

MÄNTYRUNKOJEN YDINSÄTEIDEN KORKEUS JA LEVEYS

MATTI KÄRKKÄINEN

SUMMARY:

HEIGHT AND WIDTH OF RAYS IN PINE STEMS

Saapunut toimitukselle 1976-02-19

Tutkimuksessa on mitattu 1588 pihkatiehyetöntä ja 454 pihkatiehyellistä ydinsädettä tangenttileikkauksista, jotka on otettu neljästä mäntyrungosta eri korkeuksilta ja eri etäisyyksiltä ytimeistä. Suurimmaksi ydinsäteen leveydeksi saatiin keskimäärin $19,7 \mu\text{m}$ pihkatiehyettömille ydinsäteille ja $51,9 \mu\text{m}$ pihkatiehyellisille ydinsäteille. Keskip korkeudet olivat vastaavasti $215,7 \mu\text{m}$ ja $406,2 \mu\text{m}$. Korkeuden perusteella näyttää olevan mahdollisuuksia ydinsäteiden automaattiseen tunnistamiseen pihkatiehyettömiksi ja pihkatiehyellisiksi ydinsäteiksi. Kun rajaksi otetaan $300 \mu\text{m}$, $9,0 \%$ pihkatiehyettömistä ydinsäteistä olisi luettu virheellisesti pihkatiehyellisiin ydinsäteisiin ja $9,5 \%$ pihkatiehyellisistä ydinsäteistä virheellisesti pihkatiehyettömiin ydinsäteisiin.

1. JOHDANTO

Yleisesti käytetyissä puuteknologian oppikirjoissa esitetyt tiedot männyn ydinsäteiden mitoista ovat varsin vähäiset. Esim. TRENDELENBURG ja MAYER-WEGELIN (1955, s. 133, 140) toteavat lyhyesti, että männyn ydinsädeparenkyymien leveys on $0,015 \dots 0,035 \text{ mm}$ ja että ydinsäteiden korkeus on $5 \dots 15 \text{ soluriviä}$. Muissa puuteknologisissa oppikirjoissa esitetään yhtä vähäisiä tai vieläkin puutteellisempia tietoja männyn ydinsäteiden dimensioista (esim. KNIGGE ja SCHULZ 1966, KOLLMAN ja CÔTÉ 1968, JANE 1970, PANSIN ja de ZEEUW 1970, KOCH 1972, jne.).

Puuteknologisten oppikirjojen antaman tiedon vähäisyys selittyy sillä, ettei puuanatomisia tutkimuksia männyn ydinsäteiden mitoista ole juuri tehty. Pihkatiehyellisten

ja pihkatiehyettömien ydinsäteiden pinta-alasta ja osuudesta koko rungon tilavuudesta on jonkin verran tietoja, joita aikaisemmassa tutkimuksessa on siteerattu (KÄRKKÄINEN 1973). Ydinsäteiden leveydestä ja korkeudesta ei sen sijaan ole tiettävästi varsinaisia tutkimuksia. BACK (1958) sekä NYRÉN ja BACK (1959 a, b) tosin esittävät ydinsäteiden trakeidaalisten ja parenkymaattisten solujen mitoista joitakin tuloksia, samoin mainittujen solulaatujen lukumäärästä ydinsäteissä, mutta nämä lienevätkin ainoat raportoidut havainnot, joista voidaan laskea keskimääräisiä männyn yhdinsäteiden leveyksiä ja korkeuksia.

Tässä tutkimuksessa tarkastellaan neljää runkoa koskevia tuloksia, jotka on laskettu aikaisemmin kuvatussa aineistosta (KÄRK-

KÄINEN 1973). Kun vaihtelu rungon eri osien sekä eri runkojen välillä oli vähäistä, tulokset esitetään eri runkoja ja rungonosia erottelematta. Pihkatiehyettömiä ydinsäteitä tutkimuksessa mitattiin 1588 kpl ja pihkatiehyellisiä 454 kpl.

