

# waterloopkundig laboratorium delft hydraulics laboratory

---

Windinvloed op drijvermetingen

---

Nota M 1678

maart 1980

L 8 APR. 1980

INHOUD

blz.

|          |                                                 |    |
|----------|-------------------------------------------------|----|
| <u>1</u> | <u>Inleiding</u> .....                          | 1  |
| <u>2</u> | <u>Samenvatting</u> .....                       | 2  |
| <u>3</u> | <u>Opzet en uitvoering van de proeven</u> ..... | 3  |
| <u>4</u> | <u>Resultaten</u> .....                         | 7  |
| 4.1      | Algemeen.....                                   | 7  |
| 4.2      | Korrektie van de drijvermetingen.....           | 9  |
| <u>5</u> | <u>Konklusies</u> .....                         | 12 |

Literatuur

Tabellen

Figuren

## 1 Inleiding

In een brief, gedateerd 4 december 1979, heeft Rijkswaterstaat Distrikt Noord van de Direktie Waterhuishouding en Waterbeweging het Waterloopkundig Laboratorium opdracht gegeven tot het uitvoeren van oriënterend modelonderzoek naar invloed van wind op drijfvermetingen. In een bespreking op 14 december zijn opzet en programma van de metingen overeengekomen.

Het doel van de metingen is het op eenvoudige wijze bepalen van korrektiewaarden voor windinvloed op drijfvermetingen die door Direktie Noord uitgevoerd zijn op enkele plaatsen in het IJsselmeer in het kader van het Diepe Putten Projekt. Daartoe zijn in de 2 m brede windgolfgoot van het Laboratorium Delft van twee schaalmodellen (schaal 3) van de drijvers, resulterende snelheden bepaald bij verschillende combinaties van wind, golven en stroomsnelheid.

De metingen zijn uitgevoerd in december 1979 onder leiding van ir. R.M. Korthof, die ook dit verslag samenstelde.

## 2 Samenvatting

In de 2 m brede windgolfgoot van het Laboratorium Delft is een beperkt aantal drijvermetingen uitgevoerd teneinde windinvloed op de drijversnelheden te schatten. Er is gebruik gemaakt van een standaard en een extra verzwaard model ( $n_L=3$ ) van de meetdrijvers van Distrikt Noord. Gemeten zijn: drijversnelheden, boven- en onderlaagsnelheden, wind, golfhoogte en -periode. Verschillende combinaties van wind, golven en onderlaagsnelheid zijn ingesteld: windsnelheden 0;7 en 12,5 m/s; snelheden ter hoogte van het weerstandskruis tot 15 cm/s; golfhoogten 0;25 en 45 cm, met verschillende perioden.

Direkte windinvloed op het bovenwatergedeelte van de boei is gering, evenals invloed van golven in afwezigheid van wind. Door wind veroorzaakte afwijkingen van de drijversnelheid ten opzichte van de watersnelheid ter hoogte van het weerstandskruis bedroegen tijdens de metingen maximaal 10 à 11 cm/s; deze zijn grotendeels het gevolg van de door de wind aangedreven bovenlaagsnelheid.

De metingen laten een voldoende consistent beeld zien voor toepassing als ijking van drijvermetingen onder de onderzochte omstandigheden. Tengevolge van de veelheid van invloedsfactoren (waterdiepte, watersnelheid, turbulentie, golfbeeld) zijn de gevonden korrektiewaarden onder andere dan de onderzochte omstandigheden niet zonder meer toepasbaar.

### 3 Opzet en uitvoering van de proeven

In de voorbereidende besprekingen zijn voor het corrigeren van drijvermetingen voor windinvloeden twee methoden onderscheiden: de krachtenmethode en de snelhedenmethode.

De krachtenmethode houdt in, dat in het prototype bepaalde drijversnelheden gecorrigeerd worden door alle belangrijke krachten op de drijver te berekenen en een nieuwe drijversnelheid te bepalen voor de situatie zonder ongewenste krachtsinvloeden. Dit is uiteraard slechts mogelijk indien alle storende krachten berekend kunnen worden.

Bij de snelhedenmethode worden resulterende drijversnelheden gecorrigeerd met snelheden die direkt gekoppeld zijn aan wind- en golfgegevens ter plaatse. De korrektie wordt uitgevoerd door de vektor van de snelheidsverstoring ten gevolge van wind en golven af te trekken van de gemeten drijversnelheidsvektor. Deze methode is gebaseerd op de veronderstelling dat de beschouwde vectoren lineair optelbaar zijn.

Door Distrikt Noord is een analyse opgesteld van de op de drijver uitgeoefende krachten [1]. Hierbij worden onderscheiden:

$\bar{F}_a$  = direkte windkracht op het boven water stekende deel van de boei

$\bar{F}_s$  = stromingskracht op het onder water gelegen deel van de boei

$\bar{F}_1$  = stromingskracht op de verbinding tussen boei en weerstandskruis

$\bar{F}_z$  = stromingskracht op het weerstandskruis

$\bar{F}_g$  = golfkracht op de drijver.

In verband met het geringe aangestroomde oppervlak kan  $\bar{F}_1$  verwaarloosd worden, zoals ook gesteld is in [1].

$\bar{F}_a$ ,  $\bar{F}_s$  en  $\bar{F}_z$  worden in [1] beschreven met een stromingsdrukformule:

$$\bar{F}_i = \frac{1}{2} \rho_j C_{Di} A_i \bar{v}_i |\bar{v}_i|$$

Zonder kennis van de bewegingen van de drijver in golven is het echter niet direkt mogelijk een uitdrukking op te schrijven voor  $\bar{F}_g$ .

Niet of niet goed bekend zijn de volgende grootheden:

- $C_{Da}$  = weerstandskoefficiënt voor luchtstroming langs boei
- $C_{Ds}$  = weerstandskoefficiënt voor bovenlaagstroming langs boei
- $A_a$  = het in rekening te brengen aangestroomde oppervlak voor  
luchtstroming langs boei
- $A_s$  = idem voor bovenlaagstroming langs boei
- $\bar{v}_a$  = luchtsnelheid ter plaatse van boei
- $\bar{v}_s$  = bovenlaagsnelheid
- $\bar{v}_z$  = onderlaagsnelheid, d.w.z. de uiteindelijk te bepalen groot-  
heid
- $\bar{F}_g$  = golfkracht.

