



FOLIA FORESTALIA

METSÄNTUTKIMUSLAITOS
THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE
HELSINKI 1990

752

Hannu Salminen & Martti Varmola

PUOLUKKATYYPIN KYLVÖMÄNNIKÖIDEN KEHITYS TAIMIKON
MYÖHÄISESTÄ HARVENNUKSESTA NUOREN METSÄN
ENSIHARVENNUKSEEN

Development of seeded Scots pine stands from precommercial
thinning to first commercial thinning

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-Ahvonen
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.

FOLIA FORESTALIA 752

Metsäntutkimuslaitos. Institutum Forestale Fenniae. Helsinki 1990

Hannu Salminen & Martti Varmola

PUOLUKKATYYPIN KYLVÖMÄNNIKÖIDEN KEHITYS TAIMIKON MYÖHÄISESTÄ HARVENNUKSESTA NUOREN METSÄN ENSIHARVENNUKSEEN

Development of seeded Scots pine stands from precommercial thinning
to first commercial thinning

Approved on 18.5.1990

SISÄLLYS

1. JOHDANTO	3
2. AINEISTO JA SEN KÄSITTELY	4
21. Koealat ja koejärjestely	4
22. Mittaukset	4
23. Laskenta	5
3. KOEMETSİKÖIDEN KEHITYS	5
31. Koemetsiköiden pituusbonitointi	5
32. Koemetsiköiden puustojen tilavuuskehitys	6
4. HARVENNUSVOIMAKKUUDEN VAIKUTUS PUIDEN KEHITYKSEEN	7
41. Keskipituuden kasvu	7
42. Keskiläpimitan kasvu	9
43. Pohjapinta-alan kasvu	9
44. Tilavuuskasvu	10
45. Järeysluokat	11
5. TEKNINEN LAATU	12
51. Suhdeasteikolla mitatut ominaisuudet	12
511. Paksuimman oksan läpimitta	12
512. Kapeneminen	13
513. Latvussuhde	14
52. Luokka-asteikolla mitatut ominaisuudet	14
521. Tekninen laatu ja terveys	14
6. ENSIHARVENNUS	17
61. Ensiharvennuksen kuvaus	17
62. Poistuman määrä ja rakenne	17
7. PÄÄTELMÄT	20
KIRJALLISUUS	21
SUMMARY	23
LIITTEET	24

Salminen, H. & Varmola, M. 1990. Puolukkatyyppien 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 p.

Tutkimuksessa tarkastellaan myöhäisen, noin 7 metrin valtapituusvaiheessa tehdyn taimikon harvennuksen vaikutusta kylvömännikön kehitykseen sekä noin 12 metrin valtapituusvaiheessa tehtyyn nuoren metsän ensiharvennukseen. Aineistona on kolmen kestokokeen yhteensä 64 koealaa, jotka on mitattu 19, 25 ja 30 vuoden ikäisinä. Taimikkovaiheessa koemetsiköt harvennettiin tiheyksiin 700, 1000, 1600, 2200 ja 3000—4000 kpl/ha. Osa koealoista jätettiin harventamatta. Puuston pituuskasvu osoittautui riippumattomaksi taimikon harvennusvoimakkuudesta. Puiden järeytymistä harvennus sen sijaan nopeutti selvästi varsinkin alle 2200 kpl/ha:n kasvatustiheyksillä. Pelkästään tilavuuskasvun kannalta edullisinta on harventaa taimikkoa hyvin lievästi (jäävä puusto noin 3000—4000 kpl/ha). Myös laatukehitys on parhaimmillaan tiheätköissä taimikoissa, mutta ero tiheyteen 2200 kpl/ha ei ole suuri. Kaikilla tutkimuksen koealoilla paksuimman oksan keskimääräinen läpimitta jäi alle 30 mm:n. Myöhäisessä valtapituusvaiheessa taimikko voidaan siis harventaa voimakkaasti laatukehityksen siitä ratkaisevasti kärsimättä. Ensiharvennuskertymää ajatellen sopivin kasvatustiheys riippuu käyttöpuulle asetettavasta läpimittavaatimuksesta. Jos ensiharvennuksessa halutaan mahdollisimman paljon käyttöpuuta (latvaläpimitta vähintään 5,5 cm, pituus vähintään 2 m), taimikonharvennus on tehtävä erittäin lievästi. Tällöin on mahdollista päästä aina 80—90 m³/ha:n käyttöpuukertymiin, jos ensiharvennuksessa jätetään 800—1200 runkoa hehtaarille. Poistettavien kuiturunkojen keskikoko on tällöin 30—40 dm³. Jos ensiharvennuksessa halutaan sekä kohtuullinen käyttöpuukertymä että järeys, on taimikko syytä harventaa noin 2000—2200 kpl/ha:n tiheyteen. Jos taimikko harvennetaan vieläkin voimakkaammin, puuston kasvu pienenee selvästi eikä ensiharvennusta ole syytä tehdä vielä 12 m:n valtapituudella. Tämän tutkimuksen koealoilla ei havaittu voimakkaasta taimikon harvennuksesta aiheutuneita haittoja esim. puiden terveydentilassa.

The aim of the study was to examine the effects of precommercial thinnings carried out in seeded Scots pine stands at the dominant height of 7 meters. The material was obtained from 64 sample plots in three thinning experiments. The sample plots were measured at the dominant heights of 7, 9.5 and 12 meters (age 19, 25 and 30 years). The last measurements were made at the dominant height of 12 meters at a time when the first commercial thinning was carried out on 20 sample plots. The height growth of the trees was independent of the thinning intensity, but precommercial thinning increased the mean diameter especially when the density was under 2200 stems/ha. The increase in total volume was the greater, the higher the growing stock level. If mortality is excluded, the total volume increment is highest when the density is 3000—4000 stems/ha. If large-sized merchantable wood is preferred in the first commercial thinning, then the density after precommercial thinning should be 2000—2200 stems/ha. The quality of the timber depends on the stocking density. The best results were achieved when the density was 3000—4000 stems/ha, although the diameter of the thickest branches remained under 30 mm also on the plots with a density of under 1000 stems/ha. Even at very low densities after precommercial thinning good quality is obviously attainable if the precommercial thinning is carried out not earlier than when the dominant height is 6—7 meters.

Keywords: Scots pine, seedlings, sapling stands, precommercial thinnings, first commercial thinnings.

ODC 242+562.22+ 174.7 *Pinus sylvestris*.

Authors' address: The Finnish Forest Research Institute, Rovaniemi Research Station. PL 16, SF-96301 Rovaniemi, Finland.

ISBN 951-40-1109-0
ISSN 0015-5543
Helsinki 1990. Valtion painatuskeskus

1. Johdanto

Puuntuotostutkimukset ovat perinteisesti kohdistuneet varttuneisiin metsiköihin. Harvennus- ja tuotosmallien laadinnan kannalta nuoret metsiköt ovat ongelmallisempia kuin varttuneet. Puiden kasvu on nuoruusvaiheessa usein epävakaata, ja monet häiriötekijät voivat johtaa virheellisiin ennusteisiin. Toisaalta kasvun mallittamisen näkökulmasta taimikot ovat mielenkiintoisia tutkimuskohteita. Niissä voidaan kokeellisesti tutkia puiden kasvutilan ja tilajärjestyksen vaikutuksia lyhyitä koejaksoja käyttäen. Erilaisia harvennus- ja istutuskokeita onkin perustettu runsaasti.

Metsikön perustamistiheyden merkitystä taimikoiden kehitykselle on tarkasteltu laajasti 1950-luvulta lähtien. Mäntytaimikoiden kehitystä ovat tarkastelleet mm. Andersson (1952), Eklund (1956) ja Elfving (1975). Mäntytaimikoiden käsittelyn ja laatu puun tuottamisen ongelmiin ovat puuttuneet Sirén (1956), Heiskanen (1965), Andersson (1961, 1968, 1975), Vuokila (1972, 1976), Persson (1976, 1977), Vestjordet (1977), Jakkila & Pohtila (1978), Parviainen (1978), Kellomäki & Tuimala (1981), Jokinen & Kellomäki (1982), Kärkkäinen & Uusvaara (1982), Thernström (1982), Varmola (1982), Näslund (1983), Fryk (1984), Halinen (1985) sekä Kellomäki & Väisänen (1986).

Taimikoiden käsittelyiden ajoitus ja voimakkuus vaikuttavat tulevien hakkuiden kannattavuuteen ja ajoitukseen. Käytännössä esitettävät kysymykset ovat Varmolan (1982) mukaan, mihin tiheyteen ja missä vaiheessa taimikko tulee harventaa.

Voimakas harvennus edistää puiden järeytymistä, mutta pienentää kokonaiskasvua ja heikentää laatukehitystä. Lieviä harvennuksia puolestaan on toistettava usein, jos halutaan taimien latvukseille vapaata kasvutilaa. Harvennusten ajoitus vaikuttaa oleellisesti laatukehitykseen ja edelleen ensiharvennusten ajoittumiseen. Mitä pitempään ja mitä tiheämpänä metsikkö kasvaa, sitä parempi on puuston tekninen laatu. Toisaalta Andersson (1968) esittää varhaista harvennusta puoltavan seikkana sen, että susipuut voidaan tällöin poistaa ilman huomattavia kasvutappioita ja laatu puuta saadaan enemmän.

Varmolan (1982) mukaan laatu näkökohtien huomioon ottaminen myöhäistää harvennusta, mutta 5–6 m:n valtapituusvaiheen jälkeestä tiheydestä ei ole enää sanottavaa hyötyä. Heiskanen (1965) sekä Jokinen & Kellomäki (1982) toteavat, että tiheässä metsikössä kuolleet oksat karsiutuvat hitaasti, mikä heikentää puiden teknistä laatua.

Metsikön nuoruusvaiheessa ei ole odotettavissa taloudellisesti kannattavia hakkuita, vaan suurin osa toimenpiteistä on pikemminkin investointeja tulevaisuuteen. Vasta ensiharvennuksen yhteydessä on tavallisesti edes mahdollista saada hakkuutuloja. Taimikon käsittelyn päätöksiä tehtäessä on tiedettävä, mitkä ovat ainespuun kokovaatimukset ja missä vaiheessa harvennuksista halutaan myyntikelpoista puutavaraa. Mitä aikaisemmin ja mitä järeämpää puutavaraa halutaan, sitä aikaisemmassa vaiheessa ja sitä voimakkaammin taimikot on harvennettava. Pelkästään suuren nettokasvun tavoittelemisen taas johtaa lieviin, puhdistusluonteisiin taimikon käsittelyihin.

Harvassa asennossa kasvatettujen taimien rungot ovat vahvoja ja latvus yleensä hyväkuntoinen ja tukevaoksa, joten ne kestävät lumen painon ja tuulen aiheuttamat rasitukset varsin hyvin. Toisaalta aikaisessa kehitysvaiheessa harvaan asentoon saatetut mäntytaimikot ovat alttiita hirvituhoille. Jos harvennus lykätään niin pitkälle, että poistettaville puille on muodostunut parkkikuorta, luodaan edellytykset männyn pystynävertäjän (*Tomicus piniperda*) lisääntymiselle.

Taimikon käsittelyn päätöksiä tehtäessä tavoitellaan valitun puutavaramallin mahdollisimman suurta tuotosta, jota rajoittavat tekniseen laatuun kohdistuvat vaatimukset ja tuhoriskit. Taloudellisessa tarkastelussa on merkittävää, kuinka monta käsittelykertaa kunkin metsikön hoito- ja hakkuuohjelma sisältää. Mitä vähemmän toimenpidekertoja, sitä pienemmät ovat kokonaiskustannukset.

Ei ole tarkoituksenmukaista laatia kaikkiin tilanteisiin sopivaa taimikon käsittelyohjetta. Pikemminkin voidaan pyrkiä päätöksentekoa tukeviin malleihin, joiden avulla määritetään kussakin yksittäisessä tilanteessa sovelias ratkaisu. Kattava ongelman käsittely

edellyttää taimikoiden kehityksen tuntemisen lisäksi taloudellisia laskelmia.

Taloudellisiin näkökohtiin ja taimikon käsittelyn ongelmiin palataan, kun laajempaa tarkastelua tukevat maastotiedot saadaan kerättyä (Vuokila 1986 s. 76—84). Tässä tutkimuksessa tarkastellaan puuston kehitystä eri

kasvatustiheyksillä myöhäisestä, 7 metrin valtapituusvaiheessa tehdystä taimikon harvennuksesta nuoren metsän ensiharvennukseen saakka. Keskeisin kysymys on, miten taimikon harvennus vaikuttaa puuston rakenteeseen ja laatuun sekä ensiharvennuskertymään.

2. Aineisto ja sen käsittely

21. Koealat ja koejärjestely

Tutkimuksen aineisto koostuu Metsäntutkimuslaitoksen metsänarvioimisen tutkimusosaston puuntuotoksen tutkimussuunnan 1970-luvun alussa perustamista taimikonharvennuskokeista. Koemetsiköitä on kolme ja ne sijaitsevat Virroilla, Mäntässä ja Valkealassa. Kasvupaikaltaan ne määritettiin puolukkatyyppiksi (VT). Virtain metsikkö perustettiin kylvämällä vuosina 1952 ja 1953. Osa siitä perattiin vuonna 1962. Mäntän metsikkö kylvettiin vuonna 1953, ja se harvennettiin kertaalleen tiheyteen 3000—4000 kpl/ha keväällä 1971 juuri ennen kokeen perustamista. Valkealan metsikkö perustettiin vuonna 1955 kylvämällä vuotta aiemmin kulutettu uudistusala. Se perattiin kokonaan vuonna 1962. Metsiköiden yleistiedot sekä puustotiedot kokeen perustamishetkellä ja ensiharvennusvaiheessa on esitetty liitteessä 1.

Virtain ja Valkealan koemetsiköt jaettiin kumpikin kahteen lohkon (lohkot 1 ja 2 sekä 4 ja 5). Mäntän koemetsikkö muodostaa yhden lohkon (lohko 3). Aiemmissa julkaisuissa (Varmola 1982, Vuokila 1986) Valkealan lohkot on esitelty erillisinä koemetsikköinä. Tilastollisissa analyyseissä kuudentena lohkona (lohko 6) käsiteltiin Valkealan koemetsikön lannoitettuja koealoja. Kussakin lohossa on viidestä kuuteen osalohkoa, joiden sisällä rajattiin 1—3 pääasiassa suorakaitteen muotoista, vähintään viiden metrin vaippa-alueen toisistaan erottamaa koealaa. Koealojen koko on 10,0—20,0 aaria, ja niitä on yhteensä 64 kpl (liite 2). Kussakin harvennusvaihtoehdossa olevat koealat kasvoivat samassa tiheydessä ensiharvennukseen saakka. Ensiharvennuksessa samaa tiheyttä edustavat koealat harvennettiin eri voimakkuuksilla, joten koejärjestelyn kannalta jatkossa siirrytään satunnaistettujen lohkojen kokeesta osaruutukokeeseen (*split-plot*).

Eri käsittelyvoimakkuudet liitettiin osalohkoihin satunnaisesti. Taimikonharvennuksia on kuutta eri voimakkuutta: 700, 1000, 1600, 2200, 3000 ja 4000 kpl/ha. Ohjeellisesta tiheydestä poikettiin koealoittain jonkin verran (liite 2). Seitsemäs käsittelyaste tarkoittaa harventamattomia, luonnontilassa kasvavia koealoja, joiden tiheys vaihtelee 2800—12540 kpl/ha. On huomattava, että osa luonnontilaisina käsiteltävistä koealoista on perattu tai kylvötuppaat harvennettu ennen kokeiden perustamista. Metsiköt on harvennettu noin 7 metrin valtapituusvaiheessa, ja ne edustavat siten metsänhoidollisesti myöhään harvennettua taimikoita.

