

TECHNISCHE UNIVERSITEIT DELFT

**FACULTEIT OCP
MARITIEME TECHNIEK**

mt501

Hydro 1

vraagstukken

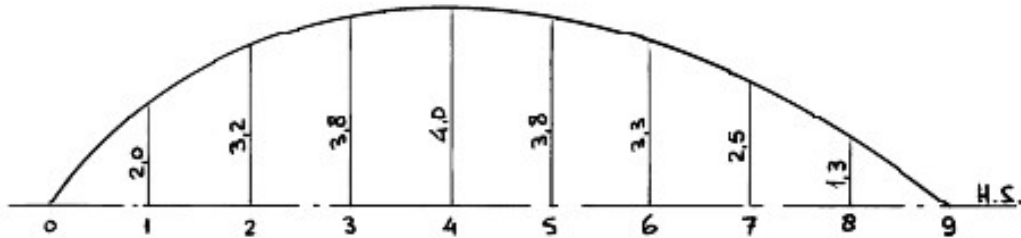
DELFT november 2003

Vraagstuk 1

Van een zeilboot zijn de volgende gegevens bekend:

$$L_{WL} = 18.00 \text{ m}$$

$$B_{WL} = 8.00 \text{ m}$$



De vorm van de halve waterlijn is als volgt:

Bereken voor de gehele waterlijn:

- het oppervlak A_w ;
- het zwaartepunt in lengte x_A ;
- het dwarstraagheidsmoment I_T .

Maak de berekeningen in **één** overzichtelijke Simpson tabel, waarin minstens alle ordinaten moeten worden opgenomen; voor de lengte van een eventuele extra ordinaat kunt u de lengte bepalen door lineair interpoleren.

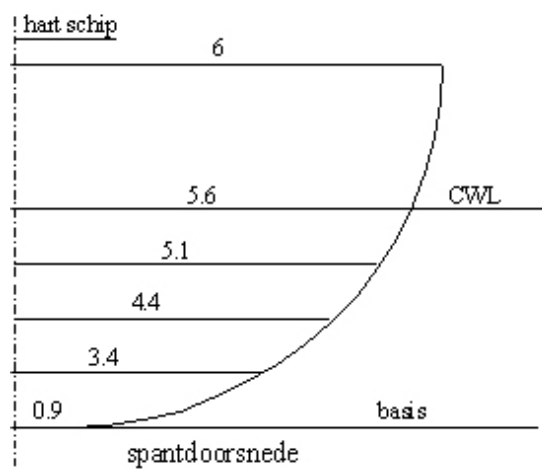
Antw. a. 96.8 m^2 b. -0.44 m c. 356 m^4

Vraagstuk 2

Een vaartuig heeft een grootspantdoorsnede zoals in onderstaande figuur is aangegeven. De halve breedten op de waterlijnen zijn gegeven.

De hoofdafmetingen bedragen:

| | | |
|---------------------------------|-------|-----------------------|
| Lengte | = | 50 m |
| Breedte max. | = | 12 m |
| diepgang tot CWL | = | 3 m |
| holte | = | 5 m |
| KB | = | 1.80 m |
| KG | = | 3.10 m |
| dwarstraagheids- moment CWL: | I_T | = 2500 m ⁴ |
| c_B | = | 0,550 |
| waterlijnafstand | = | 0.75 m |



Bereken:

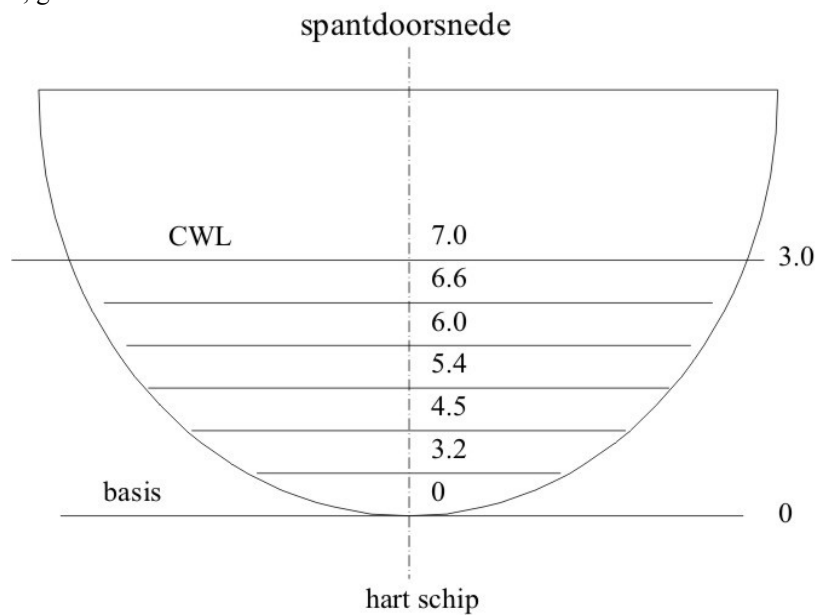
- het spantoppervlak onder de CWL met behulp van de eerste regel van Simpson in een overzichtelijke tabel;
- de afstand van het zwaartepunt van de grootspantdoorsnede onder de CWL tot de basis met behulp van dezelfde Simpsontabel;
- de aanvangsmetacenterhoogte (GM) van het vaartuig

Antw. a. 24.65 m² b. 1.75 m c. 1.41 m

Vraagstuk 3

Een drijvende constructie heeft over de gehele lengte ($L = 50$ m) een constante doorsnede volgens bijgaande figuur, waarin de breedten op de bijbehorende waterlijnen zijn aangegeven.

Deze constructie drijft in zeewater ($\rho = 1025$ kg/m³) met een diepgang van 3.0 m; het gewichtszwaartepunt (KG) ligt 2.80 m boven de basis; $g = 10$ m/s².



Gevraagd:

- bereken de inhoud (∇) en de hoogteligging van het drukkingspunt boven de basis (KB); gebruik hiervoor de eerste integratieregels van Simpson en voer uw berekening uit in een overzichtelijke tabel.
- bereken de aanvangsmetacenterhoogte (GM)
- bereken het stabiliteitsmoment voor $\varphi = 5^\circ$.

Als het u niet lukt om ∇ en KB uit te rekenen, neem hiervoor dan als benadering resp. ($L \cdot \frac{2}{3} \cdot T \cdot \text{breedte t.p.v. wl 3}$) en (60% van T) om vraag b. en c. uit te rekenen.