Voldoende goed bekend zijn:

- $A_z$  = oppervlak weerstandskruis
- $C_{Dz}$  = weerstandskoefficiënt weerstandskruis
- $v_d$  = drijversnelheid
- $\rho_a$  = soortelijke massa van lucht
- $\rho_w$  = soortelijke massa van water.

Notatie overeenkomstig [1].

Beschikbaar zijn de evenwichtsvergelijkingen voor de horizontale krachten in twee richtingen. Indien wordt verondersteld dat  $\bar{v}_a$  en  $\bar{v}_s$  bekend zijn, blijven er 8 onbekenden over. Om de krachtenmethode te kunnen toepassen dienen deze te worden bepaald uit metingen van de afzonderlijke krachten en snelheden.

Een probleem bij de krachtenmethode is, dat tengevolge van de drijverbewegingen in golven, de relatie tussen snelheid en kracht volgens een stromingsdrukformule verstoord wordt.

Het bovenstaande leidt tot de konklusie dat toepassing van de krachtenmethode tamelijk gekompliceerd is. Het bepalen van de waarden van de onbekende grootheden vergt een ingewikkelde meetopstelling en een tamelijk uitgebreid proevenprogramma.

Bij de snelhedenmethode worden direkt de afwijkingen van de drijversnelheid ten opzichte van  $\bar{v}_z$  gekoppeld aan de wind-, golf- en stroomomstandigheden. Dit maakt toepassing van de korrektiemethode eenvoudiger. De onbekende groot-

heden  $\bar{v}_z$  en  $\bar{v}_d$  kunnen op eenvoudige wijze gemeten worden en het aantal onbekenden is gering. Het werken met deze methode wordt minder zinvol naarmate lineaire superpositie van snelheidskorrekties voor verschillende invloeden minder goed opgaat.

In verband met de genoemde eenvoud en het gestelde kader van de metingen is in overleg met Distrikt Noord gekozen voor bepaling van korrektiewaarden voor de snelhedenmethode.

Het proevenprogramma is beperkt van omvang gehouden. Het omvat een negental drijfvermetingen, waarbij gebruik is gemaakt van twee waarden van windsnelheid, twee golfhoogten, twee golfperioden en een drietal stroominstellingen. In een later stadium zijn vijf metingen aan het programma toegevoegd waarbij met behulp van staafdrijvers bovenlaagsnelheden zijn gemeten. Hierbij is gebruik gemaakt van twee golfhoogten en -perioden, twee windsnelheden en twee stroominstellingen.

Voor de toegepaste stroom- en windsnelheden zijn waarden gekozen, die representatief zijn voor de omstandigheden gedurende de prototypemetingen. Bij de keuze van golfhoogten en -perioden is enerzijds uitgegaan van bij toepasselijke windsnelheden gemeten waarden [2], anderzijds van bij het WL beschikbare golfspektra. Het proevenprogramma is weergegeven in tabel 1.

Voor de drijfvermetingen in het Laboratorium is gebruik gemaakt van twee schaalmodellen van de meetdrijvers met lengteschaal  $n_L = 3$ . De modellen zijn gebouwd naar het prototype, hetgeen afwijkt van de figuur in de memo van RWS [1]. Eén van de modellen is afgezonken tot de bij de meetcampagnes gebruikte diepgang van de boei, het andere model is afgezonken tot er een minimaal reserve-drijfvermogen overbleef (0,5 cm proto). De modellen zijn afgebeeld in figuur 3.

De metingen zijn uitgevoerd in de 2 m brede windgolfgoot van het Laboratorium Delft, waarin naast golven en wind ook de gewenste stromingskondities kunnen worden ingesteld. De waterdiepte bedroeg 2,10 m (prototype) en het weerstandskruis bevond zich 1,05 m boven de bodem. Plattegrond en langsdoorsnede van de goot zijn gegeven in figuur 1; de modelopstelling is afgebeeld in figuur 2.

De volgende grootheden zijn gemeten:

- watersnelheid, m.b.v. micrometers op diepten 1,05 en 1,65 m boven bodem resp. wsm 2 en 1
- golfhoogten, m.b.v. golfhoogtemeters op 65, 83 en 90 m vanaf het golfschot, resp.  $H_1$ ,  $H_2$  en  $H_3$
- windsnelheid op 9 hoogten m.b.v. pitotbuizen met precisie-aflezing (0,77; 1,13; 1,67; 2,33; 3,05; 3,80; 4,52; 5,18; 5,54 m boven SWL)
- drijversnelheden over 13 m gootlengte.

De proefprocedure was als volgt:

1. instelling wind-, stroom- en golfkondities; noteren pitotbuisaanwijzingen; bepaling stroomsnelheden door m.b.v. computer te middelen over 3 min.; bepaling  $H_s$  en  $\bar{T}_z$  van golven m.b.v. computer.
2. te water laten van de drijvers, zodanig dat zij elkaar niet beïnvloeden.
3. bij passage van de beginraai ( $\pm 5$  m vanaf plaats van tewaterlating) wordt opnieuw gestart met bepaling watersnelheden in blokken van 3 min. Ook het golfbeeld wordt gecontroleerd. De windsnelheid is voldoende konstant en behoeft niet gecontroleerd te worden.
4. met behulp van stopwatches worden de passagetijden van de twee drijvers op twee meetraaien (6,5 en 13 m vanaf  $x = 0$  waar ook  $t = 0$  is gesteld) gemeten.
5. na passage van  $x = 13,5$  m worden de drijvers uit het water gehaald.

## 4 Resultaten

### 4.1 Algemeen

Tabel 2 geeft voor alle proeven de gemeten waarden van

$$v_z, v_a, H_s, T_z, v_d, v_d - v_z, v_s \text{ en } v_s - v_z.$$

(scalarnotatie van snelheden is mogelijk omdat alle snelheden dezelfde werklijn hebben).

$v_z$  is bepaald als tijdsgemiddelde van het micromolensignaal 2 over de proefduur, afgerond op blokken van 3 min. proefduur (model). Micromolen 2 is op 1,05 m boven de bodem geplaatst, hetgeen overeenkomt met het gemiddelde niveau van het weerstandskruis.

