2790

KONINKRIJK BELGIE

40

MINISTERIE VAN OPENBARE WERKEN
& VAN WEDEROPBOUW

BESTUUR DER WATERWEGEN

EXPLOITATIEDIENST DER SCHEEPVAARTWEGEN

SCHEEPSMETING

PRACTISCHE METHODE VOOR HET BEREKENEN VAN HET ZWAARTEPUNT DER WATERLIJNEN.

JANUARI 1957.

KONINKRIJK BELGIE

MINISTERIE VAN OPENBARE WERKEN
& VAN WEDEROPBOUW

BESTUUR DER WATERWEGEN

EXPLOITATIEDIENST DER SCHEEPVAARTWEGEN

SCHEEPSMETING

PRACTISCHE METHODE VOOR HET BEREKENEN VAN HET ZWAARTEPUNT DER WATERLIJNEN.

JANUARI 1957.

Druk. Top. en Fot.
Min. Op. Werk. en Wed.

—·—·— referentievlak $\mu\mu$;

——— lijn die de zwaartepunten van de vlakken van inzinking verbindt ;

········· lijn die de punten ter halve lengte van die oppervlakten verbindt.

SCHEEPSMETING

Practische methode voor het berekenen van het zwaartepunt der waterlijnen

INLEIDING.

In de nota "Over het belang van de plaats welke voor de ijkschalen wordt gekozen" is uitgelegd hoe dient te werk gegaan wanneer de ijkschalen zich niet juist op de ideale plaats bevinden of wanneer er geen zulke plaats bestaat.

De voor de gemiddelde aflezing der schalen aan te brengen correctie is afhankelijk van de afstand (c) van het zwaartepunt van het vlak van inzinking tot aan het transversaal symmetrievlak van het stel ijkschalen.

Daartoe wordt een tabel opgemaakt met de waarde van c voor de diverse waterlijnen die evenwijdig lopen met het bij het meten van het schip bestaande vlak van ledige inzinking.

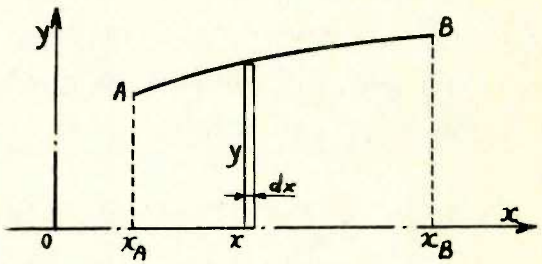
Het past dus voor het berekenen van die zwaartepunten over een snelle practische methode te beschikken.

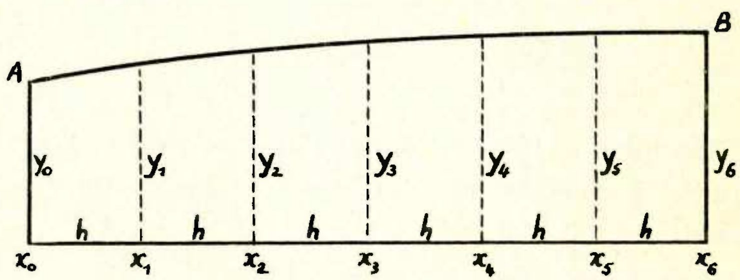
VASTLEGGEN VAN DE FORMULES.

De afstand (d) van het zwaartepunt van een oppervlakte tot aan een willekeurige rechte lijn is gelijk aan het quotient van het statisch moment (M) van die oppervlakte met betrekking tot die rechte lijn, door de bedoelde oppervlakte (S)

$$d = \frac{M}{S}$$

Laten wij er aan herinneren dat de oppervlakte van de vlakken van inzinking berekend wordt volgens een benaderende quadratuurmethode.