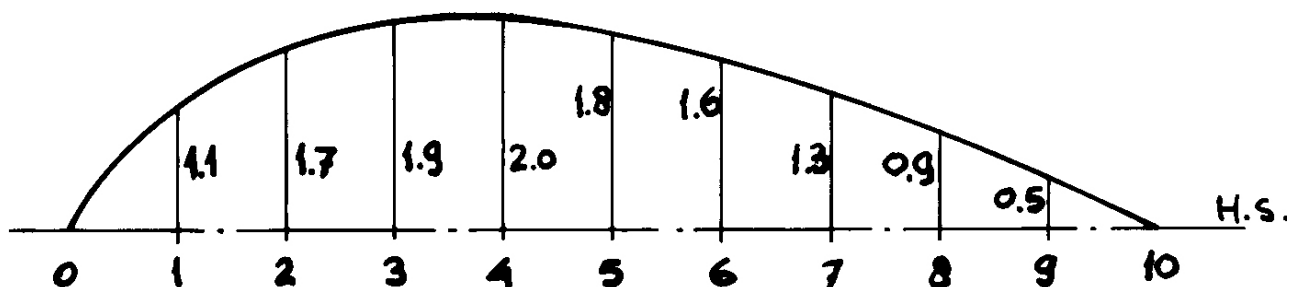
Antw. a. 740 m³, 1.79 m b. 0.92 (1.04) m c. 608.2 (650) kNm

Vraagstuk 4

Van een zeilboot zijn de volgende gegevens bekend:

$L = 10.00 \text{ m}$ $T = 1.10 \text{ m}$
 $B = 4.00 \text{ m}$ $c_B = 0.20$

De vorm van de halve waterlijn is als volgt:



Bereken voor de hele waterlijn:

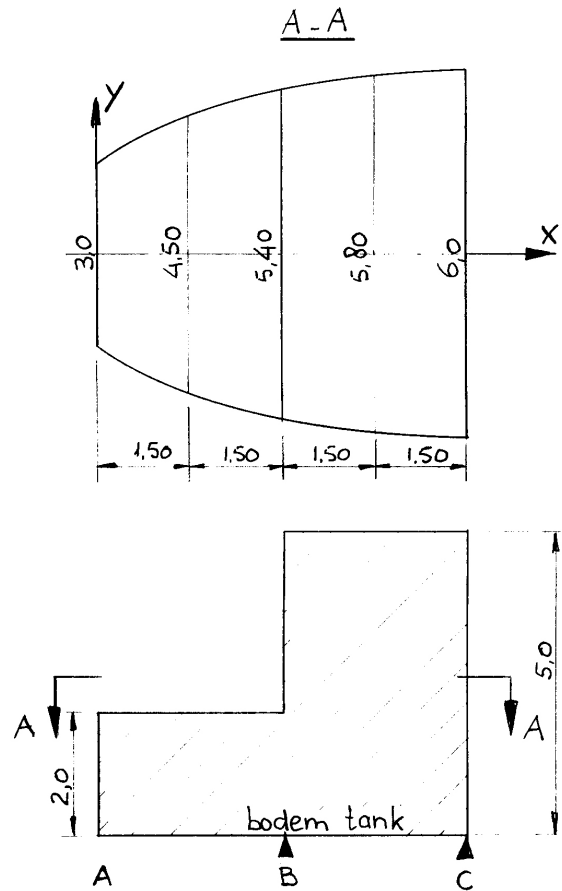
- het oppervlak A_w ;
- het zwaartepunt in lengte x_A ;
- het dwarstraagheidsmoment I_t ;
- Hoe groot is de afstand van het drukingspunt tot het aanvangsmetacenterpunt (BM).

Voer de berekeningen uit in een overzichtelijke Simpson tabel.

Antw. a. 25.87 m^2 b. -0.515 m c. 22.41 m^4 d. 2.55 m

Vraagstuk 5

Een tank is geheel gevuld met zoet water ($\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$) en heeft de vorm en afmetingen zoals hieronder aangegeven.



(maten in meters, $g = 10 \text{ m/s}^2$)

- Bereken het oppervlak van de bodem van de tank m.b.v. de eerste regel van Simpson in een overzichtelijke tabel.
- Bereken de druk t.p.v. de punten A, B en C.
- Bereken de totale kracht op de bodem.
- Waar grijpt de resultante van de totale kracht op de bodem aan? (x- en y-coördinaat)
- Bereken de totale inhoud van de tank.

De tank wordt ondersteund door balken t.p.v. B en C.

- Bereken de reactiekrachten t.p.v. balk B en balk C.

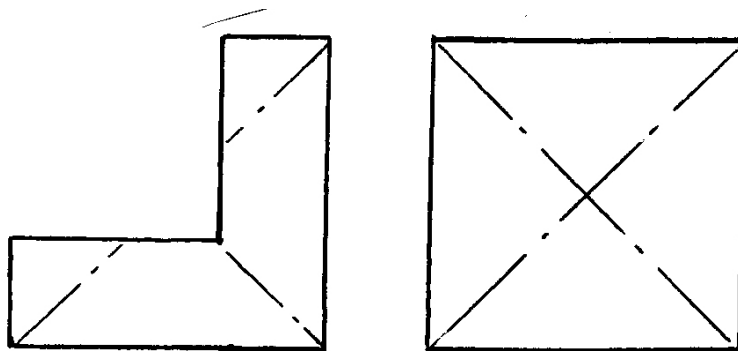
N.B.

Het eigengewicht van de tank mag worden verwaarloosd.

Antw. a. 30.5 m^2 b. 50 kPa c. 1525 kN d. 3.28 m
 e. 112.9 m^3 f. $809 \text{ kN}, 320 \text{ kN}$

Vraagstuk 6

Beide tanks geschetst in bijgaande figuur hebben dezelfde hoogte en zijn helemaal gevuld met vloeistof. Het bodemoppervlak van de tanks is gelijk, dus ook de druk op de bodem van de tanks (hydrostatische paradox). Als beide tanks op de weegschaal gezet worden blijkt het gewicht verschillend te zijn.



Hoe is dit te verklaren, daar de krachten op beide bodems gelijk zijn, nml. $F = \text{druk} \times \text{oppervlak}$?

Vraagstuk 7

Van een schip zijn de volgende gegevens bekend:

- Lengte = 90 m
- Breedte = 16 m
- Diepgang tot CWL = 9 m
- KG = 7.20 m
- dwarstraagheidsmoment van waterlijn 9 (CWL): $I_T = 27000\text{m}^4$

De waterlijnoppervlakken uitgezet op de bijbehorende diepgangen geven de kromme van waterlijnoppervlakken:

| Diepgang [m] | Waterlijnoppervlak [m ²] |
|--------------|--------------------------------------|
| 0 | 650 |
| 1.5 | 860 |
| 3 | 947 |
| 4.5 | 1010 |
| 6 | 1062 |
| 7.5 | 1107 |
| 9 | 1150 |

Bereken van dit schip:

- a. het volume tot de waterlijn $T = 9\text{ m}$ (∇);
- b. de afstand van het drukkingspunt tot de basis (KB).
- c. de GM-waarde in deze toestand.

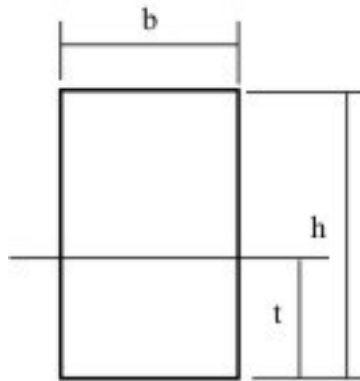
Voer uw berekeningen uit m.b.v. de eerste regel van Simpson in een overzichtelijke tabel.

Als het niet gelukt is om a. en b. te berekenen neem dan: $\nabla = 9000\text{ m}^3$ en $KB = 5.00\text{ m}$

Antw. a. 8863 m^3 b. 4.81 m c. $0.66\text{ (}0.80\text{) m}$

Vraagstuk 8

Gegeven is een homogene balk met de volgende afmetingen:



| | |
|--------------------------|------------------------|
| lengte | $l = 4,0 \text{ m}$ |
| breedte | $b = 0,4 \text{ m}$ |
| hoogte | $h = 0,5 \text{ m}$ |
| | $g = 10 \text{ m/s}^2$ |
| dichtheid balkmateriaal: | ρ_B |

De balk drijft in zoet water ($\rho_w = 1000 \text{ kg/m}^3$) met diepgang t

- Wat is de aard van het horizontaal, verticaal en momenten evenwicht in de getekende stand als $\rho_B = 500 \text{ kg/m}^3$? Licht uw antwoord toe met een berekening.
- Voor welke waarde(n) van ρ_B is het momenten evenwicht in de getekende situatie stabiel?