$v_a$  is bepaald uit de gemeten windsnelheidsvertikalen.

$H_s$  en  $\bar{T}_z$  volgen uit statistische computerverwerking van de golfhoogtesignalen  $H_2$  en  $H_3$ .

$v_d$  en  $v_s$  zijn bepaald als gemiddelde snelheden over 13 m (model), tenzij de gemeten waarden minder dan 3 cm/s proto bedragen.

In het onderstaande wordt nader ingegaan op de meetresultaten.

Uit de gemeten waarden in proeven 1 en 2, waarbij een  $v_z$  was ingesteld zonder golven en wind ("ideale drijvermeting") blijkt dat de met behulp van de micromolen gemeten tijdsgemiddelde snelheid nagenoeg gelijk is aan de afstandgemiddelde drijversnelheden. Op grond hiervan kan gekonstateerd worden dat  $v_z$  bepaald mag worden als tijdsgemiddelde op de plaats van micromolen 2.

Indien uitsluitend golven worden ingesteld, zoals in proef 3 ( $H_s \approx 45$  cm en  $\bar{T}_z \approx 2,6$  s), resulteert toch een positieve drijversnelheid (is in de voortplantingsrichting van de golven). De gemeten waarden van  $v_d - v_z$  (3 à 4 cm/s) worden niet veroorzaakt door een grote waarde van de driftsnelheid tengevolge van massatransport in de golven (theoretisch ontstaat deze transportsnelheid doordat de orbitaalbanen niet gesloten zijn). Dit blijkt uit de bovenlaagsnelheidsmetingen 10 en 13, waarin  $v_s - v_z \approx 1$  cm/s.

Mede op basis van visuele waarnemingen kunnen de bewegingen van de drijver in golven worden aangemerkt als oorzaak van de gemeten waarden van  $v_d - v_z$ . Het weerstandskruis beschrijft tengevolge van de oppervlaktegolven en de daarbij behorende orbitaalbewegingen een onregelmatige, min of meer zaagtandvormige baan door het water, waardoor een voorwaartse snelheid resulteert. De gemeten waarden van  $v_d - v_z$  lijken onafhankelijk van  $v_z$ , hetgeen blijkt uit vergelijking van proef 3 met proef 4.

Instellen van een windsnelheid van 12,4 m/s in de situatie van proef 3, hetgeen gebeurd is in proef 6, levert voor beide drijvers een aanzienlijk grotere waarde van  $v_d - v_z$  op. Uit het feit dat beide drijvers in ongeveer gelijke mate door de aanwezigheid van wind beïnvloed worden, kan gekonkludeerd worden dat de oorzaak hoofdzakelijk in de door de wind aangedreven bovenlaagsnelheid is gelegen. Deze konklusie wordt gesteund door vergelijking van de gemeten bovenlaagsnelheden in proef 10 (situatie van proef 3) met die in proef 11 (situatie van proef 6), waaruit blijkt dat instellen van de genoemde windsnelheid hier een toename van  $v_s - v_z$  van ongeveer 1 cm/s tot ongeveer 20 cm/s teweeg brengt. Het is echter niet uitgesloten dat geringere directe windkracht op de verzwaarde drijver ten dele wordt gekompenseerd door een sterkere invloed van de zaagtandbeweging op  $v_d$  en door een grotere  $F_s$  tengevolge van de grotere  $A_s$ .

Bij proeven 5 en 7 zijn, uitgaande van proef 6, grotere waarden van  $v_z$  ingesteld, respectievelijk ongeveer 10 en 15 cm/s. Dit heeft tot gevolg gehad dat voor beide drijvers een geringere waarde van  $v_d - v_z$  werd gemeten ( $\approx 6 - 7,5$  cm/s) dan bij  $v_z \approx -4$  cm/s ( $v_d - v_z = 10 \text{ à } 11$  cm/s). Uit vergelijking van de in proef 12 (situatie van proef 7) gemeten bovenlaagsnelheid ( $v_s - v_z = 9 \text{ à } 13$  cm/s) met die van proef 11 ( $v_z = -5,4$  cm/s ;  $v_s - v_z$  rond 20 cm/s) blijkt dat de afname van  $v_d - v_z$  bij toename van  $v_z$  verklaard kan worden uit afname van het verschil tussen boven- en onderlaagsnelheden bij toename van  $v_z$ . Deze afname wordt verklaard uit een groter turbulent energietransport vanuit de bovenlaag naar beneden, naarmate er een grotere waarde van  $v_z$ , met dus ook een sterkere turbulentie, wordt ingesteld. Dit impliceert dat bij tegenstroom dezelfde tendens moet bestaan. Indien de turbulentiesterkte de verticale snelheidsverdeling beïnvloedt, zal ook de waterdiepte hierop invloed hebben. Uit de thans beschikbare meetresultaten kunnen echter geen kwantitatieve gegevens ontleend worden met betrekking tot de verticale verdeling van door wind aangedreven snelheden als functie van gemiddelde stroom-

snelheid, waterdiepte, of het getal van Reynolds. Helaas zijn met betrekking tot dit aspect geen literatuurgegevens beschikbaar.

Proeven 8 en 9 zijn uitgevoerd teneinde de waarde van  $v_d - v_z$  te bepalen bij geringere windsnelheid ( $\approx 7,5$  m/s) en lagere golfhoogte. In proef 8 zijn waarden voor  $v_d - v_s$  gemeten die ruwweg evenredig met de windsnelheid zijn ten opzichte van proef 6, hoewel ook golfhoogte en -periode verlaagd zijn ten opzichte van deze proef. Proef 9, met dezelfde golfhoogte en windsnelheid als proef 8, maar met kortere golfperiode, laat voor de standaarddrijver een aanzienlijk lagere waarde van  $v_d - v_z$  zien. De extra verzwaarde drijver ondervindt nagenoeg geen invloed van de verandering in golfperiode. De waarde van  $v_s - v_d$  is in deze situatie (proef 14)  $v_s - v_d = 9,1 - 3,5$  cm/s = 5,6 cm/s (standaard drijver) en ligt veel lager dan in de proeven 6/11, waar  $v_s - v_d = 10$  cm/s. De gemeten waarden van  $v_d - v_z$  zijn hier globaal mee in overeenstemming. De hoge snelheid van de extra verzwaarde drijver in proef 9, die zelfs groter is dan de bovenlaagsnelheid, wordt verklaard uit de interactie van drijverbewegingen met de golven, zoals gesteld op p. 8. Een belangrijk verschil in bewegingsgedrag in golven tussen beide drijvers ontstaat doordat de verzwaarde drijver tengevolge van de geringe overmaat aan drijfvermogen belangrijk grotere en tragere bewegingen maakt dan de standaarddrijver met veel meer overmaat aan drijfvermogen.

