

OLLI MAKKONEN

Pinotiheysmittareita käytettäessä huomioon otettavia seikkoja

Johdanto

Tähän mennessä konstruoitujen erilaisten pinotiheysmittarien tarkoituksena on pinon kyljestä otetuina näyttein antaa kuva siitä, mikä on pinon kyljessä näkyvien pölkynpäiden pinta-alojen summan suhde pinon kyljen pinta-alaan. Yleensä on rakenteeltaan yksinkertaisten pinotiheysmittarien, kuten erilaisten reikätahtäyslevyjen, Snellmanin ns. keppimittarin ja Bitterlichin relaskoopimittarin eli pinotiheyskiilan, käyttö osoittautunut hyvin epävarmaksi lähinnä sen vuoksi, ettei tällaisilla välineillä saada kohtuullisessa ajassa riittävästi näytteitä pinon kyljestä. Joidenkin välineiden, esim. pinotiheyskiilan käyttöön liittyy lisäksi muita epävarmuustekijöitä (lähemmin Makkonen 1959). Nähtävästi ainoa pinotiheysmittari tähän mennessä, jolla helposti ja nopeasti saadaan edustavuuteen yltävä määrä näytteitä, on sähkömekaaninen puikkomittari m/Keltikangas-Ahonen, joka ei tässä yhteydessä enää esittelyä kaivanne.

Jos oletamme pinon kyljessä näkyvien pölkynpäiden yhteisen pinta-alan ja pinon kyljen pinta-alan suhdetta koskevan mittauseron käytännössä ratkaistuksi, on kuitenkin vielä jäljellä paljon vaikeuksia, ennen kuin päästään todelliseen pinotiheyteen. Tunnettuahan on, ettei edellä mainittu pinta-alojen suhde ole sama kuin pinossa olevien pölkkyjen yhteisen kiintokuutiomäärän suhde pinon tilavuuteen. Koska kuitenkin tämän ilmiön ja sen syiden kohdalla näyttää joskus vielä esiintyvän epäselvyyttä, lienee syytä käsitellä sitä lähemmin.

Tarkasteltakoon lähtökohtana eräitä pyöreiden puutavarakappaleiden todellisen tilavuuden tai sen likiarvon laskemisessa käytettyjä menettelytapoja. Sitä ennen mainittakoon ohimennen eräitä terminologisia seikkoja. Kohtisuoraan rungon pituusakselia vasten sahalla katkaistun puutavarakappaleen eli pölkyn tilavuuden laskemista sanotaan metsällisessä kielenkäytössä yleisen käytän-

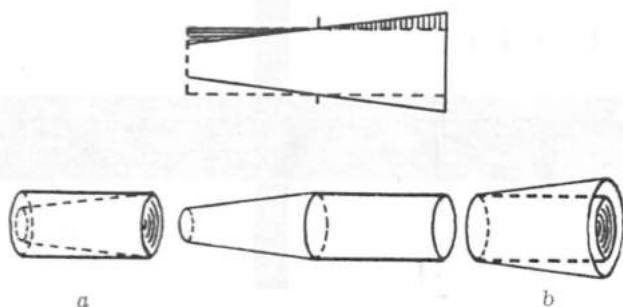
nön mukaisesti kuutioimiseksi ja pölkyn tilavuutta sen kuutioksi. Pölkyn paksumpaa päätä sanotaan tyveksi, pituuden puoliväliä kohtaa keskukseksi ja ohuempaa päätä latvaksi. Vastaavasti puhutaan pölkyn tyvi-, keskus- ja latvaläpimitasta, tyvi-, keskus- ja latvapoikkileikkauksesta sekä tyvi-, keskus- ja latvakuutiosta. Viimeksi mainitulla tarkoitetaan sen pölkyn pituisen sylinterin tilavuutta, jonka kantana on tyvi-, keskus- tai latvapoikkileikkaus. Tyvi- ja latvapölkkyllä sen sijaan tarkoitetaan rungon tyvipäästä lukien ensimmäistä ja viimeistä pölkkyä.

Pölkkyjen tilavuuden määrittäminen

Pölkyn todellinen tilavuus saadaan tarkimmin upottamalla pölkky johonkin nesteeseen ja mittaamalla sen syrjäyttämä nestemäärä. Tällaista menettelyä on yleensä käytetty vain tarkkojen tutkimusten yhteydessä. Tosin viime aikoina on ruvettu välittömästi käytännöllisiäkin tarkoituksia varten mittaamaan puutavaraniippuja tämän periaatteen mukaisesti. Sangen tarkan likiarvon todelliselle kuutiolle antaa Simpsonin kaava. Pölkyn tilavuuden laskemiseen sovellettuna tämä kaava on

$$V = \frac{L}{6} (G_t + 4G_k + G_l),$$

jossa V = pölkyn tilavuus, L = pölkyn pituus sekä G_t , G_k ja G_l = tyvi-, keskus- ja latvapoikkileikkauspinta-alat. Simpsonin kaava ei ole koikeilemalla saatua, vaan matemaattisesti johdettu kaava. Se antaa useille yksinkertaisille pyörähdyskappaleille, esim. katkaistulle neiloidille, katkaistulle kartiolle ja katkaistulle paraboloidille, joita pölkkyt muodoltaan lähentelevät, aivan tarkan tilavuuden. Osoitukseksi tämän kaavan laa-



Kuva — Fig. 1.

jasta käyttökelpoisuudesta laskettakoon seuraavassa sen avulla pallon tilavuus. Tällöin