Antw. a. horizontaal: $\sum F_H = 0$, indifferent evenwicht
 verticaal: $\sum F_V = 0$, T bepalen ($= 0.25 \text{ m}$), $T > 0$: stabiel evenwicht
 momenten: $\sum M = 0$, GM bepalen ($= -0.07 \text{ m}$), $GM < 0$: labiel evenw.
 b. $879 < \rho_B < 1000 \text{ kg/m}^3$; $0 < \rho_B < 121 \text{ kg/m}^3$

Vraagstuk 9

Een (rechthoekige) bak is beladen met een gewicht van 400 kN.

Het zwaartepunt van schip en lading bevindt zich op de halve lengte, op hart schip en 3.20 m boven de basislijn.

De hoofdafmetingen in deze toestand bedragen:

| | | | |
|---------|-----------------------------|-----------------------|-------------------------|
| Lengte | $L = 60.0 \text{ m}$ | ρ_{WATER} | $= 1000 \text{ kg/m}^3$ |
| Breedte | $B = 9.0 \text{ m}$ | g | $= 10 \text{ m/s}^2$ |
| Holte | $H = 5.5 \text{ m}$ | | |
| Inhoud | $\nabla = 1890 \text{ m}^3$ | | |

- Voldoet de boven beschreven bak aan de evenwichtsvoorwaarden (horizontaal, verticaal en momentenevenwicht)? Wat is de aard van het horizontale, verticale en momentenevenwicht? Geef dit kort aan, eventueel door middel van een berekening.

Het op de bak aanwezige gewicht wordt 4 m in breedterichting verplaatst.

- Hoe groot is de hierdoor optredende hellingshoek?
- Op welke manier moet de berekening uitgevoerd worden als niet met de aanvangsstabiliteit (zeer kleine hellingshoeken) gerekend mag worden? Wat houdt dit in voor de berekende hellingshoek, wordt deze groter, kleiner of blijft deze gelijk? U wordt gevraagd uw antwoord te motiveren, zonder dat u de berekening daadwerkelijk hoeft uit te voeren.

Antw. a. horizontaal: $\sum F_H = 0$, indifferent evenwicht
 verticaal: $\sum F_V = 0$, T bepalen ($= 3.50 \text{ m}$), $T > 0$: stabiel evenwicht
 momenten: $\sum M = 0$, GM bepalen ($= 0.48 \text{ m}$), $GM > 0$: stabiel evenwicht
 b. 10° c. m.b.v. Scribanti (toegevoegde stabiliteit) berekende hellingshoek wordt kleiner.

Vraagstuk 10

Van een ponton zijn de volgende gegevens bekend:

$$L = 40.00 \text{ m} \quad B = 12.00 \text{ m} \quad H = 7.00 \text{ m} \quad KG = 4.20 \text{ m}$$

De ponton drijft gelijklastig in zoet water met een diepgang $T = 4.0 \text{ m}$

$$\rho = 1000 \text{ kg/m}^3, \quad g = 10 \text{ m/s}^2.$$

Gevraagd:

- Bereken de aanvangsmetacenterhoogte in deze toestand (GM).
- Bereken de arm van statische stabiliteit (GZ) voor $\varphi = 0, 10$ en 20° .
- Teken de kromme van armen van statische stabiliteit;

schaal: hellingshoek: 2 cm komt overeen met 10°

arm: 1 cm komt overeen met 0.10 m.

Vervolgens wordt er een massa van 80 t, die zich reeds aan boord bevindt, over een afstand van 5 m in breedterichting verschoven.

- Bereken $M_K/\rho g \nabla$ (de kenterende arm) voor $\varphi = 0, 10$ en 20° .
- Hoe groot is de hellingshoek die de ponton na deze verschuiving aanneemt?

Antw. a. 0.80 m b. 0, 0.147 en 0.342 m e. 0.208, 0.205 en 0.196 m f. 13°

Vraagstuk 11

Een rechthoekige balk drijft in water met een soortelijke massa van $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$;

de soortelijke massa van het balkmateriaal is $\rho = 500 \text{ kg/m}^3$

de afmetingen bedragen: $L = 1000 \text{ mm}$, $B = 90 \text{ mm}$ en $H = 80 \text{ mm}$.

Gevraagd:

- BM
- de aanvangsmetacenterhoogte GM
- bij welke hellingshoek(en) zal er momentenevenwicht optreden en wat is de aard van dit evenwicht?

pro memori: $GZ_\varphi = (GM + \frac{1}{2}BM \tan^2 \varphi) \sin \varphi$

Antw. a. 1.69 m b. -0.31 m c. 0° labiel en 31.3° stabiel evenwicht

Vraagstuk 12

Gegeven is een balk met lengte L en vierkante doorsnede met zijde a . De soortelijke massa van het balkmateriaal bedraagt 500 kg/m^3 ; de balk drijft in zoet water $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$.

Gevraagd:

- BM
- de aanvangsmetacenterhoogte GM
- de hellingshoek die de balk zal aannemen.

Antw. a. $a/6$ b. $-a/12$ c. 45°

Vraagstuk 13

Gegeven is een ponton met afmetingen:

$$L = 40 \text{ m}, \quad B = 10 \text{ m}, \quad H = 6 \text{ m}, \quad \text{en} \quad KG = 3.50 \text{ m}.$$

De ponton vaart in zoet water ($\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$) met diepgang $T = 2.50 \text{ m}$ en gaat dan naar zout water ($\rho = 1025 \text{ kg/m}^3$).

Welke gevolgen heeft de verplaatsing van zoet naar zout water voor de stabiliteit van het ponton?

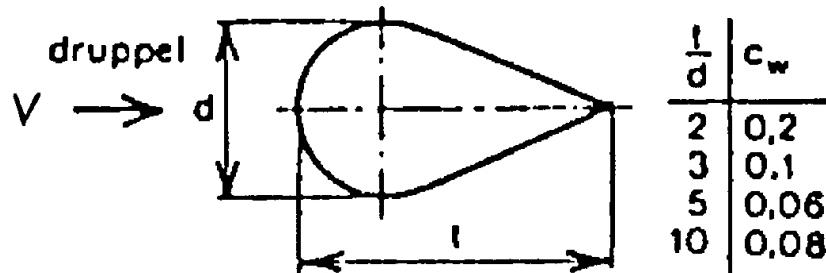
Antw. zoet water: $T = 2.50 \text{ m}$, $GM = 1.08 \text{ m}$ zout water: $T = 2.44 \text{ m}$, $GM = 1.14 \text{ m}$

Vraagstuk 14

Een lichaam beweegt zich met een relatieve snelheid ten opzichte van een geheel omringend medium.

Gevraagd:

- waarvan is de weerstandskracht, die het lichaam ondervindt, afhankelijk?
- verklaar het verloop van de coëfficiënt c_w van de druppelvorm met de toename van l/d zoals hieronder is aangegeven.
- Hoe groot is de weerstand bij: $V = 15 \text{ m/s}$; $d = 0.40 \text{ m}$; $t = 2.00 \text{ m}$; $\rho = 1.25 \text{ kg/m}^3$
- Hoe groot schat u de lift in deze situatie?



Antw.

