelyjä verrattiin toisiinsa laskemalla metsiköille kasvattamisen rajakannattavuus (Nyysösen 1958).

Taulukossa 9 on esitetty koemetsiköiden tunnuksiset Tapion suosituksiin verrattuna. Vertailua vaikeuttaa kasvupaikan määrittäminen (taulukko 1). Puuston valtapituuden kehityksen perusteella metsiköt 6 ja 20 vastasivat lähinnä kanervatyyppejä, metsikkö 26 karua puolukkatyyppiä ja metsiköt 8 ja 39 mustikkatyyppejä. Kaikkien mainittujen metsiköiden metsätyypiksi oli kokeita aloitettaessa merkitty puolukkatyyppi, jota myös käytettiin taulukon 11 suositusten pohjana. Harvennustapojen keskinäiseen vertailuun kokeiden sisällä tämä ei kuitenkaan ratkaisevasti vaikuta.

Männiköistä neljä oli saavuttanut uudistamiskypsyyden iän perusteella ja yksi oli tätä rajaa lähellä. Kuusikossa hakkuukypsyyden saavuttamiseen kuluu arviolta vielä 10 v; puolukkatyyppin koivikoille suositusta ei ole annettu.

Järeiden perusteella yksikään metsikkö ei ollut uudistuskypsiä. Alaharvennetuissa metsiköissä järeysuosituksen saavuttamiseen kuluisi vähimmillään 7–13 v, mutta karuimmilla kasvupaikoilla useita vuosikymmeniä (vrt. kasvupaikka). Niinpä puolukkatyyppin arvioitu kiertoaika vaihteli karuimpien kasvupaikkojen koemetsiköissä välillä 110–150 v runkojen järeydellä mitattuna.

Yläharvennettujen puustojen järeys oli jäänyt jälkeen alaharvennetuista. Männiköissä ero oli keskimäärin 11 v, (vaihteluväli 3–19 v), kuusikossa 9 v ja koivikoissa yli 20 v. Tämä on

Taulukko 8. Korjuukustannukset korjattua kuutiometriä kohti harvennuksissa ja pätehakkuussa.
Table 8. Logging cost in thinnings and final cut (Fmk/m³ and %).

Koe Stand	Puulaji Tree species	Harvennuksset Thinnings		Kustannukset, mk/m ³ — Logging cost, mk/m ³ Pätehakkuu Final cut		Yhteensä Total	
		AH	YH	AH	YH	AH	YH
5	1	115	76	53	55	59	58
6	1	125	109	78	88	84	92
7	2	82	63	45	51	52	54
8	1	71	59	51	48	54	51
9	4	112	87	60	65	72	71
10	3	97	81	55	59	63	64
20	1	104	70	60	62	63	62
26	1	97	77	54	68	64	70
34	1	97	80	54	64	68	69
39	1	88	70	51	56	63	62
Keskiarvo — Mean			%		%		%
Mänty — Pine			78		109		101
Kuusi — Spruce			77		113		104
Koivu — Birch			81		108		100

Puulaji — Tree species

1 = Mänty — Scots pine

2 = Kuusi — Norway spruce

3 = Rauduskoivu — *Betula pendula*

4 = Hieskoivu — *Betula pubescens*

Harvennustapa — Thinning method

AH = Alaharvennus — Thinning from below

YH = Yläharvennus — Thinning from above

Taulukko 9. Harvennustavan vaikutus metsikön uudistuskypsyyteen puuston iän ja järeyden perusteella.

Table 9. The effect of thinning method on the rotation time of the stand, based on age and mean diameter.

Koe Stand	Metsätyyppi Site type	Puulaji Tree species	Kiertoaikasuositus* Rotation in private forestry		Koepuustojen — Study stands			Ero, v Difference, yr
			Ikä, v Age, yr	Keskiläpimitta Mean diameter	Ikä, v Age, yr	Keskiläpimitta Mean diameter		
				cm		AH cm	YH cm	
5	CT	1	110	25	111	17,1	16,3	5
6	VT-CT	1	105	26	102	17,7	14,5	19
7	OMT	2	80	28	67	24,8	21,7	8
8	VT	1	90	27	63	24,2	22,2	8
9	VT	4	—	—	78	23,2	18,9	25
10	VT	3	—	—	77	25,1	21,9	21
20	VT	1	90	27	101	21,8	21,3	3
26	VT	1	90	27	95	23,8	19,9	17
34	VT	1	90	27	81	23,7	19,8	16
39	MT	1	80	29	85	26,0	23,1	10

