METSÄTEHON TIEDOITUKSIA
METSÄTEHO REPORT
156
SUOMEN PUUNJALOSTUSTEOLLISUUDEN KESKUSLIITON METSÄTYÖNTUTKIMUSOSASTO
HELSINKI 1959
SÄILYTYS: 11

OLLI MAKKONEN

Mittauskokeita pinotiheyskiilalla ja pinotiheysmittarilla m/Snellman

TIIVISTELMÄ

Tässä tiedotuksessa selostetaan kokeita, joita Suomessa on suoritettu kahdella pinotiheysmittarilla. Toinen on relaskoopin keksijän, itävaltalaisen tri Walter Bitterlichin konstruoima laite, joka oikeastaan on vain pinotiheyden määrittämiseen sovellettu relaskooppi. Toisen mittarin on keksinyt suomalainen metsänhoitaja Erik Snellman. Siinä on yleisperiaatteena, että pinon kylkeen piirretyksi kuvitellulta janalta mitataan, paljonko sille sattuu puuta ja paljonko rakoja.

Piirrosten 6 ja 7 perusteella voidaan todeta, ettei mittarien antamien pinotiheyslukujen ja oikeiden pinotiheyslukujen välillä ole merkittävää korrelaatiota, joten kokeiltujen mittarien antamiin tuloksiin ei voida yksityisten pinojen eikä pienien pinotavaraerien kohdalla luottaa. Suurehkojen puutavaramäärien ollessa kysymyksessä antanee Bitterlichin mittari keskimäärin melko oikean pinotiheyden.

Tiedotuksen loppuosassa on pyritty osoittamaan, ettei ns. reunavaikutuksella eli sillä, että pinon reunat ovat ainakin teoriassa vähän harvempia kuin sisäosat, ole varteen otettavaa käytännöllistä merkitystä.

Aineisto

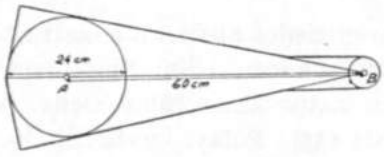
Keväällä 1958 suoritti Metsäteho Kemijoen Uittoyhdistyksen pyynnöstä Kemijoen eri haarojen varsilla 2 m puolipuhtaita mäntypaperipuita koskevia pinotiheysmittauksia mainitun tavaralajin eri laaturyhmien pinotiheyserojen selvittämiseksi. Tässä yhteydessä kokeiltiin kahta pinotiheysmittaria, itävaltalaisen tri *Walter Bitterlichin* keksimää, relaskooppiperiaatteeseen pohjautuvaa pinotiheyskiilaa (Bitterlichin nimitys »Winkelschablone») ja meikäläisen metsänhoitaja *Erik Snellmanin* keksimää pinotiheysmittaria.

Aineisto sisältää 830 p-m³ 2 m puolipuhdasta sulfaattipuuta. Pinoja oli kaikkiaan 33 kpl. Yksityiskohtaiset tiedot niistä on annettu toisessa yhteydessä (Makkonen 1959: Pinotiheys mäntypaperipuiden laaturyhmän tunnuksena. Metsätehon tiedoituksia 155). Pölkyt kuutioitiin kahdessa toisiaan vasten kohtisuorassa suunnassa millimetrin tarkkuudella mitatun keskusläpimitan (keskusläpimitta = pölkyn pituuden puolivälistä mitattu läpimitta) keskiarvon perusteella. N. 10% aineistosta mitattiin tyvestä, keskeltä ja latvasta vastaavalla tavalla. Nämä pölkyt kuutioitiin kolmella eri tavalla, nimittäin keskusläpimitan perusteella, tyvi- ja latvaläpimitan keskiarvon perusteella sekä käyttäen Simpsonin kaavaa, joka antaa hyvin lähellä todellista kuutiota olevan likiarvon.

Keskuskuution ja Simpsonin kaavalla saadun kuution perusteella saatiin keskusläpimittakuutioinnin korjauskerroin. Keskusläpimitan mukainen kuutiohan on erottelemattomille pölkyille keskimäärin jonkin verran liian pieni, mutta latvatavaralle hiukan liian suuri. Kun erään laaturyhmän muodosti juuri latvatavara, oli tällaisen korjauskertoimen laskeminen kullekin laaturyhmälle välttämätöntä.

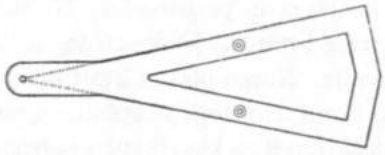
Tyvi-latvakuution ja Simpsonin kaavalla saadun kuution perusteella saatiin korjauskerroin pinotiheysmittarien antamille lukemille. Pinon kylkeen sijoitettavien pinotiheysmittarien tarkoituksena on antaa pinon sivussa näkyvien pölkkyjen poikkileikkauspinta-alojen summan ja pinon sivun pintaalan suhde, eikä tämä suhde vastaa todellista pinotiheyslukua. Jos kuutiointi suoritetaan pinon sivussa näkyvien pölkkyjen poikkileikkauspinta-alojen perusteella, tulee se tosiasiassa suoritetuksi pölkkyjen tyvi- ja latvaläpimittojen keskiarvojen perusteella. Tällainen kuutiointi antaa tyvipölkyille ja erottelemattomille pölkyille liian suuren kuution, mutta latvatavaralle liian pienen, siis päinvastoin kuin keskusläpimitan mukainen kuutiointi. Tämän vuoksi tarvitaan myös tyvi-latvakuutioinnin korjauskerroin, jonka avulla mittarilukemista voidaan eliminoida mainittu systemaattinen virhe.

Lajittelemattomalle 2 m sulfaattipuulle eli, kuten Pohjois-Suomessa sanotaan, runkosullille saatiin keskusläpimittakuutioinnin korjauskertoimeksi 1.0149 ja tyvi-latvaläpimittakuutioinnin korjauskertoimeksi 0.9896. Lajitellulle sulfaattipuulle eli sellaiselle sulfaattipuulle, joka on jäänyt jäljelle, kun mäntypinotavaraleimikosta ensin on tehty kaivospuuta — tämä laaturyhmä kulkee Pohjois-Suomessa nimellä kermottu sulli — saatiin vastaaviksi luvuiksi 1.0156 ja 0.9974. Tukkipuiden latvoista tehdyn sulfaattipuun eli nokka-



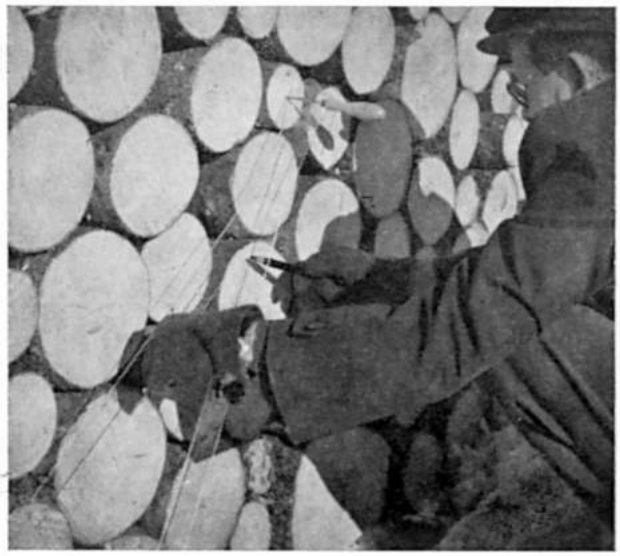
Kuva 1. Pinotiheyskiilan rakenne.