#### 4.2 Korrektie van de drijfvermetingen

De meetresultaten zijn voldoende consistent voor gebruik als korrektie op in het prototype verrichte drijfvermetingen, mits deze onder de bij de huidige metingen ingestelde omstandigheden zijn uitgevoerd. Toepassing voor andere dan de onderzochte omstandigheden stuit op problemen. In het bijzonder de vooralsnog onbeantwoorde vragen ten aanzien van de mate waarin de verticale snelheidsverdeling afhankelijk is van Re (waterdiepte, gemiddelde stroomsnelheid) maken toepassing op andere dan de onderzochte waterdiepten discutabel.

Voor de onderzochte situaties zijn de in tabel 2 weergegeven waarden van  $v_d - v_z$  in wezen gelijk aan de te hanteren correcties, omdat ze het verschil weergeven tussen hetgeen gemeten is ( $v_d$ ) en hetgeen gemeten had moeten worden ( $v_z$ ). Derhalve wordt  $v_z$  bepaald uit:  $v_z = v_d - (v_d - v_z)$   
 $v_d - v_z = \text{korrektie.}$

In figuren 4 en 5 zijn de resultaten nog eens grafisch weergegeven.

Duidelijk blijkt uit de figuur 4A dat de correctie voor  $v_a = 12,5$  m/s,  $H_s = 45$  cm en  $\bar{T}_z = 2,5$  s afneemt met toenemende  $v_z$  (zie genummerde punten in de figuur). In verband met de verklaring hiervoor (zie p.8) wordt gesteld dat de correctiekromme voor dit geval symmetrisch zou moeten zijn om de lijn  $v_z = 0$ . (getrokken lijnen)

De gemeten waarden van de correctie  $v_d - v_z$  bij verschillende windsnelheden en daarbij ingestelde golfcondities zijn uitgezet in figuur 4B. Het verschil tussen de punten 8 en 9 voor de standaarddrijver wordt geweten aan verschil in golfperiode. Omdat algemeen in de literatuur een lineaire relatie wordt verondersteld tussen  $v_a$  en  $v_s$ , en omdat  $v_s$  als belangrijke invloedsfactor naar voren is gekomen, wordt hier een lineaire relatie tussen  $v_a$  en  $v_d - v_z$  verondersteld. De rechte lijn door de oorsprong en het meetpunt van proef 6 geeft voor de standaarddrijver bij  $v_a = 7,3$  m/s een correctiewaarde  $v_d - v_z = 6$  cm/s, hetgeen vrij goed overeenkomt met het gemiddelde tussen de meetresultaten van proeven 8 en 9 (zie fig. 4B).

Omdat de golfhoogte en windsnelheid niet afzonderlijk gevarieerd zijn, kan geen uitspraak over de respektievelijke invloeden op de drijversnelheid worden gedaan.

Voor praktische toepassing van de correcties is het nodig te beschikken over een verband tussen  $v_d$ , windsnelheid en correctiewaarden. Voor  $v_a = 12,5$  m/s,  $H_s = 45$  cm en  $\bar{T}_z = 2,5$  s is dit verband weergegeven in figuur 5, die is afgeleid uit figuur 4A.

N.B. Deze figuur geldt uitsluitend voor het geval dat de werklijnen  $\bar{v}_a$  en  $\bar{v}_d$  gelijk zijn.

Voor omrekening naar andere windsnelheden kan figuur 6 worden gebruikt, die is afgeleid uit figuur 4B.

De correctie vindt plaats door het iteratief uitvoeren van de vektorieële som:

$$\bar{v}_z = \bar{v}_d - \bar{c}, \text{ waarin}$$

$$\bar{c} = \alpha_a \times \bar{c}_{\text{meting}}$$

$$|\bar{c}_{\text{meting}}| \text{ wordt gevonden uit figuur 4a en 5}$$

$$\alpha_a \text{ is weergegeven in figuur 6.}$$

Voor de  $\bar{c}_{\text{meting}}$  wordt de richting van  $\bar{v}_a$  aangehouden. Bij de bepaling van  $|\bar{c}_{\text{meting}}|$  zou men eigenlijk moeten uitgaan van  $\bar{v}_z$ , maar aangezien die niet bekend is moet  $\bar{v}_d$  worden gebruikt. Uit figuur 5 kan dan een  $|\bar{c}_{\text{meting}}|$  worden bepaald die in combinatie met  $\alpha_a$  een eerste schatting van  $\bar{c}$  oplevert. Indien de werklijnen van  $\bar{v}_d$  en  $\bar{v}_a$  samenvallen, wordt uit figuur 5 direkt de juiste waarde van  $|\bar{c}_{\text{meting}}|$  verkregen. Met de verkregen eerste schatting van  $\bar{c}$  wordt een eerste schatting van  $\bar{v}_z$  gemaakt, die als invoer dient in figuur 4A voor de tweede schatting van  $|\bar{c}_m|$ , enzovoort.

Nogmaals wordt erop gewezen, dat golfomstandigheden hier gekoppeld zijn aan windsnelheden, hetgeen een schematisatie is ten opzichte van de werkelijkheid. In de praktijk wordt dit bezwaar enigszins ondervangen, omdat ook op de meetlokaties eveneens sprake is van zo'n koppeling, die echter afhankelijk is van tijd en strijklengte, d.w.z. per lokatie van tijd en richting. Bij de modelmetingen is uitgegaan van frekwent voorkomende combinaties van  $v_a$ ,  $H_s$  en  $T_p$ , zoals weergegeven in [2].