Metsätyyppi — Site type

CT = Kuiva kangas — Dry heath

VT = Kuivahko kangas — Sub-dry heath

MT = Tuore kangas — Moist heath

OMT = Lehtomainen kangas — Rich heath

Puulaji — Tree species

1 = Mänty — Scots pine

2 = Kuusi — Norway spruce

3 = Rauduskoivu — *Betula pendula*

4 = Hieskoivu — *Betula pubescens*

Harvennustapa — Thinning method

AH = Alaharvennus — Thinning from below

YH = Yläharvennus — Thinning from above

Ero = Aika, jona yläharvennetun puuston keskiläpimitta aikaisintaan saavuttaa alaharvennetun puuston nykyisen keskiläpimitan.

Difference = The time for stands thinned from above to reach the same mean diameter as stands thinned from below.

* Metsänhoitosuosituksen 1989, Kml. Tapio.

vähimmäisaika, jonka verran yläharvennetun metsikön kiertoaikaa tulisi pidentää pyrittäessä samaan päätehakkujäreytyeen kuin alaharvennetussa metsikössä. Vuokilan (1984) arvio, jonka mukaan puuston järeytymisen hidastuminen yläharvennetussa metsikössä voitaisiin korjata jatkamalla kiertoaikaa 10–20 v, vaikuttaa tulosten mukaan oikeaan osuneelta. Tällöin on muistettava, että nyt tarkasteltavat metsiköt oli harvennettu toisistaan poikkeavilla tavoilla lievästi keskimäärin kaksi kertaa. Mitä useampia ja voimakkaampia yläharvennuksia tehdään, sitä suuremmiksi järeysero ja kiertoajan pidennystarve muodostuvat. Kaikkein karuimmilla kasvupaikoilla toistuvat yläharvennuukset saattavat merkitä pelkkää kuitupuun tuottamista myös pidentettyä kiertoaikaa käytettäessä.

Nyysösen (1958) esittämällä menetelmällä koemetsiköille laskettiin myös puuston kasvatuksen/uudistamisen edullisuutta kuvaava rajakannattavuus. Rajakannattavuusprosentti tarkoittaa rajatuoton (vuotuisen puhtaan tuoton lisäys kasvatettaessa metsikköä vielä kasvujakson mittainen aika) suhdetta puuston hakkuuarvojen erotukseen (kasvujakson lopussa ja alussa). Kiertoajan jatkaminen merkitsee laskelmassa tavallaan sen seikan hyväksymistä, että metsänomistajalla ei ole tiedossa parempaakaan sijoituskohdetta puuston hakkuuarvolle. Vuotuisen hakkuuarvon lisäyksen (kokonaistuotto/kiertoaika) on oltava niin suuri, ettei samanlaisia sijoitusvaihtoehtoja ole tarjolla sekä tuottoprosentilla että riskillä arvioiden.

Aluperin menetelmällä (Nyysösen 1958) tutkittiin puuston kehityssarjoihin liittyviä kiertoaikoja ennalta asetettujen rajakannattavuus-

prosenttien mukaan. Tämän tutkimuksen aineisto ei soveltunut vastaavaan tarkasteluun, koska puustojen harvennusväli ja poistumat olivat epä säännöllisiä, eikä koemetsiköiden aiemmista käsittelyistä ollut mitattua tietoa. Menetelmää sovellettiin vertaamalla kunkin kokeen harvennustapojen rajakannattavuuksia toisiinsa.

Yläharvennetun metsikön rajakannattavuus oli kokeiden alkuvaiheessa yleisesti korkeampi kuin alaharvennetun. Viimeisimmissä mittauksissa eli lähellä arvioitua uudistuskypsyttä eroja käsittelyjen välillä ei enää ollut.

Rajakannattavuuksien samanlaisuus viimeisimmän mittauksen ajankohtana ei merkitse välttämättä sitä, etteikö yläharvennetussa metsikössä kannattaisi käyttää pitempää kiertoaikaa kuin alaharvennetussa. Siinä vaiheessa, kun valtaosa alaharvennetun metsikön puustosta on tukkipuuta, siirtymä kuidusta tukiksi on yläharvennusmetsässä vielä voimakasta. Tämä vaihe on tällä hetkellä useimmissa koemetsiköissä vielä edessäpäin.