Fig. 1. Structure of the pile density gauge model/Bitterlich.



Kuva 2. Mittauksissa käytetyn pinotiheyskiilan malli.

Fig. 2. Model of the pile density gauge used in the measurements.



Kuva 3. Pölkyt, joiden läpimitta on suurempi kuin kiilan leveys, merkitään. — Valok. Metsäteho.

Fig. 3. Logs larger in diameter than the breadth of the gauge are marked. — Photo Metsäteho.

sullin kohdalla nämä kertoimet ovat 0.9914 ja 1.0196.

Pinojen korkeus mitattiin puolen metrin välein sentin tarkkuudella pinon kummaltakin puolelta ja näin saaduille lukuarvoille laskettiin keskiarvo. Pinojen pituus mitattiin alareunan kohdalta, korkeuden puolivälistä ja yläreunan kohdalta kummaltakin puolelta pinoa sentin tarkkuudella ja pinon pituudeksi katsottiin näiden mittojen keskiarvo. Jos pino oli toisesta päästä vajaakorkuinen, jäivät ylämitat pois. Pinot mitattiin sekä ennen pölkkyjen mittausta että uudelleen pinottuina.

Kokeiltujen pinotiheysmittarien rakenne

Meikäläiselle tavalliselle pyöreälle pinopuutavaralle sopivan *pinotiheyskiilan* rakenne näkyy kuvasta 1. Erittäin järeää tavaraa varten täytyy kiilan olla pitempi, mutta muuten suhteiltaan samanlainen. Kiilan suurimman leveyden tulee olla paksuimman mitattavissa pinoissa tavattavan pölkyn läpimittaa suurempi. Nyt selostettavissa mittauksissa käytetty kiila oli valmistettu läpinäkyvästä Perspex-levystä kuvan 2 osoittamalla tavalla. Kiilan sivuliuskoihin merkityt pienet ympyrät tarkoittavat kädensijoja.

Pinotiheyden mittaaminen tapahtuu seuraavasti. Kiila kiinnitetään kannassa olevan reiän (piste B kuvassa 1) läpi pistetyn pyöreän naskalin avulla pinon kylkeen jonkin pölkyn päähän sellaiseen kohtaan, että se mahtuu pyörähtämään täyden kierroksen menemättä missään kohden pinon ulkopuolelle, siis yleensä pinon korkeuden puoliväliin. Kiilaa pyöritetään hitaasti täysi kierros ja merkitään samalla viiva jokaiseen pölkkyyn, jonka

Kuva 4. Pölkkyjen laskeminen käynnissä. — Valok. Metsäteho.

Fig. 4. Counting of marked logs. — Photo Metsäteho.

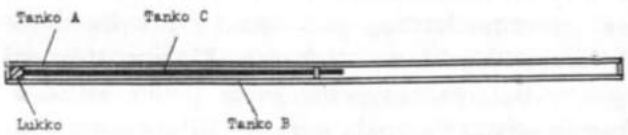
läpimitta on suurempi kuin kiilan paksuus sillä kohtaa (kuva 3). Myös se pölkky, johon kiila on kiinnitetty, merkitään. Jos pölkyn poikkileikkaus on täsmälleen kiilan paksuinen, annetaan sille arvo ½. Sen jälkeen lasketaan merkityksi tulleiden pölkkyjen lukumäärä, sopivimmin niin, että tällöin vedetään poikkiviiva kiilaa pyöritettäessä tehtyihin viivoihin (kuva 4). Pinon kyljestä otetaan neljä tällaista »ympyräkoealaa» ja lasketaan kullakin kerralla merkityksi tulleiden pölkkyjen lukumäärät yhteen. Summa osoittaa suoraan pinotiheyden. Jos merkittyjä pölkkyjä on neljään näytteeseen kertynyt yhteensä 73, on pinotiheysluku 0.73, jollei oteta huomioon tyvi-latvamittauksen edellyttämää korjausta. Kiilan käyttö on muihin pinotiheysmittareihin verrattuna erittäin joutuisaa eikä pinon sivun epätasaisuuskaan tee haittaa, jos vain naskalin terä on niin pitkä, että kiilaa voidaan vetää ulospäin pinosta saman verran, kuin kulloinkin mitattavan pölkyn pää pistää ulos pinon sivun tasosta (sen pölkyn pään tasosta, johon kiila on kiinnitetty).

Pinotiheyskiilan keksijä perustelee menetelmää periaatteessa samalla tavalla kuin relaskoopin käyttöä puuston pohjapinta-alan määrittämisessä. Kuvassa 1 esitetyn kiilan konstruktion mukaisesti tulevat pölkyt, joiden läpimitta on z cm, merkityiksi sellaisen ympyrän kehän sisäpuolelta, jonka halkaisija on 5 × z cm. Voidaan laskemalla osoittaa, että ympyrän pinta-ala on 1/25 halkaisijaltaan viisinkertaisen ympyrän pinta-alasta. Niin ollen jokainen pölkyn poikkileikkaus, jonka läpimitta on suurempi kuin kiilan leveys, edustaa yhtä kahdeskymmenesviidesosaa eli neljää sadasosaa sen ympyrän pinta-alasta, jolta kyseisen paksuiset pölkyt tulevat kiilaa käytettäessä merkityiksi. Merkittyjen pölkkyjen nelinkertainen lukumäärä osoittaa siten kyseisten pölkkyjen poikkileikkausten yhteisen pinta-alan sadasosina näyteympyrän pinta-alasta.

