

FOLIA FORESTALIA 174

METSÄNTUTKIMUSLAITOS · INSTITUTUM FORESTALE FENNIAE · HELSINKI 1973

JORMA RIIKONEN

KUITUPUUN KUOREN KUTISTUMINEN
METSÄVARASTOINNISSA

THE VOLYMETRIC SHRINKAGE OF PULP-
WOOD BARK

Metsäntutkimuslaitos

Kirjasto

- No 134 Aarne Reunala & Ilpo Tikkanen: Metsätalonomistajat metsätalouden edistämistoiminnan kohteena Keski-Suomessa.
Non-farmer forest owners and promotion of private forestry. 4,—
- No 135 Pentti Hakkila & Olavi Saikku: Kuoriprosentin määräytyminen sahanhakkeesta.
Measurement of bark percentage in saw mill chips. 1,50
- No 136 Ukko Rummukainen: Vesakontorjunta-aineiden ja rikkakasvinhävitteiden käytöstä metsänviljelyaloilla Suomessa vuosina 1969—1970.
On the use of brush and weed killers on forest regeneration sites in Finland in 1969—70. 4,—
- No 137 Eino Mälkönen: Näkökohtia metsämaan muokkauksesta.
Some aspects concerning cultivation of forest soil. 1,50
- No 138 P. J. Viro: Die Walddüngung auf finnischen Mineralböden. 2,50
- No 139 Seppo Kaunisto: Lannoituksen vaikutus istutuksen onnistumiseen ja luonnontaimien määrään rahkanevalla. Tuloksia Kivisuon koekentältä.
Effect of fertilization on successful planting and the number of naturally born seedlings on a fuscum bog at Kivisuon experimental field. 1,50
- No 140 Matti Ahonen & Markku Mäkelä: Juurakoiden irrottaminen maasta pyöräkuormaajilla.
Extraction of stump-root systems by wheel loaders. 2,50
- No 141 Yrjö Vuokila: Taimiston käsittely puuntuotannolliselta kannalta.
Treatment of seedling stands from the viewpoint of production. 4,—
- No 142 Pentti Koivisto: Kainuun ja Pohjanmaan talousmänniköiden kehityksestä.
On the development of Scots pine stands in central Finland. 2,—
- No 143 Matti Huovinen, Soini Silander, Paavo Tiihonen & Juhon Yli-Hukkala: Hakkuumiehen määrittämään runkolukuun perustuva leimikon pystymittaus.
Stichprobenweise Massenermittlung am stehenden Holz eines ausgezeichneten Bestandes auf Grund von Stammzahlaufnahme durch den Holzfäller. 2,—
- No 144 Esko Leinonen: Puutavaran mittaus kuorma- ja otantamenetelmillä.
Measurement of timber by the load and sampling methods. 4,—
- No 145 Esko Leinonen: Tilavuuspaino-otanta sahatukkien mittauksessa.
Green density sampling in sawlog scaling. 1,50
- No 146 Markku Mäkelä: Kanto- ja juuripuun kuljetus.
Transport of stump and root wood. 2,50
- No 147 Pentti Hakkila, Jouko Laasasenaho & Kari Oittinen: Korjuuteknisiä oksatietoja.
Branch data for logging work. 2,—
- No 148 Pertti Mikkola: Metsähukkapuun osuus hakkuupoistumasta Suomessa.
Proportion of waste wood in the total cut in Finland. 2,—
- No 149 N. A. Osara: Some trends in world forestry with respect to Finland.
Eräitä metsä- ja puutalouden kehitysilmioitä maailmassa ja Suomessa. 1,—
- No 150 Ole Oskarsson: Suomalaiset plusmännyn ja pluskuuset.
Finnish plus trees of Scots pine and Norway spruce. 14,—
- No 151 Pertti Härstela & Paavo Valonen: Työn tuotos, työntekijän fyysinen kuormittuminen ja tärinäaltistus pelkässä kaadossa.
Work output, physical load of the worker and exposure to vibration in feeling. 5,—
- No 152 Kari Keipi: Lannoituskustannukset ja tuottojen käsittely metsän lannoituksen kannattavuuslaskelmissa Norjassa, Ruotsissa ja Suomessa.
The concept of forest fertilization returns in Norway, Sweden and Finland. 4,—
- No 153 Hannu Vehviläinen: Palkkaus ja työolot metsäkonetöissä syksyllä 1971.
The working conditions and earnings of forest-machine operators in autumn 1971 in Finland. 9,—
- No 154 Paavo Tiihonen: Kiintokuutiometrin käyttöön perustuvat männyn, kuusen ja koivun kuitupuutaulukot.
Massentafeln mit dem Festmeter als Masseinheit für Kiefern-, Fichten- und Birkenfaserholz. 7,—
- No 155 Paavo Tiihonen: Kiintokuutiometrin käyttöön perustuvat männyn ja kuusen tukki-putaulukot.
Massentafeln mit dem Festmeter als Masseinheit für Kiefern- und Fichtenblochholz. 2,50
- No 156 Eljas Pohtila: Tulokset Perä-Pohjolan valtionmailla vuosina 1930—45 tehdyistä kuusiviljelyistä.
Results of spruce cultivation from 1930—45 on state-owned lands in Perä-Pohjola. 1,50
- No 157 Eino Mälkönen: Hakkuutähteiden talteenoton vaikutus männikön ravinnevaroihin.
Effect of harvesting logging residues on the nutrient status of Scotch pine stands. 1,50
- No 158 Kaarlo Kinnunen & Erkki Lähde: Kylvöajankohdan vaikutus kennonaimien kehitykseen ensimmäisen kasvukauden aikana.
The effect of sowing time on development during the first growing season of seedlings grown in paper containers. 2,50
- No 159 Pentti Hakkila: Oksaraaka-aineen korjuumahdollisuudet Suomessa.
Possibilities of harvesting branch raw material in Finland. 2,—
- No 160 Kullervo Etholén: Männyn viljelyn tulos Pohjois-Suomessa ja siemenen alkuperä.
The success of artificial regeneration of Scots pine in Northern Finland and origin of seed.
Состояние культур сосны в Северной Финляндии и происхождение семян. 3,—

Jorma Riikonen

KUITUPUUN KUOREN KUTISTUMINEN METSÄVARASTOINNISSA

The volumetric shrinkage of pulpwood bark

ALKUSANAT

Esillä oleva työ kuuluu metsäntutkimuslaitoksen metsäteknologian tutkimusosaston suorittamiin pinotavaran mittaustutkimuksiin.

Työtä on ohjannut ja valvonut metsänhoitaja PENTTI RIKKONEN. Aineiston ATK-käsittelyn on suorittanut LuK ARJA PANHELAINEN. Opettajaltani professori BROR-ANTON GRANVIKILTA ja metsäteknologian tutkimusosaston päälliköltä professori VEIJO HEISKASELTA ja vt. professori PENTTI HAKKILALTA olen saanut erittäin arvokkaita neu-

voja työn viimeistelyssä. Puhtaaksikirjoitusvaiheessa olen saanut apua rouva AUNE RYTKÖSELTÄ ja neiti RAIJA SIEKISELTÄ. Kuvat ja piirrokset on tehnyt neiti LEENA PAUMOLA. Kenttätöihin on osallistunut metsuri ERKKI VILLANEN Savonrannalta.

Kaikille edellä mainituille henkilöille haluan esittää mitä lämpimimmät kiitokseni saamastani arvokkaasta avusta työn eri vaiheissa.