2. YDINSÄTEIDEN LEVEYS

Tässä tutkimuksessa ydinsäteiden leveydellä tarkoitetaan tangenttileikkauksesta mitattua ydinsäteiden suurinta leveyttä. Tämä ydinsäteiden levein kohta sijaitsee lähes poikkeuksetta ydinsäteiden keskellä. Pihkatiehyettömissä ydinsäteissä kapeneminen ydinsäteiden korkeussuunnassa oli vähäistä tästä maksimikohdasta ylös- ja alaspäin lukuunottamatta aivan ydinsäteiden ylä- ja alapäätä. Sen sijaan pihkatiehyelliset ydinsäteet olivat tyypillisesti sukkulan muotoisia: leveyden maksimikohdasta ydinsäteiden leveys aleni nopeasti ylös- ja alaspäin. — Leveyden ja korkeuden suhdetta tarkastellaan myöhemmin.

Tässä tutkimuksessa mitattu pihkatiehyettömien ydinsäteiden keskileveys oli 19,7 μm . Pienin mitattu leveys oli 10,5 μm ja suurin 36,8 μm . Havainnoista laskettu standardipoikkeama oli 4,37 μm joka vastaa variaatiokertoimen arvoa 22,1 %.

Pihkatiehyettömistä ydinsäteistä saadut tulokset ovat sopusuhteissa saksalaisessa oppikirjassa esitettyjen tietojen kanssa, jonka mukaan ydinsäteiden parenkyymisolujen leveys on 15...35 μm (TRENDELENBURG ja MAYER-WEGELIN 1955, s. 140). Kun männyn ydinsäteissä parenkyymaattiset so-

3. YDINSÄTEIDEN KORKEUS

Ydinsäteiden korkeudella tarkoitetaan tässä yhteydessä tangenttileikkauksesta mitattua ydinsäteiden ylimmän ja alimman solurivin reunojen välistä etäisyyttä. Tämän korkeusakselin suhteen ydinsäteiden oli erittäin symmetrinen piirrostarkkuuden rajoissa.

Tässä tutkimuksessa mitattu pihkatiehyettömien ydinsäteiden korkeus oli 215,7 μm . Pienin mitattu korkeus oli 68,4 μm

Tutkimustyössä ovat avustaneet Tarja Björklund, Pirkko Järvinen ja Hans Polman. Käsikirjoituksen ovat lukeneet Veijo Heiskanen ja Juhani Salmi. Kiitän tuesta.

lut ovat nimenomaan ydinsäteiden keskiosassa, tulokset ovat vertailukelpoisia. — Jonkin verran pienempiä leveyksiä ovat sen sijaan mitanneet NYRÉN ja BACK (1959 a). Heidän aineistossaan tangenttileikkauksesta mitattujen parenkyymaattisten solujen keskileveys oli 15,6 μm vaihteluvälin ollessa 8...28 μm . Tässä ruotsalaisessa tutkimuksessa saatu pienempi keskiarvo saattaa johtua yksinkertaisesti siitä, että kaikkien parenkyymaattisten solujen keskileveyden täytyy olla pienempi kuin se keskiarvo, joka saadaan nyt käsillä olevan tutkimuksen tavoin mittaamalla kustakin ydinsäteestä vain maksimaalinen leveys. Mainittakoon vielä, että mainitussa ruotsalaisessa tutkimuksessa leveysien standardipoikkeama oli huomattavan korkea, 13 μm , joka vastaa variaatiokerrointa 83,3 %.

Tässä tutkimuksessa saatu pihkatiehyellisten ydinsäteiden leveysien keskiarvo oli 51,9 μm . Pienin mitattu leveys oli 31,6 μm ja suurin 100,0 μm . Standardipoikkeama oli 8,81 μm , joka vastaa variaatiokerrointa 17,0 %.

Kirjallisuudesta ei ole löytynyt tietoja, joihin saatuja tuloksia voitaisiin verrata.

ja suurin 521,0 μm . Havainnoista laskettu standardipoikkeama oli 63,06 μm , joka vastaa variaatiokertoimen arvoa 29,2 %.