On helppo käsittää, että perustelu pitää tarkasti paikkansa silloin, kun kaikki mitattavat ympyrät, siis pölkkyjen päät ovat yhtä suuria. Kun pölkkyjen koko todellisuudessa vaihtelee sangen suuresti, voidaan helposti kuvitella sellainen tapaus, että 5—6 suurta pölkkyä on sattunut ryhmittymään pinossa vierekkäin ja että näiden ympärillä on pienikokoisia pölkkyjä. Jos kiila kiinnitetään keskimmäiseen suurista pölkyistä, tulevat mittausta suoritettaessa todennäköisesti merkityiksi vain nämä suuret pölkyt. Tällöin luonnollisesti tulos on siinä määrin väärä, ettei sillä ole minkäänlaista merkitystä. Jos taas kuvitellaan, että kiila on kiinnitetty johonkin pieneen pölkkyyn ja että pölkkyjen paksuus tästä pisteestä joka suuntaan kasvaa, tulee pölkkyjä luetuksi niin paljon, että päädytään täysin mahdottomaan tulokseen. Niin ollen täytyy pinotiheyskiilaa käytettäessä ainakin edellyttää, että eriläpimittaiset pölkyt ovat pinossa tasaisesti ja sattumanvaraisesti jakaantuneina.

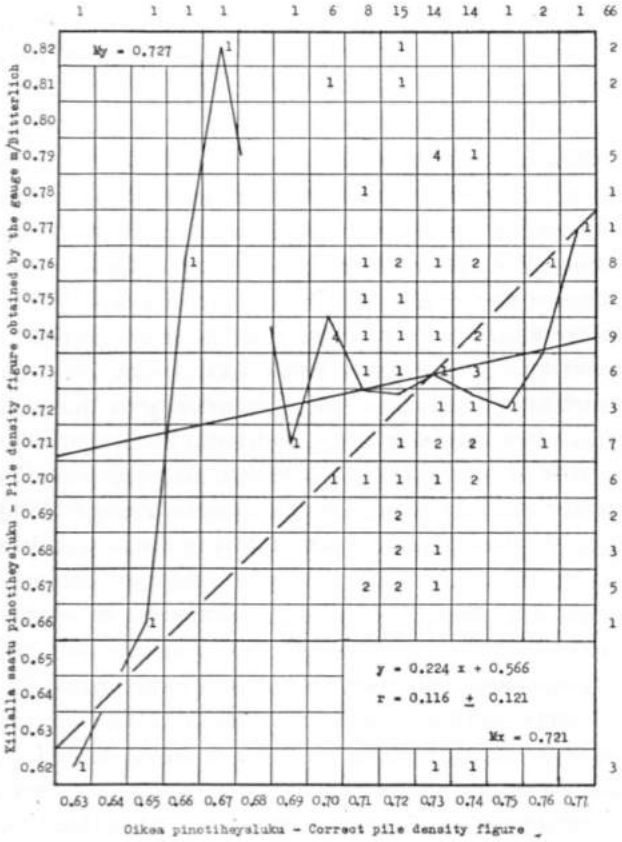
Snellmanin pinotiheysmittarin kaaviopiirros on esitetty kuvassa 5. Kahden kiinteän tangon A ja B välissä liikkuu kolmas, niitä lyhyempi tanko C. Edelleen laitteeseen kuuluu pinoon päin suuntautuvalla osoittimella varustettu liikkuva lukkolaite, jota voidaan liikuttaa joko niin, että tanko C seuraa mukana, tai siten, että pelkästään lukkolaite liikkuu tangon C pysyessä paikallaan. Tangossa A on sataan yhtä suureen osaan jaettu asteikko. Mittausta aloitettaessa pannaan tangon C vasemmassa päässä oleva osoitin, samoin myös lukkolaitteen osoitin tangon A 0-lukeman kohdalle. Kun lukkolaitteen osoittimen piirtämällä janalla on puuta, siirretään lukkolaitetta sen yli lukittuna, jolloin tanko C seuraa mukana. Rakojen kohdalla siirretään lukkolaitetta eteenpäin lukitsemattomana, jolloin siis tanko C pysyy paikallaan. Kun lukkolaite on kulkenut asteikon 100-lukemaan saakka, näyttää tangon C osoitin, paljonko janalla 0—100 on puuta. Jos tangon C osoittimen kohdalla on esim. lukema 71.5, on pinotiheysluku 0.715. Tyvi-latvamittauksen aiheuttaman systemaattisen virheen vuoksi on sitten tähän lukuun vielä tehtävä asiaan kuuluva korjaus.

Snellmanin pinotiheysmittari perustuu linjaarviointiperiaatteeseen. Tosin linjat tässä tapauksessa ovat janoja. Hyvin läheisen vertauskohdan Snellmanin pinotiheysmittarin periaatteelle saam-



Kuva 5. Snellmanin pinotiheysmittarin kaaviopiirros.

Fig. 5. Outlines of the pile density gauge model/Snellman.



Kuva 6. Pinotiheyskiilalla saadun pinotiheysluvun ja oikean pinotiheysluvun välinen korrelaatio.

Fig 6. Correlation between the correct pile density figure and the figure obtained by the pile density gauge model/Bitterlich.

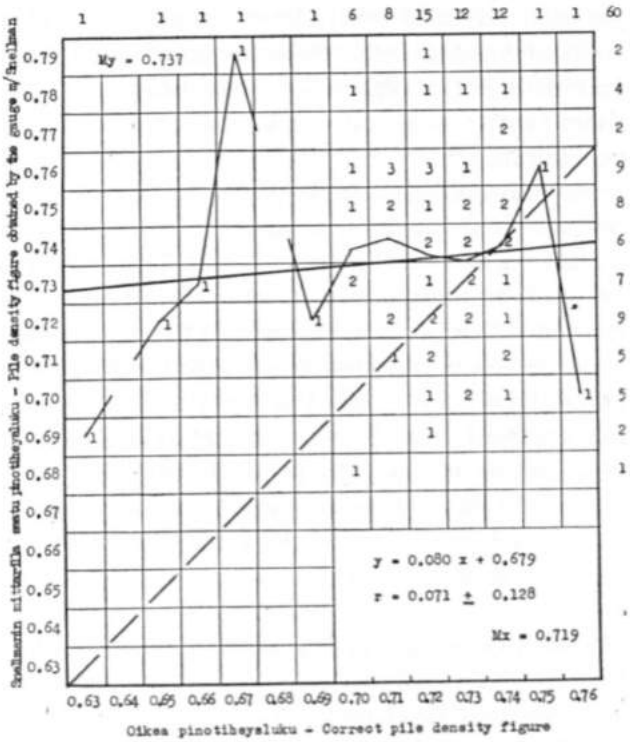
me esim. eri metsätyyppien pinta-alojen laskemisesta kartoituksen yhteydessä. Tällöinhän me mittaamme kartoituslinjoilta, kuinka monta metriä kutakin metsätyyppiä linjoille sattuu. Kullekin metsätyypille saadun matkan osuus linjojen kokonaispituudesta osoittaa kyseisen metsätyypin pinta-alan osuuden koko alueen pinta-alasta. Pinon sivussa meillä on vain kaksi tyyppikuviota, puu ja rako.