Helsingissä tammikuussa 1973

Jorma Riikonen

SISÄLLYSLUETTELO

| | Sivu |
|--|------|
| SUMMARY | 3 |
| TIIVISTELMÄ | 4 |
| 1. JOHDANTO | 4 |
| 2. TUTKIMUKSEN SUORITUS JA AINEISTO | 5 |
| 21. Aineiston keruu | 5 |
| 22. Menetelmä | 6 |
| 3. TULOKSET | 7 |
| 31. Kuoren määrä | 7 |
| 32. Kuoren tilavuuden muutokset | 7 |
| 321. Kuoren tilavuuden muutoksen riippuvuus puulajista | 7 |
| 322. Kuoren tilavuuden muutokset ajan funktiona | 8 |
| 323. Kuoren tilavuuden muutos pölkkytyypeittäin koko mittauskauden keskiarvoina .. | 9 |
| 324. Kuoren tilavuuden muutokset pölkkytyypeittäin ajan funktiona | 9 |
| 3241. Tyvipölkkyt | 9 |
| 3242. Välipölkkyt | 10 |
| 3243. Latvapölkkyt | 11 |
| 325. Kuoren tilavuuden muutokset pölkyn eri osissa | 11 |
| 4. KÄYTÄNNÖLLISIÄ NÄKÖKOHTIA | 12 |
| KIRJALLISUUSLUETTELO | 13 |

SUMMARY

The purpose of the study was to clarify the change in the volume of pulpwood bark in the terrain as a function of time and the magnitude of the change by tree species and types of bolt. The species selected for study were Scotch pine (*Pinus silvestris* L.), Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.), white birch (*Betula pubescens* Ehrh.), and grey alder (*Alnus incana* (L.) Moench.).

At least the following factors influence the shrinkage or pulpwood bark *highly significantly*

- tree species
- type of bolt
- measuring point and
- measuring time.

In addition, the extent of shrinkage is affected by the interaction of two arguments, such as

- tree species – type of bolt
- tree species – measuring point
- tree species – measuring time.

The tree species factor is highly significant, as can be seen from the following tabulation.

| Argument | S.s | D.f | Variance | F-value |
|------------------|---------|-----|----------|---------|
| Tree species = 1 | 3.78160 | 3 | 1.26053 | 83.67 |

The tree species in order of magnitude of the shrinkage were as follows: *alder* (25.3 %), *pine* (19.5 %), *spruce* (17.3 %), and *birch* (14.5 %). The reasons for the differences in the scale of shrinkage of the tree species are variation in the moisture content of the bark along the length of the stem, structure and chemical composition of tree bark (e.g. the suberin content of birch), per-stem differences, branchiness of the stem and the time and point of measurement.

Bolt type is also a *highly significant* factor, as the following figures reveal.

| Argument | S.S | D.f | Variance | F-value |
|-----------|---------|-----|----------|---------|
| Bolt type | 3.26931 | 2 | 1.63465 | 10.85 |

On the whole, the bark of butt bolts shrank least, that of top bolts most. Spruce was an exception. Smaller shrinkage of the bark of butt bolts than of other bolts was probably due

to the relatively greater thickness of the bark on the butt parts of the tree, the relatively low moisture content of the bark on the lower parts of the stem, the relatively great proportion of dead cells in butt bolts, the absorptive capacity of bark, and the branchiness of bolts and other per-bolt differences.

The third *highly significant* factor affecting the volumetric shrinkage of bark was the *site of the measuring point* in the bolt, as can be seen from the following tabulation.

| Argument | S.S | D.f | Variance | F-value |
|-----------------|---------|-----|----------|---------|
| Measuring point | 1.91241 | 3 | 6.37469 | 42.31 |

On the whole, the volume of bark shrank more at the ends than in the middle of the bolt. The exceptions to this were pine butt bolts, birch middle bolts and alder middle and top bolts. For the birch middle bolts the explanation may be measuring errors. The small shrinkage at the measuring point of pine butt logs was due for the most part to the great relative and absolute amount of dead tissue contained in the butt bark.

The exceptionally high significance of the measuring time for the shrinkage of bark volume can be seen from the following:

| Argument | S.S | D.f | Variance | F-value |
|----------|---------|-----|----------|---------|
| Time | 1.76952 | 4 | 4.42380 | 29.36 |

On the whole, the longer the time that has elapsed from felling the pulpwood the greater is the volumetric shrinkage of the bark. The volumetric change was generally greatest during the first two months after felling.

In addition to the factors mentioned above, the interaction of two arguments also affects the magnitude of the volumetric change in bark. Apart from the interactions already listed, the following enter the picture, but are of considerably less importance:

- measuring point – bolt type
- measuring point – measuring time
- bolt type – measuring time.

The last two interactions are not statistically significant.

TIIVISTELMÄ

Kuitupuun kuoren pienenemiseen vaikuttavat erittäin merkitsevästi ainakin

- puulaji
- pölkkytyyppi
- mittauspiste ja
- mittausajankohta.

Lisäksi kutistuman suuruuteen vaikuttavat kahden argumentin väliset yhdysvaikutukset kuten

- puulaji – pölkkytyyppi
 - puulaji – mittauspiste
 - puulaji – mittausajankohta.
- Puulaji-tekijä on erittäin merkitsevä.

Kutistuman suuruusjärjestyksessä olivat puulajit seuraavat; *leppä* (25.3 %), *mänty* (19.5 %), *kuusi* (17.3 %) ja *koivu* (14.5 %). Syitä, jotka aiheuttavat eroja kutistuman suuruuteen puulajeittain, ovat

- kuoren kosteusasteen vaihtelu rungon pituussuunnassa
- puun kuoren rakenne ja kemiallinen koostumus (esim. koivun suberiinipitoisuus)
- runkokohtaiset erot
- rungon oksaisuus
- mittausajankohta ja -paikka.

Pölkkytyyppi -tekijä on myös erittäin merkitsevä.

Yleisesti ottaen tyvipölkkyjen kuori kutistui vähiten, latvapölkkyjen eniten. Poikkeuksena oli kuusi. Tyvipölkkyjen kuoren muita pienempään kutistumaan lienee syynä

- kuoren suhteellisesti suurempi paksuus puun tyviosassa
- kuoren kosteusasteen suhteellinen alhaisuus rungon alaosissa
- kuolleitten solujen suhteellisen suuri osuus tyvipölkkyissä

- kuoren sorptiokyky sekä
- pölkkyjen oksaisuus ja
- muut pölkkykohtaiset erot.

Kolmantena erittäin merkitseväänä seikkana kuoren tilavuuden kutistumaan vaikuttavana tekijänä oli mittauspisteen sijainti pölkkyssä.

Yleisesti ottaen pölkkyjen päitten kuoren tilavuus kutistui enemmän kuin pölkyn keskellä oleva kuori. Poikkeuksena olivat männyn tyvipölkkyt, koivun välipölkkyt sekä lepän väli- ja latvapölkkyt. Koivun välipölkkyjen kohdalla saattaa kyseessä olla mittausvirheetkin. Männyllä tyvipölkkyjen tyvimittauspisteen kutistuman pienuus johtuu valtaosaltaan tyvikaarnan sisältämästä suuresta kuolleen solukon suhteellisesta ja absoluuttisesta määrästä.

Mittausajankohdan erittäin suuresta merkitsevyydestä kuoren tilavuuden pienenemisessä voidaan sanoa, että mitä enemmän aikaa on kulunut kuitupuun kaadosta, sitä enemmän kuoren tilavuus on pienentynyt. Tilavuuden muutos oli jyrkintä yleensä heti kahden ensimmäisen kaatoa seuraavan kuukauden aikana.