22. Mittaukset

Tutkimuksen aineiston muodostavat kolmen mittauskerran tulokset. Kokeita perustettaessa puuston ikä oli 18—19 vuotta. Perustamisvaiheessa selvitetiin puustotunnukset erikseen harvennuksessa poistettavalle ja jäävälle puustolle. Tutkimuksen lähtöaineistona on pidetty jäävää puustoa. Runkolukulusarjan selvittämiseksi kaikista puista mitattiin rinnankorkeusläpimitta 1 cm:n tasaavaa luokitusta käyttäen. Rinnankorkeuden määrittäminen oli Ilvessalon (1948) mukainen, mikä kuitenkin pienissä puissa oli käytännössä 1,3 metriä maanpinnan tasosta. Koepuut valittiin systemaattisesti siten, että koko läpimittajakauma tuli tasaisesti edustetuksi. Koepuista määritettiin rinnankorkeusläpimitan lisäksi pituus. Valkealan koemetsikkö harvennettiin syksyllä 1972, mutta se mitattiin vasta seuraavana syksynä. Mittaustulokset muunnettiin siirtymälaskennalla vastaamaan välittömästi harvennuksen jälkeistä ajankohtaa. Poistettava puustoa ei mitattu.

Kokeiden toinen mittaus tehtiin 5—6 vuoden kuluttua kokeen perustamisesta. Koepuiden valinnassa käytettiin kupu-summointia (Laasasenaho 1973), jonka avulla saatua otosta tarvittaessa täydennettiin mittaamalla lisää koealan järeimpiä puita. Koepuiden rinnankorkeus- ja yläläpimitat mitattiin kahtena ristikkäisenä mittauksena 1 cm:n tasaavaa luokitusta käyttäen. Koepuista mitattiin lisäksi pituus ja elävän latvuksen alaraja. Valkealan koemetsikön toisessa lohossa mitattiin vain yksi koeala jokaisesta käsittelyruudusta, joten tältä osin aineisto ei ole tasapainoinen. Suurin osa tarkasteluista ja kaikki tilastolliset testit tehdäänkin perustamismittauksen ja viimeisimmän mittauksen perusteella.

Kolmas mittaus tehtiin 10—12 vuoden kuluttua kokeiden perustamisesta. Kaikki puut numeroitiin ja rinnankorkeusläpimitta mitattiin lukupuistakin kahtena ristikkäisenä mittauksena millimetrin tarkkuudella. Virtojen ja Valkealan koemetsiköiden kaikista puista määritettiin silmävaraisesti latvuserros, tekninen laatu ja terveydentila (Metsikkökokeiden maastotyöohjeet 1982). Virtain koemetsikön koepuista mitattiin normaalien koepuumittausten lisäksi paksuimman oksan läpimitta ja laatu (tuore/kuiva).

Pituusbonitoinnissa käytettävät pituuskasvut (Hägglund 1976) mitattiin Virroilla ja Mäntässä vuonna 1983 ja Valkealassa vuonna 1985. Mitattaviksi valittiin satunnaisesti viisi valtapuuta kultakin koealalta.

23. Laskenta

Koealojen puustotunnukset laskettiin Metsäntutkimuslaitoksen koealojen peruslaskentaohjelmistolla KPL (Heinonen 1981). Puustotunnukset esitettiin erikseen yhdeksälle runkolukusarjan osalle. Tulosten perusteella voitiin tarkastella 100, 200, 400, 600, 900, 1200, 1500 tai 2000 paksuimman puun/ha kehitystä kullakin koealalla. Lisäksi laskettiin puustotunnukset koko puustolle. Kasvut laskettiin jakson loppu- ja alkuarvojen erotuksena. Koemetsiköiden puut on numeroitu pysyvästi vasta viimeisen mittauksen yhteydessä, joten menetelmällä ei ole voitu laskea puukohtaisia kasvuja. Niinpä esim. 100 paksuimman puun/ha tilavuuskasvu laskettiin siten, että alkupuustoksi otettiin 100 paksuinta puuta jakson alkutilantassa ja loppupuustoksi 100 paksuinta puuta jakson lopussa. Kyse on siis kahdesta ainakin osittain erilaisesta puujoukosta. Runkolukusarjan eri osien väliset vertailut eivät siten ole täysin luotettavia.

Koejärjestelyä käsiteltiin satunnaistettujen lohkojen kokeena. Kunkin lohkon sisällä käsittelety on kohdistettu osalohkoihin satunnaisesti. Osalohkojen sisällä ole-

vien samalla tavoin käsiteltyjen koealojen keskiarvoa käsiteltiin testeissä yhtenä havaintona. Varianssianalyysillä vertailtiin erotusmenetelmällä laskettuja kasvuja.

Mäntän koemetsikössä koejärjestelyn mukaan käsittelemättömät, mutta todellisuudessa ennen kokeen perustamista kertaalleen harvennetut ruudut rinnastettiin varianssianalyysissä luonnontilaisiin koealoihin. Lisäksi tiheyteen 3750—4100 kpl/ha harvennetut koealat rinnastettiin tiheyteen 2776—3208 kpl/ha harvennettuihin koealoihin. Näillä järjestelyillä aineisto jäi epätasapainoiseksi ainoastaan voimakkaimmin harvennettujen koealojen osalta. Harvennuksia tiheyksiin 600—700 kpl/ha ei ole käytetty Virtain koemetsikössä, jossa on kaksi kaikkiaan kuudesta tarkasteltavasta lohkoista.

Eri lohkojen ja eri harvennusvoimakkuuksien pareittaisia vertailuja varten laskettiin Scheffen (1959) esittämällä menetelmällä todennäköisyydet sille, että keskiarvoparien odotusarvot eroavat toisistaan. Menetelmää voidaan soveltaa, vaikka vertailtavissa luokissa olisi eri määrä havaintoja. Liitteessä 3 esitetään odotusarvojen erotukset niiden vertailuparien osalta, joissa erotuksen todennäköisyys on yli 50 %.

3. Koemetsiköiden kehitys

3.1. Koemetsiköiden pituusbonitointi

Kultakin koealalta mitattiin Hägglundin (1976) esittämällä tavalla viidestä valtapuusta 2,5 m:n yläpuolelta seuraavan viiden vuoden pituuskasvu. Tämän ns. intercept-menetelmän suomenkieliseksi nimeksi on ehdotettu ”välipituusmenetelmää” (Huhta & Meriluoto 1980), jolloin viiden oksakiehkuravälin yhteenlaskettua pituutta nimitetään välipituudeksi. Varmolan (1987) mukaan välipituusmenetelmään perustuva pituusboniteettimalli näyttää sopivan hyvin Suomen oloihin, joskin se on harhainen kaikkein parhaimmilla kasvupaikoilla.

Ennustettua valtapituutta 100 vuoden iällä kuvaavat pituusboniteetti-indeksit laskettiin mitatuista pituuskasvuista Hägglundin (1976) esittämällä yhtälöllä:

$$H100 = 3,76455 + 0,54467 * \ln(ih5)$$

$$H100 = \text{pituusboniteetti-indeksi, dm}$$

ih5 = 2,5 metrin korkeudelta alkavan viiden seuraavan vuoden pituuskasvu, dm

Koelakohtainen pituusboniteetti-indeksi saatiin viidelle valtapuulle laskettujen indeksien aritmeettisena keskiarvona. Koemetsiköiden pituusboniteetti-indeksien keskiarvot olivat:

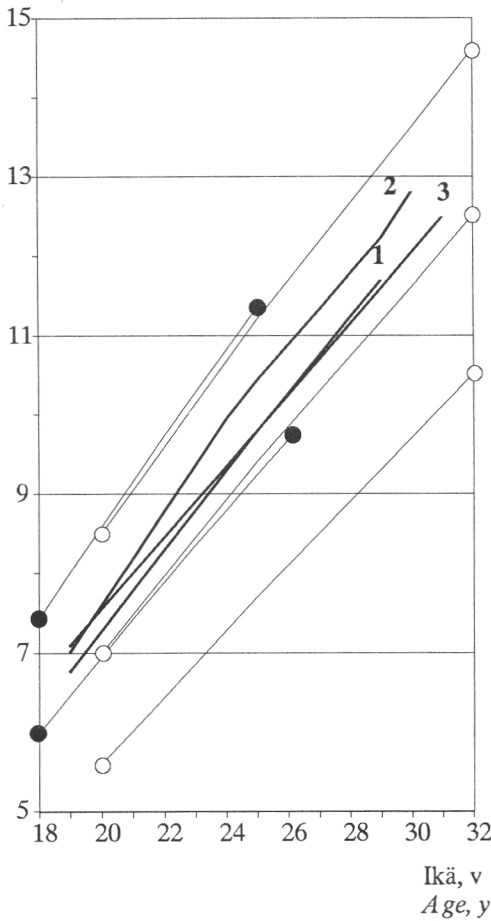
Koemetsikkö Stand	H100, m H100, m	hajonta, m deviation, m
Virrat	25,3	1,1
Mänttä	25,1	0,8
Valkeala	22,2	2,5

Vuokilan (1983) mukaan pituusboniteettiluokan 24 vastinmetsätyyppi on VT ja luokan 27 MT, joten koemetsiköt edustavat pituusboniteetti-indeksin perusteella hyvää puolukkatyyppiä. Välipituusmenetelmällä lasketut pituusboniteetti-indeksit vastasivat koemetsikköjen pituus- ja tilavuuskehitystä. Ikään ja valtapituuteen perustuvalla menetelmällä (kuva 1) päädyttäisiin pituusboniteettiluokkiin 27—30 (Vuokila & Väliaho 1980).

Kallio (1960) on tarkastellut toistuvasti harvennettuja eteläsuomalaisia kylvömänniköitä, joita kaikkia oli joko edellisenä 10-vuotiskautena tai aikaisemmin harvennettu tai perattu. Kallion (mt.) tutkimuksessa puolukkatyyppin koemetsiköiden keskitiheys iällä 23—25 vuotta oli noin 2600 kpl/ha ja iällä 30—35 vuotta noin 2300 kpl/ha. Nyt tutkittavien koemetsiköiden valtapituuskehitys osuu Kallion (1960) aineiston puolukka- ja mustikkatyyppin välille.

Metsänkäsittelyn vaikutuksia arvioitaessa

Valtapiuus, m
Dominant height, m



H100=30 (Vuokila & Väliaho 1980) ○—○
 H100=27 (Vuokila & Väliaho 1980) ○—○
 H100=27 (Varmola 1987) ●—●
 H100=24 (Vuokila & Väliaho 1980) ○—○
 H100=24 (Varmola 1987) ●—●

Kuva 1. Koemetsiköiden 1, 2 ja 3 valtapiuuden kehitys. Pituusboniteettiluokat 24, 27 ja 30 Vuokilan ja Väliahon (1980) sekä 24 ja 27 Varmolan (1987) mukaan.

Fig. 1. Dominant height development on the experimental stands 1, 2 and 3. Height index (H100) classes 24, 27 and 30 according to Vuokila and Väliaho (1980), and classes 24 and 27 according to Varmola (1987).

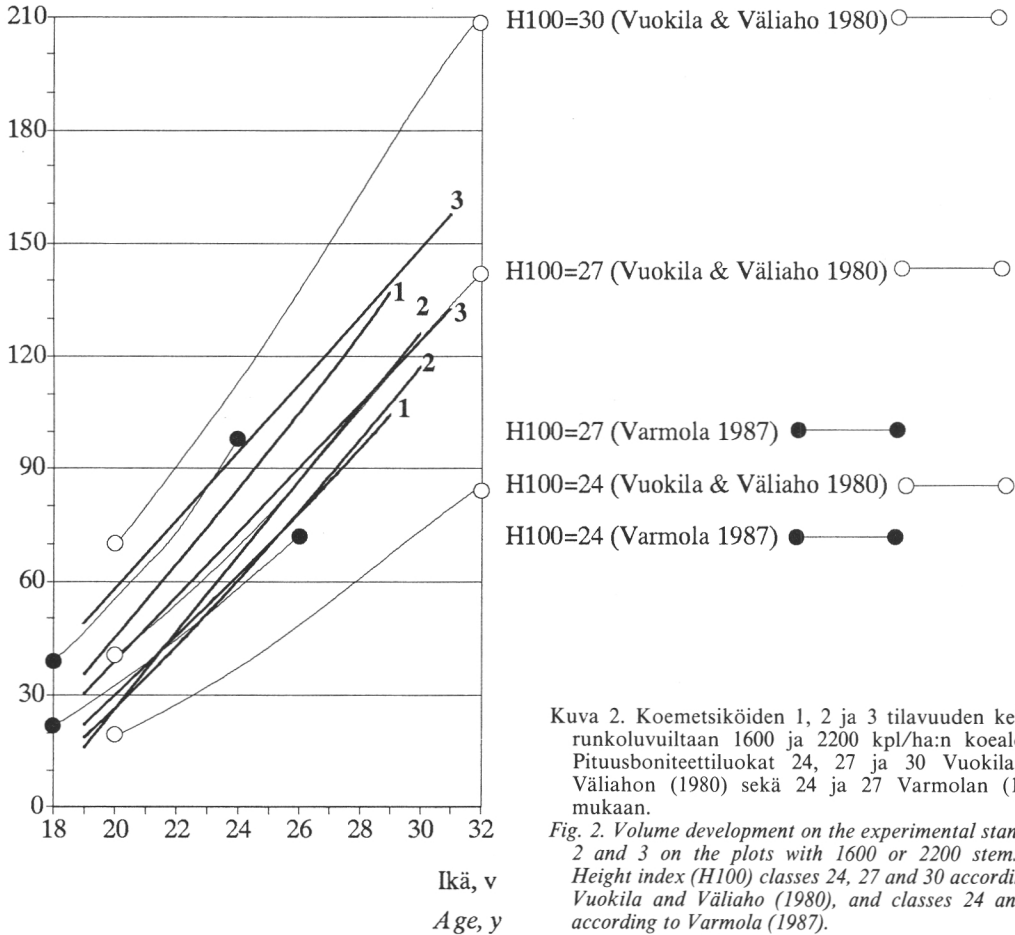
on tiedettävä, onko eri käsittelyryhmien välillä kasvupaikkavaihtelua. Esim. Parviainen (1978) pyrki eliminoimaan kasvupaikkaerojen vaikutuksen tuloksiin käyttämällä kovarianssianalyysia, jossa mallin regressiomuuttujaksi valittiin puuston valtapiuus. Kaikkien nyt tarkasteltavana olevien metsiköiden metsätyyppi on määritetty puolukkatyyppi. Myös puuston valtapiuus vaihtelee koaloittain varsin vähän. Varianssianalyysi osoittaa, että lohkojen väliset pituusboniteettierot ovat tilastollisesti merkitseviä (liite 3). Käsittely puolestaan ovat pituusboniteetiltaan yhtenäisiä. Koejärjestely pienentää siten onnistuneesti jäännösvaihtelua.

32. Koemetsiköiden puustojen tilavuuskehitys

Koemetsiköiden tilavuuskehitys noudattelee Vuokilan ja Väliahon (1980) pituusboniteeteille 27 ja 30 laatimia malleja kuitenkin siten, että alkutilanteessa eli taimikon harvennuksen jälkeen koemetsiköiden tilavuudet ovat olleet alhaisempia (kuva 2). Vuokilan ja Väliahon tutkimuksesta vertailtaviksi valittiin runkoluvultaan 2000 kpl/ha metsiköille esitetyt mallit. Varmolan (1987) tutkimuksessa pituusboniteettiluokkien 24 ja 27 kehitys kuvataan puustoille, joiden tiheydet ovat vastaavasti 1800 ja 2000 kpl/ha. Mainittuja malleja verrataan nyt havaittuun tilavuuskehitykseen koaloilla, joiden runkoluku on 2200 ja 1600 kpl/ha (kuva 2).