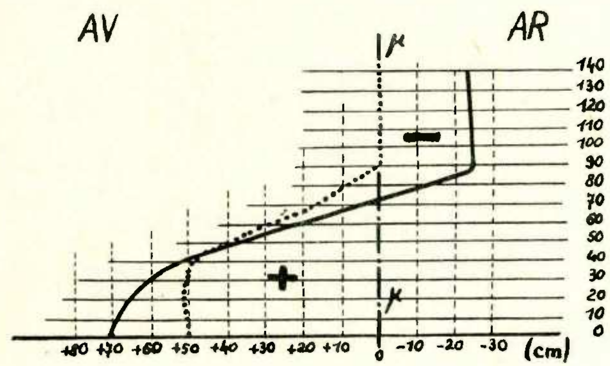
hoegenaamd geen uitzondering meer is, toont dat het zeer onnauwkeurig zou zijn à priori aan te nemen dat het zwaartepunt practisch ter halve lengte van het vlotvlak ligt.

Inderdaad, die halve lengte is hier $\frac{38,331}{2}$ = 19 m. 166.

De referentieas $\mu\mu$ bevindt zich op 19 m. 17 van het vooruiteinde van die oppervlakte.

Het zwaartepunt bevindt zich 24,9 cm. achter die referentieas, dat is 25 cm. 3 achter het punt dat zich ter halve lengte van de oppervlakte bevindt.

Die opmerking is volkomen bevestigd door het voorbeeld behandeld in de nota " Over het belang van de plaats welke voor de ijkschalen wordt gekozen" zoals nevenstaande schets die overigens toont.



$$(6) : d_3 = 0,81 \; \frac{4 \times 5,03 + 4 \times 5,02 + 12 \times 5,005 + 8 \times 4,96 + 20 \times 4,86 + 6 \times 4,61}{89,16} = 0,81 \times \frac{264,80}{89,16} = 2,40^5$$

Achtereinde

$$(11) : S_5 = \frac{4,61}{6} (1,08 + 4 \times 1,01) = \frac{4,61 \times 5,12}{6} = 3,9339 \text{m2}$$

$$(12) : d_5 = \frac{1}{35} \times \frac{29 \times 1,08^2 - 12 \times 1,08 \times 1,01 + 64 \times 1,01^2}{5,12} = \frac{36,0224}{35 \times 5,12} = 0,48$$

Het referentievlak $\mu\mu$ (hier het symmetrieplan der schalen) bevindt zich 15 m 25^5 (= a) achter het vlak $\beta\beta$

Zo heeft men

$$(13) : d = \frac{12,7785 \times 16,577 + 142,3138 \times 1,007 - 24,0732 \times 15,626 + 2,5878 \times 18,489 - 3,9339 \times 18,561}{12,7785 + 142,3135 + 24,0732 + 2,5878 + 3,9339}$$

$$d = \frac{211,82 + 143,31 - 376,17 + 47,85 - 73,02}{185,6869} = \frac{-46,21}{185,7} =$$

$- 0,2488$ dat is $- 24,9$cm.

LAATSTE OPMERKING

Het behandeld numeriek voorbeeld, dat thans

De oppervlakte van de kromme AB (x)die op juiste wijze wordt uitgedrukt door de integraal

$$S = \int_{x_A}^{x_B} y.\, dx \ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

kan, wanneer een zeker aantal evenwijdige ordinaten van die kromme gekend zijn, bij benadering worden uitgedrukt door de formule (paar getal verdelingen, dus onpaar getal ordonaten).

$$S = \frac{h}{3} (y_0 + 4y_1 + 2y_2 + 4y_3 + 2y_4 + 4y_6 + y_6) \ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

Deze formule is gekend onder de naam van formule van Simpson (1e. regel).
Een dergelijke formule kan worden vastgesteld voor de benaderende berekening van de Statische momenten van die oppervlakte. Het Statisch moment van de oppervlakte der kromme AB ten opzichte van de as oy, wordt immers juist uitgedrukt door de integrale

$$M\,oy = \int_{x_A}^{x_B} y.x.dx \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3)$$

(x) Door opppervlakte van kromme AB wordt verstaan de oppervlakte begrepen tussen die kromme en de as der abscissen, begrensd aan de ene zijde door de ordinaat, die door haar beginpunt A loopt en aan de andere zijde door de ordinaat die door haar eindpunt B loopt. Men spreekt ook van oppervlakte onderspannen door de kromme AB.