- zie dictaat ($D = \frac{1}{2} \rho v^2 A C_D$)
- zie dictaat (denk bij de beantwoording van deze vraag aan de vorm- en de wrijvingsweerstand)
- 1.06 N
- geen

Vraagstuk 15

Een ronde platte last valt onder een parachute naar beneden. De parachute heeft volgens bijgaande figuur een weerstandscoefficiënt $C_D = 1.35$; boven de last vermindert C_D van de parachute tot 0.93.

- Wat is de reden van deze vermindering van de C_D -waarde?

De combinatie van plaat en parachute heeft

$C_D = \pm 1.1$; in het dictaat zien we echter dat van een ronde platte plaat de C_D -waarde ook 1.1 is.

- Waarom hangt men de last dan toch onder een parachute om zonder schade de grond te bereiken als de C_D -waarde nauwelijks groter is dan die van de last alleen?

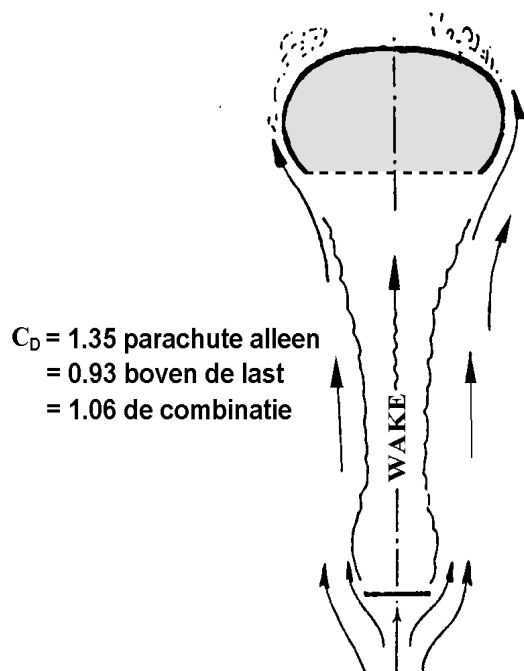
De totale massa van parachute + last bedraagt 100 kg;

de diameter van de parachute $D = 10 \text{ m}$;

$\rho_{\text{LUCHT}} = 1.28 \text{ kg/m}^3$ (mag constant genomen worden)

$g = 10 \text{ m/s}^2$

- Hoe groot is de snelheid waarmee parachute + last dalen?
- Hoe groot moet de diameter van de parachute worden als de valsnelheid gehalveerd wordt?

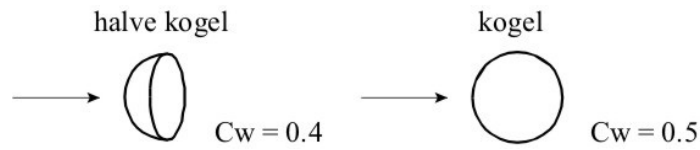


Antw.:

- zie dictaat
- weerstand afh. van C_D en aanstroomopp.
- 4.33 m/s
- 20 m

Vraagstuk 16

Een halve kogel, met de bolling in de aanstroomrichting, heeft een iets lagere C_w -waarde dan een kogel (zie figuur), terwijl een kogel toch meer "gestroomlijnd" lijkt te zijn.



Geef een verklaring voor het verschil in C_w -waarde

Antw.

Kogel: iets lagere vormweerstand dan halve kogel, maar grotere wrijvingsweerstand, dus grotere C_w

Vraagstuk 17

Het vaartuig uit vraag 2 vaart met een snelheid van 9.5 kn. in vlak water (1kn = 0.514 m/s).

Bepaal met behulp van de methode van Auf'm Keller, welke in het dictaat Hydro 1 beschreven is, de weerstand van het vaartuig bij deze snelheid.

Hierbij mag verondersteld worden dat:

- $L_{WL} = L_D = 50$ m
- nat oppervlak $S = 580$ m²
- geen correctie is nodig voor L/B en B/T (let op: $B_{max} \neq B_{CWL}$)
- $\nu = 1.1 \cdot 10^{-6}$ m²/s
- $\rho = 1025$ kg/m³

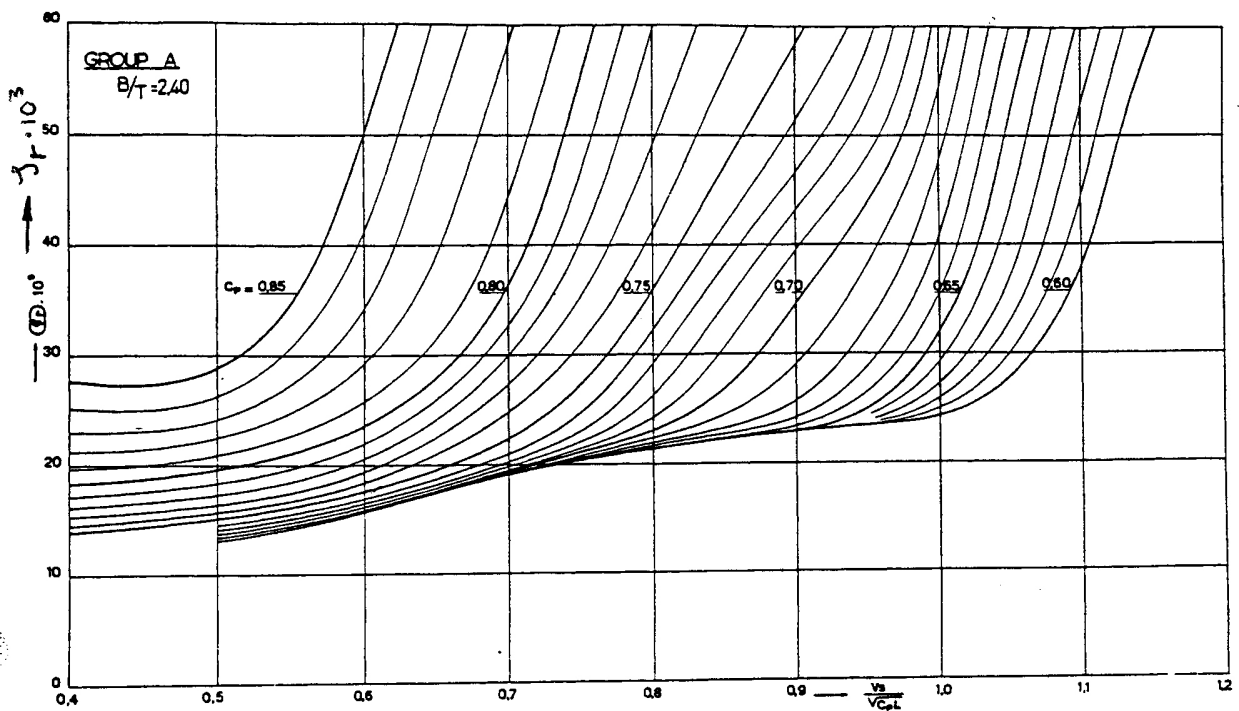


Figure 2. Diagram for determining the specific residuary resistance as a function of $\frac{V_s}{\sqrt{C_p L}}$ and C_p .

Antw. 26.8 kN

Vraagstuk 18

Van een schip zijn o.a. de volgende gegevens bekend:

| | | | |
|----------|-----------------------|-----------------|---|
| lengte | $L_p = 196 \text{ m}$ | schroefdiameter | $D_p = 4.90 \text{ m}$ |
| snelheid | $v_p = 7 \text{ m/s}$ | toerental | $n_p = 180 \text{ omw/min} = 3 \text{ omw/s}$ |

Van het schip en de schroef worden geometrisch gelijkvormige modellen gemaakt op een modelschaal $\alpha_L = 49$ ($\alpha_L = L_S/L_M$). Om het werkelijke schip en het model dynamisch gelijkvormig te maken wordt de modelwet van Froude gehanteerd.

