

DE INHOUDSBEPALING VAN NEDERLANDSCHE  
GROVE-DENNENOPSTANDEN TEN DIENSTE  
VAN DE BOSCHBEDRIJFSREGELING

door  
A. STOFFELS

---

Voor verschillende doeleinden moeten we de massa van onze opstanden meten. We denken hierbij b.v. aan metingen voor wetenschappelijke doeleinden, voor waardebepalingen, doch ook voor onze boschbedrijfsregeling, welke tenslotte in een goed gefundeerd boschbedrijf niet mag ontbreken. Hoe dient men dergelijke metingen te verrichten? Dit is natuurlijk afhankelijk van den tijd en de gelden, die men voor deze opmetingen beschikbaar heeft. Voor wetenschappelijke doeleinden kan men in het algemeen nauwkeurigere methoden gebruiken, dit temeer omdat men vaak slechts met beperkte oppervlakten (proefvelden) te doen heeft. Ook bij waardebepalingen zal men meestal wel nauwkeurig te werk gaan, dit hangt evenwel weer af van het doel van de waardebepalings. Voor de bedrijfsregeling zal men vaak de minder nauwkeurige methoden gebruiken. In het bijzonder voor ons land kan gezegd worden, dat de Nederlandsche boschbedrijven niet een zoodanig rendement opleveren, dat we groote bedragen voor de bedrijfsregeling kunnen uitgeven. We moeten zoeken naar eenvoudige methoden, die desondanks een zoo betrouwbaar mogelijk resultaat opleveren.

De methoden ter bepaling van de massa van opstanden kunnen we in twee groote groepen verdeelen n.l. 1) de schattingsmethoden en 2) de meetmethoden. Het is ongetwijfeld bekend, dat deze indeeling rekbaar is, doch wij zullen eerst van een meetmethode spreken, wanneer het grondvlak van alle tot den opstand behorende stammen gemeten wordt.

De schattingsmethoden nemen den minsten tijd in beslag, maar zijn ook het onnauwkeurigst. Ook mag men niet vergeten, dat men bij het schatten van tijd tot tijd eens moet controleeren, opdat men onwillekeurig niet steeds te lage of te hoge cijfers krijgt. Met dit al lijken mij de schattingsmethoden voor ons land te onnauwkeurig. In een land als Zweden moet men dergelijke methoden wel toepassen, maar ook daar heeft men nog een contrôle. Ook alle gedeeltelijke schattingsmethoden zooals de strooksgewijze taxatie acht ik niet doeltreffend voor een Nederlandsch boschbedrijf, al wil

ik zeker niet de waarde van deze werkwijzen voor meer extensieve bedrijven ontkennen.

De meetmethoden hebben als grondslag, dat het grondvlak van elken stam gemeten wordt. Dit is uiterst belangrijk, omdat juist het grondvlak zoo'n rol speelt bij de inhoudsbepaling. Ook deze meetmethoden kunnen we weer verdeelen in werkwijzen, die proefboomen benutten en werkwijzen, die op algemeene tafels steunen. Het valt niet te ontkennen, dat het werken met proefboomen in het algemeen de beste resultaten geeft. Doch het meten van proefboomen is tijdroovend en hierdoor kostbaar. Naar mijn meening moeten de methoden met proefboomen hier uitgeschakeld worden, omdat het te zware kosten zou leggen op de bedrijfsregeling. Er blijven ons dus de methoden met tafels over en het lijkt mij toe, dat we uit deze ook zeer uiteenlopende werkwijzen een keuze moeten doen.

Het werken met tafels heeft natuurlijk ook nadeelen, men mag niet vergeten, dat de tafels gemiddelde cijfers aangeven, die voor een bepaalden opstand minder juist kunnen zijn. Vaak moeten we ons behelpen met tafels uit geheel andere streken en de kans op systematische fouten is dan groot.