Tilavuus, m³/ha

Volume, m³/ha



Kuva 2. Koemetsiköiden 1, 2 ja 3 tilavuuden kehitys runkoluvuiltaan 1600 ja 2200 kpl/ha:n koealoilla. Pituusboniteettiluokat 24, 27 ja 30 Vuokilan ja Väliahon (1980) sekä 24 ja 27 Varmolan (1987) mukaan.

Fig. 2. Volume development on the experimental stands 1, 2 and 3 on the plots with 1600 or 2200 stems/ha. Height index (H100) classes 24, 27 and 30 according to Vuokila and Väliaho (1980), and classes 24 and 27 according to Varmola (1987).

Tarkasteltavassa aineistossa koealojen tilavuudet ovat kehittyneet sekä Kallion (1960) että Vuokilan ja Väliahon (mt.) lähinnä mustikkatyypin metsiköille esittämien arvioiden mukaisesti. Verrattaessa tilavuuskehitystä

Varmolan (mt.) esittämiin tuloksiin koemetsiköiden kehitys osuu pituusboniteettien 24 ja 27 välille, mikä vastaa hyvän puolukkatyyppin ja mustikkatyypin taimiköiden kehitystä.

4. Harvennusvoimakkuuden vaikutus puiden kehitykseen

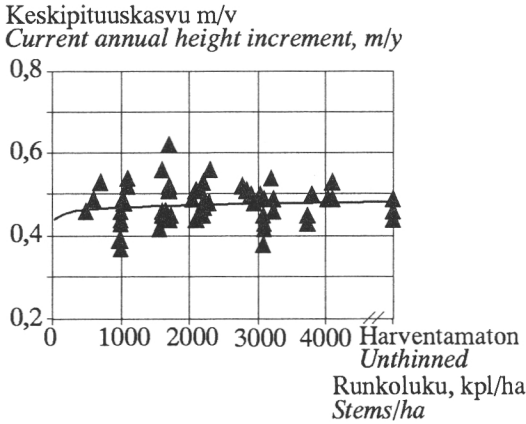
4.1. Keskipituuden kasvu

Puiden pituuskasvu on ollut jokseenkin riippumaton kasvatusiheydestä (kuvat 3 ja 4). Varianssianalyysin (liite 3) mukaan lohkot eroavat toisistaan merkitsevästi, mutta käsit-

telyjen välillä ei ole tilastollisesti merkitseviä eroja. Pareittaisissa vertailuissa (liite 3) erottuu Valkealan koemetsikön keskimäärin muita pienempi pituuskasvu.

Parviaisen (1978) riukuvaiheen männiköitä käsittelevässä tutkimuksessa puuston keski-

pituus yleensä lisääntyi alaharvennetussa puustossa hieman enemmän kuin käsittelmättömässä. Erot olivat tilastollisesti merkitseviä kuitenkin vain yhdessä kokeessa, lievimmän (5800 kpl/ha) ja muiden käsittelyasteiden välillä. Parviaisen (mt.) mukaan puiden pituuskasvu alkaa selvästi hidastua vasta tässä tiheydessä.

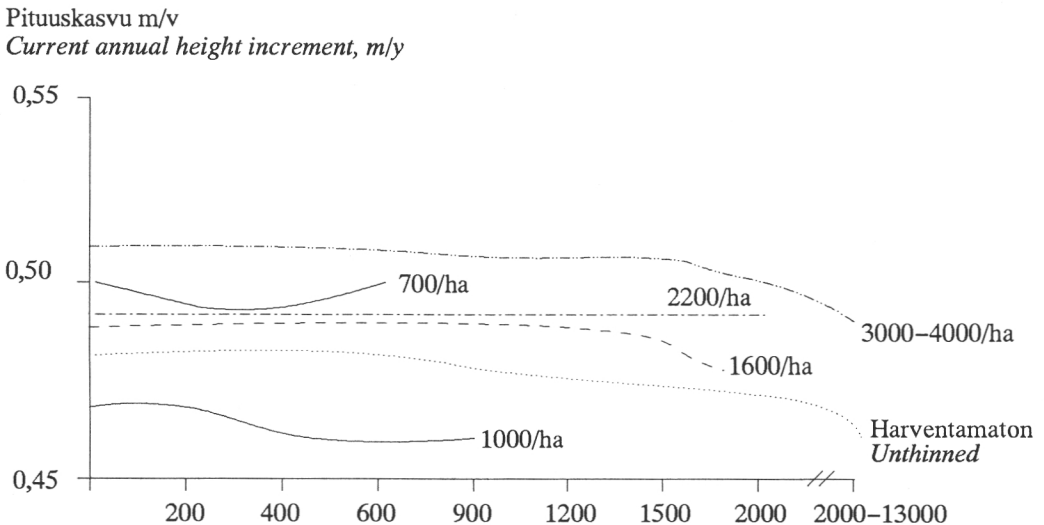


Kuva 3. Puuston keskipituuskasvun riippuvuus kasvustiheydestä (korrelaatiokerroin = 0,1 ja sovitettu käyrä $Y = 0,42 \cdot X^{0,02}$).

Fig. 3. Mean annual height increment as a function of stem number (correlation coefficient = 0,1 and fitted curve $Y = 0.42 \cdot X^{0.02}$).

Vuokilan (1980) mukaan sekä liian harva että ylitieheä kasvatusasento heikentävät keskipituuskasvua. Tiheyksissä 1000–4000 kpl/ha, jota suurin osa nyt tarkasteltavista koealoista edustaa, ei hänen mukaansa kasvun heikkenemistä vielä esiinny. Edelleen Vuokila (1972) toteaa, että Suomessa oletetaan pituuskasvun olevan voimakkainta yleisesti käytettäviä kasvustiheyksiä tiheimässä asennossa. Käsittelyssä aineistossa ei tällaista voitu havaita.

Näslundin (1971) mukaan pituuskasvu on suurinta tiheimissä metsiköissä. Toisaalta käsittelyn vaikutus ei ole merkittävä verrattuna esimerkiksi kasvupaikan ja geneettisten erojen vaikutukseen. Eriksson (1965) toteaa, että männikön erittäin voimakas ja harvoin toistuva harvennus parantaa vallitsevien puiden pituuskasvua. Vanhemmissa ruotsalaisissa tutkimuksissa (Pettersson 1955) ollaan yleisesti sitä mieltä, ettei kasvatusohjelma vaikuta valtapituuden kehitykseen normaaleilla kasvustiheyksillä. Tämän tutkimuksen perusteella taimikon harvennuksen voimakkuus ei vaikuta puolukkatyyppin kylvömännikön pituuskehitykseen.



Kuva 4. Puuston keskipituuskasvu runkolukusarjan eri osissa.

Fig. 4. Current annual height increment in the different classes of the stem distribution.

42. Keskiläpimitan kasvu

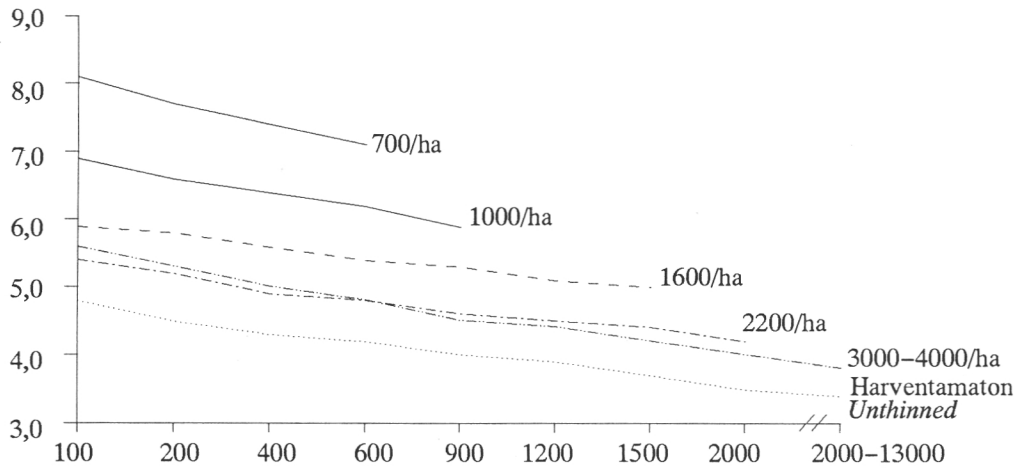
Puiden paksuuskasvu on selvästi riippuvainen puuston kasvatusitiheydestä (kuvat 5 ja 6). Nopeinta kasvu on ollut harvimmissa taimikoissa. Alle 2200 kpl/ha tiheys nopeuttaa selvästi järeytymistä. Varianssianalyysin (liite 3) mukaan käsittelyjen välillä oli tilastollisesti merkitseviä eroja, mutta lohkojen välillä ei ollut.

Luonnontilaisten koealojen erotusmenetelmällä laskettua keskiläpimitan kasvua lisää näennäisesti se, että osa pienimmistä puista kuoli koejakson aikana. Harvennettujen koealojen runkoluvut pysyivät likimäärin samoina koko koejakson ajan. Luonnontilaisten koealojen runkoluvut vaihtelivat kokeen perustamisvaiheessa 7300—12500 kpl/ha ja kokeen lopussa 3300—6300 kpl/ha.

Vestjordanin (1977) mukaan metsikön tiheyden pieneneminen 2500 rungosta/ha nopeuttaa järeytymistä suhteellisesti enemmän kuin siirtyminen tiheämpiin kasvatusasentoihin sitä hidastaa. Tämän tutkimuksen tulokset tukevat mainittua päätelmää.

Pohjapinta-alalla painotetun keskiläpimitan kasvu, mm/v

Current annual increase in mean diameter weighted by basal area, mm/y



Kuva 6. Puuston rinnankorkeusläpimitan kasvu runkolukusarjan eri osissa.

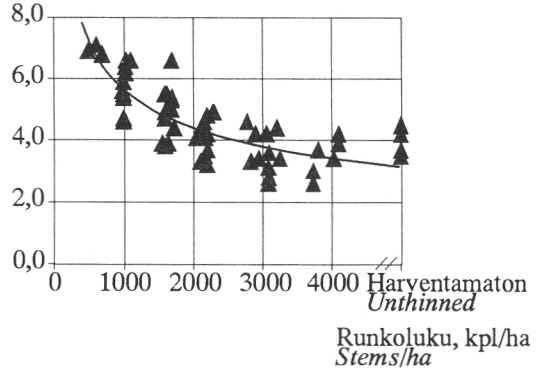
Fig. 6. Current annual increase of mean diameter in the different classes of the stem distribution.

43. Pohjapinta-alan kasvu

Puuston pohjapinta-alan kasvu riippuu selvästi puustopääomasta. Harventaen aikaansaadut puustoterot ovat yleensä voimistuneet mittaajakson aikana.

Pohjapinta-alalla painotetun keskiläpimitan kasvu, mm/v

Current annual increase in mean diameter weighted by basal area, mm/y

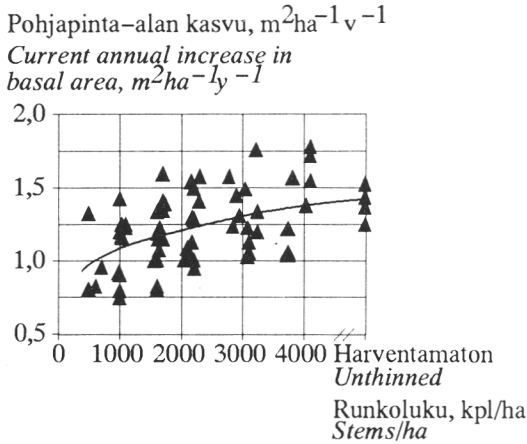


Kuva 5. Rinnankorkeusläpimitan kasvun riippuvuus kasvatusitiheydestä (korrelaatiokerroin = -0,76 ja sovitettu käyrä $Y = 69,27 \cdot X^{-0,36}$).

Fig. 5. Current annual increase in mean diameter as a function of stem number (correlation coefficient = -0.76 and fitted curve $Y = 69.27 \cdot X^{-0.36}$).

Järeintä puuta/ha
Thickest trees/ha

Pohjapinta-ala kasvoi mittausten mukaan eniten erittäin lievästi harvennetuilla koealoilla (kuvat 7 ja 8). Puiden kuoleminen luonnontilaisilla koealoilla näkyy myös pohjapinta-alan kehityksessä. Tiheyteen 2200 ja 3000 kpl/ha harvennettujen koealojen kasvuissa ei ole juurikaan eroa.



Kuva 7. Puuston pohjapinta-alan kasvun riippuvuus kasvustiheydestä (korrelaatiokerroin = 0,51 ja sovitettu käyrä $Y = 0,27 \cdot X^{0,2}$).
 Fig. 7. Current annual increase in basal area as a function of stem number (correlation coefficient = 0.51 and fitted curve $Y = 0.27 \cdot X^{0.2}$).

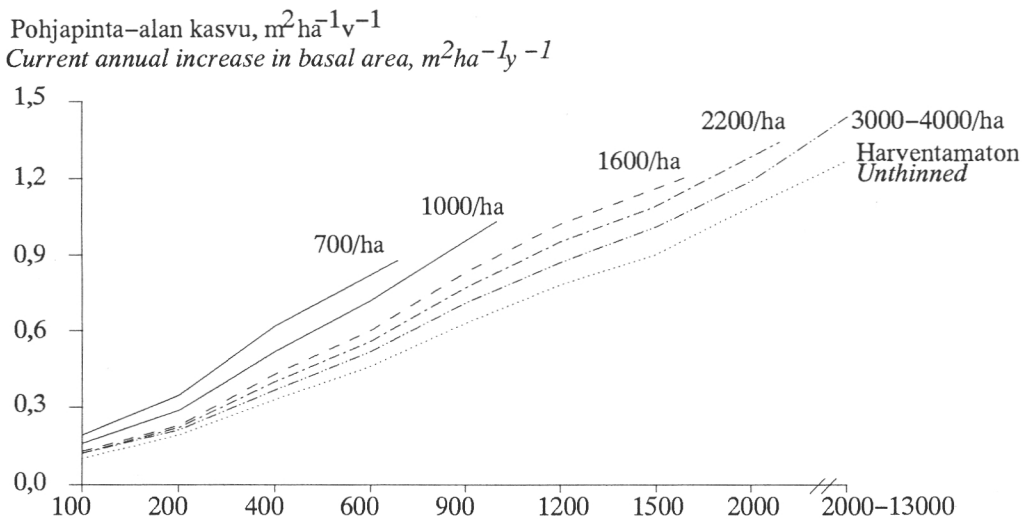
Valtapuuston osalta suotuisimmat kasvuolot ovat olleet kaikkein voimakkaimmin harvennetuilla koealoilla. Luonnontilaisilla koealoilla vallitsevan puuston pohjapinta-alan kasvu on ollut samaa luokkaa kuin käytettäessä kasvatustiheyksiä 1600—2200 kpl/ha.

Varianssianalyysin mukaan käsitellyt erot ovat toisistaan tilastollisesti merkitsevästi (liite 3). Scheffen testin (liite 3) perusteella pohjapinta-alan kasvu on herkempi tiheyden muutoksille alle 2200 kpl/ha tiheyksillä kuin sitä tiheimmissä kasvuasunnoissa.