Edellä mainittujen seikkojen lisäksi vaikuttavat kahden argumentin yhdysvaikutukset kuoren tilavuuden muutoksen suuruuteen. Aikaisemmin mainittujen yhdysvaikutusten lisäksi tulevat vielä seuraavat yhdysvaikutukset, joitten merkitys on huomattavasti pienempi kuin edellä mainittujen;

- mittauspiste – pölkkytyyppi
- mittauspiste – ajankohta
- pölkkytyyppi – ajankohta.

Kaksi viimeistä yhdysvaikutusta eivät ole tilastollisesti merkitseviä.

1. JOHDANTO

Metsäntutkimuslaitoksen metsäteknologian tutkimusosaston suorittamissa puutavaran kuoriprosenttien määrittämisissä on todettu maasto-

mittausten antavan suuremman kuoriprosentin kuin tehdaspäässä suoritettu (RIKKONEN 1971, vrt. HEISKANEN 1970). Kysymys ei

ole pelkästään mittausvirheistä, vaan syitä on etsittävä muualta. Lähinnä tulee kysymykseen kuljetuksen yhteydessä tapahtunut kuoren mekaaninen kuluminen. Tämän seikan osuutta on suhteellisen vaikea mitata. Toinen, edellistä huomattavasti helpommin mitattavissa oleva syy on kuoren tilavuuden pieneneminen puutavaran kuivuessa.

Meillä ei tietävästi ole tehty aikaisemmin aiheeseen liittyviä tutkimuksia. Ruotsissa on TAMMINEN (1962, 1964 ja 1970) tutkinut kuoren kuivumista laboratorio-olosuhteissa. Tulokset osoittavat, että kuoren kutistuminen on huomattava virhelähde niin pinomittauksessa kuin kuoriprosenttienkin määrittämisessä. Saha-tukkien osalta ei sillä meillä ole ainakaan vielä sanottavaa merkitystä (vrt. kuitenkin HEISKANEN 1970). Koivutukkien osalta ilmiöllä saattaa olla jo nyt vaikutusta käytännössä, koska niitten paksuus mitataan kuoren päältä.

Yleisenä piirteenä havaittiin TAMMINEN tutkimuksissa, että *männyn* kuoren tilavuuden pieneneminen prosentteina kasvoi kannon korkeudelta rungon 30 %:n suhteelliselle korkeudelle melko jyrkästi. Sen jälkeen runkoa ylöspäin mentäessä kutistuminen pysyi lähes vakiona. Tyven osalta oli kuoren tilavuuden pieneneminen 19..28 %:n luokkaa ja rungon 90 %:n korkeudella 51..64 %.

Kuusen kuorelle TAMMINEN (1964) sai seuraavat luvut; tyviosan kuori kutistui 31..37 % ja 90 %:n suhteellisella korkeudella 47..53 % alkuperäisestä tilavuudestaan. Kuoren tilavuuden muutos oli erittäin jyrkkä kannonkorkeudelta rungon 10 %:n suhteelliselle korkeudelle. Muutoksen suuruus oli noin 30 %-yksikköä. Edellä mainitun korkeuden jälkeen pysyi kutistuminen melko tasaisena eri suhteellisilla korkeuksilla.

Koivulle TAMMINEN (1970) sai tyvikuoren kutistumaksi 25..37 %. Rungon 80 %:n suhteellisella korkeudella oli tilavuuden muutoksen suuruus 24..40 %. Osassa tutkimusaineistoa pieneni kuoren tilavuuden muutos aina rungon puoleen väliin asti, minkä jälkeen siinä tapahtui jyrkkä nousu, mikä oli osassa aineistoa jatkuvaa kannosta latvaan.

Lepästä ei ole saatavissa tuloksia aiemmista tutkimuksista.

Laboratoriotutkimukset eivät kuitenkaan selitä koko ongelmaa. Tästä syystä katsottiin tarpeelliseksi selvittää kuoren kuivumista ja kutistumista myös kenttäoloissa. Tutkimuksen kohteiksi otettiin mänty (*Pinus silvestris* L.), kuusi (*Picea abies* (L.) Karst.), hieskoivu (*Betula pubescens* Ehrh.) sekä harmaaleppä (*Alnus incana* (L.) Moench.).

2. TUTKIMUKSEN SUORITUS JA AINEISTO

21. Aineiston keruu

Aineisto kerättiin Savonrannan Siikamäeltä kesä-syyskuun aikana vuonna 1971. Koepölkyt jakautuivat taulukon 1 mukaisesti puulajeihin ja läpimittaluokkiin. Pölkkyjen läpimittaluokajakautumat osoittavat, että luokkiin 5.00..10.99 kuului 46 pölkkyä eli 88.5 % kokonaisuudesta. Kyseessä olivat siis varsin ohuet koepölkyt, minkä johdosta tulokset eivät edusta läpimitaltaan tyypillisiä kuitupuita. Kuitenkin tulokset antavat perusinformaatiota asiasta, mutta saattavat antaa keskimäärin liian korkeita kutistumisprosentteja.

Mittauksia varten jaettiin kukin puulaji kolmeen pölkkytyyppiin: tyvi-, väli- ja latvapölkkyihin, joita kaikkia oli lähes yhtä paljon.

Pölkkyt jaettiin mittauksissa seuraaviin kuorityyppeihin (vrt. TEURI SALMINEN 1969):

a) Mänty

1. Kilpikaarna

läkkäitten puitten kaarna, jossa kaarna muodostaa kilpiä, pinnaltaan melko tasaisia, levymäisiä muodostumia.

2. Kaarna

Tavallinen, niin sanottu rosokaarna. Puun pinta on yhtenäisen tummanruskean tai harmahtavan kaarnan peitossa.

Taulukko 1. Koepölkkyjen jakautuminen läpimittaluokittain ja puulajeittain.
 Table 1. Distribution of the trial bolts by diameter classes and by tree species.

| Läpimittaluokka, cm Diameter class, cm | Puulaji — Tree species | | | | Yhteensä Total |
|---|------------------------|-----------------|----------------|----------------|-------------------|
| | Mänty Pine | Kuusi Spruce | Koivu Birch | Leppä Alder | |
| 5.00... 6.99 | 2 | 4 | 3 | — | 9 |
| 7.00... 8.99 | 7 | 5 | 3 | 5 | 20 |
| 9.00...10.99 | 6 | 4 | 5 | 2 | 17 |
| 11.00...12.99 | 1 | 2 | — | 3 | 6 |
| Yhteensä Total | 16 | 15 | 11 | 10 | 52 |

3. Puolikaarna
 Kaarnapeite ei ole yhtenäinen, vaan siinä on runsaastikin keltaista hilsekuorta.

4. Hilsekuori
 Väritään keltainen, ohuehko, hilseilevä kuori, jota tavataan yleensä rungon ylemmissä osissa.

b) Kuusi

1. Kaarna
 Selvästi kaarnoittunut puun pinta. Esiintyy usein auringon polttamissa ja iäkkäissä puissa. Pinnaltaan suomumainen.

2. Tavallinen kuori
 Kuoren pinta sileä, väritään harmaa tai usein punertava. Nuorten ja hyväkasvuisten puitten kuori.

c) Koivu

1. Kaarna
 Selvästi kaarnoittunut puun pinta, jossa esiintyy melko usein suhteellisen syviä uria, repeämiä.

2. Tavallinen kuori
 Kuoren pinta sileä ja valkoinen. Pinnasta hilseilee ohuita tuohikerroksia.

d) Leppä

1. Kaarna
 Selvästi kaarnoittunut, rosainen puun pinta. Kuoren pinnasta puuttuu osittain kiilto. Harmahtavan vihreä kuori.