Doch ook als we vastgesteld hebben, dat voor ons doel de methoden met tafels het meest geschikt zijn, dan staat ons nog de keuze open, welke soort tafel we zullen gebruiken. We kunnen werken met a) massatafels b) vormgetal-tafels of c) vormhoogtetafels. Massatafels zijn, zooals bekend, tabellen, waarbij men bij een bepaalden diameter en een bepaalde hoogte een zekeren inhoud vindt. Daar we kunnen aangeven, dat de inhoud ( $v$ ) van een enkelen stam gelijk is aan het product van grondvlak ( $g$ ), hoogte ( $h$ ) en vormgetal ( $f$ ) dus:

$$v = g.h.f$$

is hierbij dus in wezen aan het vormgetal een zekere waarde toegekend. De vormgetal-tafels bevatten slechts waarden van  $f$  bij bepaalden diameter en bepaalde hoogte. Zij zijn althans naar mijn meening practisch minder geschikt dan de massatafels. De vormhoogte-tafels geven waarden aan voor het product  $h.f$  bij verschillende diameters en hoogten. Zij worden tot op heden misschien wel het minst gebruikt.

Enkele Deutsche massatafels (b.v. Grundner-Schwappach) maken een indeeling in groote leeftijdsclassen. Het is ongetwijfeld juist, dat de vormgetallen met den leeftijd stijgen, maar dit gebeurt natuurlijk geleidelijk en niet sprongsgewijze. Het nadeel is, dat wanneer een opstand een leeftijdsclassengrens overschrijdt de cijfers voor en na de overschrijding niet voor vergelijking vatbaar zijn. Het vermijden van een dergelijke indeeling, zooals b.v. bij de Zweedsche tabellen en bij nieuwere Deutsche tafels (von Laer) is gedaan, lijkt mij zeer juist.

Kenmerkend voor alle tafelmethodeën is vaak het opstellen van een hoogtecurve d.w.z. een kromme, die het verband tusschen diameter en hoogte grafisch zoo goed mogelijk weergeeft. De twee metingen, welke we dus aan den opstand dienen te verrichten, zijn de meting van alle grondvlakken en de meting van de hoogten van enkele stammen voor het opstellen van een hoogtekromme.

De grondvlakken zullen we natuurlijk vinden door klemming van de boomen op borsthoogte (1,30 m); andere instrumenten zooals de meetband voor de omtreksmeting en de boomvork worden weinig gebruikt. Het is niet mijn plan op de foutmogelijkheden van de grondvlakmeting hier ver in te gaan, maar ik wil volstaan met de mededeeling, dat men bij stammen, waarvan de grondvlakken van den cirkelvorm afwijken gemiddeld bij het klemmen en ook bij de omtreksmeting te groote resultaten krijgt. Hier is dus niet bedoeld bij meting van een enkelen stam maar van een opstand uit vele boomen bestaande. Hoewel deze positieve fouten niet groot zijn, is deze foutbron in zooverre belangrijk, dat we hier te doen hebben met systematische fouten, waarbij geen onderlinge opheffing plaats vindt.

Nu doen zich nog twee vragen voor 1) welke afronding zullen we toepassen en 2) zullen we elken stam dubbel (b.v. over kruis) of slechts eenmaal klemmen. Een goed gefundeerd antwoord op deze vragen is niet in enkele regels te geven. Misschien mag ik volstaan met de vermelding, dat de fouten door de afronding veroorzaakt vaak zeer overdreven worden voorgesteld. Bij een opstand van een groot aantal stammen zijn deze fouten klein. Het verschil tusschen enkele en dubbele klemming is bij een niet te kleine afronding eveneens betrekkelijk gering. In verband hiermede ben ik geen voorstander van een te gecompliceerde diameterklassen-indeeling. Een klassenwijdte van 2 cm acht ik voor jonge en kleine opstanden reeds klein genoeg. Voor grootere en zwaardere opstanden acht ik zelfs het overgaan tot b.v. 5 cm-klassen gerechtvaardigd.