Het product yx kan worden beschouwd als een nieuwe y-functie en bijgevolg wordt de integrale benaderend verkregen met de formule :

$$Moy = \frac{h}{3} (y_0 x_0 + 4y_1 x_1 + 2y_2 x_2 + 4. y_3 x_3 + 2. y_4 x_4 + 4. y_5 x_5 + y_6 x_6) \ldots\ldots (4)$$

De afstand van het zwaartepunt van de oppervlakte AB tot de as oy is zo :

$$d = \frac{y_0 x_0 + 4. y_1 x_1 + 2 y_2 x_2 + 4 y_3 x_3 + 2. y_4 x_4 + 4. y_5 x_5 + y_6 x_6}{y_0 + 4y_1 + 2 y_2 + 4 y_3 + 2 y_4 + 4 y_5 + y_6} \ldots\ldots (5)$$

De materiële bewerkingen zijn vereenvoudigd wanneer de as oy door het beginpunt A van de kromme loopt. In dit geval is $x_n = n.h$, indien n het volgnummer van de coordinaten voorstelt, zodat kan worden geschreven :

$$d = h \cdot \frac{4 y_1 + 4 y_2 + 12 y_3 + 8 y_4 + 20 y_5 + 6 y_6}{y_0 + 4 y_1 + 2 y_2 + 4 y_3 + 2 y_4 + 4 y_5 + y_6} \qquad (6)$$

Bij wijze van verificatie merken wij op dat in deze formule de coëfficiënten van de verschillende termen van de teller gelijk zijn aan het product van de coëfficiënt en van de indexen van de corresponderende termen van de noemer. Het volstaat dus de noemer te onthouden waarvan de schrijfregel zeer eenvoudig is (coëfficiënten van Simpson).

Vooreinde (gelijkgesteld met een parabool)

$$S_4 = \frac{2}{3} \times 1,135 \times 3,42 = 2,5878 \text{ m2}$$

$$d_4 = 0,4 \times 1,13^5 = 0,454 \quad \text{m}$$

Boeg

$$(2) : S_1 = \frac{0,695}{3} (3,42 + 4 \times 4,36 + 2 \times 4,75 + 4 \times 4,93 + 5,00)$$

$$= \frac{0,695}{3} \times 55,08 = 12,7785$$

$$(7) : d_1 = 2,78 \; \frac{4,36 + 4,75 + 3 \times 4,93 + 5,00}{55,08}$$

$$= \frac{2,78 \times 28,90}{55,08} = 1,45^8$$

Centraal gedeelte

$$(2) : S_2 = \frac{7,119}{3} (5,00 + 4 \times 4,985 + 2 \times 5,005 + 4 \times 5,003 + 5,01) = \frac{7,119}{3} \times 59,972 = 142,3135$$

$$(7) : d_2 = 28,476 \; \frac{4,985 + 5,005 + 3 \times 5,003 + 5,01}{59,972}$$

$$= \frac{28,476 \times 30,009}{59,972} = 14,248$$

Achterschip

$$(2) : S_3 = \frac{0,81}{3} (5,01 + 4 \times 5,03 + 2 \times 5,02 + 4 \times 5,005 + 2 \times 4,96 + 4 \times 4,86 + 4,61) = \frac{0.81}{3} \times 89,16 = 24,0732$$

Zij a de afstand tot het vlak $\beta\beta$ van een referentievlak $\mu\mu$, bij voorbeeld een transversaal vlak ter halve lengte van het schip, of het transversaal symmetrievlak van het stel ijkschalen.

