TWEE LATTEN IN T-VORM ALS HOOGTEMETER

(avec résumé en français)

[522.2]

door

A. STOFFELS en J. A. VAN DE NIEUWEGIESSEN

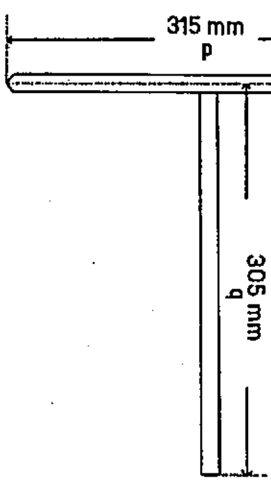
1. *Inleiding.*

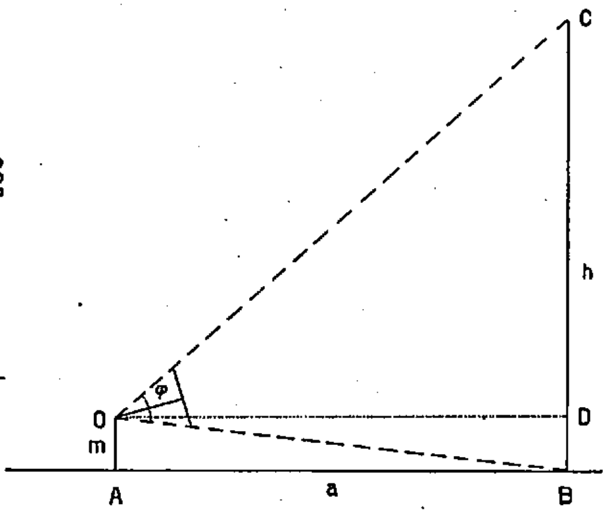
Eén van de eenvoudigste hoogtemeters, die men kent, bestaat uit een tweetal latjes, waarvan het ene loodrecht op het midden van het andere bevestigd is. Het in de praktijk in ons land bekende instrumentje heeft een lat van 315 mm, waarop een lat is geplaatst, waarvan de lengte tot het midden van de eerste lat 305 mm is (figuur 1). Met weinig moeite kan men een dergelijke hoogtemeter zelf vervaardigen en de kosten daarvan zijn onbeduidend.

Men plaatst het onderste einde van de T op de neus en gaat op die afstand van de boom staan, van waar men de gehele stam tussen de uiteinden van de dwarsbalk van de T ziet. In figuur 2 is dit schematisch voorgesteld. De afstand, waarop men zich thans van de boom bevindt, wordt aangenomen als de hoogte van de te meten stam.

Het instrument werd het eerst door Fricke in 1885 beschreven. Als maten voor de beide latten wordt 29 en 26 cm opgegeven.

Figuur 1





Figuur 2

2. Theoretische beschouwingen.

Het kenmerkende van de werkwijze is, dat men de boom steeds onder dezelfde hoek ziet. Noemt men deze hoek φ en voorts de hoogte van de boom h, de hoogte van het vlak van de ogen boven de grond m en de afstand van de waarnemer tot de voet van de boom a, dan is in figuur 2:

$$CD = h - m = a \operatorname{tg} COD$$
$$h = m + a \operatorname{tg} COD.$$

Nu is verder:

$$\angle COD = \varphi - \angle DOB = \varphi - \operatorname{bg} \operatorname{tg}\frac{m}{a}$$

en derhalve is de te berekenen hoogte h gelijk aan:

$$h = m + a \operatorname{tg} \left(\varphi - \operatorname{bg} \operatorname{tg} \frac{m}{a}\right)$$
$$h = m + a \frac{a \operatorname{tg} \varphi - m}{m \operatorname{tg} \varphi + a}$$
$$h = \frac{(m^2 + a^2) \operatorname{tg} \varphi}{m \operatorname{tg} \varphi + a} .$$

De fout, die men maakt door de afstand a als de hoogte van de boom aan te nemen, is nu gelijk aan:

$$t = a - h = a - \frac{(m^2 + a^2) \operatorname{tg} \varphi}{m \operatorname{tg} \varphi + a}$$
$$t = \frac{a^2 - (m^2 - am + a^2) \operatorname{tg} \varphi}{m \operatorname{tg} \varphi + a} .$$