Noemen we de opvolgende middelpunten der diameterklassen  $d_1, d_2, \dots, d_n$  (dus bij 2 cm-klasse is  $d_1$  het middelpunt van de klasse van  $d_1 - 1$  cm tot  $d_1 + 1$  cm), de bijbehorende grondvlakten  $g_1, g_2, \dots, g_n$  en vervolgens de aantallen stammen in elk van deze diameterklassen  $a_1, a_2, \dots, a_n$ , dan is dus het totale grondvlak van den opstand, voorgesteld door  $G$ :

$$G = a_1 g_1 + a_2 g_2 + \dots + a_n g_n$$

Hiermede hebben we de grondvlakberekening besproken

en we willen ons thans met de beide andere factoren, n.l. de hoogte en het vormgetal, bezighouden. Noemen we de bij de klassenmiddelpunten behorende hoogten  $h_1, h_2, \dots, h_n$  en de vormgetallen achtereenvolgens  $f_1, f_2, \dots, f_n$ , dan zou de totale massa  $V$  van den opstand zijn :

$$V = a_1 g_1 h_1 f_1 + a_2 g_2 h_2 f_2 + \dots + a_n g_n h_n f_n$$

Het bepalen van de hoogten d.w.z. het opstellen van een hoogtekromme is natuurlijk overbekend. Maar de vraag doet zich voor van hoeveel en van welke boomen men de hoogte zal meten. Natuurlijk niet van alle stammen, dit zou veel te veel tijd in beslag nemen. Men kan b.v. zeggen van 10% of 20% der stammen met een minimum van 10 of 15 hoogtemetingen. Welke boomen moeten we nu voor de hoogtemeting gebruiken? Een opstand is steeds heterogeen, er zijn goede en slechtere stukken, terwijl we een gemiddelde lijn moeten hebben. Daarom is het onjuist de proefboomen voor de hoogtemeting alle bij elkander te nemen. Zij moeten juist zooveel mogelijk over den geheelen opstand verdeeld zijn. Tischen dorf en Näs lund hebben uitgebreide onderzoekingen gedaan over de beste verdeling van de hoogtemetingen over de diameterklassen. Wanneer ik toch een andere verdeling voorsta, dan is dit slechts eenvoudigheidshalve. Men kan misschien het beste de proefboomen voor de hoogtemeting verdeelen evenredig met de aantallen stammen in de verschillende diameterklassen, dus b.v. :

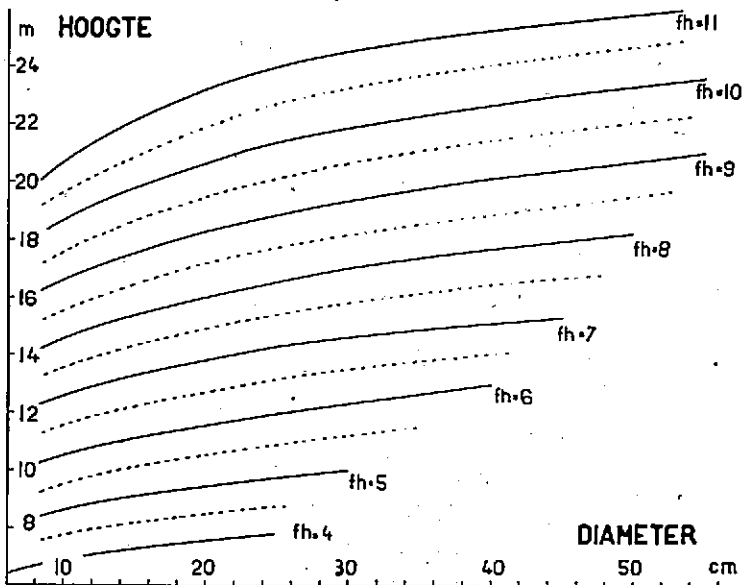
Diameterklasse	Aantal stammen	Aantal hoogtemetingen
..	..	..
20	65	6
22	96	9
24	104	10
26	79	7
28	54	5
..	..	..