- Wat is dan de verhouding van de scheepssnelheid en de modelsnelheid?
- Wat is de verhouding van het schroeftoerental van schip en model om ook de stuwkracht dynamisch gelijkvormig te houden?

Stel dat het model op de gewenste modelsnelheid vaart in de sleeptank.

- Wat is de verhouding van de restweerstand van schip en model?
- Wat is de verhouding van de wrijvingsweerstand van schip en model?
- Druk de antwoorden op vraag a, b, c en d uit in de lineaire modelschaal α_L .

Als de schroef dynamisch gelijkvormig geschaald is tussen model en werkelijke grootte, dan verhoudt de stuwkracht zich volgens α_L^3 .

- Wat betekent dit voor het vrijvarend model, alleen voortgestuwd door de modelschroef? Gelet op de antwoorden hieraan voorafgaand, vaart het model dan **langzamer**, **even snel** of **snel** dan de geschaalde snelheid van het werkelijke schip?

Motiveer uw antwoorden!

Antw. a. $\sqrt{\alpha_L} = 7$ b. $1/\sqrt{\alpha_L} = 1/7$ c. $\alpha_L^3 = 117649$ d. $\alpha_L^3 \times c_{fp}/c_{fm} = 48824$
e. Wrijvingsweerstand van het model is relatief groter dan van prototype, dus het model vaart langzamer dan de geschaalde modelsnelheid.

Vraagstuk 19

Een scheepsmodel is gesleept in de sleeptank; de weerstand (R_{totaal}) als functie van de modelsnelheid (V_{model}) staat gegeven in onderstaande tabel:

| V_{model} | R_{totaal} |
|--------------------|---------------------|
| 1.0 m/s | 10 N |
| 1.5 m/s | 30 N |
| 2.0 m/s | 80 N |

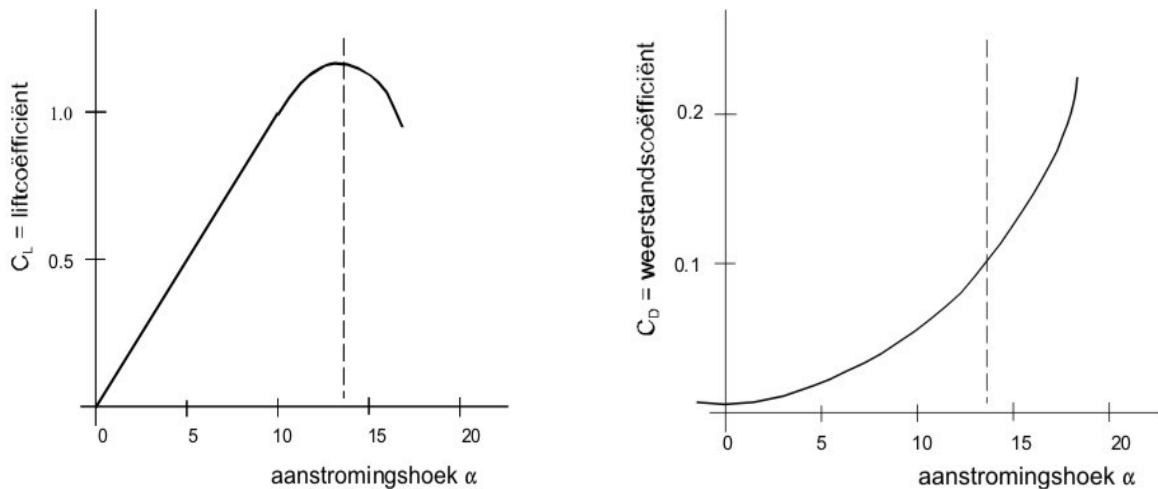
| | |
|--------------------------------|--------------------------|
| Lengte model op de waterlijn | = 2.50 m |
| Breedte model op de waterlijn | = 0.50 m |
| Diepgang van het model | = 0.30 m |
| Nat oppervlak van de modelromp | = 3.00 m ² |
| ρ | = 1000 kg/m ³ |

Hoe groot is de weerstand van het werkelijke schip als de lengte op de waterlijn: $L_{\text{waterlijn}} = 40 \text{ m}$) bij een snelheid van 6 m/s ($V_p = 6 \text{ m/s}$).

Antw. 98.8 kN

Vraagstuk 20

Van een vleugel zijn in bijgaande figuur de lift- en weerstandscoefficiënt gegeven, uitgezet tegen de invalshoek van de stroming.



Geef een verklaring voor het karakter van de beide krommen.

Waarom is de weerstand van de vleugel niet nul als er geen lift geproduceerd wordt?

Antw. zie dictaat; behalve geïnduceerde weerstand is er ook vorm- en wrijvingsweerstand.

Vraagstuk 21

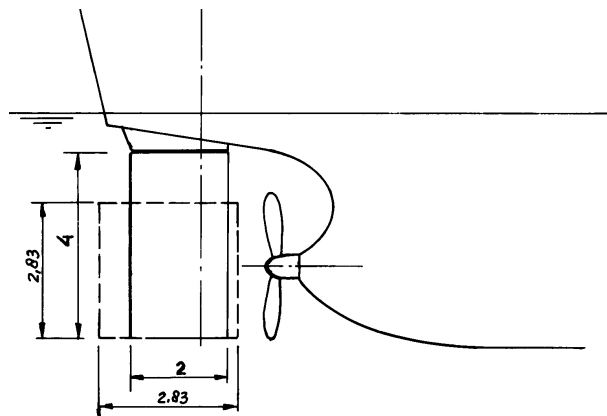
De schroef- en roeropstelling van een schip met een diepgang van 5 m zijn gegeven in figuur 1.

Met het roer wordt een zo groot mogelijke dwarskracht en dus moment t.o.v. het zwaartepunt van het schip opgewekt.

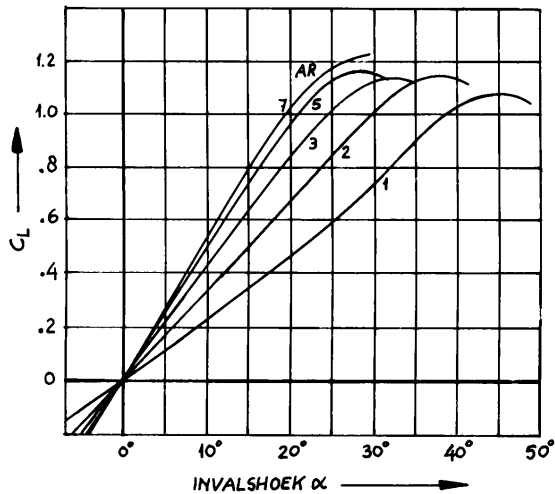
De afstand van het gewichtszwaartepunt van het schip tot het aangrijpingspunt van de roerkrachten bedraagt 40 m

- Geef een goed gefundeerde beschrijving van de voor- en nadelen van de verschillende roerconfiguraties (4×2 en 2.83×2.83) volgens figuur 1.
- Uit welke componenten bestaat de weerstand?
- Hoeveel dwarskracht en weerstand worden geleverd door de beide roeren (4×2 en 2.83×2.83) als de instroomsnelheid van het water op het roer 11 m/s bedraagt en de roerhoek $\alpha = 30^\circ$; $\rho_{\text{WATER}} = 1000 \text{ kg/m}^3$
- Hoe groot is het moment op het schip ten gevolge van de krachten werkend op het roer?