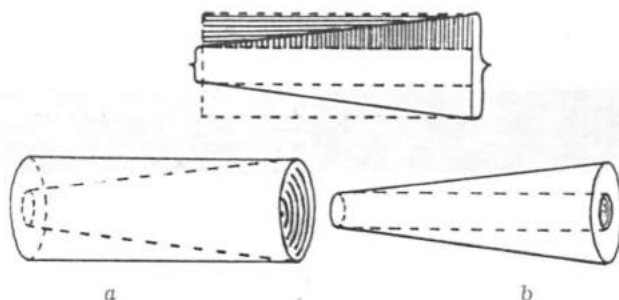
$$L = 2r, G_1 = 0, G_k = \pi r^2 \text{ ja } G_l = 0.$$

Saadaan siis

$$V = \frac{2r}{6} (0 + 4\pi r^2 + 0) = \frac{8\pi r^3}{6} = \frac{4}{3} \pi r^3,$$

mikä on pallon tarkka tilavuus. Viipymättä kauempaa Simpsonin kaavan parissa todettakoon vain, että se ottaa pölkkyjen vaihtelevan muodon erittäin hyvin huomioon ja antaa niin ollen esim. rungon tyvestä peräisin olevalle neiloidimaiselle pölkylle jotakuinkin yhtä tarkan kuution kuin latvapäästä peräisin olevalle paraboloidiselle pölkylle. Antaakseen tarkan tuloksen Simpsonin kaavan käyttö edellyttää kuitenkin, että pölkkyjen poikkileikkauspinnat ovat pyöreitä tai että mahdollinen soikeus otetaan läpimittaa mitattaessa huomioon esim. suorittamalla ristiin mitaus.

Yleisin pinotavarapölkkyjen tilavuuden laskemisessa käytetty tapa on kuutioiminen keskusläpimitan mukaisena sylinterinä. Tällainen kuutiointi antaa neiloidimaisille ja katkaistua kartiota lähenteleville pölkylle liian pienen, mutta paraboloidisille pölkylle melko oikean tai vähän oikeaa suuremman kuution. Erottelemattomille pölkylle saadaan keskimäärin hieman liian pieni kuutio, mutta poikkeama oikeasta on niin vähäinen, ettei sitä käytännöllisiä tarkoituksia palvelevissa mittauksissa yleensä tarvitse ottaa huomioon. Tämä on se mittaustapa, jota meidän nykyisen mittaus-sääntömme mukaan on käytettävä kappaleittain kuutioitavan pyöreän pinotavaran mittauksessa. Koska joskus vielä on todettavissa sellainen väärinkäsitys, että keskusläpimitan perusteella kuutiointi antaisi katkaistulle kartiolle oikean tilavuuden, osoitetaan kuvassa 1, ettei näin ole asian laita. Ylinä kuvassa on esitetty katkaistun kartion ja keskusläpimittaa vastaavan sylinterin akselileikkaus. Huomaamme, että kartioon, jonka tilavuudesta on kysymys, tulee keskussylinterinä kuutioitaessa lisää vaakaviivoituksella merkityn kolmion muodostama pyörähdyskappale eli kuvassa alempana näkyvä kappale a. Sen sijaan siitä jää pois pystyviivoituksella merkityn kolmion muodostama pyörähdyskuvio eli kappale b. Näemme ilman muuta, että kappale b on suurempi kuin kappale a. Täten siis keskussylinterinä kuutioiminen jättää kuutioitavasta katkaistusta kartiosta pois enemmän, kuin tuo siihen lisää, joten saatu tilavuus on todellista tilavuutta pienempi.



Kuva — Fig. 2.

Tyvi- ja latvaläpimitan keskiarvon perusteella kuutioiminen eli mainittua keskiarvoläpimittaa vastaavan sylinterin tilavuuden laskeminen, joka saattaa tulla kysymykseen esim. ristikoitujen pölkkyjen tilavuuksia laskettaessa, antaa katkaistun kartion muotoiselle pölkylle saman tilavuuden kuin keskusläpimitan perusteella kuutioiminen. Sen sijaan tämä menettelytapa — päinvastoin kuin keskusläpimitan perusteella kuutioiminen — antaa neiloidimaisille pölkylle yleensä liian suuren ja paraboloidisille pölkylle liian pienen tilavuuden. Erottelemattomille pölkylle saadaan keskimäärin liian suuri tilavuus.

Sellaisessa tapauksessa, ettei keskusläpimittaa voida mitata, voidaan kuutiointi suorittaa, paitsi edellä esitetyllä tavalla, myös laskemalla tyvi- ja latvakuution keskiarvo eli laskemalla tyvi- ja latvapoikkileikkauksia vastaavien sylinterien tilavuuksien keskiarvo. Tällainen menettelytapa antaa melkein mistä kohtaa runkoa tahansa peräisin oleville pölkylle liian suuren tilavuuden. Ainoastaan voimakkaasti paraboloidisille latvapölkylle voidaan saada oikea, joskus vähän liian pienikin kuutio. Erottelemattomille pölkylle keskimäärin on täten saatu kuutio selvästi liian suuri. Kuvan 2 perusteella nähdään, miksi tyvi- ja latvakuution keskiarvo on katkaistun kartion muotoiselle pölkylle liian suuri. Tyvisylinteri on vaakaviivoituksella merkityn kolmion pyörähdyskuvion eli kappaleen a verran mitattavaa katkaistua kartiota suurempi. Latvasylinteri taas on pystyviivoituksella merkityn kolmion pyörähdyskuvion eli kappaleen b verran oikeaa tilavuutta pienempi. Kappale a on selvästi suurempi kuin kappale b, joten tyvi- ja latvasylinterien tilavuuksien keskiarvokin on oikeaa tilavuutta suurempi.