Om nu tevens voor een goede verdeling van de te meten boomen over den geheelen opstand te zorgen, kan degene, die den klemstaat bijhoudt, elken tienden boom van elke diameterklasse doen opmeten. Zoedoende zijn we er zeker van, dat deze boomen over de geheele vlakte verdeeld zijn en tevens, dat we geen willekeurigheden begaan bij een keuze.

Thans moeten we een keuze doen, wat betreft het te gebruiken instrument voor de hoogtemetingen. De hoogte-

meter, die naar mij meening aanbeveling verdient, is die van Christen, welke snel werken en voor niet te groote hoogten een vrij groote nauwkeurigheid in zich vereenigt.

Daar de massa  $a_1 v_1$  van een diameterklasse gelijk is aan  $a_1 g_1 h_1 f_1$ , moeten we alleen nog het vormgetal kennen. We weten verder, dat dit vormgetal afhankelijk is van diameter en hoogte. Hierbij is natuurlijk geen sprake van een streng functioneel, maar van een stochastisch verband. Bähler en Bosman hebben deze betrekking voor den grovenden in Nederland nagegaan en een tabel voor de vormgetallen opgesteld. Hoewel een onderzoek op grootere schaal op den duur misschien niet mag uitblijven, moet men aan deze cijfers de voorkeur geven boven de Duitse tafels. Indien we de cijfers uit de door Bähler en Bosman opgestelde tabellen gebruiken, dan vinden we de massa van een bepaalde diameterklasse uit het product van het aantal stammen, het grondvlak, de hoogte en het vormgetal. Dit zou dus drie vermenigvuldigingen beteekenen; gelukkig kunnen we nog een eenvoudiger weg inslaan. Evenzeer als het vormgetal  $f$  een functie is van diameter en hoogte, geldt ditzelfde voor de zgn. „vormhoogte”, het product van vormgetal en hoogte  $fh$ . Dan ontbreekt men nog moeilijkheden met de interpolaties in de tabellen. Het is juist, dat ze nog al wat tijd kosten. Dientengevolge ben ik over het algemeen een grooter voorstander van het werken met grafieken, dan met tafels. Het



voordeel van een grafiek komt hier in het bijzonder naar voren, omdat we zelf ook een grafiek moeten opstellen n.l. de hoogtekromme.

De bovenstaande figuur geeft een assenstelsel aan, waarin bij den diameter op de horizontale as de bijbehorende hoogte op de vertikale as kan worden afgezet. Bij een voldoende aantal waarnemingen kan aldus in dit assenstelsel een hoogtekromme worden geconstrueerd. In hetzelfde assenstelsel zijn ook reeds een aantal lijnen aangebracht, welke de meetkundige plaatsen aangeven, waarvoor de vormhoogte  $fh$  een bepaalde en daarbij aangegeven waarde heeft. Deze lijnen werden geconstrueerd naar aanleiding van de onderzoekingen van de vormgetallen van grove dennen in Nederland door Bähler en Bosman<sup>1)</sup>. Zoo hebben b.v. alle combinaties van diameter en hoogte, welke de lijn  $fh = 9$  voorstelt deze zelfde vormhoogte. Het is nu uiterst eenvoudig bij een bepaalden diameter en een bepaalde hoogte de bijbehorende vormhoogte af te lezen. Bij een diameter van 30 cm en een hoogte van 17 m vinden we terstond een vormhoogte  $fh = 8,0$ ; bij een diameter van 20 cm en een hoogte van 14 m een vormhoogte van 7,1 enz.

Men gaat nu aldus te werk. Bij de meting van de hoogten der proefboomen teekent men deze op de grafiek aan zonder zich aan de vormhoogtelijnen te storen. Door al deze punten trekt men zoo goed mogelijk de hoogtekromme op de gebruikelijke wijze. Terstond leest men bij elken diameter de vormhoogte af (met één cijfer achter de komma). We berekenen tenslotte de massa's  $av$  uit de producten van grondvlak (ag) en de vormhoogte ( $fh$ ).