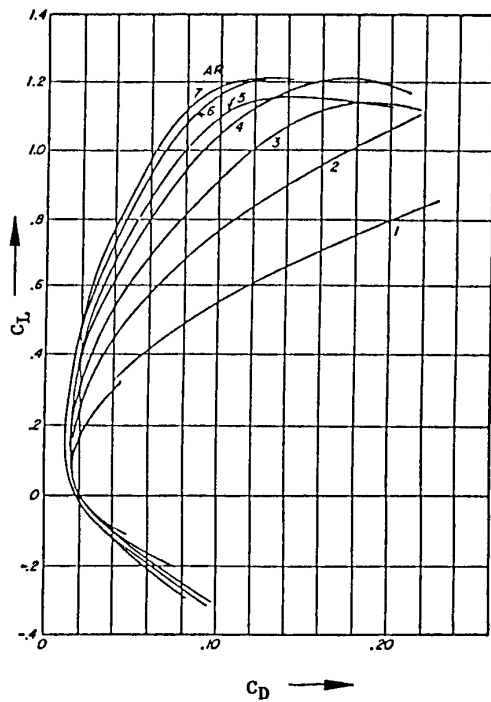
Gebruik bij de beantwoording van de vragen ook de figuren 2 en 3.



figuur 1



figuur 2

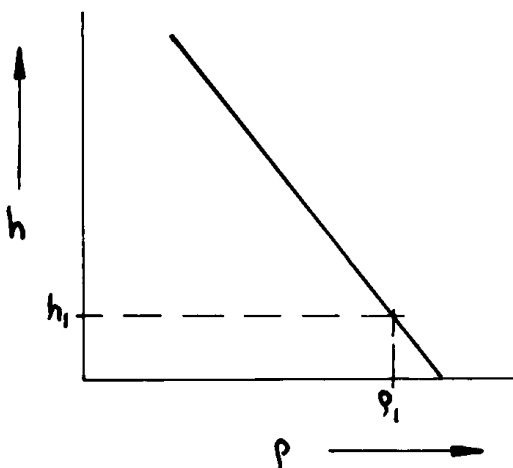


figuur 3

Antw.

- roer met grotere aspectverhouding $AR = 2$: voordeel: c_L waarde hoger, dus grotere liftkracht (het roer is gevoeliger) c_D waarde lager, dus de totale weerstand van het roer is lager, wat met name veroorzaakt wordt door de geïnduceerde weerstand; de beide andere weerstandscomponenten zijn nagenoeg gelijk voor alle aspectverhoudingen. Roer met kleinere aspectverhouding $AR = 1$: voordeel: overtrekhoek (de hoek waarbij de lift sterk afneemt) is groter; dit is voor roeren een niet onbelangrijk voordeel.
- weerstandscomponenten: druk- of vormweerstand, wrijvingsweerstand en geïnduceerde weerstand;
- en d. $AR = 1$: $L = 358 \text{ kN}$ $D = 87 \text{ kN}$ $M = 14320 \text{ kNm}$;
 $AR = 2$: $L = 484 \text{ kN}$ $D = 87 \text{ kN}$ $M = 19360 \text{ kNm}$

Vraagstuk 22



Een vliegtuig stijgt op; na het loskomen is het toestel in evenwicht, heeft dan een snelheid V en het maakt een hoek van 10° met het horizontale vlak; op deze hoogte h_1 is de luchtdichtheid ρ_1 . Bij het verhogen van de snelheid tot $2 \cdot V$ blijft de hoek van 10° gehandhaafd.

- Bereken op welke hoogte er sprake is van een nieuwe evenwichtstoestand als de snelheid $2 \cdot V$ bereikt is; neem de grafiek over en geef de hoogte hierop aan.
- Hoe groot is op die hoogte de weerstand in die situatie t.o.v. die op hoogte h_1 .

Antw. a. α en dus lift constant: $\rho_2 = \rho_1/4$, hieruit h_2 bepalen b. $D = \text{constant}$

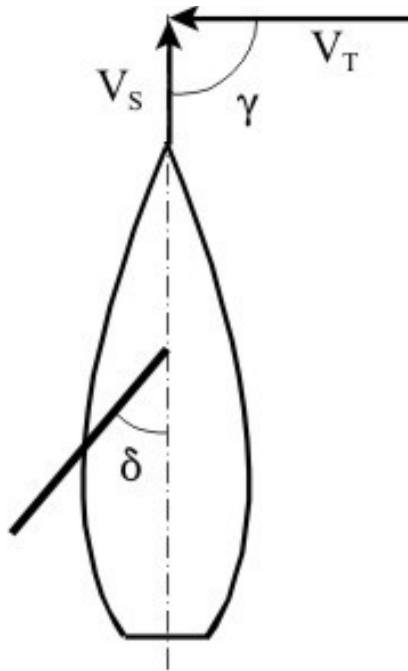
Vraagstuk 23

Het blad van een scheepsschroef kan beschouwd worden als een vleugel.
De spoedhoek van de doorsnede varieert over de span van het blad.

Hoe is het verloop van de spoedhoek vanaf de schroefnaaf tot de tip en verklaar dit verloop.

Antw. zie dictaat

Vraagstuk 24



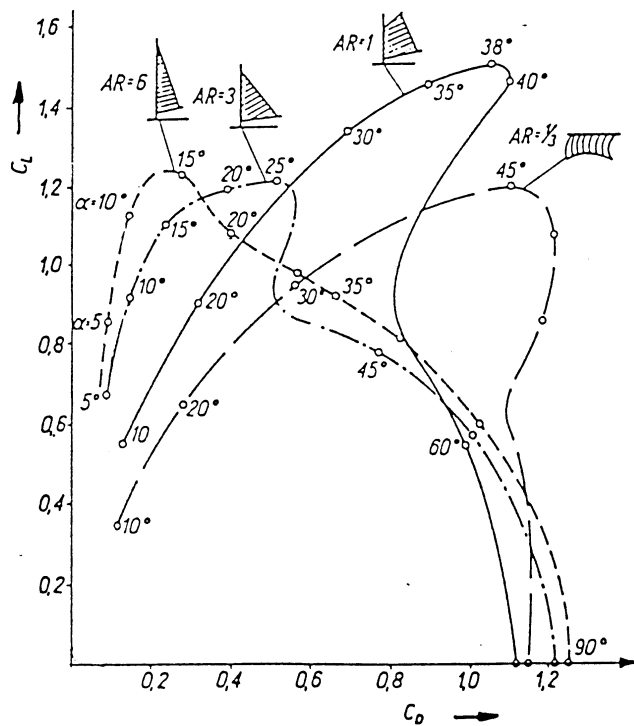
Zeilschip:

| | |
|---------------------------|---------------------------------|
| scheepssnelheid: | $V_S = 3.5 \text{ m/s}$ |
| ware windsnelheid: | $V_T = 6.0 \text{ m/s}$ |
| invalshoek ware wind: | $\gamma = 90^\circ$ |
| oppervlak zeil: | $A = 30 \text{ m}^2$ |
| aspectgetal van het zeil: | $AR = 6$ |
| dichtheid lucht: | $\rho_L = 1.280 \text{ kg/m}^3$ |

In de getoonde situatie heeft de zeiler de hoek van het zeil met hart schip (δ) ingesteld op 40° .