Pinotiheysmittarien käytön teoreettinen tausta

Siirrymme sitten pinotiheysmittarien antamaan tulokseen. Jos nyt ajattelemme, miten laskien saadaan pinossa oleville pölkylle sellainen tilavuus, että sen suhde pinon tilavuuteen on sama kuin pinon kyljessä näkyvien pölkynpäiden pinta-alojen summan suhde pinon kyljen pinta-alaan, voimme todeta, että me saamme tällaisen tilavuuden kuutioimalla pölkyn pinon kyljessä näkyviä poikkileikkauksia vastaavina sylintereinä. Koska me pyrimme tarkkaan pinta-alojen suhteeseen ottamalla huomioon pinon molemmat kyljet, on vastaavasti ajateltava pölkyn kuutioiduiksi pinon kummasta-

kin kyljestä lähtien. Täten siis pinon jokainen pölkky on ajateltava kuutioiduksi erikseen sekä tyvi- että latvaläpimitan perusteella. Niin ollen se kuutio, jonka suhde pinon tilavuuteen vastaa pinon kyljessä näkyvien pölkynpäiden yhteisen pinta-alan suhdetta pinon kyljen pinta-alaan, on pölkkyjen tyvi- ja latvakuutioiden keskiarvo. Kysymyksessä on siis se kuutio, jonka poikkeamista oikeasta tarkasteltiin edellä katkaistun kartion osalta piirroksen 2 avulla. Vaikka pinotiheysmittarit antavat vain näytteitä pinon kyljestä ja vaikka mittaukset joskus on pakko rajoittaa vain pinon toiseen kylkeen, pitää edellä tehty toteamus kuitenkin paikkansa, koska pölkkyt useista eri syistä, mm. pinon mitattavuudelle ase-

tettavien vaatimusten takia täytyy pinota siten, että tyvi- ja latvapäät ovat suurin piirtein vuorotellen eri suuntaan. Edellä sanotun perusteella voimme siis todeta, että pinon kylkeen asetettavat pinotiheysmittarit antavat yleensä todellista suuremman pinotiheyden.

Edellä tehdyn toteamuksen jälkeen on syytä tarkastella, kuinka suuren virheen pinon kylkeen asetettavat pinotiheysmittarit tekevät ja mistä tekijöistä tämän virheen suuruus riippuu. Tarkasteltakoon aluksi läpimitan, kapenemisen ja pölkyn pituuden vaikutusta kyseisen virheen suuruuteen katkaistun kartion muotoisen teoreettisen pölkyn ollessa kysymyksessä. Taulukko 1 valaisee asiaa.

Taulukko — Table 1

Katkaistun kartion muotoisen pölkyn tyvi- ja latvakuution keskiarvon poikkeama Simpsonin kaavalla lasketusta kuutiosta. S = Simpsonin kaavalla saatu kuutio, TL = tyvi- ja latvakuution keskiarvo. Erotus = TL:n ja S:n erotus prosentteina S:stä.

Deviation of the mean of the volumes by the butt and top diameters, for bolts having the shape of a truncated cone, from the volume found by means of Simpson's formula. S = Volume found by Simpson's formula, TL = Mean of the volumes by butt and top diameter, Erotus = Difference TL-S, in per cent of S.

Pölkyn latvaläpimita, <i>Top dia. of the bolt, cm</i>	Pölkyn kapeneminen metriä kohti, <i>Rate of taper per m. cm</i>	Pölkyn pituus, m <i>Length of the bolt, m.</i>					
		2		4		6	
		S	TL Erotus, % Difference	S	TL Erotus, % Difference	S	TL Erotus, % Difference
5	1	0.0057	0.0058 1.7	0.0157	0.0168 7.0	0.0315	0.0345 9.5
9	1	0.0158	0.0159 0.6	0.0385	0.0394 2.3	0.0693	0.0723 4.3
13	1	0.0309	0.0310 0.3	0.0712	0.0720 1.1	0.1221	0.1251 2.5
5	2	0.0079	0.0084 6.3	0.0273	0.0306 12.1	0.0627	0.0741 18.2
9	2	0.0192	0.0197 2.6	0.0549	0.0582 6.0	0.1118	0.1230 10.0
13	2	0.0356	0.0360 1.1	0.0925	0.0958 3.6	0.1760	0.1872 6.4

Taulukkoon ei ole otettu lyhyempiä pölkkyjä kuin 2 m, mutta esim. 1 m pölkkyjen kohdalla on tyvi- ja latvakuution keskiarvon poikkeama Simpsonin kaavalla saadusta kuutiosta niin vähäinen, että se taulukon ilmoittamissa läpimitoissa ja kapenemismäärissä pysyttäessä näkyisi neljällä desimaalilla ilmoitetuissa kuutioissa vain yhden numeron erona viimeisessä desimaalissa.

Vaikka taulukko on melko suppea, voidaan sen perusteella kuitenkin selvästi todeta, mihin suuntaan eri tekijät vaikuttavat kysymyksessä olevaan poikkeamaan. Tyvi- ja latvakuution keskiarvo poikkeaa oikeasta kuutiosta sitä enemmän, mitä pienempi on läpimita, mitä nopeammin kapenevia pölkkyt ovat ja mitä pitempiä ne ovat. Poikkeama on pienin lyhyillä, paksuilla ja vähän kapenevilla pölkkyillä ja suurin pitkillä, ohuilla ja nopeasti kapenevilla pölkkyillä. Katkaistun kartion muotoisen pölkyn mittasuhteita osoittavan taulukkomme perusteella on syytä epäillä, että esim. Pohjois-Suomessa pitkän pinotavaran tyvi- ja latva-

kuutioiden keskiarvo poikkeaa keskimäärin melko paljon oikeasta kuutiosta.