Deze eenzijdige fout is derhalve afhankelijk van de afstand a, de grootte van de waarnemer door de afstand m en van de hoek φ. Deze hoek hangt samen met de afmetingen van het instrument, maar ook nog met de afstand van het steunpunt op de neus en de ogen. Deze laatste afstand kan voor iedere waarnemer weer anders zijn. Noemt men de afmetingen van het instrument p en q, zoals in figuur 1 is aangegeven en verder de afstand van het steunpunt op de neus tot de ogen r, dan is:

$$\operatorname{tg} {}^1/_2 \varphi = \frac{{}^1/_2\, p}{q + r} .$$

Stellen we $q + r = s$ en de verhouding $\frac{p}{s} = k$, dan is verder:

$$\operatorname{tg} {}^1/_2 \varphi = \frac{p}{2s} = \frac{k}{2}$$
$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{4k}{4 - k^2} .$$

De verhouding k bepaalt derhalve de hoek, waaronder een waarnemer de boom steeds beziet. In tabel I is de afhankelijkheid van de hoek φ en de verhouding k voor enkele gevallen weergegeven.

k	tg φ
0,80	0,98
0,82	0,99
0,84	1,02
0,86	1,05
0,88	1,09
0,90	1,13
0,92	1,17
0,94	1,21
0,96	1,25
0,98	1,29
1,00	1,33

Tabel I. Verband tussen k en tg φ
(Table I. Relation entre k et tg φ)

De eenzijdige fout t, die men bij de meting maakt, is van m, a en tg φ afhankelijk. De hoogte m wisselt in absolute maat maar weinig en derhalve zijn de verschillen in a en tg φ belangrijker. Teneinde een inzicht te verkrijgen in deze eenzijdige fouten zijn in tabel II cijfers verzameld voor verschillende waarden van m, a en tg φ.

tgφ	m = 1,50				m = 1,70				m = 1,90			
	a =				a =				a =			
	10	15	20	25	10	15	20	25	10	15	20	25
0,9	+1,90	+2,49	+3,04	+3,58	+1,97	+2,59	+3,16	+3,70	+2,04	+2,69	+3,27	+3,82
1,0	+1,11	+1,23	+1,29	+1,33	+1,21	+1,35	+1,43	+1,49	+1,29	+1,47	+1,57	+1,63
1,1	+0,35	—0,01	—0,44	—0,90	+0,47	+0,14	—0,27	—0,75	+0,57	+0,29	—0,10	—0,52
1,2	—0,40	—1,23	—2,14	—3,09	—0,25	—1,00	—1,94	—2,86	—0,12	—0,88	—1,74	—2,65
1,3	—1,12	—2,43	—3,82	—5,26	—0,95	—2,21	—3,58	—4,99	—0,80	—2,01	—3,35	—4,75

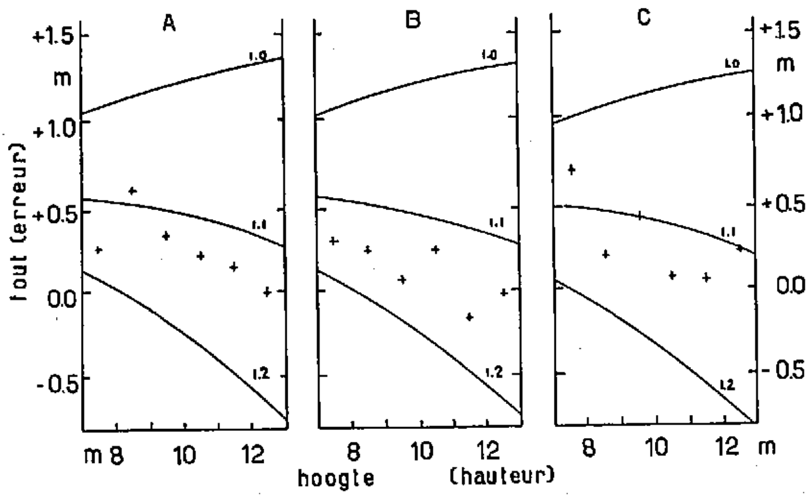
Tabel II. Fouten bij verschillende waarden van m, a en tg φ
(Table II. Erreurs pour valeurs différentes m, a et tg φ)