- Hoe groot is de snelheid van de schijnbare wind (V_A) en onder welke hoek t.o.v. de langsas van het schip (β) valt deze in? Bereken de invalshoek (α) van de schijnbare wind op het zeil.
- Bereken de lift en de weerstand van het zeil met behulp van de bijgeleverde krommen.

Verwaarloos bij de berekeningen de drift van het zeilschip.



α = invalshoek schijnbare wind

AR = aspectgetal

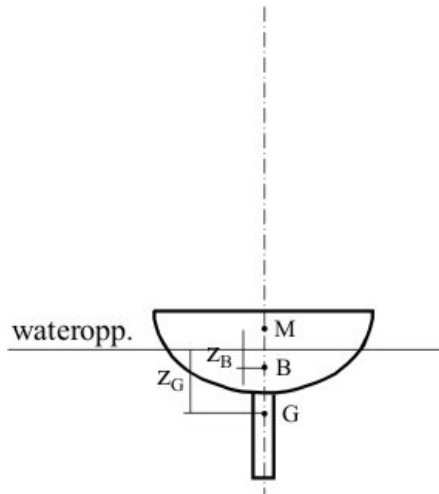
$$C_L = \frac{L}{\frac{1}{2} \rho v_A^2 A}$$

$$C_D = \frac{D}{\frac{1}{2} \rho v_A^2 A}$$

- De lift en weerstand veroorzaken een langs- en dwarsscheeps gerichte kracht op het zeil. Hoeveel procent van de dwarsscheeps kracht wordt veroorzaakt door de lift?

- Stel:
- de dwarsscheeps kracht op het zeil (F_D) bedraagt 1000 N.
 - het zeilpunt (aangrijpingspunt van de zeilkrachten) ligt 5.0 m boven het wateroppervlak.
 - het aangrijpingspunt van dwarskrachten op romp en kiel ligt 0.80 m onder het wateroppervlak.

d. Hoe groot is het kenterend moment (M_K)?



Stel:

- inhoud onderwaterschip: $\nabla = 4 \text{ m}^3$
- drukkingspunt t.o.v. wateroppervlak: $z_B = 0.35 \text{ m}$
- zwaartepunt t.o.v. wateroppervlak: $z_G = 0.80 \text{ m}$
- dwarstraagheidsmoment van het waterlijnoppervlak: $I_T = 4.40 \text{ m}^4$
- dichtheid water: $\rho_w = 1000 \text{ kg/m}^3$
- versnelling zwaartekracht: $g = 10 \text{ m/s}^2$

e. Hoe groot is de aanvangsstabiliteit (GM), het stabiliteitsmoment (M_{ST}) en de hellingshoek (φ) die optreedt veroorzaakt door de dwarskracht op het zeil?

Hierbij wordt verondersteld dat de hellingshoek klein blijft ($\varphi \leq 6^\circ$) en er dus gerekend mag worden met de aanvangsstabiliteit.

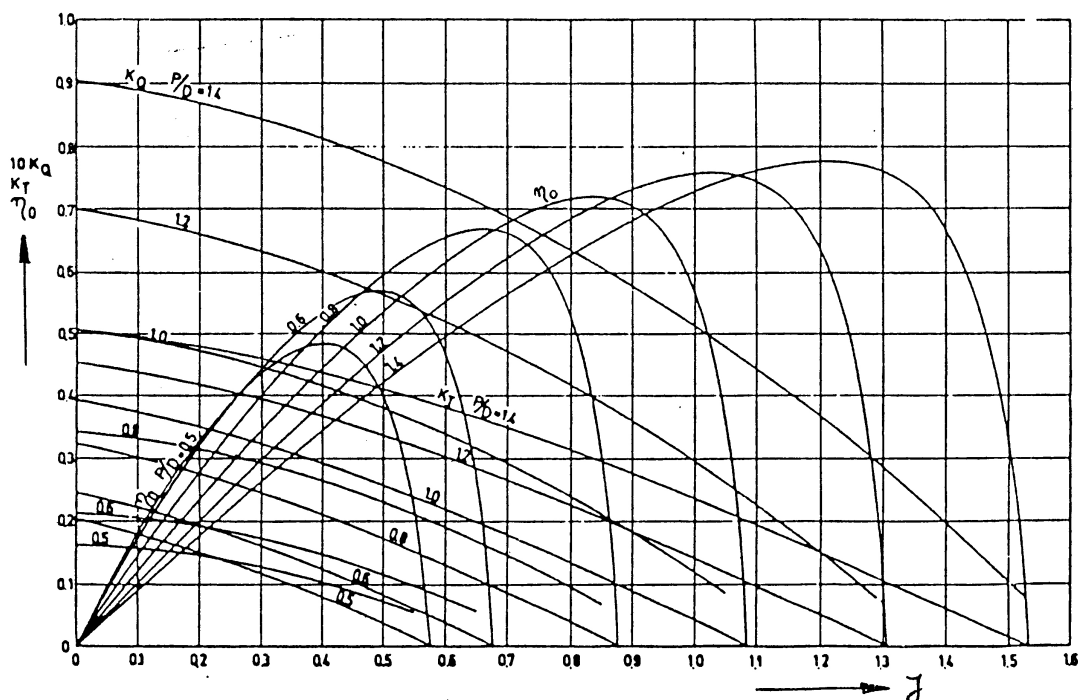
f. Is de voortstuwende kracht te vergroten (bij gelijkblijvende scheepssnelheid) door de invalshoek op het zeil te veranderen? Dit aantonen d.m.v. een berekening.

- Antw. a. 6.95 m/s, 60° , 20° b. 1001 N, 371 N c. 61 % d. $5.80 \cos\varphi \text{ kNm}$
 e. 1.55 m, $62 \sin\varphi \text{ kNm}$, 5.3° f. gunstigste waarden ($AR = 6$) bij $a = 13^\circ$: $C_L = 1.24$ en $C_D = 0.26$

Vraagstuk 25

Een sleepboot wordt voortgestuwd door een vaste schroef: diameter $D = 2.50 \text{ m}$, spoedverhouding $P/D = 1.0$ en toerental $n = 200 \text{ omw/min}$.

- Bepaal m.b.v. het onderstaande open-water ($K_T - K_Q - \eta$) diagram het open-water rendement η_0 van de schroef als de snelheid $v_{S1} = 15 \text{ kn}$ en het volgstroombetal $w_N = 0.25$; $1 \text{ kn} = 1 \text{ zeemijl/uur}$ (0.514 m/s)
- Hoe groot is het open-water rendement van de schroef als de snelheid van de sleepboot in sleepconditie $v_{S2} = 6.4 \text{ kn}$ bedraagt bij gelijkblijvend toerental en volgstroombetal?
- Met welk percentage kan het rendement ongeveer verbeterd worden door in de sleepconditie gebruik te maken van een verstelbare schroef (variabele spoed) en hoe groot is hierbij de spoedverhouding?



- Antw. a. 0.675 b. 0.34 c. 28 %, 0.6

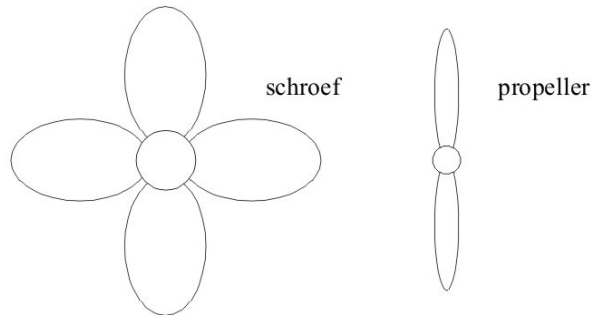
Vraagstuk 26

Bekend is dat de stuwkracht, ontleend aan een schepsschroef of vliegtuigpropeller, zijn ontstaan dankt aan de vleugelwerking van de bladen.