Hiermede zijn de theoretische grondslagen van een eenvoudige opstandsmeting naar voren gebracht. Er rest mij

<sup>1)</sup> Bähler en Bosman vonden, dat tusschen diameter, hoogte en vormgetal van grove dennen in Nederland het volgende verband gedacht kan worden:

$$f = 0,9708 h - 0,1100119 d - 0,12032$$

waarin  $h$  in m en  $d$  in cm is uitgedrukt (het vormgetal  $f$  heeft natuurlijk geen dimensie). In verband met de middelbare fouten van de constanten is het zeker te verantwoorden deze functie als volgt te vereenvoudigen:

$$f = 0,97 h - 0,11 d - 0,12$$

Derhalve bestaat tusschen vormhoogte, hoogte en diameter de volgende betrekking:

$$(fh) = 0,97 h + 0,89 d - 0,12$$

Lossen we deze vergelijking naar  $h$  op, dan volgt na een enkele becijfering:

$$h = 1,034 (fh) + 1,124 d + 0,135$$

De in de figuur aangegeven lijnen zijn geconstrueerd naar de bovenstaande vergelijking achtereenvolgens voor  $fh = 4, 5, \dots, 11$ . Het is natuurlijk duidelijk, dat op dubbel-logarithmisch papier (coördinaten  $\log h$  en  $\log d$ ) de in de figuur aangegeven lijnen kunnen worden voorgesteld door evenwijdige rechten.

**HOUTVESTERIJ:****BOSCHWACHERIJ:**

Opstandsnummer:

Houtsoort:

Grootte:

Leeftijd:

d	a	g	ag	fh	av
6	...	x 0.00283	.....	x .....	.....
8	...	x 0.00503	.....	x .....	.....
10	...	x 0.00785	.....	x .....	.....
12	...	x 0.01131	.....	x .....	.....
14	...	x 0.01539	.....	x .....	.....
16	...	x 0.0201	.....	x .....	.....
18	...	x 0.0254	.....	x .....	.....
20	...	x 0.0314	.....	x .....	.....
22	...	x 0.0380	.....	x .....	.....
24	...	x 0.0452	.....	x .....	.....
26	...	x 0.0531	.....	x .....	.....
28	...	x 0.0616	.....	x .....	.....
30	...	x 0.0707	.....	x .....	.....
32	...	x 0.0804	.....	x .....	.....
34	...	x 0.0908	.....	x .....	.....
36	...	x 0.1018	.....	x .....	.....
38	...	x 0.1134	.....	x .....	.....
40	...	x 0.1257	.....	x .....	.....
42	...	x 0.1385	.....	x .....	.....
44	...	x 0.1521	.....	x .....	.....
46	...	x 0.1662	.....	x .....	.....
48	...	x 0.1810	.....	x .....	.....
50	...	x 0.1963	.....	x .....	.....

A .....      G .....      V .....

Opgenomen door:       $\bar{g}$  .....       $\bar{h}$  .....

Datum:       $\bar{d}$  .....

nog enkele opmerkingen te maken over de uitvoering. Slechts wil ik aangeven, hoe ik persoonlijk te werk ga; ieder ander zal het weer anders doen. De opmeting verricht ik met een helper, één van ons beiden voert een klem. De tweede persoon draagt een plak voor zich door middel van een riem over den hals. Op deze plank zijn een klemstaat en een grafiek van diameter/hoopte met lijnen van gelijke vormhoogten geprikt. Voorts bezit deze persoon een hoogtemeter van Christen en een stok van 5 m (of 4 m) lengte. Indien de opstand groot is, gebruik ik steeds klemstaten, zooals deze in den handel verkrijgbaar zijn en vul de resultaten tenslotte in op het formulier, dat hierbij is aangegeven. Is de opstand kleiner, dan gebruik ik de ruimte achter de diameterklassenaanduiding. Wanneer men een tienden stam van eenige klasse aantekent, dan roept men „proefboom”, waarop de hoogte wordt gemeten en ook de diameter iets nauwkeuriger. Het resultaat wordt dan op de grafiek aangegeven.