Yleistäen voidaan taulukon 1 perusteella todeta, etteivät pinon kylkeen asetettavat pinotiheysmittarit pysty oikealla tavalla tuomaan esiin eripituisen pinotavaran pinotiheyksien eroja, vaan osoittavat nämä erot pienemmiksi, kuin ne todellisuudessa ovat. Tärkein syy esim. siihen, että Hellman (1959) on saanut pinon kyljestä otettujen näytteiden perusteella 4 m kuusipaperipuille jopa suuremman pinotiheyden kuin 2 m kuusipaperipuille, on ilmeisesti juuri edellä mainittu seikka.

Lisäksi on todettavissa, että pinon kylkeen asetettavat pinotiheysmittarit antavat suhteellisesti sitä suuremman pinotiheyden, mitä nopeammin kapenevia pölkkyt ovat, vaikka pölkkyjen kapenemisen lisääntymisellä todennäköisesti on pinotiheyteen pikemminkin päinvastainen vaikutus. Myöskään eivät tällaiset pinotiheys-

mittarit pysty oikealla tavalla tuomaan esiin keskiläpimitaltaan kovin erilaisen tavaran, esim. ns. ohutpaperipuun ja tavallisen paperipuun pinotiheyseroa, jollei ole kysymys aivan lyhyestä pinotavarasta.

Pinotiheysmittarien antama tulos todellisuudessa

Teoreettisen tarkastelun jälkeen on syytä käy-tettävissä olevien tietojen valossa tutkia, miten paljon tyvi- ja latvakuution keskiarvo todellisuudessa poikkeaa oikeasta kuutiosta. Lähteet, joista tällaisia tietoja valmiissa asussa löytyy, eivät ole lukuisia. Tuovinen (1948) on Pohjois-Suomes-sa kuutioinut eri tavoin kuorimattomia 4 m ja 6 m kuusi- ja mäntypaperipuita. Hänen aineistonsa laajuus ja sen antamat kuutioarvot näkyvät seuraavasta asetelmasta.

	Simpso- nin kaa- valla saatu kuutio	Keskus- kuutio	Tyvi- ja latvalä- pimitan keskiar- von mu- kainen kuutio	Tyvi- ja latvakuu- tioiden keski- arvo
	Volume found by Simp- son's formula	Volume consis- tent with middle diameter	Volume consis- tent with the mean of butt and top diameters	Mean of the vol- ume but and top diameters
k-m ³ — cu. m. (s)				
4 m kuorimattomat kuusipaperipuut — 4 m unbarked spruce pulpwood				
Tyvipölkkyt	269.57	260.43	277.87	287.86
Butt bolts				
Muut pölkkyt	114.87	114.45	111.29	115.71
Other bolts				
Kaikki pölkkyt	384.44	374.88	389.16	403.57
Total				
6 m kuorimattomat kuusipaperipuut — 6 m unbarked spruce pulpwood				
Tyvipölkkyt	403.13	389.59	400.10	430.20
Butt bolts				
Muut pölkkyt	94.22	93.77	88.28	95.13
Other bolts				
Kaikki pölkkyt	497.35	483.36	488.38	525.33
Total				
4 m kuorimattomat mäntypaperipuut — 4 m unbarked pine pulpwood				
Tyvipölkkyt	192.38	183.79	201.42	209.58
Butt bolts				
Muut pölkkyt	63.81	64.35	60.46	62.72
Other bolts				
Kaikki pölkkyt	256.19	248.14	261.88	272.30
Total				
6 m kuorimattomat mäntypaperipuut — 6 m unbarked pine pulpwood				
Tyvipölkkyt	363.38	343.82	375.19	402.50
Butt bolts				
Muut pölkkyt	36.82	37.21	33.88	36.05
Other bolts				
Kaikki pölkkyt	400.20	381.03	409.07	438.56
Total				

Tyvipölkkyjen tyvi- ja latvakuutioiden keskiarvo poikkeaa Simpsonin kaavalla saadusta kuutiosta asetelman osoittamassa tavaralajijärjestyksessä + 6.8 %, + 6.7 %, + 8.9 % ja + 10.8 %. Muilla pölkkyillä, siis lähinnä latvapölkkyillä ovat vastaavat poikkeamat + 0.7 %, + 1.0 %, — 1.7 % ja

— 2.1 %. Kaikilla pölkkyillä keskimäärin ovat poikkeamat + 5.0 %, + 5.6 %, + 6.3 % ja + 9.6 %. Jos tyvi- ja latvakuution keskiarvon poikkeamat lasketaan mittaussäännön edellyttämästä keskuskuutiosta lähtien, ovat ne kaikille pölkkyille keskimäärin samassa järjestyksessä kuin edellä + 7.7 %, + 8.7 %, + 11.0 % ja + 15.1 %. Esitetyt luvut ovat kaikki keskiarvolukuja, joten esim. työmaittain tarkasteltuna esiintyisi sekä niitä huomattavasti pienempiä että myös huomattavasti suurempia poikkeamia.

Pertovaaran (1960) mukaan on tyvi- ja latvaläpimitan keskiarvon mukaisen kuution — tyvi- ja latvakuution keskiarvoja hän ei ole esittänyt — poikkeama todellisesta kuutiosta vaihdellut työmaittain Pohjois-Suomessa 2 m mäntypaperipuilla rajoissa — 0.1 ... + 4.9 %, 4 m mäntypaperipuilla rajoissa — 1.1 ... + 7.0 %, 3 m kuusipaperipuilla rajoissa + 3.3 ... + 5.6 % sekä 4.5 m kuusipaperipuilla rajoissa + 2.8 ... + 10.6 %. Kuten hyvin tiedetään ja Tuovisen lukuja esittävästä asetelmasta myös selvästi nähdään, on tyvi- ja latvakuution keskiarvon poikkeama oikeasta kuutiosta ylöspäin kaikissa tapauksissa suurempi kuin tyvi- ja latvaläpimitan keskiarvon mukaisen kuution poikkeama.