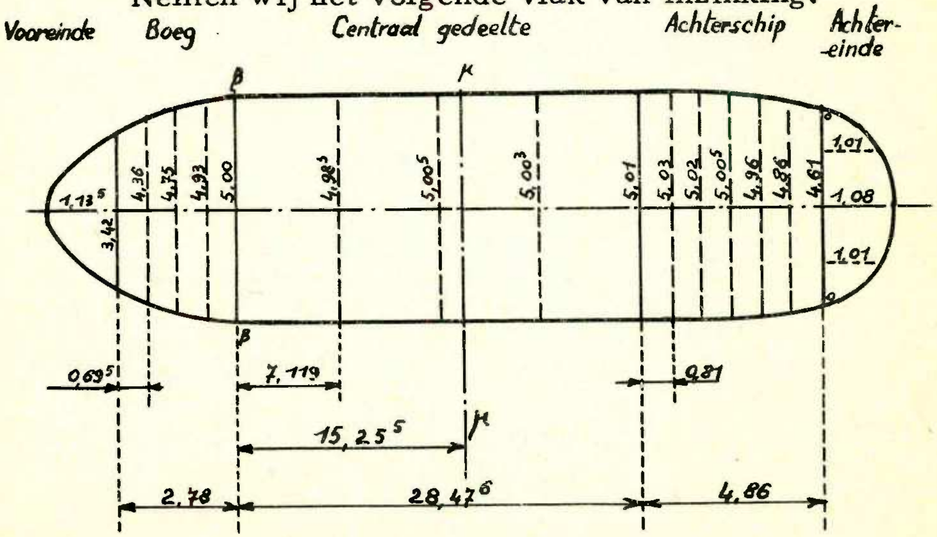
De afstand van het zwaartepunt van de volledige oppervlakte wordt dan berekend met behulp van de volgende formule :

$$d = \frac{S_1\,(a+L_1-d_1) + S_2(a-d_2) - S_3(L_2-a+d_3) + S_4(a+L_1+d_4) - S_5(L_2-a+L_3+d_5)}{S_1 + S_2 + S_3 + S_4 + S_5} \qquad \ldots(13)$$

d wordt gerekend vanaf de rechte lijn $\mu\mu$, positief naar links toe, d.w.z. het vorengedeelte van het schip.

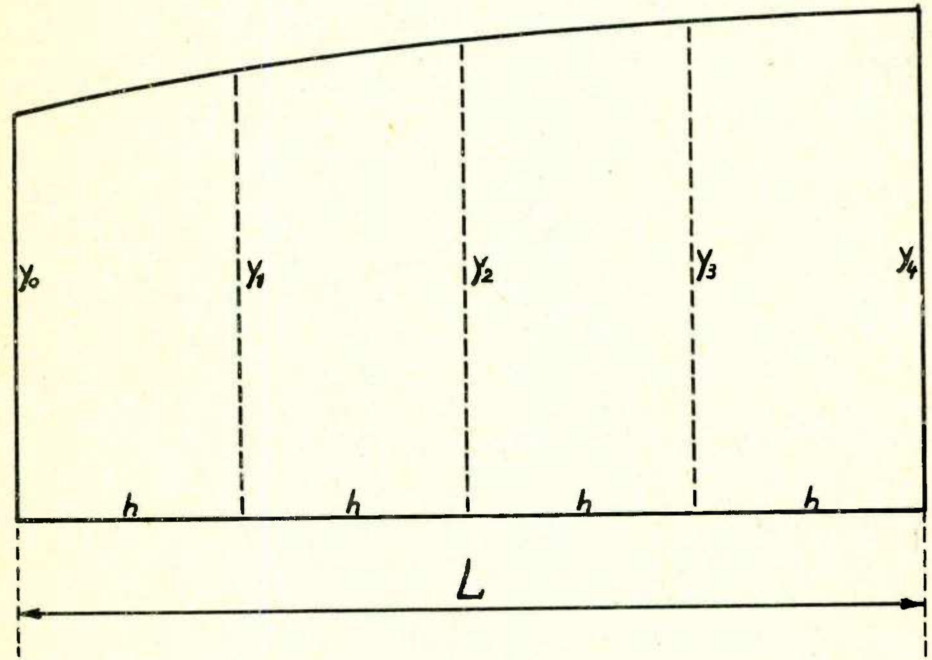
NUMERIEKE TOEPASSING.

Nemen wij het volgende vlak van inzinking:



Die opmerking vergemakkelijkt insgelijks het schrijven van de corresponderende formule op een groter getal onderverdelingen.