2. Tavallinen kuori
 Sileä ja kiiltävä kuori, väritään vaalean vihreä. Yleensä puun keski- ja latvaosien kuori.

22. Menetelmä

Kaadon jälkeen puut karsittiin varovasti siten, ettei kuori repeillyt. Rungot katkottiin 2.2-metrisiksi pölkkyiksi. Jokaisen pölkyn kummastakin päästä sahattiin näytekiekko, jonka kuoren paksuus määritettiin 4 tai 5 mittauskohdan keskiarvona. Sekä kiekot että kuoret

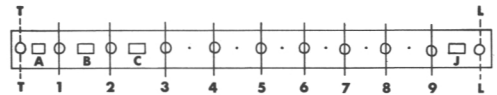
suljettiin tiiviisiin muovipusseihin ja lähetettiin laboratorioon.

Pölkkyt pyyhittiin tarkoin puhtaaksi hilseilevästä kuoresta sekä jäkälistä. Pölkkyihin merkittiin mittauspisteet apuristikkoja käyttäen ensin vaaka- ja sitten pystymittausta varten. Ensimmäinen mittauspiste merkittiin 3...5 cm:n päähän pölkyn tyvestä latvaan päin ja muut noin 20 cm:n välein tyvileikkauksesta alkaen, kuitenkin niin, että latvamittauspiste oli 3...5 cm:n etäisyydellä pölkyn latvapäästä.

Mittausta varten pölkkyt sijoitettiin aluspuille 30 cm:n etäisyydelle maanpinnasta. Maanpinnasta poistettiin aluskasvillisuus sammalkerrosta lukuunottamatta. Mittaus suoritettiin tarkkuusmittasaksilla kussakin pisteessä sekä vaaka- että pystysuunnassa.

Mittaukset toistettiin parin viikon väliajoin. Jokaisen mittauskerran yhteydessä pölkkyistä otettiin kuorinäyte (kts. kuva 1. A–J), jonka aiheuttama kolo peitettiin nopeasti kuivuvalla liimalla. Tarkoituksena oli estää aukon kautta tapahtuva veden haihtuminen.

Hyönteisvaurioitten estämiseksi pölkkyt ruis-kutettiin ensimmäisen punnituskerran jälkeen Silvanolilla.



Kuva 1. Mittauspisteet ja näytteenottopaikat pölkkyissä.

Fig. 1. Measuring points and sampling places by bolts.

3. TULOKSET

31. Kuoren määrä

Mäntyrunгон kuoriprosentti oli kannonkorkeudella 34.1, välipölkkyissä, jotka edustivat rungon 20..25 %:n suhteellista korkeutta, 10.5 % sekä latvapölkkyissä 10.7 %. Tyvien kuoriprosentti on varsin korkea, mutta se mitattiinkin hyvin läheltä kantoleikkausta. Prosentit on laskettu kuorellisesta määrästä, mitä tapaa noudatetaan myös muissa yhteyksissä.

Kuusen kuoren kannonkorkeudella olevaksi tilavuusprosentiksi saatiin 14.9, välipölkkyjen 12.2. Välipölkkyt edustavat rungon 25 %:n suhteellista korkeutta. Vastaavasti saatiin latvapölkkyille, jotka edustivat 50..70 %:n suhteellista korkeutta, kuoren tilavuusprosentiksi 15,9.

Koivun tyvipölkkyjen keskimääräisiksi kuoriprosenteiksi saatiin 19.3, välipölkkyjen 13.5 ja latvapölkkyjen 13.4. Tyvipölkkyjen kuoriprosentti on tässäkin tapauksessa verraten korkea. Lähempänä todellista tilannetta olisi ilmeisesti tyvi- ja välipölkkyjen kuoren tilavuusprosenttien aritmeettinen keskiarvo (16.4). Kaikki kuoriprosentit on määritelty pienistä koepaloista, joten sekin on aiheuttanut virhettä tuloksiin.

Harmaalepän keskimääräisiksi kuoriprosenteiksi saatiin tyvipölkkyjen osalta 7.4, välipölkkyjen 9.1 ja latvapölkkyjen 9.8. Prosenttilukujen kasvu latvaa kohti viittaa lepän kuoren suhteelliseen tasapaksuuteen. Kuoriprosenttien vaihtelurajat olivat 5.9..12.3. Kaikkien pölkkyjen kuoriprosenttien aritmeettinen keskiarvo oli 8.6 %, mikä täsmää RAUNECKERIN (1940) ja ORLOVIN (1930-luku) saamiin arvoihin. *Esillä olevan tutkimuksen puitteissa saadut kuoriprosentit on tarkoitettu kuitenkin osoittamaan vain aineiston kuorimäärää kutistumisprosentin arvostelua varten.*

32. Kuoren tilavuuden muutokset

321. Kuoren tilavuuden muutoksen riippuvuus puulajista

Tilastollisesti todettiin puulajilla olevan erittäin merkitsevä vaikutus kutistumiseen seuraavan asetelman mukaisesti.

| | | | |
|---------------------------|---------|-----------|------------------|
| Argumentti 1 = Neliösumma | V.a. | Varianssi | F-arvo |
| Argument 1 = | S.S | D.f | Variance F-value |
| Puulaji | 3.78160 | 3 | 1.26053 83.67 |
| <i>Tree species</i> | | | |

Koko aineiston kuoren kutistumisprosentiksi koko mittauskaudella saatiin 19.2, kokonaisuutensaajaksi 8.0 ja perusjahonnaksi 3.9. Ottamalla huomioon kunkin *puulajin* tilastollinen vaikutus koko aineiston keskiarvoon sekä perusjahonta saadaan eri puulajien suhteelliseksi, keskimääräisiksi kuoren kutistumisprosentteiksi *koko mittauskaudelta* seuraavan taulukon mukaiset arvot.

Taulukko 2. Eri puulajien kuoren kutistuminen (%) laskettuna koko aineistosta ottamalla huomioon kunkin puulajin tilastollinen vaikutus koko aineiston keskiarvoon.

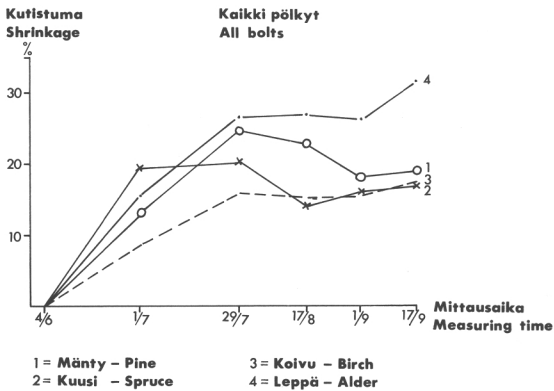
Table 2. Bark shrinkage (%) of different tree species calculated from the total material by taking into consideration the statistical effect of each tree species on the average for the total material.

| Puulaji <i>Tree species</i> | Vaikutus %-yksikköä %-unit | Keski- arvo Mean | Perus- hajonta Deviation | Kutistu- minen, % Shrink- age, % |
|--------------------------------|----------------------------------|------------------------|--------------------------------|---|
| Leppä <i>Alder</i> | 6.1 | 19.2 | ± 3.9 | 25.3 |
| Mänty <i>Pine</i> | 0.4 | | | 19.5 |
| Kuusi <i>Spruce</i> | -1.9 | | | 17.3 |
| Koivu <i>Birch</i> | -4.7 | | | 14.5 |
| | | | | |

Keskiarvoja verrattiin tilastollisesti Tukeyn menetelmällä, jolloin saatiin pienimmäksi merkitseväksi eroksi 1.82 %-yksikköä. Vapausasteita oli 236 ja P = 0.05. Havaitaan jokaisen puulajin poikkeavan merkitsevästi toisistaan seuraavan asetelman mukaisesti.

| | | | | |
|-----|-------|-------|-------|-------|
| | Koivu | Kuusi | Mänty | Leppä |
| k-a | 14.49 | 17.30 | 19.54 | 25.29 |
| ero | 2.81 | 2.24 | | 5.75 |

Kuoren prosentuaalinen kutistuminen oli suurin *lepällä*, koko mittauskaudella keskimää-



Kuva 2. Kuoren tilavuuden muutokset ajan funktiona.