Metsätehon toimesta (Makkonen 1960) kerätyn, 2.4 m kuorimattomia koivupaperipuita koskevan mittausaineiston mukaan oli tyvi- ja latvakuution keskiarvon poikkeama Simpsonin kaavalla lasketusta kuutiosta + 2.0 % koivupaperipuiden minimiläpimitan ollessa 10 cm ja + 4.4 % minimiläpimitan ollessa 8 cm. Erään aikaisemman pinotiheystutkimuksen (Makkonen 1958) yhteydessä todettiin tyvi- ja latvaläpimitan keskiarvoon perustuvan kuution poikkeavan 2 m puolipuuilla koivupaperipuilla 5.0 % ja 2 m kuorimattomilla koivupaperipuilla 3.5 % kysymetrimittauksen antamasta todellisesta kuutiosta. Tyvi- ja latvakuution keskiarvon poikkeamat oikeasta olisivat vielä suurempia. Poikkeamat näyttäivät siis vaihtelevan, paitsi tavaran pituudesta, ilmeisesti myös minimiläpimitasta, keskiläpimitasta, kapenemisen määrästä, tyvipaksuuden suuruudesta ym. tekijöistä riippuen.

Kun pinotiheysmittareita tarvittaisiin lähinnä sen vuoksi, että pinotiheys voitaisiin helposti määrittää kussakin tapauksessa erikseen tarvitsematta tyytyä koko maan käsittäviin tai alueittaisiin keskiarvolukuihin, eivät pinon kylkeen asetettavien pinotiheysmittarien tulevaisuudennäkymät näytä edellä selostetun perusteella erityisen valoisilta. Voidaan tietysti ajatella laadittaviksi alueittaisia, puulajeittaisia, läpimittaluokittaisia ja pituusluokittaisia korjauskertomuksia, mutta tällaisen muuntolukujärjestelmän aikaansaaminen olisi tavattoman työn takana. Pinotiheysongelman käytännöllinen ratkaisu näyttää kaiken kaikkiaan sangen mutkikkaalta. Sellaiset pinotiheysmittarit, jotka nopeasti ja helposti antavat oikean kuvan pinon kyljessä näkyvien pölkynpäiden yhteisen pinta-alan suhteesta pinon kyljen pinta-alaan, ratkaisivat ongelman lähinnä vain lyhyen pinotavaran osalta. Kuitenkin yleisenä suuntauksena maassamme näyttää olevan siirtyminen entistä pitempään pinotavaraan.

Väärinkäsityksiä

Eräänä syynä edellä esitettyihin pohdintoihin on ollut huomio, että näitä asioita sivuavissa kirjoituksissa on todettavissa väärinkäsityksiä tai ainakin huolimattomia sanontoja. Viitattakoon lyhyesti eräisiin erehdyksiin. Ensinnäkin olen itse (Makkonen 1959, s. 2) sanonut eräiden pinotiheysmittarien käyttöä koskevan tutkimuksen yhteydessä, että »jos kuutiointi suoritetaan pinon sivussa näkyvien pölkkyjen poikkileikkauspinta-alojen perusteella, tulee se tosiasiaa suoritetuksi pölkkyjen tyvi- ja latvaläpimittojen keskiarvojen perusteella». Edellä suoritettu tarkastelu on osoittanut, ettei tämä ole oikein. Koska kukaan ei ole esittänyt tämän johdosta vastaväitteitä, olen pitänyt asian lähempää käsittelyä tarpeellisenä.

Ahonen (1959, s. 7) puolestaan sanoo epähuomiossa, että »mitattaessa puutilavuutta tai sen osuutta pinotilavuudessa pölkkyjen pääpinta-alan perusteella oletetaan, että pölkkyjen sivuviiva poikkileikkauspintojen välillä on suora». Sananmukaisesti ottaen saataisiin siis tämän perusteella katkaistun kartion muotoiselle pölkylle oikea tilavuus.

Pertovaara (1957, s. 4) osoittaa katkaistua kartiota esittävän piirroksen avulla, miksi pölkyn päiden pinta-alojen perusteella saadaan todellista suurempi kuutio, mutta samassa yhteydessä hän sanoo, että myös keskusläpimitan perusteella kuutiointi antaa liian suuren tuloksen, vaikka asia on jälkimmäisen tapauksen osalta päinvastoin. Edelleen Pertovaara (1960, s. 27) käsittelee kiintokuutiomäärän mittaamista pinon kyljestä esittäen, että »kuutiointitulokset on... korjattava kapenemisesta johtuvalla kertoimella, joka tyvi-latvamittauksessa on 4 m mäntytavaralle tämän tutkimuksen mukaan...». Tyvi-latvamittauksella hän kuitenkin tarkoittaa tyvi- ja latvaläpimittojen keskiarvoon perustuvaa kuutiointia eikä tyvi- ja latvakuutioiden keskiarvon laskemista, jonka jälkeen vasta voitaisiin laskea oikea korjauskerroin. Sama kirjoittaja esittää viimeksi mainituksa tutkimuksessaan myös kaavan — asian tärkeyden huomioon ottaen olisi kaavan perustelu ja sen johtamisen esittäminen ollut erittäin suotavaa — jonka avulla pitäisi voida laskea esim. ristikoilla olevien tai irtopuiden pinotiheys mittaamalla pelkästään riittävä määrä pölkkyjen läpimittoja. Puuttumatta lähemmin tähän kaavaan, joka ei lainkaan ota huomioon pölkkyjen mutkaisuuden sen enempää kuin karsinnan laadunkaan vaikutusta pinotiheyteen, on kuitenkin epäiltävä, ettei sen avulla voida myöskään eliminoida edellä esitettyjä virhemahdollisuuksia ainakaan pölkkyjen päitä mittaushetkinä käytettäessä. Tosin kyseiseen kaavaan sisältyy mittauskohdasta ja tavaralajista riippuva kerroin, mutta jos kertoimina käytetään joidenkin tutkimusten antamia keskimääräisarvoja, eivät yksityistapauksissa esiintyvät pinotiheyserot tule huomioon otetuiksi. Lisäksi tuntuu ihmeelliseltä, että mainittuun kaavaan sisältyy yhtenä tekijänä pinokuutiometriin menevien pölkkyjen lukumäärä. Tämä lukuarvohan tosiasiaa riippuu pinotiheydestä, ts. juuri siitä suureesta, joka kaavan avulla halutaan mitata.