Een kenmerkende snelheid is voor een schip bijv. 14 kn (± 26 km/u) en voor een vliegtuig 300 km/u.

Een kenmerkend toerental is voor een schepsschroef bijv. 150 omw/min en voor een propeller 5000 omw/min.

Het bladoppervlak is voor beide zeer verschillend zoals in onderstaande schematische afbeelding te zien is.



Waarom is:

- het toerental van de propeller zoveel hoger?
- het bladoppervlak zo zeer verschillend?

Motiveer uw antwoord met inachtneming van:

- de weerstand van de schroef/propeller
- de lift
- de cavitatie

antw. zie dictaat

Vraagstuk 27

We beschouwen een schepsschroef als zijnde opgebouwd uit een naaf met vleugels. We bekijken een bladelement op een bepaalde afstand van de naaf.

- Teken de belangrijkste relatieve snelheidscomponenten van het water t.o.v. de bewegende schroef en teken de resulterende snelheid en invalshoek t.o.v. een bladelement.
- Met welke fysische grootte komt de snelheidsgraad van het K_T - K_Q - J diagram overeen?
- Ontbindt de bijdrage van de lift en de weerstand in stuwkracht en askoppel.
- De spoedhoek varieert over de span van het blad; hoe verloopt de spoedhoek gezien vanaf de schroefnaaf tot de tip en verklaar dit verloop.
- Verklaar waarom bij toenemende J het rendement groter wordt tot een bepaald maximum en daarna weer afneemt.

Antw. zie dictaat

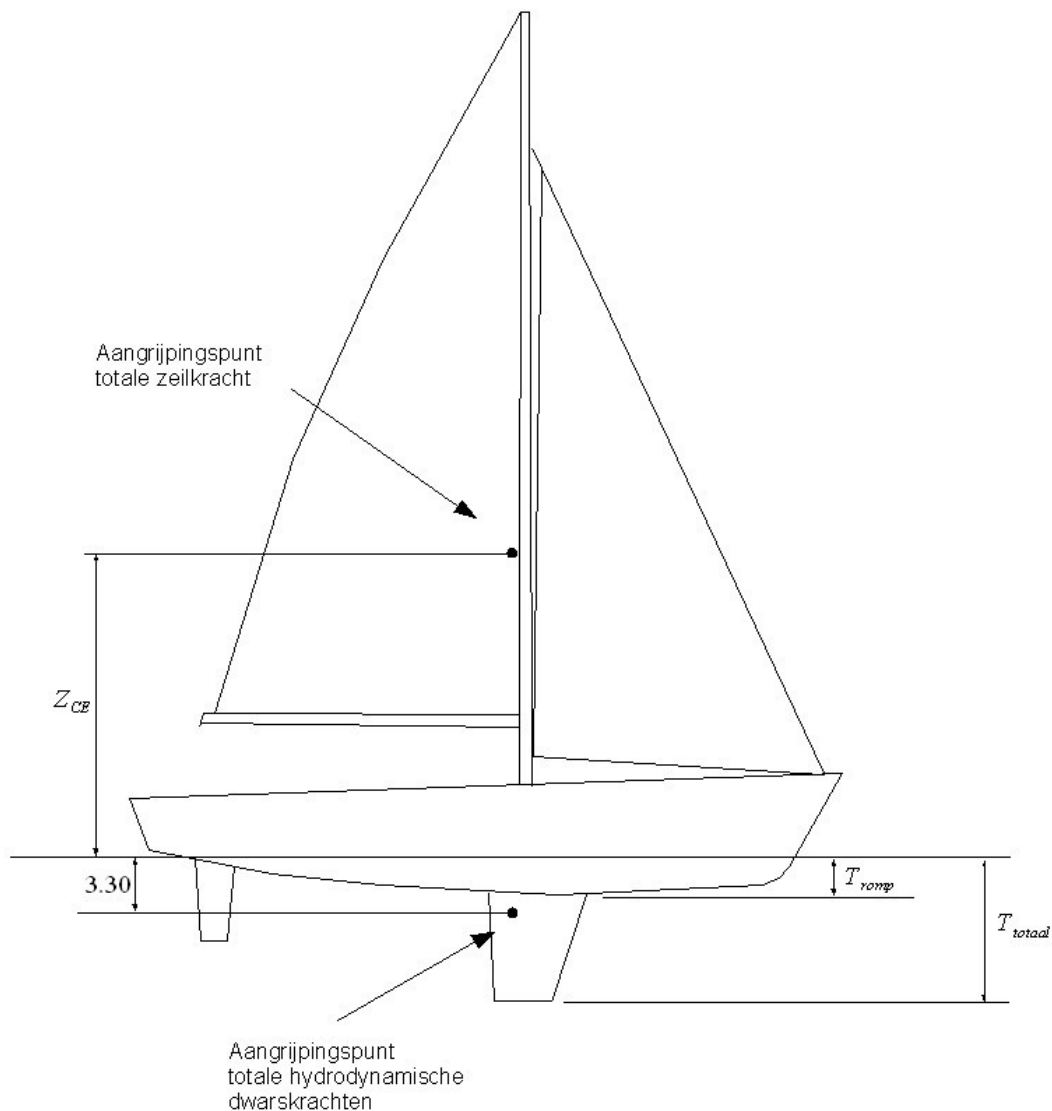
Vraagstuk 28

Voor het onderzoek in de sleeptank wordt een model gemaakt. schaal 1 : 9, van een zeiljacht. De gegevens van het ware grootte schip zijn:

| | | |
|-------------------------------|--|--|
| L_{WL} = 30.00 m | zeiloppervlak = 200 m ² | ρ = 1000 kg/m ³ |
| B_{WL} = 6.00 m | nat oppervlak = 180 m ² | ν = 10 ⁻⁶ m ² /s |
| T_{romp} = 2.10 m | Z_{CE} = 15 m | g = 10 m/s ² |
| T_{totaal} = 4.60 m | GM = 2.0 m | |
| ∇ = 150 m ³ | gewichtszwaartepunt ligt op de waterlijn | |

Geef antwoord op de volgende vragen en motiveer uw antwoord met een toelichting of berekening.

- Als alles van schip naar model correct geschaald wordt, hoe groot is dan het zeiloppervlak, het nat oppervlak en het displacement van het model?
- Waar moet het zwaartepunt van het model ten opzichte van de waterlijn liggen om het stabiliteitsmoment correct te schalen?
- Als het ware grootte schip bij een windsnelheid van 9 m/s een hellingshoek aanneemt van 5 graden, bij welke windsnelheid neemt het model dan dezelfde helling aan onder overigens gelijke omstandigheden?
- Als de Froude modelregel wordt gevolgd, zijn de krachten op de kiel dan eigenlijk wel goed geschaald?
- Waarom hebben model zeiljachten in de praktijk altijd een veel grotere stabiliteit dan uit een correcte omschaling zou volgen?



- Antw. a. 2.47 m², 2.22 m², 0.206 m³ b. t.p.v. waterlijn c. 3 m/s d. zie dict.
 e. windsnelheid is niet te schalen, daardoor kunnen windkrachten te groot zijn, dus grotere stabiliteit vereist.