Harvennustavan vaikutusta metsikön luontaiseen uudistumiseen ei ole tutkittu. On kuitenkin olemassa viitteitä siitä, että harvennustapa voi vaikuttaa sekä puiden siementuotantoon (Bergman 1976, Koski & Tallqvist 1974) että taimien menestymiseen puuston alla. Tiheässä, yläharvennetussa metsikössä sekä siementuotanto että taimien syntyminen on oletettavasti huonompaa kuin runkoluvultaan harvemmassa alaharvennetussa metsikössä. Myös epäily yläharvennuksen kielteisestä vaikutuksesta puuston perimään vähentää kiinnostusta yläharvennusmetsikön luontaiseen uudistamiseen.

5. Tulosten tarkastelu

Esitetyt tulokset perustuvat kymmeneen harvennuskokeeseen, joita on seurattu 25 v. Koealojen kokonaismäärä on 53 kpl. Tätä kirjoitettaessa koemetsiköt ovat iältään uudistuskypsiä tai lähellä sitä. Metsiköitä on ennen kokeiden perustamista käsitelty alaharvennuksin. Valtaosa kokeista (7 kpl) on männikoissä, joiden kasvupaikkavaihtelu ulottuu kanervatyypistä (CT) mustikkatyypiin (MT). Kuusikoita on yksi (OMT) ja koivikoita kaksi (VT).

Koemetsiköitä käsiteltiin kahdella toisistaan

poikkeavalla tavalla. Alaharvennuksessa poistettiin pääasiassa pienimpiä puita. Yläharvennuksessa (harsintaharvennuksessa) hakattiin paitisi pienimpiä, jälkeensä jääneitä puita, myös suurimpia valtapuita. Molemmissa tapauksissa harvennuksen voimakkuus oli puuston pohjapintalalla mitaten sama. Erilainen käsittely merkitsi sitä, että toistuvasti yläharvennetussa metsikössä oli päätehakkuvaiheessa jäljellä enemmän runkoja, mutta ne olivat pienempiä kuin alaharvennetussa metsikössä.

Yläharvennus hidasti puuston valtapituuden kehitystä. Syntynyt ero alaharvennetun männikön valtapituuteen oli noin yksi metri 25 vuodessa. Syynä tähän oli se, että yläharvennuksessa poistettiin myös suurimpia puita. Itse harvennustavalla ei ollut vaikutusta puiden pituuskasvuun. Tulos poikkeaa tältä osin tarkasteltavien kokeiden ensimmäistä 10-vuotiskautta koskevista tuloksista (Vuokila 1977). Näyttää siltä, että yläharvennetun metsikön pituuskasvu elpyy pitkän ajan kuluessa.

Puuston tilavuuskasvua koskevat tulokset vahvistavat Vuokilan (1977) aiempia tuloksia, joiden mukaan yläharvennus ei ainakaan alennan sen paremmin hoidetun, varttuneen männikön puuntuotosta kuin tuottojakaan. Puuston tilavuuskasvu oli 25 vuoden aikana yläharvennustavalla 7,6 % korkeampi kuin alaharvennustavalla käsitellyissä. Vuokilan havaitsema kasvueron ensimmäisten 10 vuoden aikana kokeiden perustamisesta oli 3 %. Yläharvennustavalla aiheuttama kasvun lisäys alaharvennustavalla verrattuna on näin ollen suurentunut kokeiden kestäessä.

Puukohtaisen kasvun tarkastelu osoitti, että kasvunlisäyksen syynä männiköissä olivat yläharvennustavalla vapautettujen lisävaltapuiden kasvureaktio sekä pienten puiden hyvä suhteellinen kasvu (Nyyssönen 1954, Mielikäinen 1978).

Tilanne muuttui ratkaisevasti, kun tarkasteltavaksi otettiin myös metsiköiden loppupuuston rakenne. Yläharvennettu puusto jäi järeydeltään jälkeen alaharvennustavalla, mikä näkyi päätehakkuupuuston tukkiosuudessa ja arvossa. Tukkipuun tuotoksen jälkeenjääneisyys oli suurin karuilla kasvupaikoilla, joilla keskiläpimitta ja tukkipuun osuus jäi muutenkin pieneksi. Nyt tarkastelluissa männiköissä harvennukset ja arvioitu päätehakkuu tuottivat yhteenlaskettuna yhtä paljon tukkipuuta ja hakkuutuloja harvennustavalla riippumatta. Kantorahatulojen nykyarvon laskeminen 4 %:n korolla teki yläharvennustavalla metsänomistajalle n. 10 % alaharvennustavalla edullisemmäksi.