Uit deze theoretische beschouwingen blijkt, dat b.v. een waarnemer, wiens ooghoogte boven de grond 1,50 m bedraagt, zeer goede resultaten kan verwachten bij het meten van hoogten in de buurt van 15 m als hij een instrument neemt, waarbij voor hem tg φ = 1,1 is. Doch wanneer deze waarnemer hoogten gaat meten van 10 m, dan maakt hij een eenzijdige fout van +0,35 m en bij het meten van bomen van ongeveer 20 m een fout van —0,44 m. De bruikbaarheid van het instrument is daardoor steeds binnen nauwe grenzen beperkt.

3. *Proefnemingen.*

Reeds Borggreve vond in 1888, dat de met deze hoogtemeter gemaakte fouten verband hielden met de hoogten van de bomen. Hij kon deze fouten verminderen door de lengte van een der latten te wijzigen voor verschillende hoogteklassen.

Onze theoretische beschouwingen hebben wij aan praktische onderzoekingen getoetst. Hierbij zijn door een drietal waarnemers 50 bomen met de hoogtemeter gemeten en de verkregen resultaten zijn na de velling gecontroleerd. De bomen hadden hoogten van 7,4 tot 13,1 m. Deze



Figuur 3.

bomen zijn in klassen ingedeeld en de gemiddelde fouten zijn voor elk der drie waarnemers in tabel III verzameld.

We zien uit deze empirische bepalingen, dat zij zich geheel aanpassen bij onze theoretische beschouwingen. Het eenvoudigst is dit te zien in de in figuur 3 weergegeven grafieken. De waargenomen afwijkingen kunnen zeer goed in verband worden gebracht met de theoretisch berekende lijnen. De waarnemer A werkt met het instrument (maten 305 en 315 mm) onder een hoek φ, waarvan de tangens ongeveer 1,13 is. Bij de waarnemer B is de hoek groter, doordat de afstand van het steunpunt

hoogteklasse (classe des hauteurs)	waarnemer (observateur) A m = 1,72	waarnemer (observateur) B m = 1,70	waarnemer (observateur) C m = 1,60
7,1— 8,0	+0,25	+0,30	+0,70
8,1— 9,0	+0,60	+0,23	+0,20
9,1—10,0	+0,33	+0,06	+0,43
10,1—11,0	+0,21	+0,24	+0,08
11,1—12,0	+0,15	—0,17	+0,06
12,1—13,1	—0,01	—0,02	+0,24

Tabel III. Fouten door de drie waarnemers gemaakt.
(Table III. Erreurs commises par les trois observateurs).

op de neus en de ogen waarschijnlijk iets kleiner is. De tangens van de hoek, waaronder hij de bomen ziet, is ongeveer gelijk aan 1,16. Bij de waarnemer C zijn de gegevens het minst sprekend. De tangens van de hoek kan op 1,12 worden geschat.

Deze waarnemingen houden in, dat de waarnemer A met het instrument goede uitkomsten mag verwachten bij hoogten van 12 tot 14 m. Bij kleinere bomen zal hij te hoge uitkomsten vinden en bij grotere stammen te lage. Bij bomen van 7 m lengte moet de waarnemer met een te hoge uitkomst van 0,5 m rekening houden. Voorts moet hij, zoals uit tabel II kan worden afgeleid b.v. bij bomen van 20 m op een negatieve fout van eveneens 0,5 m rekenen. Door aan het instrument andere afmetingen te geven is het wel mogelijk er voor te zorgen, dat de metingen in de buurt van 20 m vrijwel juist zijn, maar dan ontmoet men bezwaren bij andere hoogten. Dergelijke beschouwingen kan men ook ten aanzien van de resultaten van de andere waarnemers maken.