Mittaaminen Snellmanin pinotiheysmittarilla on huomattavasti työläämpää ja enemmän tarkkuutta vaativaa kuin mittaaminen kiilalla. Mittari suositellaan kiinnitettäväksi pinon kylkeen n. 45° kulmassa, mutta siitä huolimatta tulee mittarin alempi pää usein melko lähelle pinon alareunaa, kun mittarin pituus on n. 2 m. Kun tähtäys on suoritettava kohtisuoraan pinon sivua vasten, joutuu mittaaja mittauksen alkuvaiheessa olemaan sangen epämukavassa asennossa. Tähtäyksen huolellisuus tästä varmasti kärsii. Huolimattomasti pinottuja, sivuiltaan epätasaisia pinoja ei Snellmanin mittarilla voida mitata. Mitatuista luovutuspinoista oli kolme sellaista, joiden kohdalla tätä mittaria ei voitu käyttää. Esim. koivupaperipuiden mittaamiseen se ei näytä lainkaan soveltuvan. Mittaria on valmistettu jonkin verran sarjatuotantona.

Mittarien tarkkuus

Kummallakin pinotiheysmittarilla suoritettiin mittaus puolentoista metrin välein. Koska kiilaa käytettäessä pyritään sen rakenneperiaatteen mukaisesti neljän näytteen ryhmiin, lopetettiin havaintojen teko kunkin pinon kohdalla sillä tavalla, että havaintojen lukumäärä tuli neljällä jaolliseksi. Mitattujen pinojen yleisin pituus oli sellainen, että kummaltakin puolelta pinoa saatiin sopivasti neljä näytettä. Emme tarkastele yksityisiä mittaushavaintoja lähemmin, vaan ainoastaan kullekin pinolle mittarien avulla saatuja keskimääräisiä pinotiheyslukuja.

Kun pinot pölkkyjen mittauksen jälkeen pinottiin ja mitattiin uudelleen ja näidenkin pinojen pinotiheys määritettiin mittarien avulla, saatiin havaintojen määrä kaksinkertaiseksi. Kiilalla tuli kaikkiaan määritetyksi 66 pinon ja Snellmanin mittarilla 60 pinon tiheys. Kuvien 6 ja 7 perusteella voidaan tarkastella, missä määrin pinotiheysmittarien antamat pinotiheysluvut vastaavat todellisia pinotiheyslukuja. Korrelaatiotaulukoissa on vaaka-akselilla oikea pinotiheysluku ja pysty-



Kuva 7. Snellmanin pinotiheysmittarilla saadun pinotiheysluvun ja oikean pinotiheysluvun välinen korrelaatio.

Fig. 7. Correlation between the correct pile density figure and the figure obtained by the pile density gauge model/Snellman.

akselilla mittarin antama pinotiheysluku. Kuhunkin oikean pinotiheysluvun pystysarakkeeseen on merkitty tätä tiheyttä edustavien pinojen mittarilukemien keskiarvopiste ja nämä pisteet on yhdistetty suorilla. Lisäksi on piirroksiin merkitty yhtenäisellä viivalla ensimmäinen regressiosuora ja katkoviivalla akselikulman puolittaja, jolle mittaritulosten pitäisi sattua, jos ne olisivat oikeita. Vielä on piirroksiin merkitty näkyviin kaikille pinoille laskettu oikeiden pinotiheyslukujen keskiarvo (Mx) ja mittarilla saatujen pinotiheyslukujen keskiarvo (My) sekä edelleen ensimmäisen regressiosuoran yhtälö ja korrelaatiokerroin keskivirheineen.

Piirrokset antavat kokeiltujen mittarien tarkkuudesta erittäin murheellisen kuvan. *Kumpikaan mittari ei näytä juuri nimeksikään ottavan huomioon todellisen pinotiheyden vaihtelua.* Korrelaatio on erittäin heikko ja korrelaatiokertoimen keskivirheen perusteella tätäkin vähäistä korrelaatiota on pidettävä täysin satunnaisista syistä aiheutuvana. Snellmanin mittarin kohdalla voidaan puhua suorastaan nollakorrelaatiosta. Sellaisilla pinotiheysmittareilla, joiden antamat tulokset eivät ole minkäänlaisessa riippuvuussuhteessa todelliseen pinotiheyden vaihteluun, ei arvattavasti ole mitään käytännöllistä merkitystä.

Pinotiheyskiila antaa kaikille pinoille keskimäärin melko lähellä oikeata olevan pinotiheysluvun, mutta Snellmanin mittari sen sijaan selvästi liian suuren. Todellisuudessa pitäisi pinon kylkeen asetettavien mittarien antaa (vielä senkin jälkeen, kun pölkkyjen päiden pinta-aloihin perustuvan kuutioinnin edellyttämä korjaus on suoritettu) hieman todellista suurempi pinotiheysluku, koska ne eivät ota huomioon ns. reunavaikutusta, ts. sitä, että pinon reunaosien tiheys on ainakin teoriassa hiukan pienempi kuin sisäosien, koska reunakerrosten pölkkyjen lomissa ei ole enää pölkkyjä. Koska pienessä pinossa on reunaa suhteellisesti enemmän kuin suuressa, tällä seikalla saattaa olla jonkinlainen merkitys, jos verrataan pienien metsäpinojen yhteistä pinokuutiomäärää sen varastopinon kuutiomäärään, johon kyseiset pinot on ajettu, tai jos vientilaivauksen yhteydessä verrataan ponttoonimittaa suuressa pinossa määräsatamassa saatuun mittaan. Esim. *Jalava* (1929) ja *Aro* (1954) eivät kuitenkaan tällaisissakaan tapauksissa anna tälle seikalle mainittavaa merkitystä, vaan katsovat mitta-erojen johtuvan etupäässä muista tekijöistä. Joki- ja maantienvarsipinojen kohdalla reunavaikutuksella tuskin on mitään käytännöllistä merkitystä. Koska kuitenkin reunavaikutuksen merkitystä nähtävästi liioitellaan Pohjois-Suomessa eräiden sikäläisten tutkimusten (*Pertovaara* 1957 ja 1958) johdosta, palataan tähän kysymykseen vielä lähemmin jäljempänä.