44. Tilavuuskasvu

Tarkastelun lähtökohdanna on ollut taimikon harvennuksessa jätetty puusto. Tiheyden lisääntyminen 3000—4000 kpl/ha saakka lisäsi tilavuuskasvua (kuvat 9 ja 10). Luonnontilaisilla koealoilla erotusmenetelmällä laskettu kasvu oli kuolleisuuden vuoksi pienempi kuin lievästi käsitellyillä koealoilla. Luonnonpoistuman osuutta kokonaistilavuudesta ei arvioitu.

Varianssianalyysi (liite 3) osoitti, että tilavuuskasvat eroavat merkitsevästi eri käsitteilyissä. Myös lohkojen välillä on eroa, mutta ei tilastollisesti merkitsevää (alle 95 %:n luotettavuus). Scheffen testin (liite 3) perusteella



Kuva 8. Puuston pohjapinta-alan kasvu runkolokuserjan eri osissa.
 Fig. 8. Current annual increase in basal area in the different classes of the stem distribution.

Järeinä puuta/ha
 Thickest trees/ha

suurimmat erot ovat verrattaessa tiheyttä 1000 kpl/ha muihin käsittelyihin.

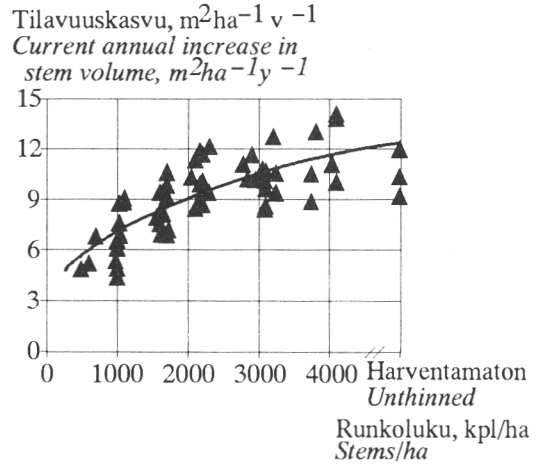
Koska eri käsittelyjen välillä ei ollut pituuskasvueroja, voidaan tilavuuskasvun sanoa pääpiirteissään noudattelevan puuston pohjapinta-alan kasvua. Erot tilavuuskasvussa olivat hieman suurempia kuin pohjapinta-alan kasvussa, koska voimakas harvennus heikensi runkomuotoa.

45. Järeysluokat

Kokeen perustamisen yhteydessä (valtapituus noin 7 metriä) tiheyteen 1000–2200 kpl/ha harvennetuilta koaloilta poistettiin puuta 12–18 m³/ha ja tiheyteen 3000–4000 kpl/ha harvennetuilta noin 4 m³/ha. Käyttöpuun osuus poistumasta oli käytännössä merkityksetön.

Runkoluvun vaikutus puuston kokonaistilavuuteen pieneni tiheyden ylitettyä 2200 kpl/ha. Ensiharvennusvaiheen käyttöpuumääriä laskettaessa otettiin huomioon vähintään kaksi metriä pitkät pölkyt, joiden järeys määritettiin kuorenpäällisen latvaläpimitan perusteella. Yli 5,5 cm:n läpimittaisen käyttöpuun määrä oli kuitenkin suurin lievästi harvennetuilla koaloilla (kuva 11). Yli 9,5

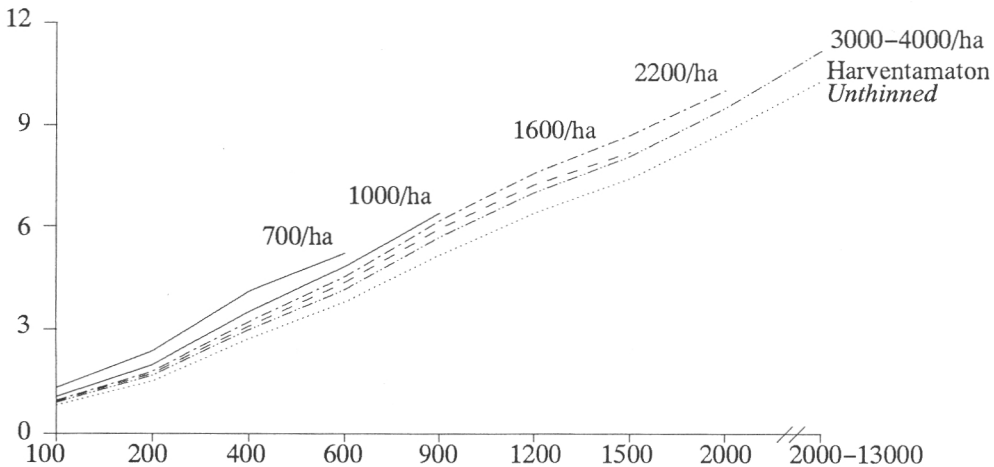
cm läpimittaisen puun määrä lisääntyi kasvatustiheyden myötä aina 2200 kpl/ha. Sen sijaan järeydeltään yli 14,5 cm olevan puun määrä oli sitä suurempi, mitä harvempuna metsikkö oli kasvanut. Ensiharvennusvaiheessa järeydeltään yli 20,5 cm olevaa puuta oli vain kaikkein harvimmassa asennossa.



Kuva 9. Puuston tilavuuskasvun riippuvuus kasvatustiheydestä (korrelaatiokerroin = 0,56 ja sovitettu käyrä $Y = 0,56 \cdot X^{0,36}$).

Fig. 9. Current annual increase in volume as a function of stem number (correlation coefficient = 0.56 and fitted curve $Y = 0.56 \cdot X^{0.36}$).

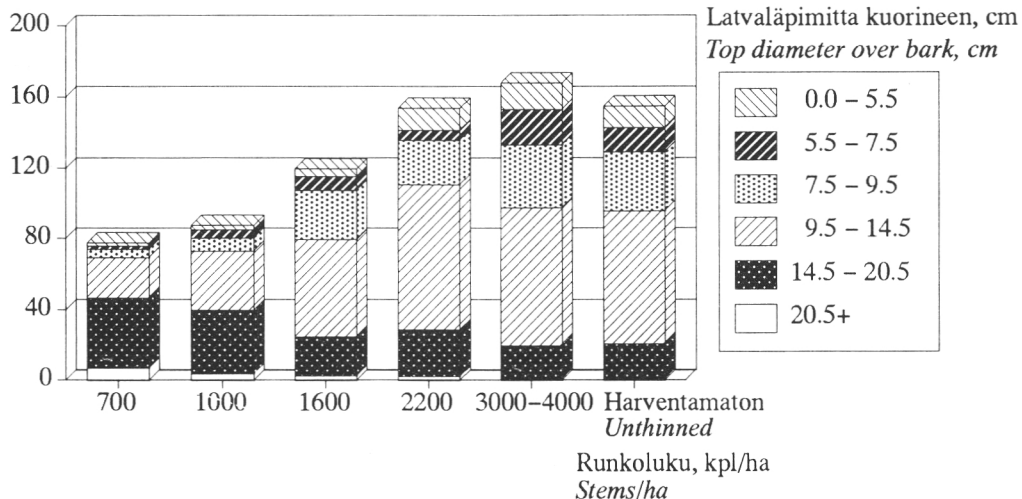
Tilavuuskasvu, m³ha⁻¹ v⁻¹
Current annual increase in stem volume, m³ha⁻¹ y⁻¹



Kuva 10. Puuston tilavuuskasvu runkolukusarjan eri osissa.

Fig. 10. Current annual increase in volume in the different classes of the stem distribution.

Käyttöpuun tilavuus m³/ha
Merchantable stem volume, m³/ha



Kuva 11. Käyttöpuun tilavuuden jakautuminen kuorenpäällisen latvaläpimitan mukaisiin järeysluokkiin eri kasvatustiheyksillä ennen kaupallista ensiharvennusta 12 metrin valtapitusvaiheessa (kuitupuun minimipituus 2 metriä).

Fig. 11. The merchantable wood (minimum length 2 meters) in overbark topdiameter classes with respect to stem number before the first commercial thinning at the dominant height of 12 meters.

5. Tekninen laatu

51. Suhdeasteikolla mitatut ominaisuudet

511. Paksuimman oksan läpimitta

Oksamittauksia tehtiin vain Virtain koemetsikössä vuonna 1981. Ensiharvennusvaiheessa paksuimman oksan keskiläpimitta vaihteli koelaittoain välillä 18 mm—28 mm.

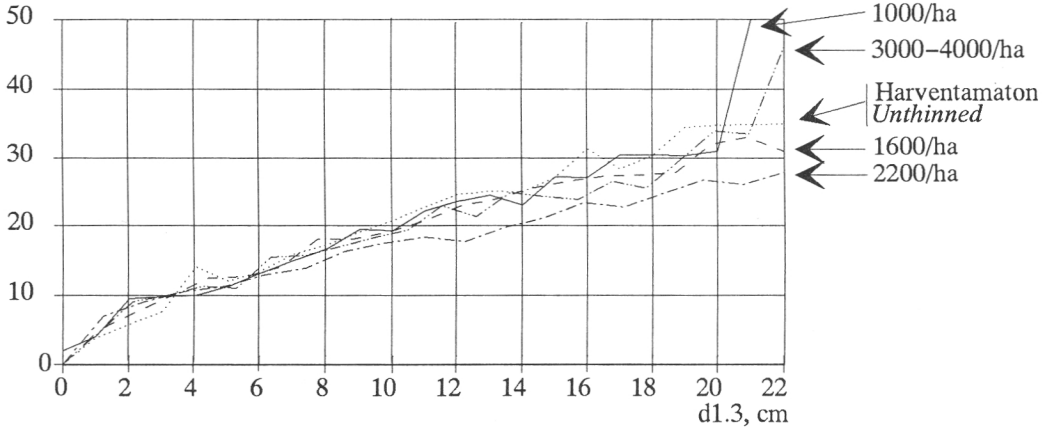
Puiden oksikkuus eri kasvatustiheyksissä noudatti puuston yleistä järeytymistä; mitä järeämpiä puut olivat, sitä paksumpia olivat oksat (kuva 12). Paksuimman oksan läpimitan ja rinnankorkeusläpimitan suhde oli likimain sama kaikilla koelaittoilla. Kasvatustiheyksistä ainoastaan 2200 kpl/ha erottui hieman muista. Thernströmin (1982) mukaan harvennusajankohta vaikuttaa rinnankorkeusläpimitan ja paksuimman oksan läpimitan suhteeseen huomattavasti selvemmin kuin kasvatustiheys. Luonnontilaisilla koelaittoilla paksuimpien oksien läpimitat olivat verrattain suuria. Tämä johtui ns. susipuista, jotka olisi taimikon harvennuksessa poistettu. Ainakin istutusmännikköihin ver-

rattuna (Varmola 1980, 1982) tarkasteltavana olevaa metsikköä voidaan pitää ohutoksisena.

Heiskasen (1965) mukaan nimenomaan puolukkatyyppin metsikössä kasvatustiheydellä on merkitystä laatukehitykseen, sillä rehevillä kasvupaikoilla huomattavakaan suuri tiheys ei johda hyvään laatuun, ja karuilla kasvupaikoilla hyvä tekninen laatu saavutetaan harvoissakin kasvatusasunnoissa.

Paksuimman oksan läpimitan eroja eri kasvatustiheyksiä käytettäessä verrattiin varianssianalyysillä (liite 3). Sen perusteella oksan paksuuskien erot eri käsittelyasteiden välillä olivat koko puustolla tilastollisesti merkitseviä. Tiheyksien 1600 kpl/ha ja 2200 kpl/ha välillä ero oli rinnankorkeusläpimitan eroihin nähden pieni (liite 3). Samoin luonnontilaisten ja tiheydelle 4000 kpl/ha harvennettujen koelaittojen välillä ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa. Tulkintojen merkitystä heikentää se, että oksahavaintoja tehtiin vain yhdestä koemetsiköstä.

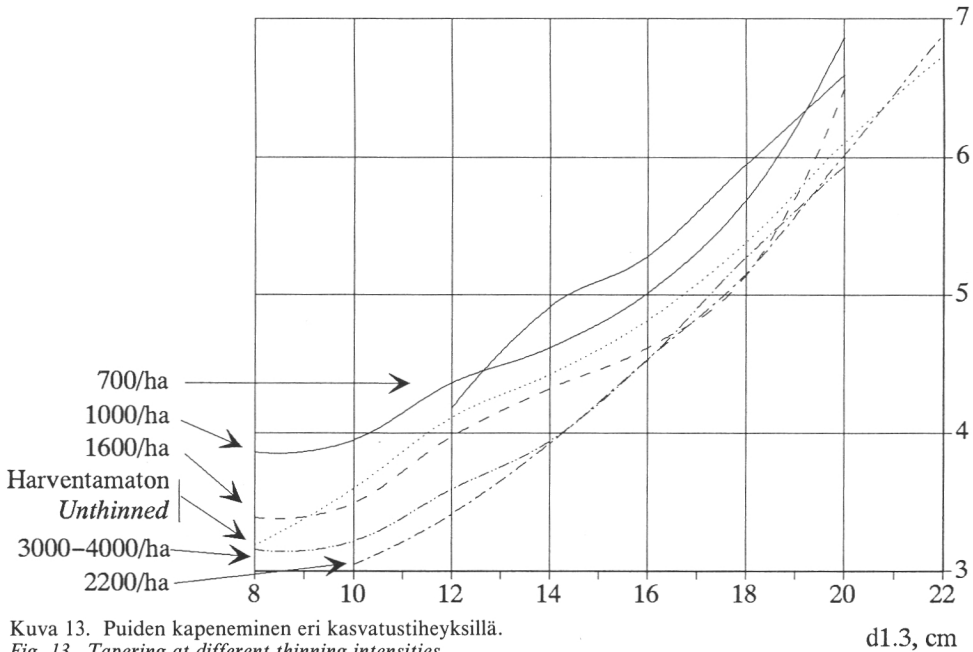
Paksuimman oksan läpimitta, mm
 Diameter of thickest branch, mm



Kuva 12. Paksuimman oksan läpimitan riippuvuus rinnankorkeusläpimitasta eri kasvatustiheyksillä Virtain koemetsikössä.

Fig. 12. Dependence of the thickest living branch on breast height diameter at different thinning intensities at the experimental stand in Virrat.

Kapeneminen ($d-d_6$), cm
 Tapering ($d-d_6$), cm



Kuva 13. Puiden kapeneminen eri kasvatustiheyksillä.

Fig. 13. Tapering at different thinning intensities.

512. Kapeneminen

Puiden keskimääräinen kapeneminen ($d_{1,3} - d_{6,0}$) oli tutkimusjakson lopussa 4,2 cm ja sen vaihteluväli noin 6 cm. Järeiden puiden

kapeneminen oli voimakkainta (kuva 13). Tarkasteltaessa samanläpimittaisia puita heikoin runkumuoto oli niillä, jotka olivat kasvaneet tiheysiin 700 ja 1000 kpl/ha harvennetuilla koaloilla. Selvimmin käsitellyn

vaikutus näkyy keskikokoisissa puissa. Valtapuihin harvennus ei vaikuta yhtä voimakkaasti kuin vallittuihin.

Kallio (1960) esitti Etelä-Suomen kylvömännikköjä koskevassa tutkimuksessaan vastaavanikäisen ja -kokoisen puolukkatyyppin männikön kapenemiseksi 4,5 cm ja mustikatyyppin männikön 4,0 cm. Kasvutilan laajentumisen johdosta kasvun lisääntyminen on varttuneessa harvennusemetsikössä voimakasta erityisesti rungon tyviosassa (Nyysönen 1952, Vuokila 1960). Taimikoissa kehitys on samankaltaista (Parviainen 1978, Jakkila & Pohtila 1978). Parviaisen (1978) mukaan puuston harvennus heikentää eniten keskikokoisten ja pienten puiden runkomuotoa. Nyt saadut tulokset vastaavat molempia mainittuja havaintoja.