## 5 Konklusies

1. Er is een niet geringe windinvloed op de drijversnelheid gekonstateerd.  
Deze komt voornamelijk tot stand via stromingskracht op de boei tengevolge van de door de windschuifspanning opgewekte bovenlaagsnelheid.
2. Aanwezigheid van golven heeft een voorwaartse snelheid van de drijver tengevolge, doordat het weerstandskruis een min of meer zaagtandvormige baan beschrijft. Invloed van driftsnelheid tengevolge van massatransport in de golven is bij deze golfomstandigheden nihil.
3. Korrektiewaarden voor de drijversnelheden zijn afhankelijk van de grootte van onderlaagsnelheid  $v_z$  en uiteraard van de windsnelheid. Invloed van golfhoogte en -periode op drijversnelheid en waarde van de correctie is uit deze proevenserie niet expliciet naar voren gekomen.
4. Omdat door de wind aangedreven bovenlaagsnelheden blijkens de metingen afhankelijk zijn van  $v_z$ , en omdat dit verklaard is uit invloed van turbulentiesterkte op de verticale snelheidsverdeling, zal deze bovenlaagsnelheid tevens afhankelijk zijn van de waterdiepte. Dit houdt in dat toepassing van de gemeten snelheidskorrekties op andere waterdiepten dan 2,10 m een mogelijke fout introduceert.
5. Omdat de invloed van winddriftsnelheid groter blijkt te zijn dan die van de wind op het boven water uitstekende deel van de drijver heeft verkleining hiervan geen zin.
6. Verbetering van betrouwbaarheid van de drijvers kan bereikt worden door vergroting van de afmetingen van het weerstandskruis en vervanging van de boei door een platter model in combinatie met weglaten van het extra ballastgewicht. Belangrijk is dat er voldoende overmaat aan drijfvermogen aanwezig is in verband met beperking van de verticale bewegingen.

## Literatuur

- 1 Memo WWNO-M-790017: Drijvermetingen,  
Rijkswaterstaat, Direktie Waterhuishouding en Waterbeweging, Distrikt  
Noord, december 1979.
- 2 Nota B72-27: Metingen voor een golfhoogte en -lengtediagram,  
Rijkswaterstaat, Dienst der Zuiderzeewerken, Afdeling Waterloopkunde,  
oktober 1972.

## Tabellen

- 1 Proevenprogramma
- 2 Meetresultaten

## Figuren

- 1 Plattegrond en doorsnede windgolfgoten
- 2 Opstelling in de goot
- 3 Zijaanzicht modellen
- 4 Snelheidskorrekties als functie van  $v_z$  (A) en van windsnelheid op 3,6 m boven SWL (B)
- 5 Snelheidskorrektie als functie van drijversnelheid  $v_z$
- 6 Windsnelheidskorrektiefactor ( $\alpha_a$ )

Tabel 1

Proevenprogramma

| Proef | Water-<br>snelheid<br>cm/s | Wind-<br>snelheid<br>m/s | Golven-<br>spektrum<br>nr.* |
|-------|----------------------------|--------------------------|-----------------------------|
| 1     | 8                          | 0                        | -                           |
| 2     | 15                         | 0                        | -                           |
| 3     | 0                          | 0                        | 1                           |
| 4     | 8                          | 0                        | 1                           |
| 5     | 8                          | 12                       | 1                           |
| 6     | 0                          | 12                       | 1                           |
| 7     | 15                         | 12                       | 1                           |
| 8     | 0                          | 7                        | 2                           |
| 9     | 0                          | 7                        | 3                           |
| 10    | 0                          | 0                        | 1                           |
| 11    | 0                          | 12                       | 1                           |
| 12    | 15                         | 12                       | 1                           |
| 13    | 0                          | 0                        | 3                           |
| 14    | 0                          | 7                        | 3                           |

lengteschaal  $n_L = 3$

De watersnelheid is gedefini-  
eerd op 1,05 m boven de bodem.  
Dit is gelijk aan de gemiddelde  
hoogte van het weerstandskruis  
boven de bodem.

De windsnelheid wordt gemeten  
op een hoogte van 3,6 m boven  
SWL.

\*

|                                                                          |                        |
|--------------------------------------------------------------------------|------------------------|
| Spektrum 1: $H_s \approx 45 \text{ cm}, \bar{T}_z \approx 2,6 \text{ s}$ | } gemeten in de stroom |
| Spektrum 2: $H_s \approx 25 \text{ cm}, \bar{T}_z \approx 2,3 \text{ s}$ |                        |
| Spektrum 3: $H_s \approx 25 \text{ cm}, \bar{T}_z \approx 1,7 \text{ s}$ |                        |

In proeven 1 t/m 9 worden resulterende snelheden van modeldrijvers gemeten;  
in proeven 10 t/m 14 worden bovenlaagsnelheden gemeten met behulp van staaf-  
drijvers.