4. *Gevolgtrekkingen.*

Wanneer we de theoretische en praktische gegevens samenvatten, dan zou men daaruit kunnen besluiten, dat deze hoogtemeter inderdaad een zeer eenvoudig instrument is en dat hij binnen zeer nauwe hoogtegrenzen ook goede resultaten kan opleveren, indien de afmetingen van het instrument aan deze hoogte en de lichamelijke maten van de waarnemer zijn aangepast. Doch dat juist door het beperkte gebruik, dat men er van kan maken ten aanzien van de lengten van de stammen het instrument in het algemeen niet moet worden aanbevolen.

Men kan zich indenken de te verwachten eenzijdige fouten te vereffenen door het gebruik van een correctietabel of door het maken van een instrument, waarbij de lengte van het verticale been van de T kan wisselen. Dergelijke wijzigingen zijn inderdaad wel aan te brengen of uit te voeren, maar dan is de waarneming niet zo eenvoudig als met het instrument is bedoeld.

5. *Literatuur.*

Müller, U.: „Lehrbuch der Holzmeszkunde." 3te Auflage, Berlin 1923.

Deux lattes en forme de T employées comme dendromètre (résumé)

Un des dendromètres les plus simples est composé de deux lattes en forme T majuscule comme indiqué à la figure 1. On met le bout de la latte q sur le nez et on se met à une telle distance de l'arbre à mesurer qu'on voit l'arbre entre les deux bouts de la latte p (figure 2). Le principe du mesurage est de fixer l'arbre sous un angle constant, indiqué per φ.
L'erreur t du mesurage de la hauteur d'un arbre est

$$t = \frac{a^2 - (m^2 - am + a^2)\ \mathrm{tg}\,\varphi}{m\ \mathrm{tg}\,\varphi + a}$$

dans quelle équation a signifie la distance de l'observateur jusqu' à l' arbre et m la distance du niveau des yeux au-dessus du sol. L'angle φ change avec les observateurs. Il peut être exprimé par l'equation

$$\mathrm{tg}\ {}^1/_2\,\varphi = \frac{{}^1/_2 p}{q + r}$$

dans laquelle r est la distance du bout de la latte q placée sur le nez et les yeux. En exprimant $q + r = s$ et $\frac{p}{s} = k$ l'équation se change en

$$\mathrm{tg}\ {}^1/_2\,\varphi = \frac{p}{2s} = \frac{k}{2} \qquad \text{et} \qquad \mathrm{tg}\,\varphi = \frac{4k}{4 - k^2}\ .$$

La table I donne quelques chiffres de la relation entre k et l'angle φ,

tandis que dans la table II quelques erreurs sont calculées pour les valeurs différentes de tg φ et la distance m.

Trois observateurs ont mesuré 50 hauteurs variant entre 7,4 à 13,1 mètres. Ces hauteurs sont divisées en 6 classes et la table III nous donne les erreurs moyennes. Ces observations correspondent exactement aux considérations théoriques (figure 3).

Le dendromètre discuté est vraiment simple de construction et le mesurage coûte peu de temps, mais vu les erreurs importantes l'emploi est très limité. En général on ne peut pas recommander ce dendromètre simple.

Mededelingen van de Nederlandsche Boschbouw-Vereeniging

LEDEN

Als nieuw lid werd aangenomen Ir D. C. Hasselman, Ingenieur Ned. Spoorwegen, Utrecht, Catharine van Reneslaan 26. Als donateur trad toe het Sanatorium „Berg en Bos" te Bilthoven.

Overleden is ons lid K. J. C. del Court van Krimpen te Teteringen.

ADRESVERANDERINGEN

Prof. Ir J. H. A. Ferguson terug uit Indonesië, woont thans te Wageningen, Nassauweg 17. Mej. Ir L. E. van Straaten is te Wageningen verhuisd naar Lawickse allee 114 en Ir W. H. Ubbink te Goes naar A. Joachimkade 11.

NAJAARSBIJEENKOMST VAN DE STUDIEKRING

De excursie naar de houtvesterijen Syke en Erdmannshausen is één week uitgesteld, en zal thans worden gehouden van 14 t/m 16 September 1955. Nadere mededelingen volgen per convocatie.

A. van Laar, secretaris.