Elkähä nämä poiminat riittävät osoittamaan, että tässä ollaan tekemisissä asioiden kanssa, jotka vielä varmaankin kaipaavat selvittelyä ja mielipiteiden vaihtoa.

Tiivistelmä

1. Pinon kylkeen asetettavien pinotiheysmittarien tarkoituksena on antaa oikea kuva pinon kyljessä näkyvien pölkynpäiden yhteisen pinta-alan suhteesta pinon kyljen pinta-alaan.

2. Edellä mainittu pinta-alojen suhde eli »kylkitiheys» vastaa pinon pölkkyjen tyvi- ja latvakuutioiden keskiarvon suhdetta pinon tilavuuteen. (Tyvi- ja latvakuutioiden keskiarvolla tarkoitetaan tyvi- ja latvaläpimittaa vastaavien pölkyn pituisten sylinterien tilavuuksien keskiarvoa.)

3. Tyvi- ja latvakuution keskiarvo poikkeaa todellisesta tilavuudesta sitä enemmän, mitä pienempi on pölkkyjen läpimitta, mitä nopeammin kapenevia pölkkyt ovat ja mitä pitempiä ne ovat.

4. Kohdassa 3. esitetystä toteamuksesta johtuu, a) etteivät pinon kylkeen asetettavat pinotiheysmittarit pysty oikealla tavalla tuomaan esiin eripituisten pinotavaran pinotiheyksien eroja, vaan osoittavat nämä erot pienemmiksi, kuin ne todellisuudessa ovat, b) että tällaiset mittarit antavat suhteellisesti sitä suuremman pinotiheyden, mitä nopeammin kapenevia pölkkyt ovat, vaikka pölkkyjen kapenemisen lisääntymisellä todennäköisesti on pinotiheyteen pikemminkin päinvastainen vaikutus ja c) etteivät mainitunlaiset mittarit myöskään pysty oikealla tavalla tuomaan esiin keskiläpimitaltaan kovin erilaisen tavaran, esim. ns. ohutpaperipuun ja tavallisen paperipuun pinotiheyseroa, jollei ole kysymys aivan lyhyestä pinotavarasta.

5. Pinon kyljestä saatavan pinotiheyden poikkeama oikeasta pinotiheydestä vaihtelee käytännössä suuresti ja se saattaa esim. Lapissa pitkän pinotavaran ollessa kysymyksessä nousta yli 10 %:n. »Kylkitiheyden» poikkeama meidän mittaus- ja mittaustietojemme edellyttämän kiintokuution (joka saadaan kuutioiden pölkkyt keskusläpimittaa vastaavina sylintereinä) ja pinon tilavuuden suhteesta on vielä suurempi kuin »kylkitiheyden» poikkeama todellisesta pinotiheydestä.

KIRJALLISUUTTA

References

- Ahonen, Leo. 1959. Pinotiheydestä ja sen mittaamisesta (On the Measurement of Pile Density). Eripainos Suomen Puutalouden n:o 12, 1959. Helsinki.
- Hellman, Eino. 1959. Paperipuun keskiläpimitan ja pinotiheyden suhde. Suomen Puutalous n:o 9/1959. Helsinki.
- Makkonen, Olli. 1958. Pinotiheystutkimuksia. I Koivu-paperipuut. II Haapapaperipuut. III Pieniläpimitat kuusi- ja mäntypaperipuut (Summary: Pile Density Studies. I Birch Pulpwood. II Aspen Pulpwood. III Small-Sized Spruce and Pine Pulpwood). Metsätehon julkaisu n:o 39 — Metsäteho Publication No. 39. Helsinki.
- , —. 1959. Mittauskohteita pinotiheyskylillä ja pinotiheysmittarilla m/Snellman (Summary: Measuring Tests With Pile Density Gauges Model/Bitterlich and Model/Snellman). Metsätehon tiedoituksia 156 — Metsäteho Report 156. Eripainos Paperi ja Puun n:o 6, 1959. Helsinki.

- , — 1960. Kuorimattomien 2.4-metrinen koivupaperipuiden ja 2-metrinen koivupolttorankojen pinoitehuuhtauksia (Summary: Pile Density Measurements of Unbarked 2.4-Metre Birch Pulpwood and Unbarked 2-Metre Birch Fuelwood). Metsätehon tiedotus 173 — Metsäteho Report 173. Eripainos Suomen Puutalouden n:o 6, 1960. Helsinki.
- Pertovaara, H(eikki). 1957. Pinoitehuuhtauksen m/Snellman. Koemittauksia. Uittotoho r.y. n:o 127. Kemi. (Moniste).
- , — 1960. Pitkän pinotavaran pinoitehuuhtauksia Pohjois-Suomessa. Uittotoho r.y. Tiedoituksia n:o 183. Rovaniemi. (Moniste).
- Tuovinen, Arno. 1948. Tutkimuksia paperipuiden hankinnasta Pohjois-Suomessa. I Kuorimishukka ja kuutiosuhteet (Summary: Investigations into Logging of Pulpwood in North-Finland. I Bark-ing Waste and Volume Ratios). Metsätehon julkaisu n:o 11 a — Metsäteho Publication No. 11 a. Helsinki.