Fig. 2. Volumetric shrinkage of bark as a function of time.

rin 25.3 %. Tilavuuden muutokset laskettiin kuoren alkuperäisestä tilavuudesta.

Toiseksi suurin keskimääräinen kutistuminen tapahtui männyn kuoressa, 19.5 %. Keskiarvoon vaikuttivat alentavasti (vaikutus - 1.15 %-yksikköä) tyvipölkkyt, jotka olivat lähes kokonaisuudessaan 2. kuorityyppiä (kts. määritelmät s. 5-6). Eräitten tyvipölkkyjen ylin osa oli kuitenkin kuoreltaan kolmatta kuorityyppiä. Niin sanottu ”kuoripiste” oli keskimäärin 1.9 m:n korkeudella kantoleikkauksesta.

Kaarnaisuudesta johtuen tyvipölkkyjen kuori sisältää suhteellisen runsaasti kivisoluja, jotka ovat suberiinittomia ja erittäin paksuseinäisiä soluja. Paksuseinäisyyden lisäksi kivisolut sisältävät erilaisia hartsiaineita, jotka yhdessä paksujen soluseiniänsä kanssa estävät kuoren kokoonpääntymisen sitä tehokkaammin, mitä runsaammin niitä on suhteessa kuoren muihin soluihin.

Koko mittauskaudelta saatiin kuusen kuoren kutistumalle arvoksi 17.3 %. Kuusen kuoren pienempi kutistumisprosentti on mahtunut verrattuna johtuneen kuoren kemiallisesta koostumuksesta, kuoren rakenteesta sekä pölkkyjen sijoituspaikkojen erilaisuudesta. Kuusipölkkyt sijaitsivat näet tiheässä MT-kuusikossa, missä aurin-

gon ja tuulen kuivattava vaikutus oli todennäköisesti paljon pienempi kuin muissa pölkkyjen sijoituspaikoissa.

Pienin suhteellinen muutos tapahtui koivun kuoren tilavuudessa. Keskimääräiseksi kutistumaksi saatiin 14.5 %. Suhteellisen pienen tilavuuden muutoksen syynä voi olla koivun kuoren kemiallinen koostumus. Koivun korkkikuori sisältää TAMMISEN (1970) mukaan 38.7 painoprosenttia suberiiniä, kun kuuselle vastaava luku NIKITININ (1955) mukaan on 2.8 painoprosenttia. Lisäksi muutoksen suuruuteen vaikuttavat kuoren rakenteelliset erot ja siitä johtuva kosteuden erilainen jakautuminen kuoren eri osissa sekä osin myös pölkkyjen sijoituspaikka. Osa pölkkyistä sijaitsi OMT-lepikössä, jossa ilman suhteellisen kosteuden keskiarvo koko mittauskaudella oli 77.0 % ja osa oli sijoitettu VT-männikköön, jonka vastaava keskiarvo oli 69.5 %.

322. Kuoren tilavuuden muutokset ajan funktiona

Kuvasta 2 käy selville eri puulajien kuoren tilavuuden muutokset ajan funktiona. Käyrät on piirretty aritmeettisten keskiarvojen perusteella, ts. niissä ei ole otettu huomioon varianssi-analyyysillä saatuja puulaji- ja pölkkytyyppi-vaikutuksia. Keskiarvot on laskettu rungoittain tyvi-, väli- ja latvapölkkyjen keskiarvojen mukaan. Yhteisenä piirteenä kaikille puulajeille havaitaan kuoren tilavuuden pienenevän melko voimakkaasti kesäkuun alusta heinäkuun loppuun.

Toisena yhteisenä piirteenä havaitaan männyn, kuusen ja koivun kuoren kutistuman olevan mittauskauden lopussa melko saman suuruisia, lähes 20 tilavuusprosenttia. Lepän kuoren kutistuma on runsaan kymmenen prosenttiyksikköä muita suurempi.

Männyn ja lepän kuoren kutistumat olivat alussa hyvin samansuuntaiset ja -suuruiset aina heinäkuun loppuun saakka. Siihen asti kutistumien keskinäinen tasoero oli vain 2 %-yksikön luokkaa, mutta heinäkuun lopussa männyn kuori alkoi turvota oletettavasti runsaitten saiteitten johdosta. Sadejakso oli noin kahden viikon pituinen ja ajoittui heinä-elokuun vaihteen tienoille. Lepän kohdalta kutistuman suuruus vakiintui noin 27 %:n tasolle aina syyskuun alkuun saakka, jolloin kutistuma suureni suhteellisen voimakkaasti. Koska pölkkyjen

päihin oli ilmestynyt hienoja halkeamia, lepän puuaines oli alkanut kutistua pölkkyjen päissä. Muissa puulajeissa ei halkeamia havaittu. On kuitenkin kyseenalaista, ehtikö pölkyn pään kutistuma vaikuttaa 3..5 cm:n etäisyydellä poikkileikkauspinnalta olevaan mittauspisteeseen.

Hitaimmin ja tasaisimmin muuttui koivun kuoren tilavuus. Se saavutti lähes maksimikutistumansa heinäkuun loppuun mennessä. Kutistuma säilyi samana syyskuun alkuun asti, minkä jälkeen tapahtui lievää nousua. Verkkaisiin vaihteluihin lienee pääasiallisin syy koivun kuoren rakenne (tuohikerrokset) sekä sen kemiallinen koostumus (suberiinipitoisuus).

323. Kuoren tilavuuden muutos pölkkytyypeittäin koko mittauskauden keskiarvoina

Männyn tyvipölkkyjen kuori kutistui merkittävästi vähemmän kuin väli- ja latvapölkkyjen kuori. Kutistuman suuruus oli vain hieman yli 13 %. Välipölkkyjen osalta vastaava prosentti oli 21 ja latvapölkkyjen kohdalla 24.

Männyn tyvipölkkyjen kuoren pieni kutistumisprosentti johtunee lähinnä tyvikaarnan kivisolujen suhteellisen suuresta määrästä ja kuoren kosteuden vaihtelut rungon pituussuunnassa.

Kuusen tyvipölkkyt näyttivät tässä tutkimuksessa kutistuvan enemmän kuin väli- ja latvapölkkyt, joiden keskinäinen ero oli erittäin pieni. Vastaavaan tulokseen on päätynyt TAMMINEN (1964). Ilmiö saattaa johtua osin aineiston pienuudesta, tai mahdollisesti kuusen sisäkuori onkin ollut rungon alaosissa normaalista poiketen paksumpaa kuin rungon yläosissa.