Koesarjan ainoassa kuusikossa yläharvennus tuotti puuta ja hakkuutuloja hieman vähemmän ja kahdessa koivikossa selvästi vähemmän kuin alaharvennus. Tulosten yleistettävyyttä vähentävät kuusikon runsas mänty- ja koivusekoitus sekä koivikoiden karu kasvupaikka. Hynysen ja Kukkolan (1989) tutkimus viittaa siihen, että

myös kaikkein viljavimpien kasvupaikkojen varttuneet kuusikot saattavat sietää paitsi erittäin voimakkaita harvennuksia, myös harvennustavalla ylhäältäpäin. Tämän havainnon varmentaminen edellyttää jatkotutkimuksia.

Esitetyt tulokset ovat yhdenmukaiset ruotsalaisista harvennustapakokeista saatujen tulosten kanssa. Myös Ruotsissa yläharvennustavalla todettiin sopivan paremmin männiköille kuin kuusikoille. Erikssonin (1990) tutkimukset kokeet on perustettu tämän tutkimuksen aineistosta poiketen ensiharvennustavalla. Tuloksella on merkitystä nuorten männiköiden ns. laatuharvennustavalla, jossa on usein syytä poistaa myös metsikön suurimpia oksaisia puita.

Yläharvennus merkitsee metsikön kiertoajan pitenemistä, mikäli uudistuskypsyden kriteerinä on molemmissa harvennustavoissa sama puuston järeys. Männiköissä ero oli keskimäärin 11 v. Kiertoajan jatkaminen lisää yläharvennetun metsikön tukkipuun tuotosta parantaen vaihtoehdon kannattavuutta nyt esitettyihin tuloksiin verrattuna. Myös yläharvennettujen puustojen nopeampi kasvu erityisesti koejakson loppupuolella puoltaisi pitempää kiertoaikaa. Kaikkein huonokasvuisimmilla kasvupaikoilla toistuvat yläharvennukset voivat kuitenkin johtaa pelkän kuitupuun tuottamiseen myös pidennettyä kiertoaikaa käytettäessä. Hidas kasvu voi olla seurausta karusta kasvupaikasta tai pohjoisesta sijainnista.

Tämän tutkimuksen tuloksia ei pidä sekoittaa metsänhoidolliseen harsintaan, jota viime aikoina on kutsuttu myös nimellä jatkuva kasvatus. Metsänhoidollisen harsinnan tavoitteena on kasvattaa metsää jatkuvasti eri-ikäisenä ja saada se myös samalla uudistumaan. Tasaikäinen yläharvennettu metsikkö uudistetaan iän tai puuston järeiden saavuttaessa ohjeellisen uudistuskypsyden.

Harvennustavalla ei ole ratkaisevaa merkitystä varttuneen, hoidetun männikön tuotokseen ja tuottoihin Etelä-Suomessa, mikäli sekä ylä- että alaharvennustavalla noudatetaan samaa harvennustavalla voimakkuutta. Varttuneen metsikön käsittelyssä on näin entistä enemmän vapautta valita kuhunkin metsikköön ja kunkin metsänomistajan tavoitteisiin parhaiten sopiva harvennustavalla. Tärkeämpää kuin poistettavien puiden koko on kasvamaan jätettävän puuston kasvuisuus, laatu ja riittävä määrä.