Tabel 2 Meetresultaten

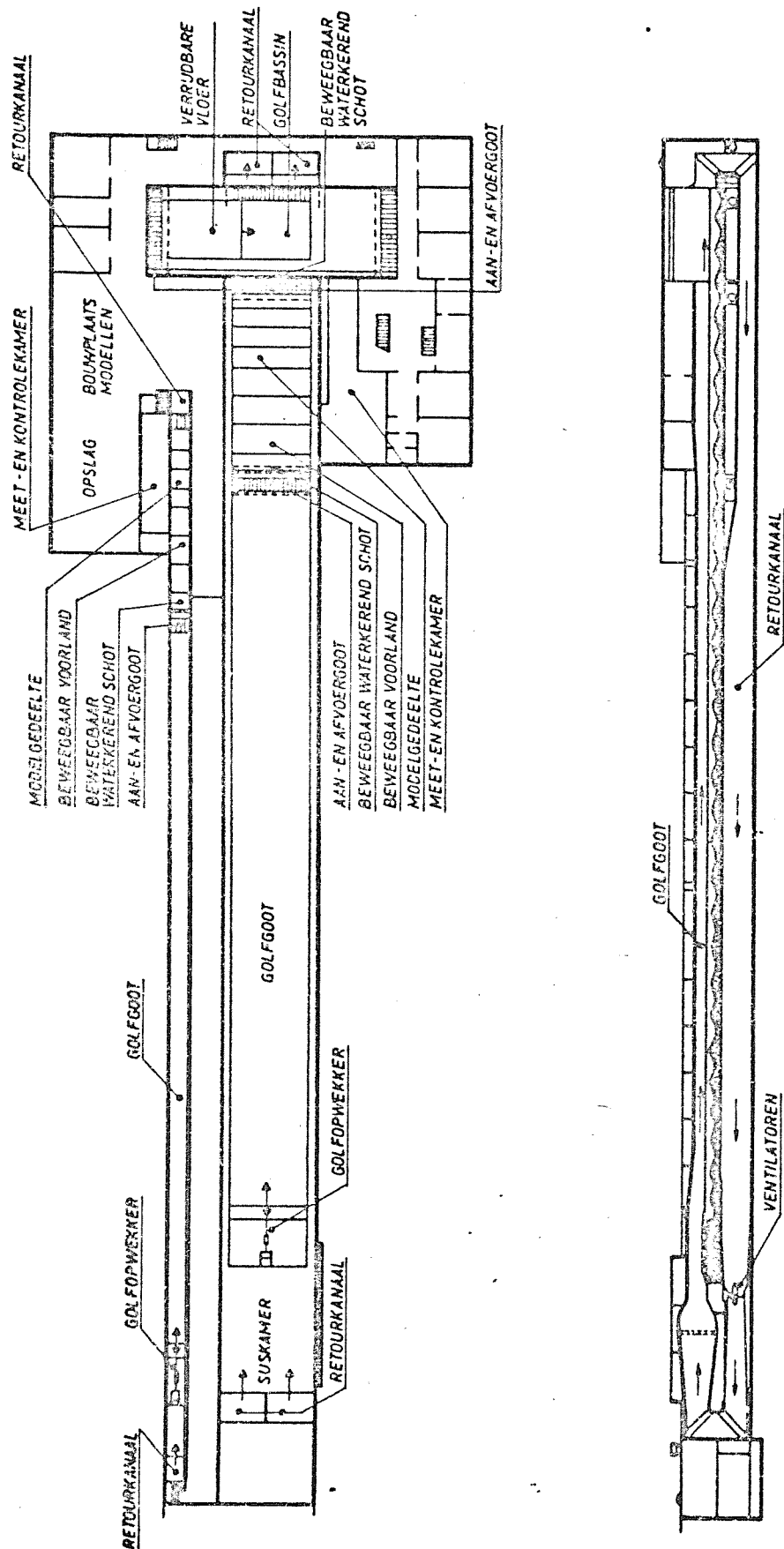
| proef | $v_z$<br>(cm/s) | $v_a$<br>(m/s) | $H_s$<br>(m) | $\bar{T}_z$<br>(s) | $v_d$ (cm/s) |                 | $v_d - v_z$ (cm/s) |                 |
|-------|-----------------|----------------|--------------|--------------------|--------------|-----------------|--------------------|-----------------|
|       |                 |                |              |                    | standaard    | extra-verzwaard | standaard          | extra-verzwaard |
| 1     | +10,2           | 0              | 0            | -                  | 9,5          | 9,7             | -0,7               | -0,5            |
| 2     | +16,1           | 0              | 0            | -                  | 16,1         | 15,8            | 0                  | -0,3            |
| 3     | - 0,5           | 0              | 0,44         | 2,7                | 2,7          | 4,3             | 3,2                | 4,8             |
| 6     | - 4,1           | 12,4           | 0,47         | 2,5                | 6,2          | 7,0             | 10,3               | 11,1            |
| 8     | - 2,8           | 7,3            | 0,27         | 2,3                | 4,2          | 6,0             | 7,0                | 8,8             |
| 9     | - 1,1           | 7,4            | 0,24         | 1,7                | 3,5          | 7,0             | 4,6                | 8,1             |
| 4     | +11,2           | 0              | 0,41         | 2,6                | 13,8         | 14,2            | 2,6                | 3,0             |
| 5     | + 9,7           | 12,6           | 0,45         | 2,5                | 17,1         | 16,8            | 7,4                | 7,1             |
| 7     | +15,3           | 12,4           | 0,42         | 2,5                | 22,1         | 21,2            | 6,8                | 5,9             |

| proef | $v_z$<br>(cm/s) | $v_a$<br>(m/s) | $H_s$<br>(m) | $\bar{T}_z$<br>(s) | $v_d$ (cm/s) |                 | $v_d - v_z$ (cm/s) |                 |
|-------|-----------------|----------------|--------------|--------------------|--------------|-----------------|--------------------|-----------------|
|       |                 |                |              |                    | standaard    | extra-verzwaard | standaard          | extra-verzwaard |
| 10    | -1,1            | 0              | 0,56         | 2,8                | 0            | 0               | +1,1               | +1,1            |
| 11    | -5,4            | 13,4           | 0,48         | 2,8                | 16,2         | 11,7            | 21,6               | 17,1            |
| 12    | +15,8           | 13,4           | 0,44         | 2,8                | 28,9         | 24,9            | 13,1               | 9,1             |
| 13    | -0,2            | 0              | 0,23         | 1,9                | -1,2         | -0,7            | -1,0               | -0,5            |
| 14    | -1,5            | 7,7            | 0,27         | 2,0                | 9,1          | 6,7             | 10,6               | 8,2             |

$v_z$  is gemeten op 1,05 m boven de bodem; ook het weerstandskruis bevond zich gemiddeld op dit niveau

$v_a$  is bepaald op 3,6 m boven SWL

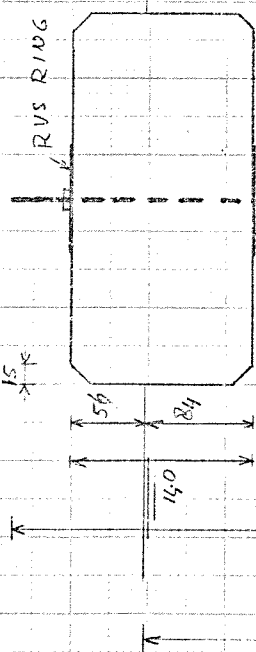
$H_s$  en  $\bar{T}_z$  zijn gemiddelde waarden over golfhoogtemeters 2 en 3



PLATTEGROND EN DOORSNEDE WINDGOLFGOTEN



280 DOORSNEDEN  
CIRKELVORMIG



MATERIAAL:  
POLYSTYREEN  
SCHUIM.