Tilastollisesti keskiarvot testattiin Tukeyn menetelmällä, jolloin saatiin tyvi- ja välipölkkyjen väliseksi pienemmäksi merkitseväksi eroksi 1.49 %-yksikköä. Väli- ja latvapölkkyjen välinen pienin merkitsevä ero oli 1.53 %-yksikköä, joten niitten kesken ei ollut merkitsevää eroa.

| | Tyvi | Väli | Latva |
|-----|-------|-------|-------|
| k-a | 20.75 | 15.21 | 15.93 |
| ero | 5.54 | | 0.72 |

Koivun tyvi- ja välipölkkyjen välillä ei ollut merkitsevää eroa. Sen sijaan väli- ja latvapölkkyjen välillä oli, koska niitten keskinäinen pienin merkitsevä ero oli 1.70 %-yksikköä seuraavan asetelman mukaisesti.

| | Tyvi | Väli | Latva |
|-----|-------|-------|-------|
| k-a | 13.34 | 13.38 | 16.29 |
| ero | 0.04 | | 2.91 |

Latvapölkkyjen suurempi kutistuma johtuu koivun sisäkuoren suhteellisen osuuden ja sen kosteuden kasvusta rungon yläosiin mentäessä (TAMMINEN 1970). Eräs syy edellä mainittujen lisäksi saattaa olla kuorityyppien keskinäinen erilaisuus.

Lepän kuoren keskimääräisiksi kutistumisprosentteiksi pölkkytyypeittäin saatiin seuraavan asetelman osoittamat luvut.

| | Tyvi | Väli | Latva |
|-----|-------|-------|-------|
| k-a | 24.57 | 24.91 | 26.39 |
| ero | 0.34 | | 1.48 |

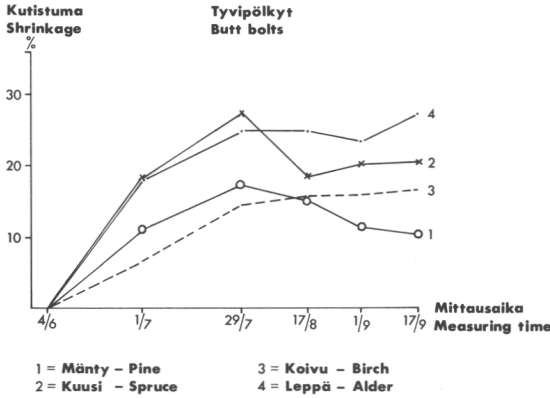
Asetelmasta nähdään, että lepän tyvi- ja välipölkkyt erosivat toisistaan erittäin vähän. Latvapölkkyt erosivat muista pölkkytyypeistä noin puolitoista prosenttiyksikköä. Pölkkytyyppien välillä ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa.

Lepän kuoren kosteuden vaihteluista rungon pituussuunnassa ei ole kirjallisuudessa mainintoja. Kuorinäytteitten vähäisen lukumäärän vuoksi määritettiin tässäkin tutkimuksessa vain kaikkien leppöpölkkyjen kuoren keskimääräiset kosteusprosentit, jotka olivat mittausten alussa 180 % ja lopussa 108 %.

324. Kuoren tilavuuden muutokset pölkkytyypeittäin ajan funktiona

3241. Tyvipölkkyt

Lepän ja kuusen kuoren kutistuminen oli hyvin nopea heti ensimmäisen kuukauden aikana (kuva 3). Heinäkuun alussa kutistumisessa oli vain 1 %-yksikön ero. Sen jälkeen ero kasvoi heinäkuun loppuun mennessä kuusen kuoren kutistuessa jonkin verran enemmän. Heinä-elo-kuun vaihteessa tapahtui kuoren kutistumisessa noin 9 %-yksikön lasku. Samanaikaisesti lepän kuoren kutistuminen pysähtyi noin 24 %:n tasolle, mistä se mittauskauden loppuun mennessä kohosi vielä hiukan. Kuusen kuoren tila-



Kuva 3. Tyvipölkkyjen kuoren kutistumat.
Fig. 3. Volumetric shrinkage of bark of butt bolts.

man pienuuteen vaikutti osaltaan tyvipölkkyjen paksukaarnaisuus. Kahden ensimmäisen kuukauden aikana männyn kuoren tilavuuden muutosta kuvaava murtoviiva oli muodoltaan samanlainen kuin lepälläkin, tosin alhaisemmalla tasolla.

Koivun kuoren tilavuuden muutos oli lähes suoraviivaista kahden ensimmäisen kuukauden aikana. Kutistuman keskimääräinen taso oli kuitenkin pienempi kuin männyllä. Elokuun alussa kuoren tilavuuden muutoksen kasvu tasaantui huomattavasti. Mittauskauden lopussa oli kuoren tilavuus 16.5 % pienempi kuin kokeen alussa. Kuoren tilavuuden suhteellisen hitaaseen muutokseen on varmaan vaikuttanut koivun kuoren tuohikerrokset ja niiden suberiinipitoisuus. Ne kummatkin estävät nopeat suuntaan tai toiseen tapahtuvat muutokset.

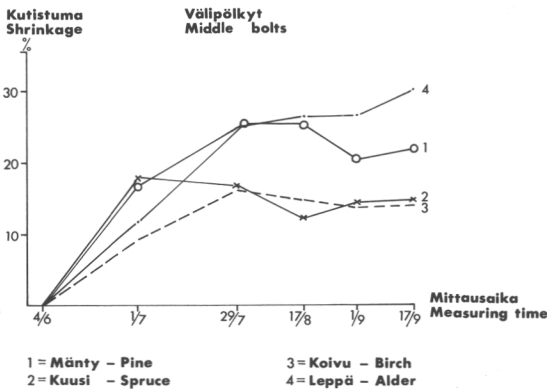
3242. Välipölkkyt

Kuvasta 4 ilmenee eri puulajien välipölkkyjen kuoren tilavuuden muutokset ajan funktiona. Mittauskauden lopussa leppä ja mänty muodostivat oman ryhmän, joka oli keskimäärin 10 %-yksikköä korkeammalla tasolla kuin kuusen ja koivun muodostama pari.

Lepän osalta näytti kehitys olleen lähes suoraviivaista kahden ensimmäisen kuukauden aikana, jolloin sen kuoren tilavuus oli pienentynyt keskimäärin neljänneksen alkuperäisestä tilavuudesta. Tämän jälkeen kuoren tilavuuden pieneneminen hidastui huomattavasti.

Männyllä kuoren tilavuuden muutos oli noin 7 %-yksikköä suurempi ensimmäisen kuukauden aikana kuin lepällä, 8. . . 9 %-yksikköä suurempi kuin koivulla, mutta 1 %-yksikön verran pienempi kuin kuusella. Seuraavan kuukauden aikana männyn kuoren tilavuuden pieneneminen hidastui jonkin verran pysyen kuitenkin muita suurempana. Elokuun kahden ensimmäisen viikon aikana kuoren tilavuuden muutos pysähtyi 25 %:n tasolle. Mittauskauden lopussa oli männyn kuoren tilavuus pienentynyt runsaan 1/5 alkuperäisestä tilavuudestaan. Männyn suhteellisen suureen lopputulokseen vaikutti kuoren rakenne, "kuoripiste", joka sijoittui jo tyvipölkkyihin, joten kuoriytyypiltään männyn välipölkkyt olivat 3. kuoriytyyppeä. Lisäksi männyn kuoren kosteusaste nousee suhteellisen jyrkästi rungon pituussuunnassa.

Kuusella oli kuoren tilavuuden pieneneminen kaikkein voimakkainta ensimmäisen kuukauden



Kuva 4. Välipölkkyjen kuoren kutistuminen.
Fig. 4. Volumetric shrinkage of bark of middle bolts.

vuuden pieneneminen pysähtyi noin 20 %:n tasolle mittauskauden lopussa.