Kuten aikaisemmin on viitattu, vertailukelpoisia tuloksia ei liene julkistettu. Eräistä ruotsalaisista tutkimuksista voidaan kuitenkin laskea suuntaa antavia lukuja. Esim. BACK (1958) totesi tutkimuksessaan, että männyn ydinsäteiden parenkyymisolujen

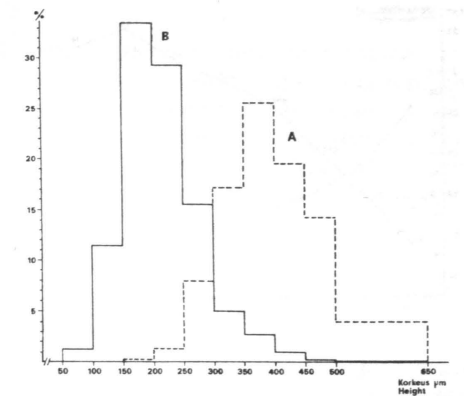
korkeus oli 16...30 μm . Keskiarvo oli n. 20 μm . Vastaava trakeidaalisten solujen korkeus oli 10...52 μm keskiarvon ollessa n. 26 μm . — Tässä tutkimuksessa kysymyksessä oli maseroitu näyte. Tangenttileikkauksesta mitattuja solujen arvoja ovat taas esittäneet NYRÉN ja BACK (1959 a). Heidän mukaansa parenkyymaattisten ydinsädesolujen korkeus oli 12...36 μm keskiarvon ollessa 22,2 μm . Vastaavasti trakeidaaliset solut olivat korkeudeltaan 4...54 μm keskiarvon ollessa 24,7 μm . Kun sitten tiedetään, että männyllä pihkatiehyettömien ydinsäteiden korkeus on 1...14 soluriviä keskiarvon ollessa n. 5...6 soluriviä (NYRÉN ja BACK 1959 b), pihkatiehyettömien ydinsäteiden keskikorkeudeksi voidaan näillä tiedoilla laskea n. 125...130 μm . Tämä on oleellisesti pienempi arvo kuin mihin käsillä olevassa tutkimuksessa on päädytty.

Varsin huomattavan korkeuseron syytä ei ole voitu selvittää. Kun käsillä olevassa tutkimuksessa ydinsäteeseen kuuluvien solurivien lukumäärää ei ole laskettu, ei tiedetä, johtuuko ero suuremmasta solurivien lukumäärästä vai suuremmasta solujen korkeudesta, tai kenties molemmista. Myös tutkimustekniikalla saattaa olla huomattava vaikutus. Tunnettua nimittäin on, että ohuista leikkeistä tehdyt mittaukset eivät suinkaan aina vastaa koskemattomasta puusta tehtyjä mittauksia. Edelleen on huomattava, että NYRÉN ja BACK (1959 a, b) ovat tutkimuksessaan saaneet ydinsädeosuudesta tuloksia, jotka näyttävät olevan pienempiä kuin eräissä muissa tutkimuksissa saadut (ks. KÄRKKÄINEN 1973, s. 92).

Käsillä olevassa tutkimuksessa saatiin pihkatiehyellisten ydinsäteiden keskikorkeudeksi 406,2 μm . Pienin mitattu ydinsäteiden korkeudeltaan 178,9 μm ja suurin 673,7 μm . Korkeuksien standardipoikkeama oli 84,36 μm , joka vastaa variaatiokertoimen

4. YDINSÄTEIDEN MUOTO

On luonnollista olettaa, että ydinsäteiden korkeuden kasvaessa myös niiden leveys suurenee. Tässä tutkimuksessa saatiin korkeuden ja leveyden väliseksi korrelaatioksi 0,238 pihkatiehyettömien ydinsäteiden ollessa



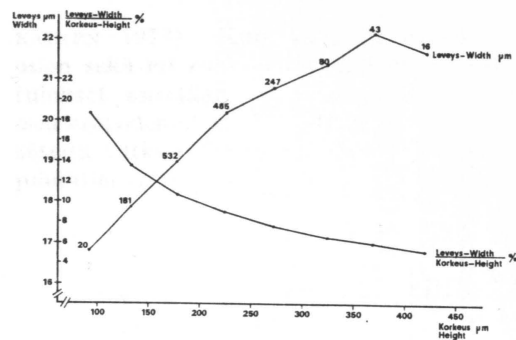
Kuva 1. Pihkatiehyellisten (A) ja pihkatiehyettömien (B) ydinsäteiden korkeuksien jakauma.

Fig 1. Height distribution of fusiform (A) and uniseriate (B) rays.

arvoa 20,8 %. — Mitään vertailukohtaa näille tuloksille ei kirjallisuudesta ole löytynyt.