513. Latvussuhde

Keskimääräinen latvussuhde eli elävän latvuksen osuus puun koko pituudesta oli sitä suurempi, mitä voimakkaammin koaloja oli käsitelty (kuva 14). Suurimmat latvukset olivat kasvatustiheyksien 1600, 1000 ja 700 kpl/ha metsiköissä. Valtapuilla latvusten pituuserot olivat pienempiä kuin vallituissa latvuserroksissa, joissa ne suurimmillaan olivat yli 20 %-yksikköä. Valtapuilla yleensä oli pitempi latvus kuin vallituilla. Mitä tiheämpi puusto oli, sitä suurempi ero latvuksen pituudessa oli. Koepuiden keskimääräiset latvuksen osuudet pienenevät noin 5—10

%-yksikköä 10 vuoden tarkastelujakson aikana.

Kellomäki & Tuimala (1981) havaitsivat, ettei rungon karsiutumisenopeus riippunut metsikön tiheydestä suoraviivaisesti, vaan karsiutuminen hidastui tiheyden kasvaessa. Vuokilan (1968) mukaan männynllä latvussuhteen tulisi olla vähintään 40 % pyrittäessä maksimaaliseen kasvuun. Kaikkien nyt tarkasteltavien koalojen keskimääräiset latvussuhteet olivat tätä suurempia.

52. Luokka-asteikolla mitatut ominaisuudet

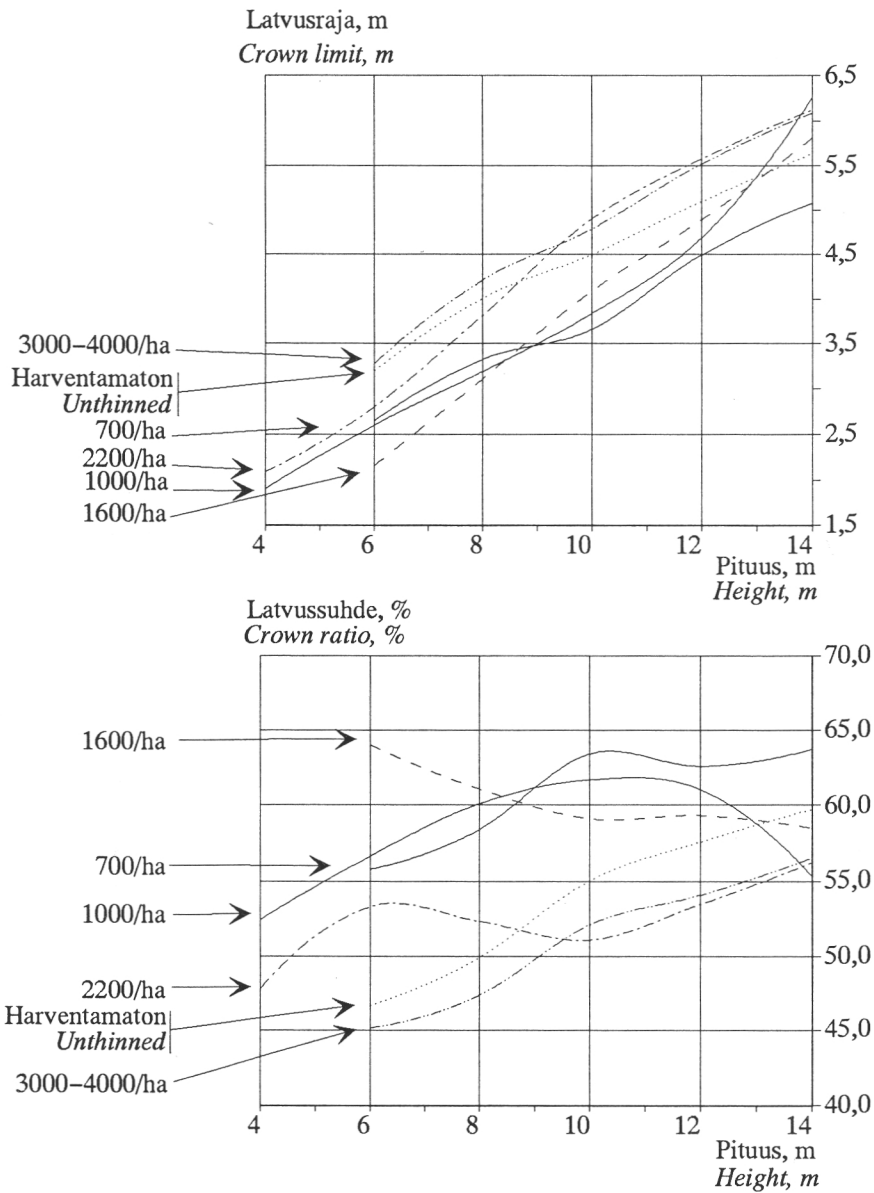
521. Tekninen laatu ja terveys

Noin joka kahdeksas koemetsiköiden päävaltapuu luokitettiin oksaiseksi (taulukko 1). Oksaisuus heikensi eniten voimakkaasti harvennettujen koalojen päävaltapuiden teknistä laatua (taulukko 2). Myös luonnontilaisilla koaloilla valtapuut olivat suhteellisen oksaisia. Lisävaltapuut olivat ulkoiselta laadultaan päävaltapuita parempia. Heiskasen (1965) mukaan tyvitukin laadun kannalta keskikokoiset puut ovat yleensä parhaita. Lisävaltapuiden ja etenkin välipuiden teknistä laatua heikensi eniten mutkaisuus. Silmänvaraisen luokittelun perusteella puiden tekninen laatu oli paras tiheyksissä 3000—4000 kpl/ha.

Pää- ja lisävaltapuut luokitettiin lähes poikkeuksetta luokkaan terve (taulukot 3 ja

Taulukko 1. Puuston tekninen laatu latvuserroksittain.
Table 1. Technical quality of the stems in different crown classes.

tekninen laatu Technical quality	päävaltapuut Dominant	puuluokka Tree class lisävaltapuut Codominant osuus (%) — Percentage	välipuut Intermediate
normaali Normal	80,7	86,2	78,0
oksainen Branchy	10,3	2,3	0,4
mutkainen Crooked	6,0	9,0	16,4
haarainen Forked	0,7	1,5	2,4
oks., mutk. ja haar. Branchy, crooked and forked	2,3	1,0	1,0
runko katkennut Stem broken	0,0	0,1	1,0
Koepuita/ha Sample trees/ha	7460	3602	1648



Kuva 14. Latvusrajan ja latvussuhteen riippuvuus puun pituudesta eri kasvatustiheyksillä.
 Fig. 14. Dependence of crown limit and crown ratio on height at different thinning intensities.

4). Taulukossa 4 määrittelemättömät ja sairaut puut kuuluvat vallittuihin latvuseroksiin. Hieman yllättävää on kuolleiden puiden suuri määrä kasvatustiheyksillä 3000—4000 kpl/ha. Tähän luokkaan kuului koaloja ai-

na tiheyden 4100 kpl/ha, joka tiheys yli 10 metrin valtapituusvaiheessa olevissa koaloissa johti vallittujen puiden heikkenemiseen. Luonnontilaisilla koaloilla kuolleiden puiden suuri määrä oli odotettavissa.

Taulukko 2. Valtapuiden tekninen laatu eri kasvatustiheyksillä.
Table 2. The quality of the dominant trees at different thinning intensities.

tekninen laatu Technical quality	runkoloku/ha—Stems/ha					
	700		1000		1600	
	1	2	1	2	1	2
normaali Normal	78,4	79,3	72,1	84,0	75,5	84,7
oksa Branchy	14,2	10,3	17,0	5,0	12,4	2,7
mutkainen Crooked	7,4	6,9	7,1	9,2	7,4	8,7
haarainen Forked	0,0	3,4	0,8	1,4	1,4	2,0
oks., mutk. ja haar. Branchy, crooked and forked	0,0	0,0	3,1	0,0	3,3	1,8
runko katkennut Stem broken	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2

tekninen laatu Technical quality	runkoloku/ha—Stems/ha					
	2200		3000—4000		harventamaton Unthinned	
	1	2	1	2	1	2
normaali Normal	83,3	93,8	83,3	87,9	81,6	82,5
oksa Branchy	10,4	2,4	8,8	1,3	8,1	1,9
mutkainen Crooked	3,9	2,4	6,4	8,7	6,2	12,7
haarainen Forked	0,6	1,2	0,7	1,9	0,5	1,1
oks., mutk. ja haar. Branchy, crooked and forked	1,8	0,0	1,0	0,2	3,6	1,7
runko katkennut Stem broken	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,1

1 = päävaltapuut, 2 = lisävaltapuut
1 = dominant trees, 2 = codominant trees

Taulukko 3. Puuston terveydentila latvuseroittain.
Table 3. Tree condition in different crown classes.

terveydentila Condition	päävaltapuut Dominant		puuluokka—Tree class		välipuut Intermediate
	99,8	99,3	lisävaltapuut Codominant	osuus (%)—Percentage	
terve Healthy	99,8	99,3			94,2
kuollut Dead	0,1	0,2			1,4
sairas Diseased or damaged	0,1	0,3			2,7
kuiva latva Top dry	0,0	0,2			0,1
kuoleva Dying	0,0	0,1			1,6

Taulukko 4. Puuston terveydentila eri kasvatustiheyksillä.
Table 4. Condition of the dominant trees at different thinning intensities.

terveydentila Condition	700		1000		runkoloku/ha—Stems/ha		harventamaton Unthinned	
	100,0	99,3	99,3	82,9	1600	2200	3000—4000	82,8
terve Healthy	100,0	99,3	99,3	82,9	88,2	88,2	88,2	82,8
kuollut Dead	0,0	0,1	0,1	1,2	3,2	3,2	3,2	9,5
sairas Diseased or damaged	0,0	0,4	0,5	0,5	0,8	0,8	0,8	5,8
kuiva latva Top dry	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
kuoleva Dying	0,0	0,3	0,0	0,1	0,5	0,1	0,5	1,8
ei määritelty Undefined	0,0	0,0	0,0	15,3	7,2	7,2	7,2	0,0

6. Ensiharvennus

61. Ensiharvennuksen kuvaus

Kaupallisen ensiharvennuksen edellyttämä leimaus tehtiin viimeisen mittauksen yhteydessä valtapituuden ollessa noin 12 metriä. Puustotunnukset on laskettu erikseen poistettavalle ja jäävälle puustolle. Poistettavat puut valittiin alaharvennuseriaatteella.

Varsinaisia ensiharvennuksia tehtiin 20 koealalla. Lisäksi 10 koealalla on poistettiin lähinnä vikaisia, vaurioituneita tai kuolleita puita. Harvin kasvatusasento, jossa tehtiin varsinainen ensiharvennus, oli 1600 kpl/ha. Tällöinkin vain yksi koeala harvennettiin tiheyteen 800 kpl/ha. Luonnontilaisilla koealoilla ei tehty ensiharvennuksia.

Taimikkovaiheessa samaan tiheyteen saadetut koealat ensiharvennettiin riukuvaiheessa eri voimakkuuksiin. Tavoitteena oli käyttää vaihtelevia harvennusohjelmia, joiden vertailuun koemetsiköitä voitaisiin jatkossa käyttää. Ensiharvennuksessakin pyrittiin laajaan tiheysvaihteluun.

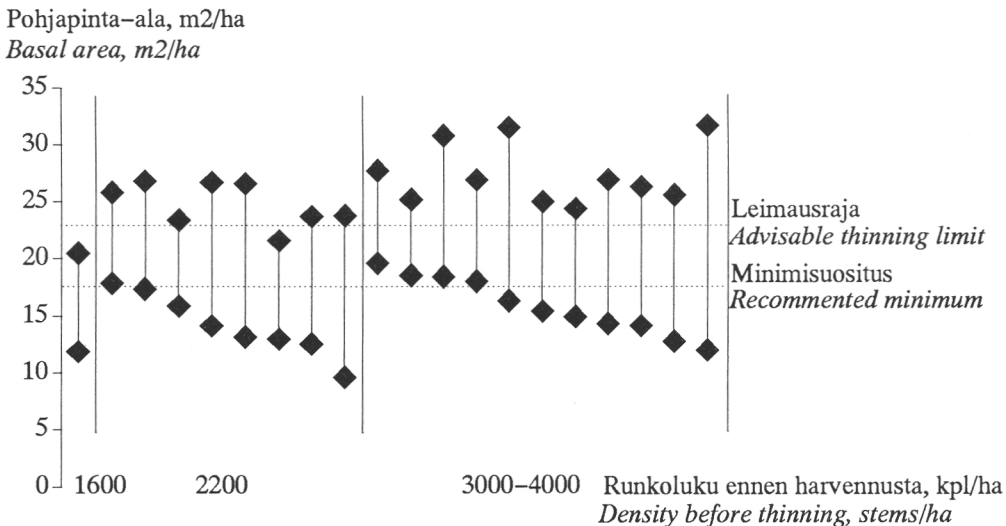
Kahta koealaa lukuunottamatta puuston pohjapinta-ala ylitti 12 metrin pituusvaiheessa Kml-Tapion harvennusmallien (1989) leimausrajan. Tiheimmissä asennoissa puustot olivat jo kärsineet ylitihedestä. Harven-

nutukset olivat tarkoituksellisesti osin nyky-suosituksista poikkeavia, joten useimmilla koealoilla leimauksen jälkeinen pohjapinta-ala jäi hieman mallien minimisuosituksen alapuolelle. Suositeltujen kasvatusohjelmien (Tapion ...1986, Vuokila 1983) mukaan valtapituuden ollessa 12 m pohjapinta-alan leimausraja on 23 m²/ha, minimi leimauksen jälkeen 17 m²/ha ja minimi korjuun jälkeen 15 m²/ha (kuva 15).

62. Poistuman määrä ja rakenne

Harvennetuista 20 koealasta 19 täytti ensiharvennukselle yleisesti asetetun 30 m³:n hehtaarikohtaisen käyttöpuupoistumatavoitteen. Koealoittain poistumat vaihtelivat 14—104 m³/ha keskiarvon ollessa 58 m³/ha (taulukko 5).

Poistuman tarkempi rakenne selviää kuvasta 16, jossa on esitetty harvennuskertymän jakautuminen eri järeysluokkiin, kun poistettavien runkojen määrä vaihtelee. Kuvassa 16 ensimmäinen pylväk kuvaava puuston jakautumista järeysluokkiin ennen harven-



Kuva 15. Pohjapinta-ala ennen ja jälkeen ensiharvennuksen.
Fig. 15. Basal area before and after the first commercial thinning.

Taulukko 5. Ensiharvennuspoistumat.

Fig. 5. *The drain in the first commercial thinning.*

N = runkoluku kpl/ha, G = pohjapinta-ala m²/ha, V = runkotilavuus m³/ha, Hg = pohjapinta-alalla painotettu keskipituus m, Dg = pohjapinta-alalla painotettu keskiläpimitta cm, N % = osuus runkoluvusta, Vstm = kuiturunkojen keskitilavuus dm³.

N = Stems/ha, G = Basal area m²/ha, V = Stem volume m³/ha, Hg = Mean height weighted by basal area, Dg = Mean breast height diameter weighted by basal area, N % = Percentage of stems, Vstm = Mean size of pulpwood stems dm³.