Indien het aantal tussenruimten tot vier is beperkt, is



$$d = 4\,h.\ \frac{y_1 + y_2 + 3y_3 + y_4}{y_0 + 4y_1 + 2y_2 + 4y_3 + y_4}$$

$$d = L.\ \frac{y_1 + y_2 + 3y_3 + y_4}{y_0 + 4y_1 + 2y_2 + 4y_3 + y_4} \qquad \ldots\ldots.(7)$$

Zo ook voor het statisch moment van de oppervlakte de kromme AB ten opzichte van de as ox :

$$M_{ox} = \int_{x_A}^{x_B} y \frac{y}{2} dx \ldots\ldots\ldots\ldots (8)$$

$$M_{ox} = \frac{h}{3} \cdot \frac{1}{2} (y_0^2 + 4y_1^2 + 2y_2^2 + 4y_3^2 + 2y_4^2 + 4y_5^2 + y_6^2) \ldots (9)$$

En de ordinaat van het zwaartepunt van de oppervlakte AB is gelijk aan

$$d_v = \frac{1}{2} \cdot \frac{y_0^2 + 4y_1^2 + 2y_2^2 + 4y_3^2 + 2y_4^2 + 4y_5^2 + y_6^2}{y_0 + 4y_1 + 2y_2 + 4y_3 + 2y_4 + 4y_5 + y_6} \ldots\ldots (10)$$

De coëfficiënten zijn dus hier dezelfde bij de teller als bij de noemer (coëfficiënten van Simpson).

WIJZE VAN BEREKENING.

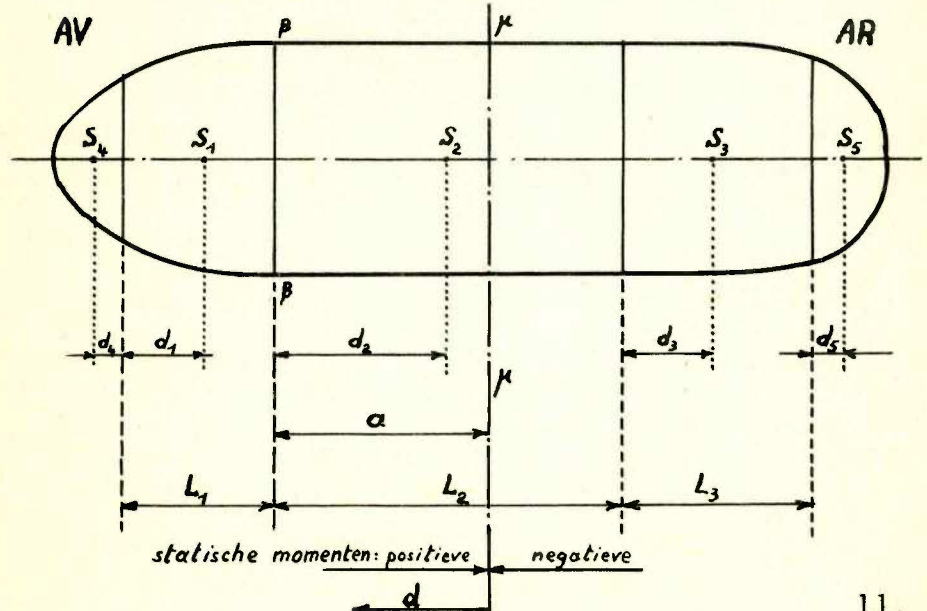
Welke ook de te gebruiken formule zij, (6), (7), (10) of enige andere, vast te leggen voor een groter aantal onderverdelingen, is het mogelijk de berekening te doen in tabelvorm.