Kuvassa 1 on esitetty pihkatiehyettömien ja pihkatiehyellisten ydinsäteiden korkeuksien jakaumat käytettäessä 50 μm luokkaväliä pihkatiehyellisten ydinsäteiden viimeistä luokkaa lukuunottamatta. Kuvasta voidaan havaita, että jonkinlaisia mahdollisuuksia pihkatiehyettömien ja pihkatiehyellisten ydinsäteiden automaattiseen erotteeluun pelkän korkeuden perusteella on olemassa. Jos rajakorkeudeksi olisi otettu 300 μm , 9,0 % pihkatiehyettömistä ydinsäteistä olisi luettu virheellisesti pihkatiehyellisiin ydinsäteisiin, ja 9,5 % pihkatiehyettömiin ydinsäteisiin. Jos kyseistä 300 μm rajaa sovelletaan muihin kuin tutkituihin mäntyrunkoihin, luultavaa kuitenkin on, ettei yhtä hyviin tuloksiin päästä jakaumien vaihtelun vuoksi.

kyseessä ja 0,288 pihkatiehyellisille ydinsäteille. Yksittäisiä ydinsäteitä tarkasteltaessa riippuvuus ei siis ole kovin vahva, joskin tilastollisesti merkitsevä. Ydinsäteiden leveys ei sitä paitsi kasva suoraviivaisesti



Kuva 2. Pihkatiehyettömien ydinsäteiden keskimääräinen leveys luokitellun korkeuden mukaan sekä leveyden ja korkeuden suhde. Numerot tarkoittavat havaintojen lukumäärää.

Fig. 2. Average width of uniseriate rays in various height classes and the ratio between the width and the height. The number of observations is shown in each height class.

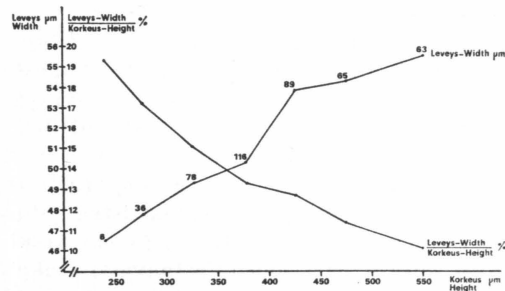
korkeuden myötä, vaan jatkuvasti hidastuen.

Kuvassa 2 on esitetty pihkatiehyettömien ydinsäteiden leveyksien keskiarvot eri korkeusluokissa, kun luokkaväli on 50 μm. Leveyksien keskiarvoja yhdistävään murtoviivaan on merkitty myös havaintojen lukumäärä kussakin korkeusluokassa. Samaan kuvaan on edelleen merkitty, kuinka paljon keskimääräinen leveys on keskimääräisestä korkeudesta kussakin korkeusluokassa. — Kuvassa 3 on vastaavat tulokset esitetty pihkatiehyellisten ydinsäteiden osalta.

Kuvista 2 ja 3 käy ilmi se edellä todettu seikka, että leveys kasvaa korkeuden myötä hidastuvalla nopeudella. Leveyden ja kor-

5. TULOSTEN TARKASTELUA

Mitattujen pihkatiehyettömien ja pihkatiehyellisten ydinsäteiden leveydet ja korkeudet eivät ole suoranaissessa ristiriidassa aikaisemmin esitettyjen käsitysten kanssa, joskin etenkin korkeushavainnot vaikuttavat suurilta eräisiin ruotsalaisiin tuloksiin verrattuna. Eri havupuulajeja verrattaessa männyn ydinsäteiden korkeudet ovat kuitenkin pieniä (KÄRKKÄINEN 1971, s. 26).



Kuva 3. Pihkatiehyellisten ydinsäteiden keskimääräinen leveys luokitellun korkeuden mukaan sekä leveyden ja korkeuden suhde. Numerot tarkoittavat havaintojen lukumäärää.