Kaikkien 66 pinon todellisten pinotiheyslukujen hajonta eli σ oli 0.024 ja se pysyi samana laskettuna niille 60 pinolle, joiden kohdalla käytettiin Snellmanin mittaria. Kiilalla saatujen pinotiheyslukujen σ oli 0.046 ja Snellmanin mittarilla saatujen arvojen σ 0.027. Kiilatulosten hajonta on siis tuntuvasti suurempi kuin Snellmanin mittarilla saatujen tulosten hajonta, joka ei kovin paljoa poikkea oikeiden pinotiheyslukujen hajonnasta. Tässä ehkä kuvastuu se, että kiilan antamat tulokset riippuvat voimakkaasti eripaksuisten pölkkyjen jakaantumisesta pinossa. Tälle ajatukselle antaa tukea hajonnan tarkastelu laaturyhmittäin. Jos kaikki pinot katsotaan niiden koosta riippumatta samanarvoisiksi (sitä edellyttävät jo edellä mainitut keskimääräiset hajonnatkin), saadaan oikeiden pinotiheyslukujen hajonnaksi lajittelemattomalle sulfaattipuulle (runkosullille) 0.019, lajitellulle sulfaattipuulle (kermotulle sullille) 0.019 ja latvatavaralle (nokkasullille) 0.028. Pinotiheyskiilalla saatujen tiheyslukujen hajonnat ovat vastaavasti 0.040, 0.052 ja 0.042 ja Snellmanin mittarilla saatujen arvojen hajonnat 0.026, 0.028 ja 0.024.

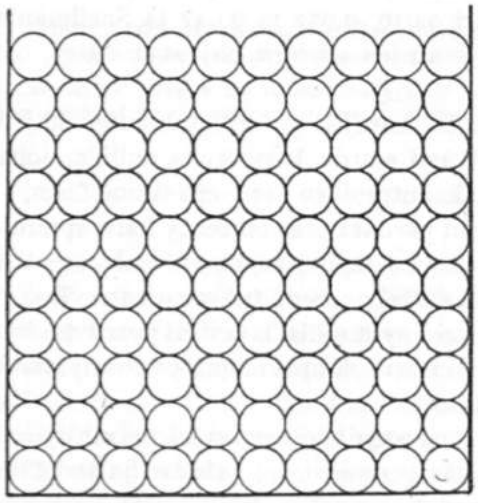
Kiilalla saatujen pinotiheyslukujen hajonta on siis selvästi suurin kermotulla sullilla, jolla läpimittajakaantuminen on epäsäännöllisin, koska runkojen parhaat osat on tehty kaivospuuksi. (Eri laaturyhmien läpimittajakaantumiskuviot on esitetty Metsätehon tiedoituksessa 155.) Kumpikaan mittari ei näytä millään tavoin pystyvän kuvastamaan eri laaturyhmien pinotiheyslukujen todellista hajontaa.

Mikä on syynä siihen, ettei kokeiltujen pinotiheysmittarien antamien tulosten ja todellisten pinotiheyslukujen välillä ole merkittävää korrelaatiota? On muistettava, että nyt on kysymys vain yhdestä tavaralajista, jonka kohdalla pinotiheyden vaihtelu ei ole kovin suuri. Korrelaatiotaulukoissa (kuvat 6 ja 7) havaintotapausten valtaosa keskittyy välille 0.70...0.74. Kyseiset mittarimenetelmät ovat yksinkertaisesti siinä määrin summittaisia, etteivät ne pysty ottamaan huomioon näin vähäistä vaihtelua. Kaikkein pienimpien taulukkoihin sisältyvien pinotiheyksien kohdalla voimme todeta, että mittarilla saatuja tuloksia osoittavat murtoviivat ovat selvästi alaspäin suuntautuvia. Jos nyt kysymyksessä olevan tavaralajin pinotiheys vaihtelisi niin paljon, että myös välillä 0.63...0.70 olisi runsaasti havaintoja, saisimme ilmeisesti huomattavasti voimakkaamman korrelaation mittarilla saatujen ja todellisten pinotiheyslukujen vä-

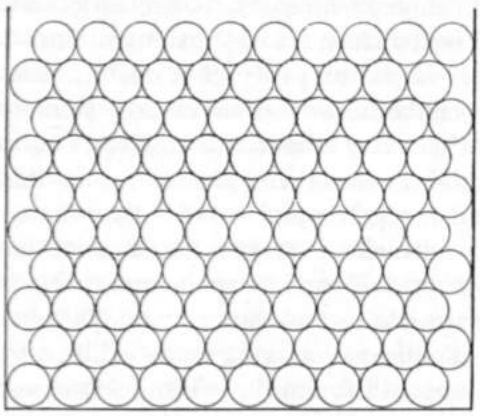
lille, mutta tällainen todellisuuteen perustumaton kuvittelu ei voi meitä paljoa lohduttaa.

Lopputoteamuksena on sanottava, *ettei pinotiheyskiilan ja Snellmanin pinotiheysmittarin antamiin tuloksiin voida yksityisten pinojen kohdalla luottaa lainkaan, että pienehköjen pinotavaraerienkin kohdalla niiden antamat tulokset ovat hyvin epävarmoja ja että vasta suurehkojen tavaramäärien puitteissa niillä saadaan jossain määrin oikeaa lähenteleviä tuloksia.* Snellmanin mittari näyttää kuitenkin antavan keskimäärin liian suuren pinotiheyden.

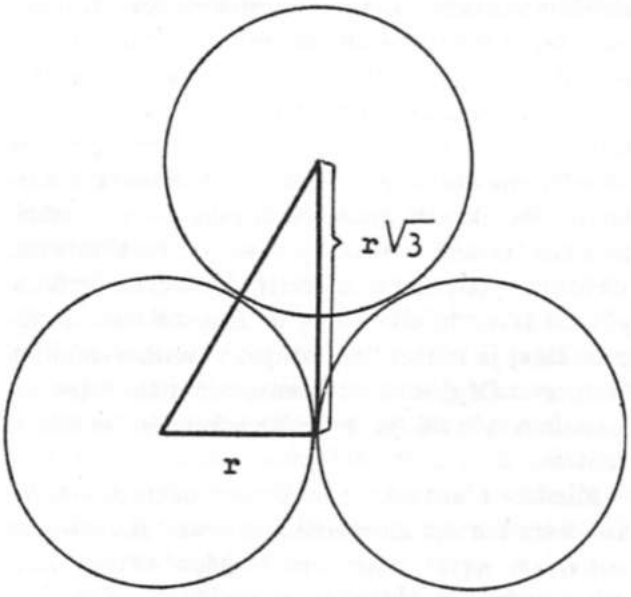
Myös *Pertovaara* (Pinotiheysmittari m/Snellman. Koemittauksia. Uittoteho r.y:n julk. n:o 127, 1957) on todennut, että Snellmanin mittari antaa suuremman pinotiheyden, kuin mihin pinon sivussa näkyvien pölkkyjen poikkileikkauspintojen perusteella päädytään. Hän on ilmeisesti pitänyt tätä mittaria, jonka tarkkuutta hänen on ollut määrä tutkia, ilman muuta oikean tuloksen antavana, koska hän on katsonut voivansa lukea mainitun poikkeaman kokonaan reunavaikutuksen



Kuva 8 — *Fig. 8.*



Kuva 9 — *Fig 9.*



Kuva 10 — *Fig. 10.*

tilille ja jopa laskea sen perusteella reunavaikutuksen suuruuden. Eiköhän kuitenkin olisi ollut syytä epäillä, että kokeiltavassa mittarissa saattaa olla tai sen käyttöön saattaa liittyä jotakin sellaista, joka aiheuttaa keskimäärin liian suuren tuloksen. Nyt meillä ainakin on syytä epäillä sellaista, koska pinotiheyskiila, joka ei ota reunavaikutusta huomioon sen enempää kuin Snellmanin mittarikaan, antaa keskimäärin oikeamman tuloksen.