VERBODINGS  
STANG  
MATERIAAL RVS

DE AFMETINGEN VAN DE  
BEIDE DRYVERS ZIJN GELIJK  
OP DE PLATDICHTE VAN HET  
WEERSTANDSKRUIS NA

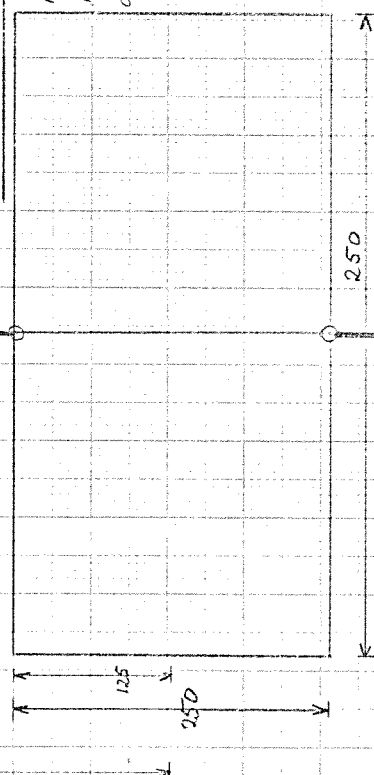
MATEN IN MM. PROTO.

$\phi = 12$

1050

WEERSTANDSKRUIS

MATERIAAL:  
MESSING  
 $\alpha L = 1,5$

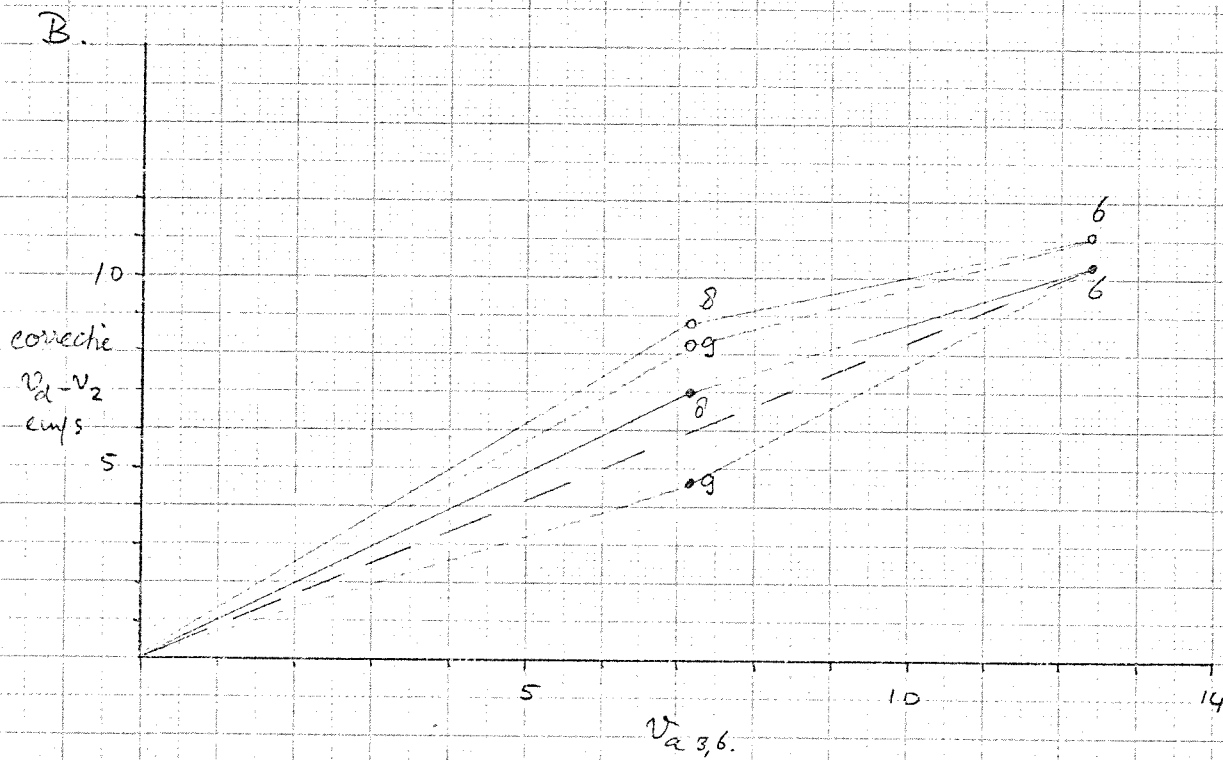
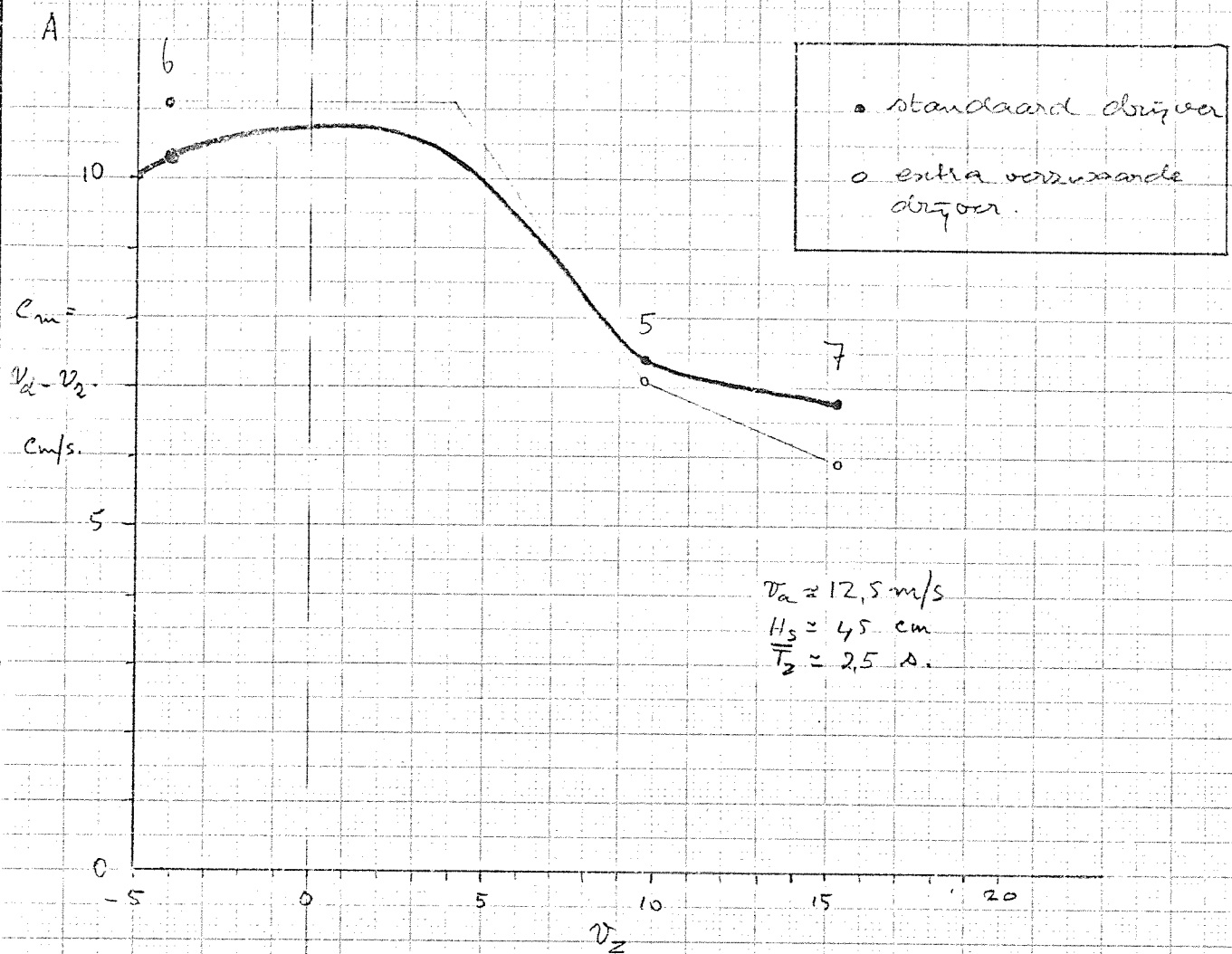