Kirjallisuus — References

- Assmann, E. 1961. Waldertragskunde. BLV München. 490 s.
- Bergman, F. 1976. Kott- och fröegenskaper i skilda krondelar hos tall (*Pinus sylvestris* L.) i norra Sverige. Summary: Characteristics of cone and seed from different parts of the crown in Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in northern Sweden. Svenska skogshögskolan, Institutionen för skogsförnyring. Research notes 68. 162 s.
- Eriksson, H. 1976. Granens produktion i Sverige. Summary: Yield of Norway spruce in Sweden. Skogshögskolan, Institutionen för skogsproduktion. Rapporter och uppsatser 41. 291 s.
- 1990. Hur har det gått med höggallringen? What is the situation of selective thinning from above? Sveriges Skogsvårdsförbunds tidskrift 2: 42–57.
- Heikinheimo, O. 1932. Metsäpuiden siementämiskyvys-tä I. Referat: Über die Besamungsfähigkeit der Wald-bäume. I. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 17(3). 61 s.
- Hynynen, J. & Kukkola, M. 1989. Harvennustavan ja lannoituksen vaikutus männikön ja kuusikon kasvuun. Abstract: Effect of thinning method and nitrogen fertilization on the growth of Scots pine and Norway spruce stands. *Folia Forestalia* 731. 20 s.
- Hämäläinen, J. 1978. Harvennustavan vaikutus metsikön hakkuutuloihin, puuston arvoon ja kasvatuksen edullisuustunnuksiin. Puuntuotannon nykyhetken ongelmia. Metsäntutkimuslaitoksen 60-vuotisjuhla-retkeily. Retkeilyopas. s. 15–21.
- Koski, V. & Tallqvist, R. 1974. Tuloksia monivuotisista kukinnan ja siemensadon mittauksista metsäpuilla. Summary: Results of long-time measurements of the quality of flowering and seed crop of forest trees. *Folia Forestalia* 364. 60 s.
- Lähde, E. 1986. Metsänhoidon perusteista. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 218. 127 s.
- Metsänhoitosuosituksset 1989. Keskusmetsälautakunta Tapion julk. Helsinki. 55 s.
- Mielikäinen, K. 1978. Puun kasvun ennustettavuus. Abstract: Predictability of tree growth. *Folia Forestalia* 363. 15 s.
- Niemistö, P. 1990. Laatu puuta harventamalla. *Metsä ja Puu* 5: 8–10.
- Nyysönen, A. 1952. Puiden kasvusta ja sen määrittämisestä harsintamännikössä. Summary: On tree growth and its ascertainment in selectively cut Scots pine stands. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 40(4). 20 s.
- 1954. Hakkauksilla käsiteltyjen männiköiden rakenteesta ja kehityksestä. Summary: On the structure and development of Finnish pine stands treated with different cuttings. *Acta Forestalia Fennica* 60(4). 194 s.
- 1958. Kiertoaika ja sen määrittäminen. Summary: Rotation and its determination. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 49(6). 87 s.
- Puumarkkinatiedote 336. 1989. Puun ostot ja hinnat. Toim. E. Ylitalo. Metsäntutkimuslaitos, matemaattinen osasto. 6 s.
- Ranta, E., Rita, H. & Kouki, J. 1989. Biometria. 2. painos. Yliopistopaino. Helsinki. 569 s.
- Vuokila, Y. 1970. Harsintaperiaate kasvatushakuissa. Summary: Selection from above in intermediate cuttings. *Acta Forestalia Fennica* 110. 45 s.
- 1977. Harsintaharvennus puuntuotantoon vaikuttavana tekijänä. Abstract: Selective thinning from above as a factor of growth and yield. *Folia Forestalia* 298. 17 s.
- 1984. Harsinnan teoriaa ja käytäntöä. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 130. 107 s.

Total of 20 references

Summary

Effect of thinning method on the yield of middle aged stands in southern Finland

In Finland, forest stands have been thinned almost exclusively according to the principle of thinning from below, i.e. removing trees mainly from the lower crown classes. However, previous studies suggest that volume increment would be at least as great or even slightly greater if thinnings from above were applied. This would allow for more flexible thinning patterns and an increase in returns from thinnings. The purpose of this study is to compare the effect of these methods on increment and yield of stands in terms of volume and returns.

The research material consisted of 10 stands in Southern Finland. The dominant tree species was in seven cases Scots pine (*Pinus sylvestris*). Norway spruce (*Picea abies*), Silver birch (*Betula pendula*) and Pubescent birch (*Betula pubescens*) were dominant in one case each. Stand ages at establishment of the experiments ranged from 40 to 90 years (Table 1). The stands were treated with one to four thinnings of relatively low intensity during 20–24 years, preceded by thinnings from below in the first half of the rotation (Table 2). In thinnings from below, trees were removed mainly from the lower crown classes. In thinnings from above, some dominants and codominants in addition to suppressed individuals were removed. Trees that did not yet include sawtimber but were expected to reach the required minimum diameter soon, if released, were favoured in the treatment. In each stand, both methods were applied on an equal number of plots. In both treatments, the remaining basal area was equal.