Omasta puolestani otaksun syyksi Snellmanin pinotiheysmittarin antamaan keskimäärin liian suureen pinotiheyteen lähinnä sen, että meillä on alitajuinen taipumus pitää pinon kyljessä näkyviä pölkynpäitä tärkeämpinä kuin rakoja, ja kun Snellmanin mittaria käytettäessä lukkolaite joudutaan lukitsemaan ja avaamaan sangen monen pölkyn ja raon kohdalla, saattaa mittaaja huomaamattaan pitää parempaa huolta pölkyn päiden kuin rakojen mittaamisesta.

Ns. reunavaikutus

Reunavaikutuksen teoreettista suuruutta on *Jalava* perusteellisesti selvitellyt jo v. 1929. Koska tästä kysymyksestä on jälleen ruvettu Pohjois-Suomessa puhumaan lähinnä *Pertovaaran* (1957 ja 1958) suorittamien tutkimusten johdosta, otetaan se tässäkin vielä puheeksi.

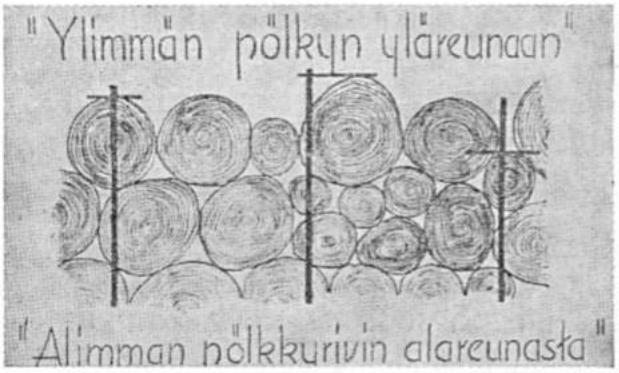
Tarkasteltakoon lähtökohtana läpimitaltaan samansuuruisista, täysin sylinterinmuotoisista pölkyistä ladottua teoreettista pinoa. Oletettakoon pölkkyjen läpimitaksi 10 cm ja niiden pituudeksi 1 m. Kuvassa 8 on seläkkäin ladottu pino, jonka

tilavuus on täsmälleen 1 p-m³. Huomaamme helposti, että tällä tavoin latomalla voimme tehdä kuinka suuren pinon tahansa, ilman että tiheys lainkaan muuttuu. Pinotiheysluku on pinon koosta ja keskenään samanpaksuisten pölkkyjen läpimitasta riippumatta ympyrän pinta-alan suhde sen ympäri piirretyn neliön pinta-alaan.

Kuvassa 9 on esitetty sama pino ladottuna lomittain. Piirroksen perusteella on helppo todeta, että pinon pituus on tällöin lisääntynyt pölkyn poikkileikkauksen säteen verran eli tässä tapauksessa 5 cm. Päällekkäisten pölkkyrivien välimatka (saman vaakarivin ympyröiden keskipisteiden kautta piirretyn suoran etäisyys lähimmän rivin ympyröiden keskipisteiden kautta piirretystä suorasta) on tällöin $= \sqrt{3}\, r$, kuten kuvasta 10 käy ilmi. Pinon korkeudeksi saadaan siten $k = 9\sqrt{3}\, r + 2r = 87.94$ cm. Jos päällekkäisten pölkkyrivien lukumäärää merkitään kirjaimella n, saadaan tällä tavoin ladotun pinon korkeuden yleiseksi kaavaksi $k = r(2 + n\sqrt{3} - \sqrt{3})$, kuten mm. *Jalava* (1929) on esittänyt. Kuvassa 9 olevan pinon tilavuudeksi saamme $1 \times 1.05 \times 0.8794 = 0.9234$ p-m³ ja sen tiheydeksi 0.851. Vastaavalla tavalla voimme laskea pinotiheyden minkäpituisille ja minkäkorkuisille teoreettisille pinoille tahansa. Seuraavaan asetelmaan on merkitty kahta erilaista pinonkorkeutta ja kahta erilaista pölkkyjen paksuutta käyttäen laskettuja teoreettisia pinotiheyslukuja muutamille pinon pituuksille.

Pölkkyjen D, cm	Seläkkäin ladotun pinon korkeus, m	pituus, m	Lomittain ladotun pinon tiheysluku	Tiheyslukujen suhde
10	1	1	0.851	955
10	1	5	0.885	993
10	1	10	0.889	998
10	1	20	0.891	1 000
10	1	100	0.893	1 002
10	2	1	0.858	955
10	2	5	0.892	993
10	2	10	0.896	998
10	2	20	0.898	1 000
10	2	100	0.900	1 002
20	1	1	0.800	913
20	1	5	0.863	985
20	1	10	0.871	994
20	1	20	0.876	1 000
20	1	100	0.879	1 003
20	2	1	0.812	913
20	2	5	0.876	985
20	2	10	0.885	995
20	2	20	0.889	1 000
20	2	100	0.893	1 004

Näemme, että 1 m pituisen teoreettisen pinon tiheys on melko selvästi pienempi kuin pitempien

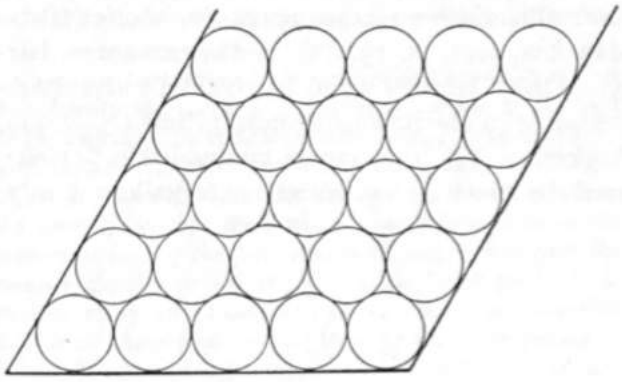


Kuva 11. Pinon korkeuden mittaaminen (Metsäkalenteri 1959).