Puusto ennen harvennusta Before thinning						Puusto harvennuksen jälkeen After thinning					Poistettu puusto Drain						
N	G	V	Hg	Dg	Vstm	N	G	V	Hg	Dg	N	G	V	Hg	Dg	N %	Vstm
1600	20,5	123,6	11,6	13,2	71	800	11,9	72,7	11,8	14,1	800	8,6	50,8	11,2	12,1	50	61

N	G	V	Hg	Dg	Vstm	N	G	V	Hg	Dg	N	G	V	Hg	Dg	N %	Vstm
2200	25,0	153,0	11,5	13,1	69	660	9,6	58,7	11,8	14,7	1540	14,2	83,1	10,6	11,8	70	55
						880	13,3	83,9	12,1	14,6	1320	11,4	69,1	11,1	11,2	60	50
						1100	17,4	108,2	11,9	14,8	1100	9,2	53,6	10,7	11,4	50	51
						1210	17,0	108,7	12,2	13,9	990	7,6	46,9	11,2	10,6	45	51

N	G	V	Hg	Dg	Vstm	N	G	V	Hg	Dg	N	G	V	Hg	Dg	N %	Vstm
3000	27,2	163,9	11,3	11,9	53	900	12,8	78,3	11,7	14,6	2100	12,8	72,0	10,3	10,3	70	38
						1200	14,7	92,1	11,9	12,9	1800	11,3	66,7	10,6	9,5	60	36
						1350	18,6	114,4	11,7	13,6	1650	10,6	59,5	10,4	9,5	55	34
						1650	18,9	120,4	12,0	12,7	1350	8,4	50,0	10,8	9,3	45	34

N	G	V	Hg	Dg	Vstm	N	G	V	Hg	Dg	N	G	V	Hg	Dg	N %	Vstm
4000	39,6	174,0	10,9	11,4	52	800	12,1	76,7	12,0	14,2	3200	19,7	113,7	10,6	10,5	80	41
						1200	16,4	102,3	11,9	13,6	2800	15,2	86,9	10,5	9,6	70	38
						1400	18,5	118,0	12,0	13,4	2600	12,3	69,9	10,4	9,3	65	32
						1600	15,0	86,1	10,6	11,6	2400	9,4	42,9	8,7	8,1	60	28

nusta. Muilta osin kuvassa esitetään todellisista, koejakson lopussa tehdyistä harvennuksista laskettuja keskimääräisiä kertymiä.

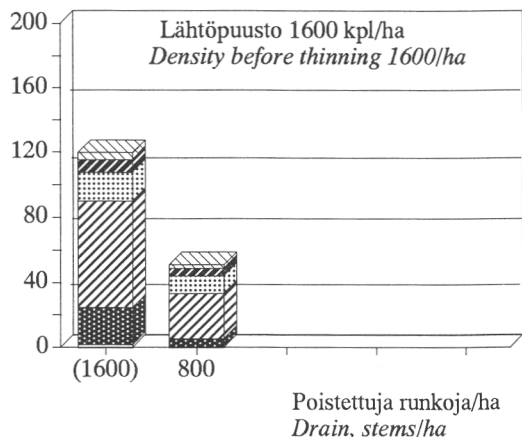
Suurin osa poistumasta oli järeydeltään luokkaa 9,5—14,5 cm. Sen määrä on suurin lähtöpuuston ollessa 2200 kpl/ha. Hukka-puun osuus suureni selvästi lähtöpuuston tiheyden ollessa 3000 kpl/ha tai enemmän. Myös järeyden luokan 5,5—7,5 cm eli juuri käyttöpuun mitat täyttävää puuta saatiin eniten tiheinä kasvaneilta koaloilta. Pelkäs-tään ensiharvennuksessa saatavan käyttö-

puun määrän kannalta edullisimmalta vaikuttaa kasvatustiheys 4000 kpl/ha.

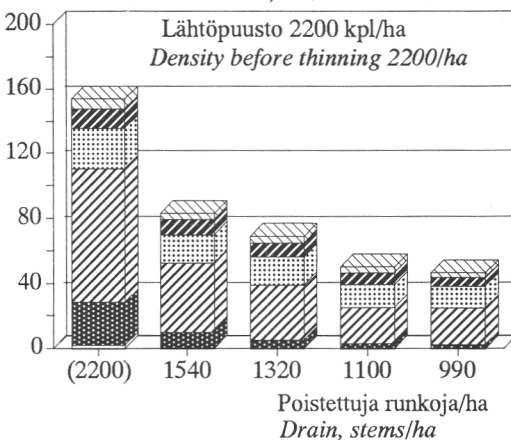
Ensiharvennusten kannattavuuteen vaikuttaa kertymän määrän ohella myös poistettavien puiden koko. Ensiharvennuksessa poistettavien puiden keskikoko oli Vuokilan (1976) tutkimuksessa 24—27 dm³. Se voi olla jopa 50—60 dm³, jos taimikkoa on jo aikaisessa vaiheessa harvennettu tiheyteen 2000 kpl/ha tai alle (Vuokila 1981).

Tässä tutkimuksessa poistettujen puiden käyttöosan (minimiläpimitta 5,5 cm kuori-

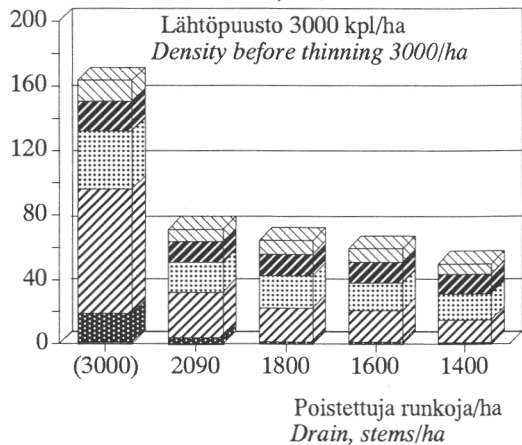
Käyttöpuun tilavuus, m³/ha
Merchantable stem volume, m³/ha



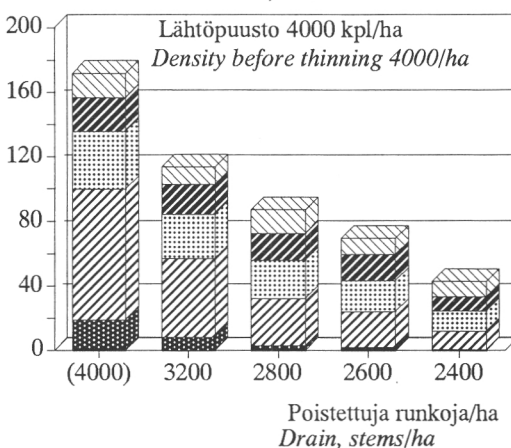
Käyttöpuun tilavuus, m³/ha
Merchantable stem volume, m³/ha



Käyttöpuun tilavuus, m³/ha
Merchantable stem volume, m³/ha



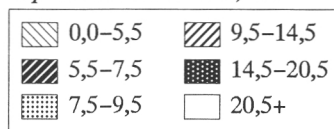
Käyttöpuun tilavuus, m³/ha
Merchantable stem volume, m³/ha



Kuva 16. Ensiharvennuspoistuman rakenteen riippuvuus kasvatustiheydestä ja harvennusvoimakkuudesta.

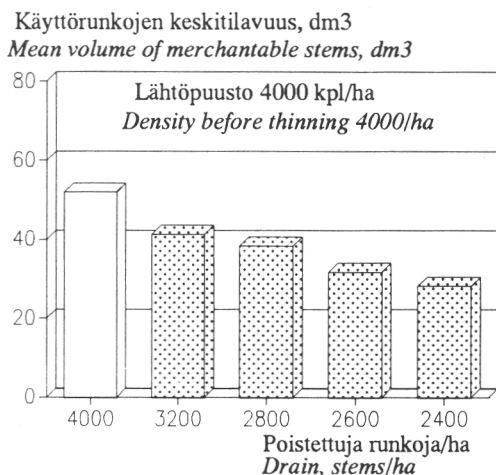
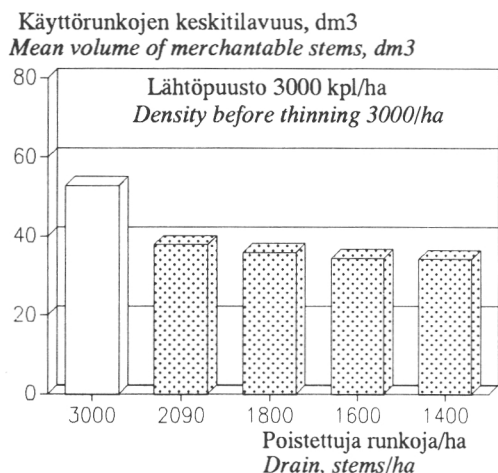
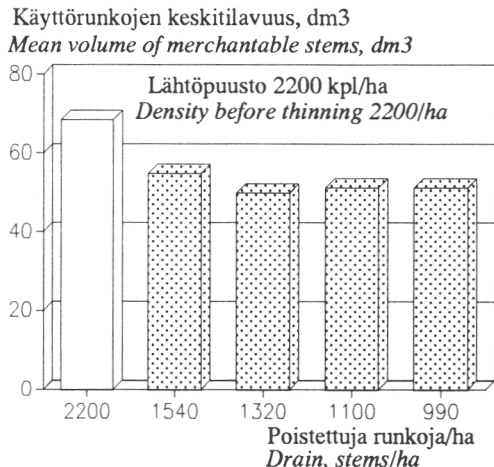
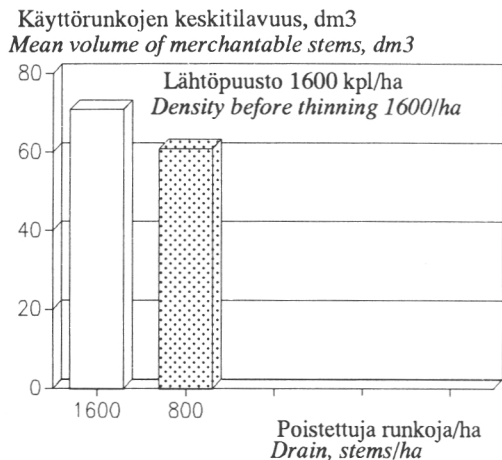
Fig. 16. The distribution of the drain in the first commercial thinning with different thinning intensities and different stem number.

Latvaläpimitta kuorineen, cm
Top diameter over bark, cm



neen, minimipituus 2 m) keskitilavuus oli yli 50 dm³ kolmella koealalla, joiden kasvatustiheys oli noin 2200 kpl/ha (kuva 17). Poistettujen runkojen keskikoko riippui lähtöpuus-

ton järeyden lisäksi harvennusvoimakkuudesta. Mitä voimakkaammin harvennetaan, sitä useammin poistetaan myös järeitä, ylimpiin latvuserroksiin kuuluvia puita.



Kuva 17. Kuiturunkojen käyttöosan keskitilavuus ensiharvennuksessa.

Fig. 17. The mean size of pulp wood stems with respect to stem number in different thinning intensities.

7. Päätelmät

Metsiköiden pituuskehitys ei riippunut kasvatusstiheydestä. Taimikon harventaminen nopeutti järeytymistä. Erityisen selviä järeytymiserot olivat tiheyksillä 700, 1000 ja 1600 kpl/ha. Puuston tilavuuskasvu oli sitä suurempi, mitä korkeampi oli puustopääoma. Harventamattomilla koaloilla vallitut puut alkoivat kuolla valtapituuden ollessa hieman alle 10 metriä. Koaloilla ei esiintynyt luonnonpoistumaa, jos niitä oli harvennettu edes lievästi. Ensiharvennusvaiheessa selvästi eniten puuta oli tiheysiin 2200–4000 kpl/ha

harvennetuilla koaloilla, joiden väliset erot olivat kuitenkin pieniä.

Ensiharvennuksen kannalta suositeltavin taimikon kasvatusstiheys vaihtelee käyttöpuulle asetettavan läpimittavaatimuksen mukaan. Jos ensiharvennuksessa halutaan mahdollisimman paljon käyttöpuuta (latvaläpimitta vähintään 5,5 cm, pituus vähintään 2 m), taimikonharvennus on tehtävä erittäin lievästi. Tällöin on mahdollista päästä aina 80–90 m³/ha:n käyttöpuukertymiin, jos ensiharvennuksessa jätetään 800–1200 runkoa

hehtaarille. Haittapuolena on se, että poistet-
tävien kuiturunkojen keskitilavuus on 10—15
dm³ pienempi kuin harvempuna kasvaneissa
metsiköissä. Jos ensiharvennuksessa halu-
taan määrältään ja järeydeltään kohtuullinen
käyttöpuukertymä, valtapituudeltaan 7 met-
rin taimikko on syytä harventaa noin 2000—
2200 kpl/ha:n tiheyteen. Jos taimikon har-
vennetaan vieläkin voimakkaammin, koko-
naiskasvu pienenee selvästi eikä ensiharven-
nusta ole syytä tehdä ainakaan vielä 12 m:n
valtapituusvaiheessa. Jos halutaan kasvattaa
nopeasti järeää puuta kokonaiskasvusta ja
kertymästä tinkien, voidaan myöhäiseen vai-
heeseen jäänyt taimikonharvennus tehdä erit-
tään voimakkaana. Jos taimikkoon jätetään
noin 600—700 kpl/ha, ei harvennuksia enää
tarvitse eikä voikaan tehdä. Tämän tutki-
muksen koaloilla ei havaittu voimakkaasta
taimikon harvennuksesta aiheutuneita haitto-
ja esim. puiden terveydentilassa.

Tämän tutkimuksen koemetsiköt eivät ol-

leet kovin oksikkaita. Pääsyyinä tähän on
myöhäinen taimikonharvennus, joka tehtiin
vasta 7 m:n pituusvaiheessa. Tähän saakka
kaikkien koemetsiköiden tiheydet olivat ol-
leet yli 3000 kpl/ha. Voimakas taimikon kä-
sittely heikensi puuston teknistä laatua ensi-
harvennuksen mennessä hieman. Valtapui-
den suurin ongelma oli oksikkuus, vallittuja
puita vaivasi sen sijaan mutkaisuus. Tiheä
kasvatusasento johti parempaan puiden tek-
niseen laatuun aina tiheydelle 3000 kpl/ha
saakka, mitä suuremmilla tiheyksillä ei enää
ollut vastaavaa merkitystä. Yli 2200 kpl/ha
tiheydellä ei ollut merkitystä valtapuiden
tekniselle laadulle. Puun rinnankorkeusläpi-
mitta ja paksuimman oksan läpimitta olivat
selvästi yhteydessä toisiinsa. Paksuimmat ok-
sat löytyivät voimakkaammin käsitellyiltä
koaloilta, joilla myös puut olivat järeimpiä.
Metsänhoidollisessa mielessä myöhäiset tai-
mikon käsittelyt voidaan tehdä voimakkaana
puiden teknisen laadun siitä kärsimättä.