When thinning from above, the remaining trees (mostly former codominants) of the conifer stands responded to release with a greater relative increase in diameter increment, which resulted in a greater basal area increment of the stand (Table 3).

No difference between treatments was observed in the increment of dominant height. However, each thinning from above reduced the dominant height of the stand by

0.1–0.7 m due to the removal of a number of dominant trees.

Stem form developed more or less similarly in both treatments (Figure 3). Consequently, a greater volume increment was obtained in the thinning from above in the pine stands (Figure 4, Table 3). The difference had increased since previous assessments, which suggests a more sustained response in the thinning from above. In the spruce stand, volume increment was about the same in both treatments, whereas in the birch stands, thinning from below was substantially more advantageous.

Total yield during the experiment of the pine stands thinned from above was greater than the yield of the stands thinned from below. In the spruce and birch stands, thinning from below resulted in a greater total yield (Table 5). However, the production of sawtimber volume was not enhanced by the application of thinning from above, as had been initially anticipated. Furthermore, the yield consisted of relatively small trees, so that the sawlog volume per tree was considerably smaller than in thinning from below (Figure 5, Table 6).

The sum of net revenues in the pine stands was about the same in both treatments (Figure 6). However, when discounted with 4 per cent to the establishment of the experiment, returns were considerably greater after thinning from above, due to the greater dimensions and higher values of the trees removed in thinnings. In spruce and birch stands, thinning from below was generally more advantageous in undiscounted values; the difference was very little in discounted values.

The results suggest that thinning from above does not reduce volume and value yields in a middle-aged pine stand, as opposed to thinning from below. However, the results of this study apply only to well stocked even-aged stands that consist of trees of a similar response capability.

Liite 1. Pohjapinta-alojen kasvuerojen merkitsevyyden testi koe yhdistelmillä, joissa koealat ovat käsittelyjen toistoja.
Appendix 1. The test of the significance of differences between means of treatments in basal area increment, by combinations of aggregable stands, plots considered replications.

Koe Stand	\bar{x}		S^2		DF	t-arvo t-value	Merkitsevyytaso (2-puoleinen testi) Significance level
	AH	YH	AH	YH			
	$m^2/ha/v - yr$						
7	0,735	0,765	0,00312	0,00239	13	1,11	> 0,10
9+10	0,316	0,286	0,00121	0,00011	4	1,43	> 0,10
34+39	0,612	0,694	0,00267	0,00204	10	2,93	0,01
5+6	0,316	0,364	0,00199	0,00232	6	1,46	> 0,10

Harvennustapa — *Thinning method*

AH = Alaharvennus — *Thinning from below*

YH = Yläharvennus — *Thinning from above*

Liite 2. Tilavuuskasvuerojen merkitsevyyden testi koe yhdistelmillä, joissa koealat ovat käsittelyjen toistoja.
Appendix 2. The test of the significance of differences between means of treatments in volume increment, by combinations of aggregable stands, plots considered replications.

Koe Stand	\bar{x}		S^2		DF	t-arvo t-value	Merkitsevyytaso (2-puoleinen testi) Significance level
	AH	YH	AH	YH			
	$m^2/ha/v - yr$						
7	10,22	9,77	0,814	0,564	13	1,05	> 0,10
9+10	3,93	3,37	0,411	0,033	4	1,45	> 0,10
34+39	8,16	8,97	1,17	1,19	10	1,29	> 0,10
5+6	2,77	2,97	0,31	0,22	6	0,546	> 0,10

Harvennustapa — *Thinning method*

AH = Alaharvennus — *Thinning from below*

YH = Yläharvennus — *Thinning from above*

METSÄNTUTKIMUSLAITOS

THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE

Tutkimusosastot — *Research Departments*

Maantutkimusosasto
Department of Soil Science

Suontutkimusosasto
Department of Peatland Forestry

Metsänhoidon tutkimusosasto
Department of Silviculture

Metsänjalostuksen tutkimusosasto
Department of Forest Genetics

Metsänsuojelun tutkimusosasto
Department of Forest Protection

Metsäteknologian tutkimusosasto
Department of Forest Technology

Metsänarvioimisen tutkimusosasto
Department of Forest Inventory and Yield

Metsäekonomian tutkimusosasto
Department of Forest Economics

Matemaattinen osasto
Department of Mathematics

Metsäntutkimusasemat — *Research Stations*

Parkanon tutkimusasema
Parkano Research Station
Os. — *Address:* 39700 Parkano, Finland
Puh. — *Phone:* (933) 82 912