Männyn ja koivun osalta kutistumien suuruusluokat olivat huomattavasti pienemmät kuin lepällä ja kuusella. Männyn kohdalla kutistu-

aikana, jolloin tilavuus oli pienentynyt keskimäärin 18 % alkuperäisestä kuoren tilavuudesta. Kyseinen prosenttiluku on samalla kuoren keskipölkkyjen kohdalla maksimikutistuma. Mittauskauden lopussa oli kuusen välipölkkyjen kuoren tilavuus pienentynyt 15 % alkuperäisestä tilavuudesta.

Koivulla muutokset tapahtuivat hitaasti. Mittauskauden lopussa supistuma oli 15 %:n tasolla. Syyt koivun kuoren tilavuuden suhteellisen vähäiseen pienenemiseen lienee löydettävissä kuoren rakenteesta (tuohikerrokset), kuoren kemiallisesta koostumuksesta (suberiinipitoisuudesta) sekä kuoren kosteuden vaihteluista rungon pituussuunnassa.

3243. Latvapölkkyt

Latvapölkkyissä esiintyi sama kahtiajako kuin välipölkkyissäkin; leppä ja mänty muodostivat oman ryhmänsä, koivu ja kuusi omansa. (Kuva 5). Mittauskauden lopussa oli *lepän* kuori kutistunut 1/3 alkuperäisestä tilavuudestaan.

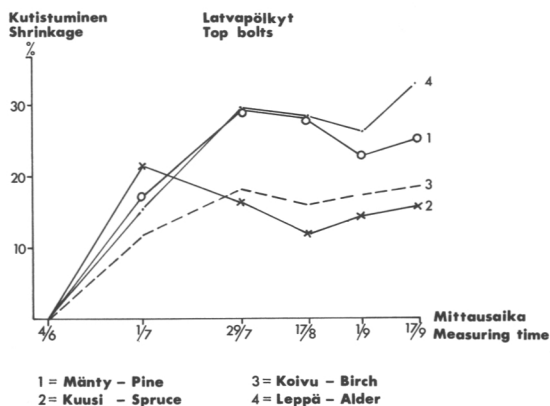
Mäntylatvapölkkyt saavuttivat mittauskauden loppuun mennessä 25 %:n tason. Suhteellisen suureen kutistumaan lienee ollut syynä

- kuorityyppi; kaikki latvapölkkyt olivat hilsekuorisia
 - kuoren kosteuden vaihtelu rungon pituussuunnassa.
- (Kosteus kohooa erittäin jyrkästi kannonkorkeudelta rungon 30 %:n korkeudelle.)

Kaikkein suurin kuoren tilavuuden pieneneminen oli *kuusella* ensimmäisen mittauskauden aikana. Kesäkuusta heinäkuun alkuun kuori kutistui 22 %, minkä jälkeen kuoren tilavuuden pieneneminen pysähtyi ja muuttui päinvastaiseksi. Kuori turposi elokuun puoleenväliin saakka, jolloin se alkoi jälleen kutistua saavuttaen mittauskauden loppuun mennessä 16 %:n tason.

Latvapölkkyjenkin kohdalla oli pienin kutistuma *koivun* kuoren tilavuudessa; heinäkuun alkuun mennessä oli tilavuus pienentynyt vain 12 %. Kuoren muutokset tapahtuivat lähes yhtä rauhallisesti kuin muissakin pölkkytyypeissä. Mittauskauden loppuun mennessä oli koivulavapölkkyjen kuoren tilavuuden pienentyminen saavuttanut 18.5 %:n tason.

Kuoren kosteuden jyrkkä kasvu rungon puolivälin jälkeen selittää osaltaan latvapölkkyjen kuoren kutistumisen suuruuden tyvi- ja välipölkkyihin verrattuna.



Kuva 5. Latvapölkkyjen kuoren kutistumat.

Fig. 5. Volumetric shrinkage of bark of top bolts.

325. Kuoren tilavuuden muutokset pölkyn eri osissa

Mittaustuloksista käsiteltiin jokaisesta koe-pölkystä tyvi- ja latvamittauspisteet sekä näiden välistä, noin 70 cm pölkyn kummastakin päästä keskikohtaan päin, kaksi mittauspistettä, I ja II, joista laskettiin yhteinen aritmeettinen keskiarvo (kuva 6).

Yleisenä piirteenä havaitaan kuoren kutistuman olevan suurinta pölkkyjen päissä. Poikkeuksena näytävät olevan männyn tyvipölkkyjen tyvimittauspisteet, joissa kutistuman suuruus oli keskimäärin 2 %-yksikköä pienempi kuin pölkyn keskellä. Muihin puulajeihin verrattuna ero oli erittäin merkitsevä. Syy vähäiseen tilavuuden muutokseen on löydettävissä männyn tyvikaarnan sisältämän kuolleeseen solukon verraten suuresta määrästä.

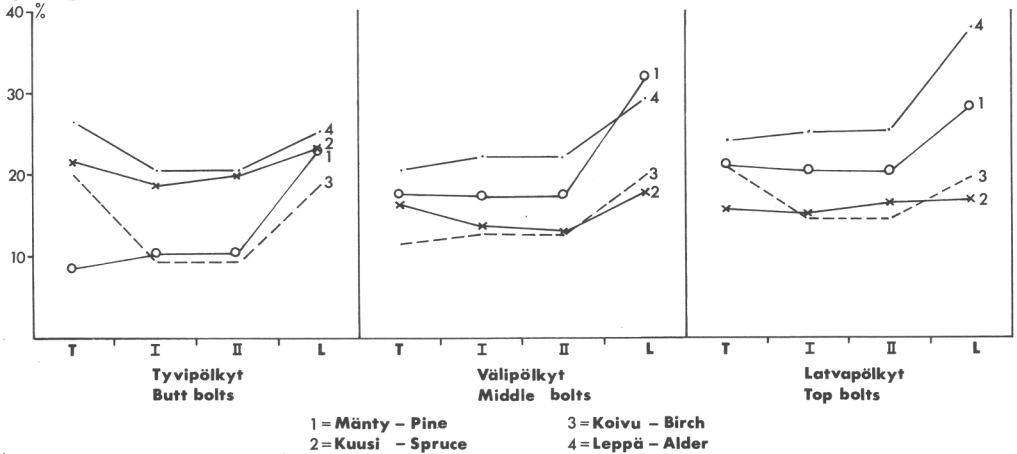
Mitä yleemmäksi runkoa mennään, sitä suurempi on ollut kuoren tilavuuden muutos. Poikkeuksena olivat kuusipölkkyt.

Mittauspisteitten erilaiset kuoren tilavuuden pienenemiset johtunevat pääasiallisesti

- pisteitten sijainnista pölkkyssä
- pölkkytyypistä
- pölkyn oksaisuudesta
- puulajista
- kuoren kosteuden jakautumisesta rungon pituussuunnassa ja
- kuoren sorptiokyvystä.

Kuoren tilavuuden

Volymetric shrinkage of bark



Kuva 6. Kuoren tilavuuden kutistuminen mittauspisteittäin. Kaikki pölkkyt.
 Fig. 6. Volymetric shrinkage of bark by measuring points. All bolts.