Kirjallisuus

- Andersson, S.O. 1952. Några synpunkter på röjning i naturliga föryngringar. Meddelande från Statens skogsforskningsinstitut. Serien uppsatser 25. 10 s.
- 1961. Om mörkborrhafaran vid röjningar. Statens skogsforskningsinstitut. Uppsatser 84. 6 s.
- 1968. Røj för mer virke. Skogshögskolan. Institution för skogsföryngring. Rapport och Uppsatser 13. 4 s.
- 1975. Røjning i tall- och granskog. Skogsfakta från Skogshögskolan 4. 4 s.
- Eklund, B. 1956. Ett förbandsförsök i tallskog. Summary: An experiment on sowing and planting pine with different spacing. Meddelande från Statens Skogsforskningsinstitut 46(10). 98 s.
- Elfving, B. 1975. Volym och struktur i ogallrade tallbestånd. Summary: Volume and structure in unthinned stands of Scots pine. Rapporter och Uppsatser 35. Institution för skogsproduktion. Skogshögskolan. 128 s.
- Eriksson, H. 1965. Studier över höjdtillväxten hos tall och gran i södra Sverige. Licenciatavhandling. Skogshögskolan. 134 s.
- Fryk, J. 1984. Tillstånd och produktion i röjda ungskogar med låga stamantal. En studie utförd på AB Iggesund Bruks marker i Hälsingland. Summary: Wide spacing after cleaning of young forest stands — stand properties and yield. A study carried out at AB Iggesund Bruk in central Sweden. Rapporter och uppsatser. Institution för skogsproduktion. Sveriges lantbruksuniversitet 13. 248 s.
- Halinen, M. 1985. Männyn nuoruusvaiheen kasvunopeuden vaikutus sahatavaran laatuun. Summary: The effect of the growth rate of young pine on the quality of sawn goods. *Silva Fennica* 19(4): 377—385.
- Heinonen, J. 1981. Koalojen peruslaskenta. Konekirjoite. Metsäntutkimuslaitos, matemaattinen osasto. 38 s.
- Heiskanen, V. 1965. Puiden paksuuden ja nuoruuden kehityksen sekä oksaisuuden ja sahapuulaadun välisistä suhteista männiköissä. Summary: On the relation between the development of early stage and the thickness of trees and their branchiness in pine stands. *Acta Forestalia Fennica*. 80(2). 62 s.
- Huhta, S. & Meriluoto, M. 1980. Metsän kasvupaikkojen luokitus. Metsänarvioimistieteen seminaariesitelmä. Konekirjoite. Helsingin Yliopiston metsänarvioimistieteen laitos. 20 s.
- Hägglund, B. 1976. Skattning av höjdboniteten i unga tall- och granbestånd. Summary: Estimating site index in young stands of Scots pine and Norway spruce in Sweden. Rapporter och Uppsatser 39. Institution för skogsproduktion. Skogshögskolan. 66 s.
- Ilvessalo, Y. 1948. Pystypuiden kuutioimis- ja kasvunlaskentaulukot. Keskusmetsäseura Tapio. 148 s.
- Jakkila, J. & Pohtila, E. 1978. Perkauksen vaikutus taimiston kehitykseen Lapissa. Summary: Effect of cleaning on development of sapling stands in Lapland. *Folia Forestalia* 360. 27 s.

- Jokinen, P. & Kellomäki, S. 1982. Havainnot metsikön kasvatustiheyden vaikutuksesta runkojen oksaisuuteen varttuneissa männyn taimikoissa. Abstract: Observations on the effect of spacing on branchiness of Scots pine stems at pole stage. *Folia Forestalia* 508. 12 s.
- Kallio, K. 1960. Etelä-Suomen kylvömänniköiden rakenteesta ja kehityksestä. Summary: On the structure and development of pine stands established by sowing in the south of Finland. *Acta Forestalia Fennica* 71(3). 78 s.
- Kellomäki, S. & Tuimala, A. 1981. Puuston tiheyden vaikutus puiden oksikkuuteen taimikko- ja riukuvaiheen männiköissä. Summary: Effect of stand density on branchiness of young Scots pines. *Folia Forestalia* 478. 27 s.
- & Väisänen, H. 1986. Kasvatustiheyden ja kasvu-ajan viljavuuden vaikutus puiden oksikkuuteen taimikko- ja riukuvaiheen männiköissä. Summary: Effect of stand density and site fertility on the branchiness of Scots pines at pole stage. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 139. 38 s.
- Kärkkäinen, M. & Uusvaara, O. 1982. Nuorten mäntyjen laatuun vaikuttavia tekijöitä. Summary: Factors affecting the quality of young pines. *Folia Forestalia* 515. 28 s.
- Laasasenaho, J. 1973. Unequal probability sampling by DBH cumulator. Seloste: Koepuiden valinta kuutiomäärän summaajalla. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 79(6). 20 s.
- Metsikkökokeiden maastotyöohjeet. 1982. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 96. 175 s.
- Nyyssönen, A. 1952. Puiden kasvusta ja sen määrittämisestä harsintamänniköissä. Summary: On tree growth and its ascertainment in selectively cut Scots pine stands. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 40(4). 20 s.
- Näslund, B-Å. 1983. Tallsådders utveckling fram till första gallring. Resultat från tre försöksytter med och utan enkelställning. Summary: Development of Scots pine seeded plantations to first thinning. Results from three experimental plots with and without release-cutting. *Rapporter och uppsatser* 8. Institution för skogsskötsel. Sveriges lantbruksuniversitet. 147 s.
- Näslund, M. 1971. Nytt material för skoglig produktionsforskning. *Studia Forestalia Suecica* 89. 124 s.
- Parviainen, J. 1978. Taimisto- ja riukuvaiheen männikön harvennus. Referat: Durchforstung im Kiefernbestand in der Jungwuchs- und Stangenholzphase. *Folia Forestalia* 346. 40 s.
- Persson, A. 1976. Förbandets inverkan på tallens sågtimmerkvalitet. Summary: The influence of spacing on the quality of sawn timber from Scots pine. *Rapporter och uppsatser* 42. Institution för Skogsproduktion. Skogshögskolan. 122 s.
- 1977. Kvalitetsutveckling inom yngre förbandsförsök med tall. Summary: Quality development in young spacing trials with Scots pine. *Rapporter och uppsatser* 45. Institution för skogsproduktion. Skogshögskolan. 152 s.
- Petterson, H. 1955. Barrskogens volymproduktion. Meddelande från Statens Skogsforskningsinstitut. 45. 1A. 391 s.
- Scheffe, H. 1959. *The Analysis of Variance*. John Wiley & Sons. Inc. New York. 477 s.
- Sirén, G. 1956. Männyn taimistojen käsittelystä. Summary: The treatment of pine seedling stands. *Metsätaloudellinen aikakauslehti* 1:5—12.
- Tapion Taskukirja. 1986. 20. painos. Keskusmetsälautakunta Tapion julkaisuja. 594 s.
- Thernström, P-O. 1982. Några resultat från sex röjningsförsök med röjning i tallungskog vid olika beståndsalder. Sveriges Lantbruksuniversitet. Institution för Skogsproduktion. 70 s.
- Varmola, M. 1980. Männyn istutustaimikkojen ulkoisen laatu. Summary: The external quality of pine plantations. *Folia Forestalia* 451. 21 s.
- 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.
- 1987. Männyn viljelytaimikoiden kasvamalli. Metsänarvioimistieteen lisensiaattitutkimus maatalous- ja metsätieteiden lisensiaatin tutkintoa varten. Helsingin Yliopiston metsänarvioimistieteen laitos. 74 s.
- Vestjordet, E. 1977. Avstandsregulering av unge furu-og 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 Institutt for Skogforskning*. 33(9). s.314—436.
- Vuokila, Y. 1972. Taimiston käsittely puuntuotannolliselta kannalta. Summary: Treatment of seedling stands from the viewpoint of production. *Folia Forestalia* 141. 36 s.
- 1976. Ensiharvennuskertymä. Summary: Yield from the first thinning. *Folia Forestalia* 264. 12 s.
- 1980. Metsänkasvatuksen perusteet ja menetelmät. WSOY, Porvoo. 256 s.
- 1981. Nuoren männikön kasvureaktio ensiharvennuksen jälkeen. Summary: The growth reaction of young pine stands to the first commercial thinning. *Folia Forestalia* 468. 13 s.
- 1983. Viljelymetsiköiden harvennussmallit. Sammanfattning: Gallringsmallar för odlad bestånd i Finland. Summary: Thinning models for forest cultures in Finland. *Folia Forestalia* 556. 15 s.
- 1986. Puuntuotoksen tutkimussuunnan kestokokeiden periaatteita ja suunnitelmia. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 239. 229 s.
- & Väliaho, H. 1980. Viljeltyjen havumetsiköiden kasvatusmallit. Summary: Growth and yield models for conifer cultures in Finland. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 99(2). 271 s.

Total of 44 references

Summary

Development of seeded Scots pine stands from precommercial thinning to first commercial thinning

The aim of the study was to explain the results of thinnings carried out in Scots pine stands at a dominant height of 7 m. The material was obtained from 64 sample plots in three thinning experiments. The densities of the sample plots varied from 600 to 13000 stems/ha. The sample plots have been measured at dominant heights of 7, 9.5 and 12 meters (age 19, 25 and 30 years). The last measurements were made at the dominant height of 12 meters at the time when the first commercial thinning was carried out on 20 of the sample plots. Attention was also paid to the growth intercept as an indicator of site index. The stands have been established through seeding on sites of the *Vaccinium* site type.

The height growth of the trees was independent of the thinning intensity, but thinning increased the mean diameter especially when the density was under 2200 stems/ha. The increase in total volume was the greater, the higher the growing stock level. On the unthinned plots dominated trees began to die when the dominant height was slightly below 10 meters. If mortality is excluded the total volume increment was highest when the density was 2200—4000 stems/ha, but the differences were rather small.

The most preferable density from precommercial thinning to the first commercial thinning depends on the allowable minimum size of merchantable wood. If the aim is to obtain maximum yield of merchantable

wood in the first commercial thinning (minimum top diameter 5.5 cm and minimum length of pulpwood 2 m) the precommercial thinning should be very light. In this case a drain of around 80—90 m³/ha is possible in the first commercial thinning, but the mean size of pulp wood stems would be 30 to 40 dm³. If large-sized merchantable wood is preferred (the mean size of pulp wood stems 45 to 55 dm³), the density after precommercial thinning should be 2000—2200 stems/ha. If precommercial thinning is even more intensive then the total volume increment decreases clearly and the first commercial thinning should not be carried out at 12 meters dominant height but later.

Intensive thinning decreases slightly the technical quality of stems. The dominant trees are branchy and the codominant and dominated trees crooked when compared to the other crown layers. The best results were achieved when the density between precommercial thinning and the first commercial thinning was 3000—4000 stems/ha, although the diameter of the thickest branches also remained under 30 mm on those plots with a density of under 1000 stems/ha. Densities of over 2200 stems/ha after precommercial thinning had only a slight effect on the quality of the dominant trees. It seems that even densities 600—1600 stems/ha after the precommercial thinning will not reduce the quality of timber noticeably if the precommercial thinning is carried out in the dominant height stage of 6—7 meters.

Liite 1. Tutkimusaineiston yleistiedot.
Appendix 1. General information about the material.

Metsikön numero <i>Number of stand</i>	1	2	3
Sijaintikunta <i>Location</i>	Virrat	Mänttä	Valkeala
Pohjoista leveyttä <i>Latitude</i>	6900	6886	6782
Itäistä pituutta <i>Longitude</i>	336	370	491
Korkeus merenpinnasta <i>Height above sea level</i>	140 m	130 m	90 m
Lämpösumma <i>Temperature sum, dd</i>	1080	1110	1200
Metsätyyppi <i>Forest site type</i>	VT	VT	VT
Syntytapa <i>Mode of regeneration</i>	kylvö 1952 ja -53 <i>seeding 1952 and -53</i>	kylvö 1953 <i>seeding 1953</i>	kylvö 1955 <i>seeding 1955</i>
Runkoluku, kpl/ha <i>Number of trees/ha</i>	3630-12540	2170-4210	675-3739
Kokeen perustamisajankohta <i>Experiment established</i>	10.1971	10.1971	08.1973
Perustamisikä <i>Age at establishment, y</i>	19	18	19
Koealojen lukumäärä <i>Number of plots</i>	22	11	31
Aiemmat toimenpiteet <i>Earlier measures</i>	perkaus 1962 <i>cleaning of sapling stand 1962</i>	horvennus 1971 <i>precommercial thinning 1971</i>	kulotus 1954, perkaus 1963 <i>prescribed burning 1954, cleaning of sapling stand 1963</i>
Omistaja <i>Owner</i>	Oy W.Rosenlew Ab	G.A. Serlachius Oy	Kymi-Strömberg Oy

Metsiköiden puustotunnusten minimi, maksimi ja keskiarvot kokeen perustamishetkellä.

Minimum, maximum and mean values of stand parameters measured at the time the experiment was established.

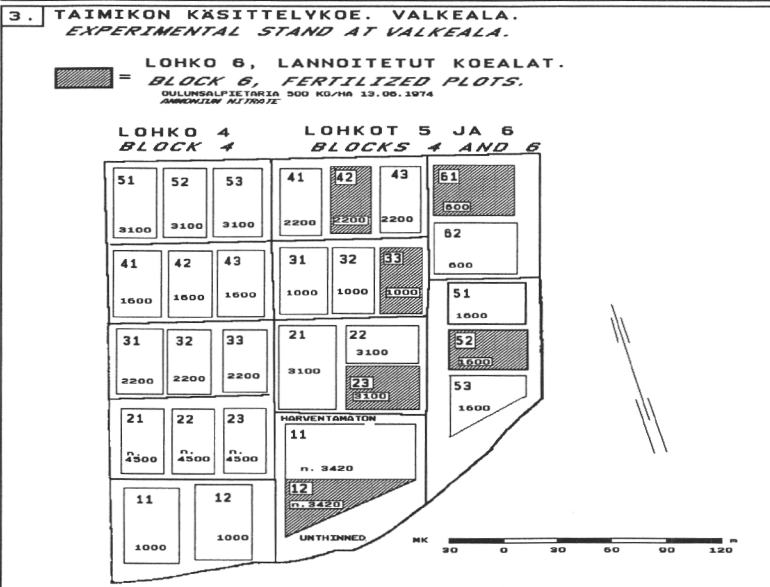
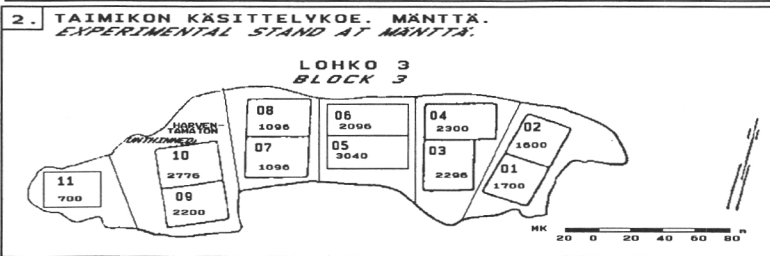
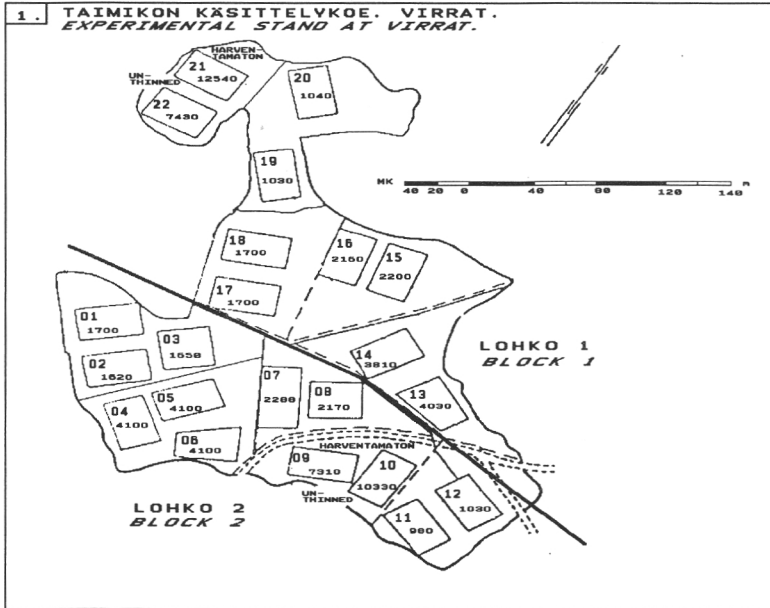
Metsikkö <i>Stand</i>	Runkoluku <i>Number of trees</i>	d1.3 <i>d1.3</i>	Pohjapinta-ala, m ² /ha <i>Basal area, m²/ha</i>	Valtapiisuus, m <i>Dominant height, m</i>	Tilavuus, m ³ /ha <i>Volume, m³/ha</i>
(1) Virrat	980-10030 (3078)	6.2-9.9 (7.9)	3.9-16.1 (9.5)	6.2-7.7 (7.0)	13.2-54.8 (32.1)
(2) Mänttä	700-3200 (2054)	6.0-9.7 (7.6)	4.0-10.8 (7.2)	5.6-7.7 (6.9)	11.9-37.7 (24.9)
(3) Valkeala	488-3739 (1955)	7.3-9.6 (8.2)	2.3-13.9 (8.1)	6.0-8.0 (6.8)	8.4-54.2 (29.1)

Metsiköiden puustotunnusten minimi, maksimi ja keskiarvot koejakson lopussa.