Muhoksen tutkimusasema
Muhos Research Station
Os. — *Address:* Kirkkosaarentie, 91500 Muhos, Finland
Puh. — *Phone:* (981) 5331 404

Suonenjoen tutkimusasema
Suonenjoki Research Station
Os. — *Address:* 77600 Suonenjoki, Finland
Puh. — *Phone:* (979) 1381

Punkaharjun tutkimusasema
Punkaharju Research Station
Os. — *Address:* 58450 Punkaharju, Finland
Puh. — *Phone:* (957) 314 241

Ojajoen koeasema
Ojajoki Field Station
Os. — *Address:* 12700 Loppi, Finland
Puh. — *Phone:* (914) 40 356

Kolarin tutkimusasema
Kolari Research Station
Os. — *Address:* 95900 Kolari, Finland
Puh. — *Phone:* (9695) 61 401

Rovaniemen tutkimusasema
Rovaniemi Research Station
Os. — *Address:* PL 16
96301 Rovaniemi, Finland
Puh. — *Phone:* (960) 336 411

Joensuun tutkimusasema
Joensuu Research Station
Os. — *Address:* PL 68
80101 Joensuu, Finland
Puh. — *Phone:* (973) 1514 000

Kannuksen tutkimusasema
Kannus Research Station
Os. — *Address:* PL 44
69101 Kannus, Finland
Puh. — *Phone:* (968) 71 161

Ruotsinkylän jalostuskoeasema
Ruotsinkylä Field Station
Os. — *Address:* 01590 Maisala, Finland
Puh. — *Phone:* (90) 824 420



1991

- No 768 Saarsalmi, Anna, Palmgren, Kristina & Levula, Teuvo: Harmaalepän vesojen biomassan tuotos ja ravinteiden käyttö.
Biomass production and nutrient consumption of the sprouts of *Alnus incana*.
- No 769 Silfverberg, Klaus & Issakainen, Jorma: Tuhkalannoituksen vaikutukset metsämarjoihin.
Effects of ash fertilization on forest berries.
- No 770 Lipponen, Katriina: Juurikäävän kantotartunta ja sen torjunta ensiharvennusemetsiköissä.
Stump infection by *Heterobasidion annosum* and its control in stands at the first thinning stage.
- No 771 Selander, Jukka & Immonen, Auli: Lannoituksen vaikutus männyntaimen tuhonalttiuteen tukkimiehentäille.
Effect of fertilization on the susceptibility of Scots pine seedlings to the large pine weevil, *Hyllobius abietis*.
- No 772 Sirén, Matti (red.) Flerträdsteknik och skonsamma maskiner i förstagallring. Slutrapport från ett av Nordiska Skogsarbetsstudiernas Råd (NSR) genomfört forskningsprojekt, 1987–1989.
Puiden joukkokäsittely ja kevyt teknologia ensiharvennuksissa. Yhteisöpohjoismaisen NSR-projektin loppuraportti, 1987–1989.
Multi-tree processing and light technology in first thinnings. Final report for a research project of the Nordic Research Council on Forest Operations (NSR), 1987–1989.
- No 773 Hakkila, Pentti: Hakkuupoistuman latvusmassa.
Crown mass of trees at the harvesting phase.
- No 774 Korhonen, Kari T.: Sekamallitekniikalla laadittujen runkokäyrmallien käyttö metsäninventoinnissa.
Using taper curve models based on mixed linear models in forest inventory.
- No 775 Oja, Seppo & Salonen, Tommi (toim.): Metsäntutkimuslaitoksen julkaisut 1990.
Abstracts of publications of the Finnish Forest Research Institute, 1990.
- No 776 Mielikäinen, Kari & Valkonen, Sauli: Harvennustavan vaikutus varttuneen metsikön tuotokseen ja tuottoihin Etelä-Suomessa.
Effect of thinning method on the yield of middle-aged stands in southern Finland.