4. KÄYTÄNNÖLLISIÄ NÄKÖKOHTIA

Kuitupuun kuoren kutistuminen on lepän, männyn ja kuusen kohdalla niin suuri, että sillä on käytännön merkitystä, kuten seuraava yksinkertaistettu esimerkki osoittaa. Oletetaan, että kyseessä on 2-metristä mäntykuitupuuta 100 k-m³ kuorellisena. Männyn keskimääräiseksi kuoriprosentiksi oletetaan 12 % ja keskimääräiseksi kuoren tilavuuden pienenemiseksi 19.5 %. Tällöin olisi kutistumattoman kuoren tilavuus 12 k-m³ ja kutistumisen jälkeen 2.3 k-m³ pienempi. Jos otetaan huomioon, ettei kuori kuivu pinon sisäosissa läheskään niin paljon kuin ulko-osissa ja oletetaan kutistuman suu-

ruudeksi vain 10 %, saadaan kuoren kuivumisesta johtuva vähennys kyseisessä esimerkissä noin 1.2 k-m³ eli 1 %-yksikön suuruusluokkaa olevaksi.

Käytännössä kuoren kutistuminen vaikuttaa pinojen painumiseen eräänä lisätekijänä oksaisuuden, mutkaisuuden ym. seikkojen ohella. Kutistuminen saattaa mm. olla eräs syy pinojen tarkistusmittauksiin. Kuoren tilavuuden muuttumisen huomioon ottaminen voi tulla kysymykseen myös, jos meillä siirrytään havusahattukien osalta latvaläpimitan kuorenpäälliseen mittaussysteemiin.

KIRJALLISUUSLUETTELO

- HAKKILA, PENTTI. 1964. Kesäaikana valmistettujen paperipuitten ja sahatukkien kuivuminen ja varastoviat. Metsäntutkimuslaitoksen julkaisu 58.4.
- HAKKILA, PENTTI. 1967. Vaihtelumalleja kuoren painosta ja painoprosentista. Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuja 62.5.
- ILVESSALO-PFÄFFLI, M-S. 1967. Puun rakenne. Puukemia B₁ ss. 1–51. Suomen paperi-insinöörien yhdistyksen oppi- ja käsikirja. Helsinki.
- JALAVA, MATTI. 1952. Puun rakenne ja ominaisuudet. Helsinki.
- KOLLMANN, FRANZ, F.P. ja 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. Ylioppilastuki ry. Helsinki.
- MATJUHINA, L. G., RJABININ, A. A., 1961. Issledovanie triterpenov nekotoryh vidov rastenij. Žurnal obšej himii, t 31, v. 3, str. 579–580. Moskva-Leningrad.
- METSAMEHE KALENDER KÄSIRAAMAT 1935. Eesti Metsäteemijate Ühingu Keskjuhatus. Tallinn 1935.
- MIETTINEN, LEEVI. 1932. Tutkimuksia harmaalepiköiden kasvusta. Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuja 18.
- SALMINEN, TEURI. 1968. Havusahatukkien kuutiointi kuoren päältä mitatun läpimitan perusteella. Folia Forestalia 51.
- TAMMINEN, ZACHRIS. 1962. Fuktighet, volymvikt m.m. hos ved och bark I. Tall. Skogshögskolan. Institutionen för virkeslära. Uppsatser nr R 41.
- TAMMINEN, ZACHRIS. 1964. Fuktighet, volymvikt m.m. hos ved och bark. II. Gran. Skogshögskolan. Institutionen för virkeslära. Uppsatser nr R 47.
- TAMMINEN, ZACHRIS. 1970. Fuktighet, volymvikt m.m. hos ved och bark III. Björk. Skogshögskolan. Institutionen för virkeslära. Rapporter nr R 63.
- TRENDELENBURG, R., MAYER-WEGELIN, H. 1955. Das Holz als Rohstoff. 2. völlig überarbeitete Auflage. München.
- WAGENFÜHR, RUDI. 1966. Anatomie des Holzes. VEB Fachbuchverlag. Leipzig.
- WILHELMSSEN, G. 1969b. Bark og vann. II. Hygroskopisitet i bark av gran, furu og björk. Norsk Skogind. 23:333–9.
- YLINEN, JOUNI. 1970. Tutkimuksia harmaalepän rakenteellisista-, fysikaalisista- ja lujuusominaisuuksista. Puuteknologian laudaturtyö. Helsinki.
- ÖSTLIN, E. 1963. Barkuppgifter för tall, gran, björk m.fl. Del 1 barkuppgifter för län, regioner. Del 2. barkuppgifter för bonitets- och åldersklasser och för olika sortiment. Skogshögskolan inst. för skogstaxering rapporter och uppsatser nr 5 och 6.

- No 161 Olavi Huuri: Eräiden kloorattujen hiilivetyjen vaikutuksesta männyn taimien alkukehitykseen.
The effect of some chlorinated hydrocarbons on the initial development of planted pine seedlings. 2,50
- No 162 Veijo Heiskanen, Antero Kuronen & Paavo Tiihonen: Rinnankorkeusläpimittaan ja rukkilukuun perustuvat sahapuiden kuutioimistaulukot.
Volume tables for saw timber stems based on the breast height diameter and the number of log per stem. 1,50
- No 163 Ilkka Kohmo: Nykymetsiköiden kasvuprosentti Suomen pohjoispuoliskossa vuosina 1969—70. 1,50
- No 164 Jouko Laasasenaho & Yrjö Sevola: Havutukkien latvamuotolukujen vaihtelu.
The variation in top form quotients of the coniferous logs. 2, —
- No 165 Metsätilastollinen vuosikirja 1971.
Yearbook of forest statistics 1971. 10,—
- No 166 Terho Huttunen: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase vuosina 1970—72.
Wood consumption, total drain and forest balance in Finland in 1970—72. 5,—
- No 167 Paavo Tiihonen: Rinnankorkeusläpimittaan ja pituuteen perustuvat uudet puutavaralajitaulukot.
Auf Brusthöhendurchmesser und Höhe gestützte neue Sortimententafeln. 1,50
- 1973 No 168 Lorenzo Runeberg: The future for forest-industry products in the United Kingdom.
Ison-Britannian metsäteollisuustuotteiden käytön tulevaisuus. 8,—
- No 169 Veijo Heiskanen: Pinon kehysmitan mittaus ja tyhjän tilan vähennys sekä niiden tarkkuus.
Measurement of the gross volume of a pile and deduction for empty space and their accuracy. 5,—
- No 170 Veijo Heiskanen: Pinotiheysluvun ja pinotiheystekijäin arviointi ja sen tarkkuus.
Evaluation of the solid content and the solid content factors and its accuracy. 3,—
- No 171 Veijo Heiskanen: Hylkypölkkyjen osuuden arviointi pinomittauksessa.
Estimation of the share of waste bolts in pile measurements. 2,—
- No 172 Metsäntutkimuslaitoksen päätös puutavaran mittauksessa käytettävistä muuntoiuvuista ja kuutioimistaulukoista 2 päivänä toukokuuta 1969 annetun päätöksen muuttamisesta.
Skogsforskningsinstitutets beslut angående ändring av beslutet av den 2 maj 1969 om omvandlingskoefficienter och kuberingstabeller för virkesmätning. 10,—
- No 173 Matti Palo & Esko Pälä: Markkinapuun alueittaiset hankintamäärät ja kulkuvirrat vuonna 1970 (1964, 1967).
Removal and flow of commercial roundwood in Finland during 1970 (1964, 1967), by districts. 5,—
- No 174 Jorma Riikonen: Kuitupuun kuoren kutistuminen metsävarastoinnissa.
The volumetric shrinkage of pulpwood bark. 1,50

Myynti — Available for sale at: Valtion painatuskeskus, Annankatu 44, 00100 Helsinki 10, p. 645 121
Merkintä ODC tarkoittaa metsäkirjallisuuden kansainvälistä Oxford-luokitusjärjestelmää