Het veldwerk is hiermede afgelopen en men moet nu nog het resultaat berekenen. Allereerst trekt men een hoogtekromme door de gevonden punten van de hoogtemetingen. Men leest nu voor elken diameter volgens de hoogtekromme de bijbehorende vormhoogte af (met één cijfer achter de komma) en vult deze cijfers op het formulier onder de kolom fh in. Nu berekenen we met behulp van een rekenliniaal de producten  $ag$  en hierna  $ag \times fh = av$ . Heeft men een kleine rekenmachine ter beschikking, dan kan men natuurlijk ook hiermede snel goede resultaten verkrijgen. Door sommeering van de kolommen  $a$ ,  $ag$  en  $av$  vindt men achtereenvolgens het aantal stammen ( $\bar{A}$ ), het totale grondvlak ( $G$ ) en de totale massa ( $V$ ). Wanneer men aan deze gegevens waarde hecht, kan men terstond uit het totale grondvlak  $G$  het gemiddelde grondvlak  $\bar{g}$  en den gemiddelden diameter  $\bar{d}$  berekenen.

Aan de hand van een voorbeeld kan nog even op den geringen invloed van de klassenwijdte gewezen worden bij een niet te kleinen opstand. Opgemeten werd een grovedennelopstand bij verschillende diameterafrondingen. De resultaten van deze opmeting, welke 561 stammen omvatte, zijn in de volgende tabel aangegeven.

Klassenwijdte	Totale grondvlak in m <sup>2</sup>	Totale massa in m <sup>3</sup>
1 cm	27.66	277.2
2 cm	27.64	276.7
5 cm	27.84	278.8
10 cm	27.67	276.9



De hier beschreven methode vertoont kenteekenen van de Pruisische (v o n L a e r), de Oostenrijksche (H e m p e l) en een Zweedsche werkwijze. Zij is dus allerminst oorspronkelijk, terwijl ook deze drie methoden nog veel gemeenschappelijke punten hebben.

Tenslotte kan de hier voorgestelde werkwijze als volgt worden samengevat:

- 1) men klemt den geheelen opstand in 2- of 5 cm-klassen, achtereenvolgens voor kleinere en grootere opstanden,
- 2) men bepaalt de hoogte van elken tienden boom van iedere diameter-klasse met behulp van den hoogtemeter van Christen,
- 3) deze cijfers worden opgeteekend in een grafiek, welke tevens lijnen van gelijke vormhoogten bevat,
- 4) bij elken diameter wordt uit deze grafiek de bijbehorende vormhoogte afgelezen en deze waarden worden op het formulier ingevuld,
- 5) de vermenigvuldigingen verricht men met behulp van een rekenliniaal of een kleine rekenmachine,
- 6) door sommeering van de verschillende kolommen vindt men het aantal stammen, het totale grondvlak en de totale massa.

#### LITERATUUR.

- Bähler, A. H. L. en Bosman, K.: „Het spilvormgetal van grove dennen in Nederland". Mededeelingen van de Landbouwhoogeschool XXIV 1923. Verhandeling 4.
- Laer, W. von: „Massenberechnungstabeln für Holzvorratsaufnahmen." Berlin 1936.
- Stoffels, A.: „Über die Genauigkeit einfacher Höhenmesser mit indirekter Standlinienmessung." Zeitschr. f. Weltforstwirtschaft 1938 blz. 491—499.
- Tischendorf, W.: „Die Eignung verschiedener Verfahren der Bestandsmassenermittlung mit Hilfe von Massentabeln." Centralblatt f. d. gesamte Forstwesen 1937 blz. 129—140.
-