Some Circumstances to be Considered in the Use of Pile Density Gauges

SUMMARY

A number of different devices have been designed for use as pile density gauges. The purpose with all such gauges that have been presented so far is to sample the face of a pile of wood so that an idea is obtained of the ratio between the aggregate area of the visible bolt ends and the total surface area of the pile face.

Assuming that the problems involved in determining this ratio in actual practice have been solved, there are still quite a few difficulties which have to be overcome before the true pile density is found. It is a well-known fact that the said ratio of surface areas does not equal the ratio of the solid measure of the timber in the pile and the overall volume of the pile.

As a basis for the subsequent study, let us review some of the procedures employed to determine the true volume of round pieces of timber or its approximate value.

The true volume of a bolt of timber is most accurately found by immersion in some liquid and measurement of the displaced liquid quantity. Methods of this kind have usually only been employed in connection with research requiring high accuracy, although recently this principle has found practical application in immediate measurement of the volume of timber bundles. — A fairly good approximation of the true volume is found with the aid of Simpson's formula. In its application to the volume of a length of timber, this formula is:

$$V = \frac{L}{6} (G_t + 4 G_k + G_l)$$

where V = volume of the bolt, L = length, and G_t , G_k and G_l = butt, middle, and top cross section areas, respectively. Simpson's formula in itself is a mathematically derived, not an empirical, formula and it yields the exact value of the volume for several simple rotation bodies, e.g., the truncated neiloid, truncated cone and truncated paraboloid; all of these approximate the actual shape of timber bolts. In fact, Simpson's formula accounts very satisfactorily for the varying shape of bolts so that, for instance, it furnishes nearly equally accurate values for the volume of a neiloid-resembling bolt from the butt end of a stem and for that of a paraboloid-type bolt from its top end. However, accurate results are obtained with the aid of Simpson's formula only if the cross sections of the bolts are circular or their possible oval shape is taken into account when the diameter is determined, e.g., by measurements at right angles.

The commonest procedure in computing the volume of corwood bolts is by substitution for the bolt of a

cylinder having a diameter equal to the diameter at its middle. When this is done, the result will be too small for bolts approximating neiloid or truncated cone shape but nearly correct or slightly too high for bolts of paraboloid shape. The volume found for unsorted bolts in this manner will be slightly low on an average, but the deviation is small enough to be negligible as a rule in measurements serving practical purposes. This is the measuring procedure that is prescribed for individually measured pieces of round cordwood by the present Finnish measuring regulations. Now and then one may still encounter the erroneous thought that determination of the volume by the middle diameter would produce correct results for truncated cones, but reference to Fig. 1 shows that this is not true. At the top in this figure the axial sections of a truncated cone and of the cylinder corresponding to its middle diameter have been superimposed upon each other. The volume of the middle diameter cylinder obviously includes, in addition to the cone under consideration, the volume of the body generated by rotation of the horizontally hatched triangle, that is, the body denoted with a in the lower part of the figure. On the other hand the rotation body b generated by the vertically hatched triangle is left out. It is evident at a glance that b is larger than a so that the omitted part of the cone volume outweighs the first-mentioned excess and the result will always fall short of the true volume.

Determination of the volume by the mean of butt and top diameter, in other words by substituting a cylinder having a diameter equal to this mean, can be contemplated, for instance, when the timber has been stacked crosswise. For bolts having the shape of a truncated cone the result of the computation is the same as by the middle diameter, but it is usually too high for neiloid-shaped and too low for paraboloid-shaped bolts. In the case of unsorted bolts the volume calculated in this manner will be too high on an average.

When it is impossible to measure the middle diameter of the bolt, another way of arriving at a value for its volume is by taking the mean of the volumes by the butt and top diameters, having calculated these both as for a cylinder. This yields nearly always an excessive value for the volume, independent of the part of the stem from which the piece of timber has been taken. Only in the case of strongly tapering paraboloid bolts from the top correct, or sometimes slightly low values may be obtained. The volume found in this manner for unsorted bolts on an average is quite obviously in excess of the true value. Fig. 2 serves to show why the mean of the volumes by butt and top diameter, respectively, is always too high for truncated cone bolts. The volume of the cylinder of butt diameter exceeds that of the truncated cone by the volume of the rotation body a generated by the horizontally hatched triangle, while the body b generated by the vertically hatched triangle represents the deficiency of the top diameter cylinder. It is obvious that a outweighs b and the mean of the two cylinder volumes will overshoot the true volume.

Turning our attention to the results derived from measurements with pile density gauges, we enquire for a method of calculation resulting in a figure for the volume of the bolts in the pile proportional to the bulk volume of the pile in the same ratio as the combined surface area of the visible bolt ends is proportional to the overall area of the pile face. It is easy to see that this value of the volume is obtained when each bolt is treated as a cylinder having the diameter consistent with the surface area of its visible end. Highest accuracy in respect to the said areas implies that both faces of the pile are equally considered, i.e., the volume of the bolts is determined on the basis of both faces. In other words, we assume that each individual bolt is treated separately on the basis of its butt diameter and of its top diameter. Therefore, the volume ratio consistent with the ratio between the aggregate surface area of the visible bolt ends and the overall area of the

pile face will be the ratio between the mean of the volumes by butt and top diameters and the volume of the pile. This is not altered by the fact that the pile face is only randomly sampled with the pile density gauge and that sometimes only one face of the pile can be subjected to this measurement, because the bolts have to be piled with their butt and top ends roughly alternately in either direction for several reasons, e.g. in order to make measurement of the pile possible. Combining this with the preceding observation, we can state that pile density gauges applied to the face of the pile usually indicate a value in excess of the true pile density.