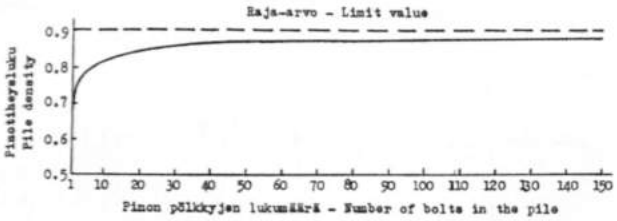
Fig. 11. Measuring of the height of pile (Metsäkalenteri 1959).

pinojen tiheys, mutta että 5 m:stä ylöspäin on pinotiheyden paraneminen pinon pidentyessä melko vähäistä. *Lisäksi on aivan ilmeistä, ettei reunavaikutus todellisuudessa ole läheskään niin suuri kuin teoreettinen laskelma osoittaa.* Ensinnäkin pinojen päihin tulevat pölkyt ladotaan käytännössä yleensä pääpuihin kiinni, joten sellaisia tyhjiä kohtia, jollaisia lomittain ladotussa teoreettisessa pinossa on, ei juuri jää. Toiseksi meikäläinen pinon korkeuden mittaustapa (ks. kuvaa 11) on omiaan eliminoimaan tällaiset »kuopat» pinon yläreunasta. Kolmanneksi pölkkyjen vaihtelevasta koosta johtuu, että pölkyt eivät suinkaan aina satu lomittain, vaan myös seläkkäin.

Edellä sanotun perusteella on ilmeistä, että saamme reunavaikutuksen suuruusluokasta paljon lähempänä todellisuutta olevan kuvan tarkastelemalla sellaista lomittain ladottua teoreettista pinoa, jonka päissä ei ole kuvassa 9 näkyviä tyhjiä kohtia, ts. sellaista pinoa, joka näkyy kuvassa 12. Tällaisessa pinossa pääpuut ovat 60°:n kulmassa pinon pohjaan nähden. *Jalava* (1929) on esittänyt graafisesti tällaisen pinon tiheyden riippuvuuden pinossa olevien pölkkyjen lukumäärästä. Lainattakoon kyseinen piirros tähän (kuva 13). Jos



Kuva 12 — *Fig. 12*



Kuva 13. Lomittain ladotun pinon tiheyden paranemista osoittava käyrä JALAVAN (1929) mukaan.

Fig. 13. Curve showing the increasing density of a pile like in Fig. 12, according to JALAVA (1929).

mainitunlaisessa pinossa on esim. 100 pölkkyä kymmeneen kerrokseen ladottuna, on sen tiheysluku 0.880; jos samankorkuisessa pinossa on 500 pölkkyä, sen tiheysluku on 0.890; ja jos 500 pölkyn pino ladotaan niin, että siinä on 20 pölkkykerrosta päällekkäin, sen tiheysluku on 0.894. Raja-arvo, jota teoreettisen pinon tiheysluku lähestyy pölkkyjen lukumäärän rajattomasti kasvaessa, on 0.907 (*Jalava* 1929, s 8). Jos esim. pinossa on 100 kahden metrin pituista paperipuupölkkyä, on sen tilavuus käytännössä keskimäärin n. 4 p-m^3 ja jos siinä on 500 2-metristä pölkkyä, on sen tilavuus n. 20 p-m^3. Edellä esitetyn mukaan olisi siis 4 p-m^3:n pino teoreettisesti 1.1...1.6 % harvempi kuin 20 p-m^3:n pino.

Näiden toteamusten valossa ei *Pertovaaran* (1958, s. 8) tulos, että 5 p-m^3:n pino olisi 4.5 % harvempi kuin 20 p-m^3:n pino, tunnu uskottavalta. Aineistosta, jonka perusteella tällainen tulos on saatu, hän ei ilmoita juuri mitään muuta, kuin ettei se ollut riittävä reunavaikutuksen selvittämiseksi. Tähän toteamukseen voidaan yhtyä. Tulkitsemalla Snellmanin pinotiheysmittarin antaman tuloksen poikkeaman pölkkyjen päiden pinta-alojen mukaisesta tiheysluvusta kokonaan reunavaikutuksesta johtuvaksi on *Pertovaara* toisessa yhteydessä (1957, s. 4) päätynyt vielä tuntuvasti edellä mainittua suurempaan reunavaikutukseen.

Jalava (1929) on edellä esitettyjen teoreettisten pohdintojen tueksi tutkinut reunavaikutuksen merkitystä myös todellisten pinojen kohdalla mittaamalla erikseen pinojen reuna- ja sisäosien tiheyden (em. teos, ss. 13...15). Jotta reunaosien harvuus tulisi selvästi esiin, hän valitsi mittauskohteiksi neljä pienikokoista pinoa (pituus 1.5...2.0 m, korkeus n. 1.5 m). Pinojen kummallekin puolelle, keskelle pinon sivua piirrettiin tarkalleen 1 m^2:n suuruisen neliönmuotoisen alan rajat. Tämän rajan sisä- ja ulkopuolelle jäävien pölkkyjen päiden ja rajaviivan niistä leikkaamien segmenttien alat laskettiin tarkasti ja pinotiheys laskettiin erikseen neliön sisä- ja ulkopuoliselle pinon osalle. Tulokset näkyvät seuraavasta asetelmasta. Kirjain a tarkoittaa pinon sisäosaa ja b pinon reunaosaa.

		Latojan puoleinen pinon sivu	Toinen sivu	Molempien keskiarvo
Pino I	a	0.720	0.641	0.680
	b	0.683	0.690	0.686
Pino II	a	0.764	0.744	0.754
	b	0.738	0.742	0.740
Pino III	a	0.739	0.725	0.732
	b	0.724	0.726	0.725
Pino IV	a	0.733	0.728	0.731
	b	0.746	0.720	0.733
Keski-	a	0.739	0.710	0.724
määrin	b	0.722	0.720	0.721

Voimme todeta, että pinoajan puoleisella sivulla sisäosat ovat olleet keskimäärin jonkin verran tiheämpiä kuin reunaosat, mutta että pinoajan vastaisella puolella asia on ollut päinvastoin ja että molemmat puolet huomioon ottaen sisä- ja reunaosien pinotiheyksien ero on ollut keskimäärin sangen vähäinen ja yksityisten pinojen kohdalla suunnaltaan vaihteleva. Näinkään pienillä pinoilla suoritetut mittauskokeet eivät siis näytä viittaavan siihen suuntaan, että reunavaikutuksella olisi huomionarvoista merkitystä.