Minimum, maximum and mean values of stand parameters measured in the end of the experimental period.

Metsikkö <i>Stand</i>	Runkoluku <i>Number of trees</i>	d1.3 <i>d1.3</i>	Pohjapinta-ala, m ² /ha <i>Basal area, m²/ha</i>	Valtapiisuus, m <i>Dominant height, m</i>	Tilavuus, m ³ /ha <i>Volume, m³/ha</i>
(1) Virrat	1000-6890 (2837)	10.2-16.1 (12.7)	13.1-31.7 (23.2)	10.6-12.9 (12.0)	68.0-192.4 (133.7)
(2) Mänttä	710-3208 (2053)	11.9-17.2 (13.7)	15.1-29.2 (23.0)	12.3-13.9 (12.8)	92.7-175.4 (141.5)
(3) Valkeala	631-3352 (2017)	11.0-17.1 (13.8)	12.1-28.1 (20.4)	11.3-13.8 (12.6)	66.8-182.7 (123.4)

Liite 2. Taimikon käsittelykokeet.
Appendix 2. Experimental stands.



Liite 3. Varianssianalyysin tulokset.
Appendix 3. The results of the analysis of variance.

B = lohkojen väliset erot, T = käsittelyjen väliset erot
B = differences between blocks, T = differences between treatments

Pituusboniteetti-indeksien erot.
Differences in site index.

	Neliösumma	Vapausaste	Keskineliö	Testisuure	Riski-%
	<i>Sum of squares</i>	<i>D.F.</i>	<i>Mean squares</i>	<i>F-test value</i>	<i>Prob.</i>
Vakio K	18196	1	18196	9246.3	0.000
<i>Constant K</i>					
B/K	126.22	5	25.245	12.828	0.0
T/K,B	13.792	5	2.7584	1.4017	26.2
Jäännös	43.295	22	1.9679		
<i>Residual</i>					
Kokonaisvaihtelu	18379.	33	Mallin selitysoaste	76.38 %	
<i>Total variation</i>			<i>Coefficient of determination</i>		

Vuotuisten pituuskasvujen erot.
Differences in the current annual height increments.

	Neliösumma	Vapausaste	Keskineliö	Testisuure	Riski-%
	<i>Sum of squares</i>	<i>D.F.</i>	<i>Mean squares</i>	<i>F-test value</i>	<i>Prob.</i>
Vakio K	7.8159	1	7.8159	14686.	0.000
<i>Constant K</i>					
B/K	0.24767E-01	5	0.49533E-02	9.3070	0.0
T/K,B	0.50600E-02	5	0.10120E-02	1.9015	13.5
Jäännös	0.11709E-01	22	0.53221E-03		
<i>Residual</i>					
Kokonaisvaihtelu	7.8574	33	Mallin selitysoaste	71.81 %	
<i>Total variation</i>			<i>Coefficient of determination</i>		

Keskilämpömitta vuotuiskasvujen erot.
Differences in the current annual mean diameter increments weighted by basal area.

	Neliösumma	Vapausaste	Keskineliö	Testisuure	Riski-%
	<i>Sum of squares</i>	<i>D.F.</i>	<i>Mean squares</i>	<i>F-test value</i>	<i>Prob.</i>
Vakio K	7.355	1	7.3556	11212.	0.000
<i>Constant K</i>					
B/K	0.85895E-01	5	0.17179E-01	26.184	0.0
T/K,B	0.36322	5	0.72645E-01	110.73	0.0
Jäännös	0.14434E-01	22	0.65608E-03		
<i>Residual</i>					
Kokonaisvaihtelu	7.819	33	Mallin selitysoaste	96.89 %	
<i>Total variation</i>			<i>Coefficient of determination</i>		

Liite 3. Varianssianalyysin tulokset (jatkuu).
Appendix 3. The results of the analysis of variance (cont.).

Pohjapinta-alan vuotuis kasvujen erot.
Differences in the current annual basal area increments.

	Neliösumma	Vapausaste	Keskineliö	Testisuure	Riski-%
	<i>Sum of squares</i>	<i>D.F.</i>	<i>Mean squares</i>	<i>F-test value</i>	<i>Prob.</i>
Vakio K	51.138	1	51.138	7457.1	0.000
<i>Constant K</i>					
B/K	0.51501	5	0.10300	15.020	0.0
T/K,B	0.98373	5	0.19675	12.690	0.0
Jäännös	0.15087	22	0.68577E-02		
<i>Residual</i>					
Kokonaisvaihtelu	52.788	33	Mallin selitysaste	90.85 %	
<i>Total variation</i>			<i>Coefficient of determination</i>		

Vuotuisten tilavuuskasvujen erot.
Differences in the current annual stem volume increments.

	Neliösumma	Vapausaste	Keskineliö	Testisuure	Riski-%
	<i>Sum of squares</i>	<i>D.F.</i>	<i>Mean squares</i>	<i>F-test value</i>	<i>Prob.</i>
Vakio K	2791.1	1	2791.1	4351.9	0.000
<i>Constant K</i>					
B/K	22.160	5	4.4321	6.9105	0.1
T/K,B	117.19	5	23.438	36.545	0.0
Jäännös	14.110	22	0.64135		
<i>Residual</i>					
Kokonaisvaihtelu	2944.6	33	Mallin selitysaste	90.81 %	
<i>Total variation</i>			<i>Coefficient of determination</i>		

Paksuimpien oksien läpimittojen erot.
Differences in the diameter of thickest branches.

	Neliösumma	Vapausaste	Keskineliö	Testisuure	Riski-%
	<i>Sum of squares</i>	<i>D.F.</i>	<i>Mean squares</i>	<i>F-test value</i>	<i>Prob.</i>
Vakio K	49.863	1	49.863	6018.0	0.000
<i>Constant K</i>					
B/K	0.10014E-04	1	0.10014E-04	0.12085E-02	97.4
T/K,B	0.90866	4	0.22716	27.417	0.4
Jäännös	0.33143E-01	4	0.82856E-02		
<i>Residual</i>					
Kokonaisvaihtelu	50.805	10	Mallin selitysaste	96.48	
<i>Total variation</i>			<i>Coefficient of determination</i>		

Liite 3. Varianssianalyysin tulokset (jatkuu).
Appendix 3. The results of the analysis of variance (cont.).

Scheffen testi mallille Z=VAKIO+LOHKO+KÄSITTELY+JÄÄNNÖS
Scheffe test for model Z=CONSTANT+BLOCK+TREATMENT+RESIDUAL

B = LOHKOJEN VÄLINEN ERO, T = KÄSITTELYJEN VÄLINEN ERO (T1 = 700 kpl/ha, T2 = 1000 kpl/ha, T3 = 1600 kpl/ha, T4 = 2200 kpl/ha, T5 = 3000-4000 kpl/ha, T6 = harventamaton)
B = DIFFERENCE BETWEEN BLOCKS, T = DIFFERENCE BETWEEN TREATMENTS (T1 = 700 trees/ha, T2 = 1000 trees/ha, T3 = 1600 trees/ha, T4 = 2200 trees/ha, T5 = 3000-4000 trees/ha, T6 = unthinned)

Pituusboniteetti-indeksien erot.
Differences in site index.

Keskiarvo- pari Means	Erotus Difference	Eroamis- todennäköisyys Probability
B1-B5	4,9	99,9 %
B1-B6	3,2	95,6 %
B2-B4	2,0	54,6 %
B2-B5	5,2	100,0 %
B2-B6	3,5	98,0 %
B3-B5	4,9	100,0 %
B3-B6	3,2	96,8 %
B4-B5	3,3	96,6 %
B5-B6	-1,7	51,1 %
T1-T4	-2,4	63,0 %
T2-T4	-1,7	50,1 %
T3-T4	-1,9	63,1 %

Keskipituuden vuotuis kasvujen erot.
Differences in current annual height increment.

Keskiarvo- pari Means	Erotus Difference	Eroamis- todennäköisyys Probability
B1-B3	-0,04	85,3 %
B1-B4	0,04	72,2 %
B1-B5	0,03	55,1 %
B2-B3	-0,07	99,6 %
B3-B4	0,08	99,9 %
B3-B5	0,07	99,9 %
B3-B6	0,05	96,8 %
T2-T3	-0,03	56,7 %
T2-T4	-0,04	81,3 %
T2-T6	-0,03	50,5 %

Keskiläpimitan vuotuis kasvujen erot.
Differences in current annual mean diameter increment weighted by basal area.

Keskiarvo- pari Means	Erotus Difference	Eroamis- todennäköisyys Probability
B1-B3	-0,08	99,6 %
B1-B4	0,1	100,0 %
B2-B3	-0,08	99,8 %
B2-B4	0,09	99,9 %
B3-B4	0,2	0,0 %
B3-B5	0,09	100,0 %
B3-B6	0,07	99,3 %
B4-B5	-0,08	99,9 %
B4-B6	-0,1	100,0 %
T1-T2	0,1	99,9 %
T1-T3	0,2	100,0 %
T1-T4	0,3	100,0 %
T1-T5	0,3	100,0 %
T1-T6	0,3	100,0 %
T2-T3	0,09	99,9 %
T2-T4	0,2	100,0 %
T2-T5	0,2	100,0 %
T2-T6	0,2	100,0 %
T3-T4	0,08	99,9 %
T3-T5	0,1	100,0 %
T3-T6	0,1	100,0 %
T4-T5	0,06	98,6 %
T4-T6	0,06	96,5 %

Pohjapinta-alan vuotuis kasvujen erot.
Differences in current annual basal area increment.

Keskiarvo- pari Means	Erotus Difference	Eroamis- todennäköisyys Probability
B1-B4	0,3	99,9 %
B1-B5	0,3	99,9 %
B1-B6	0,2	97,5 %
B2-B4	0,2	99,1 %
B2-B5	0,2	98,6 %
B2-B6	0,1	79,1 %
B3-B4	0,3	100,0 %
B3-B5	0,3	100,0 %
B3-B6	0,2	98,8 %
T1-T2	-0,2	85,6 %
T1-T3	-0,4	100,0 %
T1-T4	-0,5	100,0 %
T1-T5	-0,5	100,0 %
T1-T6	-0,5	100,0 %
T2-T3	-0,2	98,1 %
T2-T4	-0,3	100,0 %
T2-T5	-0,4	100,0 %
T2-T6	-0,3	100,0 %
T3-T5	-0,2	93,7 %
T3-T6	-0,2	68,4 %

Liite 3. Varianssianalyysin tulokset (jatkuu).
 Appendix 3. The results of the analysis of variance (cont.).

Vuotuisen tilavuuskasvun erot.
 Differences in current annual stem volume increment.

Keskisarvo- pari Means	Erotus Difference	Eroamis- todennäköisyys Probability
B1-B2	1,1	59,3 %
B1-B4	1,6	87,0 %
B1-B5	2,3	99,4 %
B1-B6	1,7	92,7 %
B2-B5	1,1	60,5 %
B3-B4	1,4	78,4 %
B3-B5	2,1	99,0 %
B3-B6	1,4	87,3 %
T1-T2	-1,2	52,3 %
T1-T3	-3,0	99,8 %
T1-T4	-4,9	100,0 %
T1-T5	-5,5	100,0 %
T1-T6	-5,1	100,0 %
T2-T3	-1,8	96,2 %
T2-T4	-3,7	100,0 %
T2-T5	-4,2	100,0 %
T2-T6	-3,8	100,0 %
T3-T4	-1,9	98,2 %
T3-T5	-2,5	99,8 %
T3-T6	-2,1	99,1 %

Paksuimpien oksien läpimittojen erot.
 Differences in diameter of thickest branches.

Keskisarvo- pari Means	Erotus Difference	Eroamis- todennäköisyys Probability
T1-T2	0,4	90,9 %
T1-T3	0,5	95,5 %
T1-T4	0,9	99,5 %
T1-T5	0,7	99,1 %
T2-T4	0,5	95,7%
T2-T5	0,4	89,7 %
T3-T4	0,4	91,2 %
T3-T5	0,3	76,8 %

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:* Kirkkosaaarentie, 91500 Muhos, Finland
Puh. — *Phone:* (981) 431 404

Suonenjoen tutkimusasema
Suonenjoki Research Station
Os. — *Address:* 77600 Suonenjoki, Finland
Puh. — *Phone:* (979) 11 741

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) 15 721

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



- No 743 Sirén, Matti: Pienet hakkuukoneet varhaisissa harvennushakkuissa.
Small multi-function machines in early thinning operations.
- No 744 Ferm, Ari: Nuorten vesasyntyisten hieskoivikoiden kehitys ja lahoisuus turvemaalla.
Development and decay of young *Betula pubescens* coppice stands on peatland.
- No 745 Rikala, Risto & Huurinainen, Seppo: Lannoituksen vaikutus kaksivuotisten männyn paakkutaimien kasvuun taimitarhalla ja istutuksen jälkeen.
Effect of fertilization on the nursery growth and outplanting success of two-year-old containerized Scots pine seedlings.
- No 746 Lämsä, Pertti, Kellomäki, Seppo & Väisänen, Hannu: Nuorten mäntyjen oksikkuuden riippuvuus puuston rakenteesta ja kasvupaikan viljavuudesta.
Branchiness of young Scots pines as related to stand structure and site fertility.
- No 747 Karppinen, Heimo & Hänninen, Harri: Yksityistilojen hakkuumahdollisuuksien käyttö Etelä-Suomessa.
Actual and allowable cut in nonindustrial private woodlots in southern Finland.
- No 748 Aarnio, Jukka: Voimaperäistämisen vaikutus metsälön puuntuotannon yksityistaloudelliseen kannattavuuteen.
Intensive timber growing and profitability in private forestry.
- No 749 Nieminen, Mika & Pätilä, Antti: Karujen rämeiden luokittelu pintakasvillisuuden ja ravinnetunnusten avulla.
Classification of oligotrophic pine mires on the basis of ground vegetation and fertility parameters.
- No 750 Ihalainen, Ritva: Rakennemuutokset yksityismetsänomistuksessa: Katsaus Suomessa vuosina 1960—89 tehtyihin tutkimuksiin.
Structural changes in Finnish nonindustrial private forest ownership: A survey of the literature 1960—89.
- No 751 Kilkki, Pekka & Kujala, Matti: Poistuman arviointi kahden peräkkäisen tilapäiskoealoihin perustuvan inventoinnin avulla.
Estimation of drain on the basis of two successive forest inventories with temporary sample plots.
- No 752 Salminen, Hannu & Varmola, Martti: Puolukkatyyppin kylvömänniköiden kehitys taimikon myöhäisestä harvennuksesta nuoren metsän ensiharvennukseen.
Development of seeded Scots pine stands from precommercial thinning to first commercial thinning.
- No 753 Saksa, Timo, Nerg, Jukka & Tuovinen, Jussi: Havupuutaimikoiden tila 3—8 vuoden kuluttua istutuksesta tuoreilla kankailla Pohjois-Savossa.
State of 3—8 years old Scots pine and Norway spruce plantations.