Fig. 3. Average width of fusiform rays in various height classes and the ratio between the width and the height. The number of observations is shown in each height class.

keuden suhdetta kuvaavasta käyrästä voidaan havaita, että leveys kasvaa huomattavasti hitaammin kuin korkeus. Tämä merkitsee sitä, että korkeuden suuret ydinsäteen poikkileikkauksen muoto tulee pitkulaisemmaksi. Tässä selvästi havaittavassa ilmiössä saattaa piillä selitys siihen, ettei KÄRKKÄISEN (1973) tutkimuksessa ydinsäteen pinta-ala selvästi kasvanut ytimeistä pintaan päin, vaikka ydinsäteen korkeus tunnetusti kasvaakin samassa suunnassa NYRÉNIN ja BACKIN (1959 b, s. 684) siteeraamien kahden lähteen mukaan. Ydinsäteen poikkileikkauksen muuttuminen pitkulaisemmaksi korkeuden kasvaessa merkitsee nimittäin sitä, ettei pinta-ala kasva samassa suhteessa kuin korkeus.

Mielenkiintoinen havainto oli sekä leveyden että korkeuden suhteellisen vähäinen hajonta, kun pihkatiehyettömiä ja pihkatiehyellisiä ydinsäteitä tarkasteltiin erikseen. Variaatiokertoimet olivat suuruusluokaltaan 20 %. Nämä luvut ovat pieniä verrattaessa niitä maseroiduista näytteistä mitattuihin ydinsäteiden solujen arvoihin.

Automaattisen pihkatiehyettömien ja

pihkatiehyellisten ydinsäteiden tunnistamisen kannalta oli tärkeä havainto, että korkeuden perusteella pystytään erottamaan kyseiset ydinsädelajit suhteellisen hyvin. Kaukana ei ole ajatus, että puunäytteiden automaattinen analysointi olisi tarvittaessa

mahdollinen myös ydinsäteiden osalta. Tunnettua on, että esimerkiksi solujen pituuksia ja muita dimensioita on viime vuosina pyritty mittaamaan automaattisin menetelmin, joissa ihmistyön menekki on oleellisesti aiemmin käytettyjä keinoja vähäisempi.

KIRJALLISUUSLUETTELO

- BACK, ERNST 1958. Aspects on tracheidal and parenchymatous ray cells in pulpwood conifers. *Svensk PappTidn.* 61 (17): 523—530.
- JANE, F. W. 1970. The structure of wood. Second edition. London.
- KNIGGE, WOLFGANG & SCHULZ, HORST 1966. Grundriss der Forstbenutzung. Hamburg—Berlin.
- KOCH, PETER 1972. Utilization of the southern pines. *Agric. Handb. U.S. Dep. Agric.* 420.
- KOLLMANN, FRANZ F. P. & CÔTÉ, WILFRED A. Jr. 1968. Principles of wood science and technology I. Solid wood. Berlin—Heidelberg—New York.
- KÄRKKÄINEN, Matti. 1971. Puun rakenteesta ja ominaisuuksista. Helsinki.
- » — 1973. Mäntyrunkojen ydinsäteiden määrä ja koko. Summary: Amount and size of rays in pine stems. *Silva Fenn.* 7 (2): 69—95.
- NYRÉN, V. & BACK, E. 1959 a. The dimensions of tracheidal and parenchymatous ray cells of *Pinus silvestris* pulpwood. *Svensk PappTidn.* 62 (17): 587—593.
- » — & BACK, E. 1959 b. The ray volume in *Pinus silvestris* stemwood and its distribution between tracheidal and parenchymatous ray cells. *Svensk PappTidn.* 62 (19): 681—686.
- PANSHIN, A. J. & de ZEEUW, CARL 1970. Textbook of wood technology. Third edition. New York ym. (McGraw-Hill Book Company).
- TRENDELENBURG, R. & MAYER-WEGELIN, H. 1955. Das Holz als Rohstoff. 2. völlig überarbeitete Auflage. München.

SUMMARY:

HEIGHT AND WIDTH OF RAYS IN PINE STEMWOOD

In this study the width and height of 1588 uniseriate and 454 fusiform rays were measured from tangential sections. The samples originated from four pine trunks and represented various height levels and distances from the pith. The average width of the uniseriate rays was 19,7 μm and that of the fusiform rays, 51,9 μm. The average height of the uniseriate rays was 215,7 μm and that of the fusiform rays 406,2 μm.

According to the study, it may be possible to develop an automatic system for distinguishing between uniseriate and fusiform rays on the basis of their height. If the separation limit is taken as 300 μm, 9,0 per cent of the uniseriate rays are erroneously classified as fusiform rays, and 9,5 per cent of the fusiform rays are erroneously classified as uniseriate rays.