Edellä suoritetun tarkastelun perusteella *näyttää siis ilmeiseltä, ettei ns. reunavaikutuksella ole varastopinojen ollessa kysymyksessä varteenotettavaa käytännöllistä merkitystä.*

KIRJALLISUUTTA

Aro, Paavo. 1954. Über die Ursachen der Massunterschiede beim Ausfuhrpapierholz. (Selostus: Vientipaperipuun mittaerojen syistä.) Acta forestalia fennica 61. Helsinki.

Jalava Matti. 1929. Pyöreän pinopuutavaran mittaamisesta. (Summary: The Measuring of Round Piled Woodgoods.) Metsätieteellisen tutkimuslaitoksen julkaisuja 13. Helsinki.

Makkonen, Olli. 1959. Pinotiheys mäntypaperipuiden laaturyhmän tunnuksena. (Summary: Pile Density as a Characteristic of the Quality Group of Pine Pulpwood.) Metsätehon tiedoituksia 155 — Metsäteho Report No. 155. Helsinki.

Pertovaara, H. 1957. Pinotiheysmittari m/Snellman. Koemittauksia. Uittoteho r.y. Kemi. N:o 127 (Moniste).

Pertovaara, H. 1958. Pinotiheysmittauksia Torniojoen Uittoyhdistyksen alueella. Uittoteho r.y. Kemi. N:o 146 (Moniste).

Measuring Tests With Pile Density Gauges Model/Bitterlich and Model/Snellman

By Olli Makkonen

SUMMARY

In connection with pile density measurements in northern Finland two gauge models were tested. One, constructed by an Austrian, Dr. Walter Bitterlich, inventor of the relascope, works on the relascope principle applied to pile density measuring purposes. The other model was invented by Erik Snellman, a Finnish forester.

Bitterlich's pile density gauge is illustrated in Fig. 1. A sketch of the gauge of transparent material is given in Fig. 2. The gauge is fixed to a side wall of the pile by means of a spike passed through a hole (point B, Fig. 1) at the base of the gauge. The gauge is slowly turned a full circle and each log of a thickness exceeding in diameter the sector projected on the log ends is marked with chalk (Fig. 3). If the thickness of the log is exactly the dimension of the gauge it is given the value 1/2. The pile must not contain logs of a thickness exceeding the maximum dimension of the gauge. The marked logs are then counted. Perhaps the easiest way of doing this is to draw a vertical mark over the chalk marks already there (Fig. 4). Four such »round sample plots» are taken from the side wall of the pile and the marked logs are totalled. The total is the pile density. If the four sample plots contain 73 logs all told, 73 per cent of the pile volume is wood. A relascope turned full circle once measures the basal area of the stems of the sample plot in ten-thousandth parts of the area of the sample plot (for instance, in square metres per hectare). The pile density gauge turned one full circle gives the total area of cut ends within the sample plot in twenty-fifth parts of the area of the sample plot. The number of marked logs within a sample plot multiplied by four, i.e. the number of logs within four sample plots, thus shows the total area covered by the cut ends of logs in one-hundredth of the side wall area of the pile.

Snellman's pile density gauge is seen in Fig. 5. A mobile bar C is placed between two connected bars A and B. The gauge also has a lock with an indicator. The lock can be moved independently or together with bar C. The gauge is fixed to the side wall of a pile, preferably at an angle to it of 45 degrees. Measuring starts by setting the indicators of the lock and bar C at zero on the scale (0—100) marked on bar A. The lock is then moved to the right. When a part of the line drawn by the indicator touches wood the lock is bolted and moved together with bar C. For measuring air spaces between the logs the lock is unbolted and moved forward, bar C remaining stationary. When the lock has reached 100 on the scale the reading of the indicator on bar C shows how much wood is covered by the line 0—100. If the reading on the indicator of bar C is 71.5, for instance, a corresponding percentage of the volume of the pile is wood.

In using pile density gauges that have to be fixed to the side wall of the pile it must be borne in mind that the ratio total area of cut log ends visible on the side walls: surface of the side wall not exactly equals the ratio solid cubic volume of the logs of the pile: pile volume. The area of cut ends of logs gives approximately the same result as calculating the cubic volume of logs from the mean of butt and top diameters. The latter method gives on the average slightly too high a cubic volume for unsorted logs and slightly too small for pulpwood from the tops of stems. A correction coefficient is required in each case. Volume differences vary for the above mentioned reasons from 1.0 to 1.5 per cent.

Samples were taken with both gauges from both sides of the pile over a distance of 1.5 metres. In view of the principle of construction of the Bitterlich model the number of samples was limited to a figure divisible by four. The mean of these samples represented the pile density.

The correlation between pile density figures given by the tested gauges and the correct figures (obtained by calculating the cubic volume according to Simpson's formula) appears in Figs. 6 and 7. 66 piles were measured with the Bitterlich gauge and 60 with Snellman's gauge. (The side walls of six piles were so uneven that the latter gauge could not be used.) The average pile density figure obtained with Bitterlich's model for all the test piles (M_y) was fairly close to the mean of the correct pile density (M_x), but Snellman's gauge seems to give clearly too high a pile density figure on the average. Attention is especially drawn to the fact that neither of the gauges seems to pay the slightest attention to the variations of the actual pile density. The correlation (r = correlation coefficient of Bravais-Pearson) is very weak. Because of the standard error, this must be considered to be accidental. It is understandable that such pile density gauges which give results that have scarcely any correlation with the actual variations of pile density are of no practical importance. Both methods are obviously too summary to be suitable for measuring pile density of single piles or small lots of piled wood. For big lots, however, Bitterlich's gauge will probably give a result that is, on the average, fairly close to the accurate figure.

Previous tests carried out in Finland have shown that pile density measured with Snellman's gauge is too high on the average. In these tests it has been considered, however, that this is attributable entirely to the fact that the edges of the piles are less tightly packed with logs than the inside, because there are no more logs between the outermost logs of the pile, and that gauges disregard the smaller density at the edges. In the latter part of the present study an endeavour has been made to show that this is of theoretical rather than practical importance. It may be of some importance when small forest piles are compared with big storage piles, but for mutual com-

parison of storage piles of different sizes it is of no practical importance. If the average deviation from the accurate figure that appears in readings of Snellman's pile density gauge were entirely attributable to the looser edges of piles, other pile density gauges fixed to the side wall of the pile should show a similar deviation. With Bitterlich's gauge this deviation was negligible. The too high pile density obtained with Snellman's model is probably due to other factors, in the first place perhaps to the fact that there is an unconscious tendency to regard the visible cut ends of logs as more important than the empty spaces. In using Snellman's gauge the measurer must very often either bolt or unbolt the lock device at the log ends and at the empty spaces and he may therefore, without noticing it, take more care in measuring the log ends and neglect the empty spaces.

Eripainos Paperi ja Puun n:osta 6, 1959

Helsinki 1959, Frenckellin Kirjapaino Osakeyhtiö