This immediately suggests the question how large an error is incurred in measurements with pile density gauges applied to the face of the pile and which factors have a bearing on its magnitude. To begin with, let us consider the effect of diameter, taper and bolt length upon this error in the theoretical case of a bolt having the shape of a truncated cone. Table 1 (p. 3) contains some figures elucidating this question.

The table is not very comprehensive but it shows clearly the trend of the deviation under the influence of the different factors. The deviation from true volume of the mean taken of the volumes by butt and top diameter increases with decreasing diameter, with increasing taper and with increasing length of the bolts. On the strength of this table referring to the effect of the dimensions of a truncated cone-shaped bolt there is reason to believe that, for instance, in Northern Finland the mean of the volumes by butt and top diameter for long cordwood differs considerably with the true volume on an average.

Generalizing one of the facts apparent in Table 1, it can be observed that pile density gauges applied to the pile face are not able to show up properly the differences in pile density for timber of varying lengths; the difference tends to appear rather less than it is in actual truth. This circumstance is quite obviously the most essential reason why, for instance, Hellman (1959) found even higher pile densities for spruce pulpwood of 4 m length than for such wood of 2 m length on the basis of samples from the face of the piles.

It can further be noted that pile density gauges applied to the pile face indicate relatively greater pile density for higher rate of tapering of the bolts. In all likelihood, however, the effect of taper on pile density is rather opposite. It is also manifest that pile density gauges of this kind are unable to reveal correctly the difference in pile density for timbers of greatly different mean diameter, e.g., so-called thin pulpwood and normal pulpwood, unless quite short bolts are concerned.

After these theoretical considerations it is interesting to see on the basis of available data how much the mean of the volumes by butt and top end diameter actually differ from the true volume. There are but few references in which information of this kind can be found in an immediately usable form. Tuovinen (1948) has made determinations of the volume of unbarked spruce and pine pulpwood bolts of 4 and 6 m length in Northern Finland by several different procedures. The extent of his material and the volume

values obtained by him can be seen from the compilation on p. 4.

The mean of the volumes by butt and top end diameter for bolts from the butt of a stem exceeds the volume found by Simpson's formula, in the order in which the classes of timber have been listed, by +6.8, +6.7, +8.9 and +10.8 %, respectively. For other kinds of bolts, that is, primarily for top bolts, the corresponding deviations are: +0.7, +1.0, -1.7 and -2.1 %, and for all kinds of bolts on an average: +5.0, +5.6, +6.3, and +9.6 %. The deviations of the said mean from the volume by the middle diameter for all bolts on an average are, in the same order: +7.7, +8.7, +11.0, and +15.1 %. All these figures have to be understood as means; if, for instance, the working places were considered individually, considerably smaller as well as greater deviations would be certain to occur.

According to Pertovaara (1960), the volume consistent with the mean of butt and top diameter for pine pulpwood of 2 m length in Northern Finland showed deviations from the true volume, on the individual working sites, varying in the range -0.1 to +4.9 %, for 4 m pine pulpwood in the range -1.1 to +7.0 %, for 3 m spruce pulpwood in the range +3.3 to +5.6 % and for 4.5 m spruce pulpwood in the range +2.8 to +10.6 %. It is known for a fact, and also readily evident from the compilation of Tuovinen's figures, that the excess of the mean of the volumes by butt and top end diameters over the true volume is always greater than that of the volume consistent with the mean of the butt and top diameters.

According to the material concerning measurements of 2.4 m unbarked birch pulpwood, collected by appointment of Metsäteho (Makkonen 1960), the mean of the volumes by butt and top diameter differed from the volume found by means of Simpson's formula by +2.0 and +4.4 % when the bolts had a minimum diameter of 10 and 8 cm, respectively. In an earlier pile density investigation (Makkonen 1958) the volume consistent with the mean of the butt and top diameters was found to differ from the true volume determined by xylometric measurement by 5.0 and 3.5 % for 2 m barked birch pulpwood and 2 m unbarked birch pulpwood, respectively. Even higher deviations would have obtained for the mean of the volumes by butt and top diameter. It is seen that the deviations seem to vary not only in dependence of the length of the bolts but obviously also of the minimum diameter, mean diameter, amount of taper, size of the butt-swelling, and other factors.

The usefulness of pile density gauges would primarily rest on the ease of determining the pile density individually in each instance as distinct from the need to content oneself with national or regional mean figures. In view of this the prospects of pile density gauges applied to the pile face do not appear very encouraging in the light of the foregoing. It is conceivable, of course, that correction factors by regional location, kind of timber, diameter class and length class might be worked out, but an appalling amount of work would be involved in such a system of conversion factors. All things considered, it seems to be a highly complicated task to find a practical solution for the pile density problem. Pile density gauges designed to furnish rapidly and easily an accurate idea of the aggregate area of the visible bolt ends as a fraction of the overall area of the pile face provide a solution mainly with respect to short cordwood only. This can hardly be considered adequate, seeing that, in Finland at least, the general trend seems to be towards greater lengths of the cordwood.

Saariston Kirjapaino Oy, Helsinki 1961