Als voorbeeld voor de formule (6) kan de bedoelde tabel als volgt worden opgemaakt :

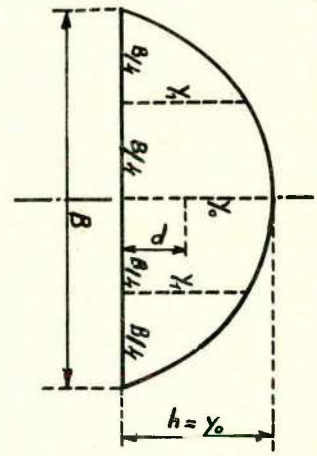
- een centraal, over het algemeen parallelipipedumvormig, gedeelte ;
- een vorengedeelte (de boeg) en een achtergedeelte (het achterschip) met geprofileerde vorm ;
- een voreneind en een achtereind van beperkt volume maar zeer veranderlijk wat de vorm en de afmetingen betreft ;

Voor het centraal gedeelte, voor de boeg en voor het achterschip zijn de basissen (lengte L_1, L_2, L_3) onveranderlijk.

Met behulp van de hiervoren vastgestelde formules berekent men eerst afzonderlijk voor elk van de onderdelen, de oppervlakte en de ligging van het zwaartepunt. Die waarden zijn aangeduid op de volgende schets.



SPECIAAL GEVAL

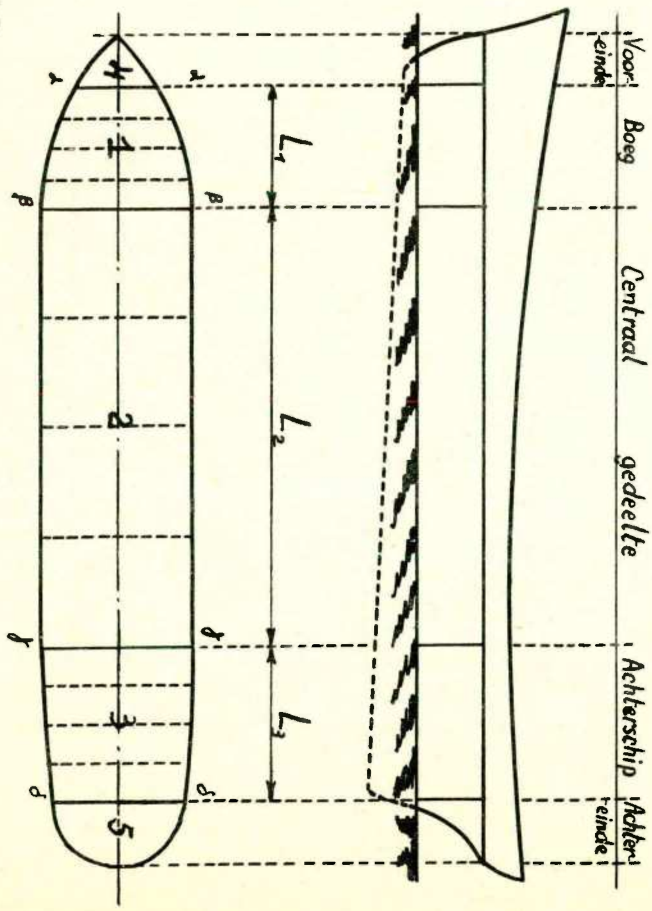


$$S = \frac{B}{6}\ (y_0 + 4y_1) \ldots (11)$$

$$d = \frac{1}{35} \cdot \frac{29y_0^2 - 12y_0y_1 + 64y_1^2}{y_0 + 4y_1} \ldots\ldots\ldots (12)$$

TOEPASSING OP HET SCHIP

Bij het meten wordt het schip in vijf delen onderverdeeld :



Volgnummer van de ordinaten	Waarde van de ordinaten	Berekening van de noemer (D)		Berekening van de teller (N)	
		coëff.	termen	coëff.	termen
0	y_0	1	$1y_0$	0	-
1	y_1	4	$4y_1$	4	$4y_1$
2	y_2	2	$2y_2$	4	$4y_2$
3	y_3	4	$4y_3$	12	$12y_3$
4	y_4	2	$2y_4$	8	$8y_4$
5	y_5	4	$4y_5$	20	$20y_5$
6	y_6	1	$1y_6$	6	$6y_6$
Som			D		N

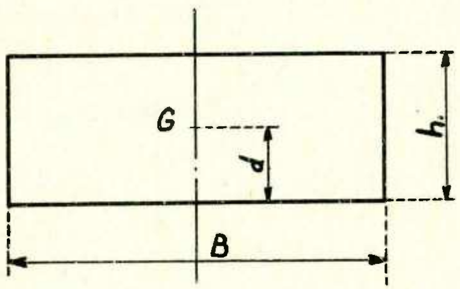
$$d = h\,\frac{\mathbf{N}}{D} \qquad S = \frac{h}{3} \cdot D$$

Laten wij opmerken dat de berekening van D en van S reeds in de berekeningstabel van de oppervlakken van de verschillende waterlijnen voorkomt.

FORMULES VOOR ENKELE EENVOUDIGE VORMEN

(juiste formules)

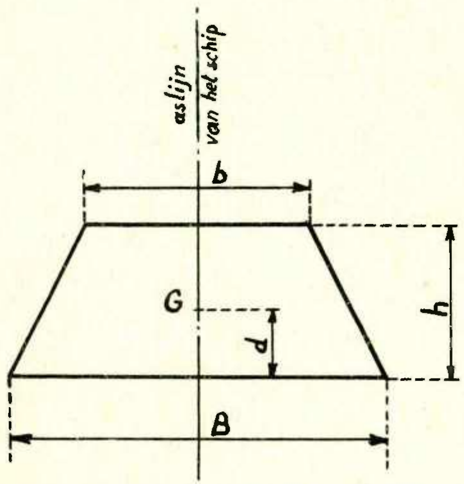
Deze formules zijn speciaal van toepassing op de uiterste vóór- en achtergedeelten van de verschillende vlakken van inzinking.



Rechthoek

$S = B.h$

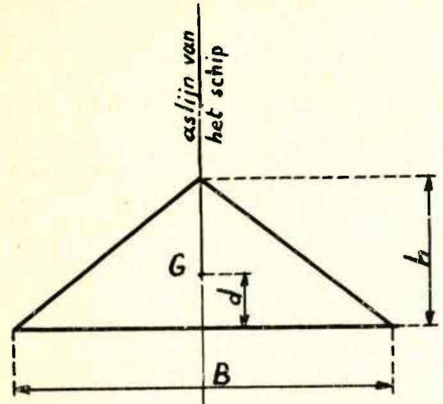
$d = \frac{h}{2}$



Trapezium

$S = \frac{B + b}{2} \cdot h$

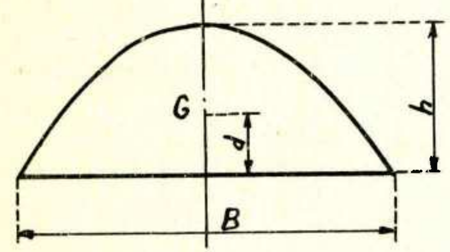
$d = \frac{h}{3} \cdot \frac{B + 2b}{B + b}$



Driehoek

$S = \frac{Bh}{2}$

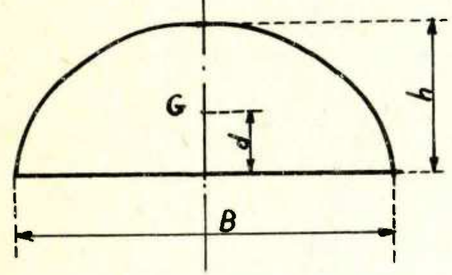
$d = \frac{h}{3}$



Parabool

$S = \frac{2}{3}\ B\ h \quad = 0,6667\ B\ h$

$d = \frac{2}{5}\ h \quad = 0,4\ h$



Ellipsvorm

$S = \frac{\pi B h}{4} \quad = 0,7854\ Bh$

$d = \frac{4}{3\pi} \cdot h \quad = \quad 0,4244\ h$

$S_{\text{ellips}} = S_{\text{parabool}} \cdot (1 + \frac{1}{5,6})$

$d_{\text{ellips}} = d_{\text{parabool}} \cdot (1 + \frac{1}{16})$