MATERIAAL:  
ALUMINIUM  
 $\alpha L = 3$

WEERSTANDSKRUIS

EXTRA GEWICHT.

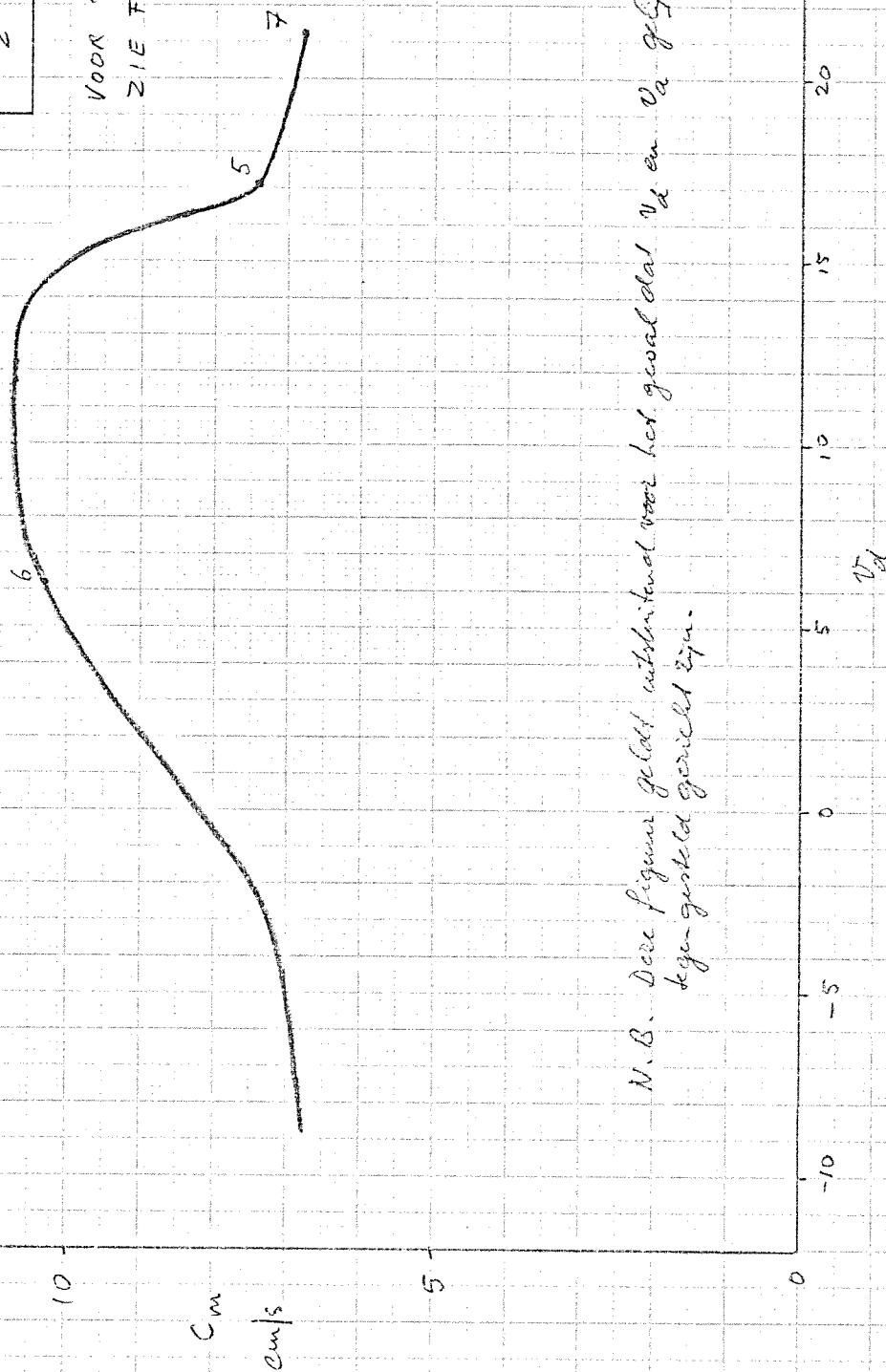
ZIJN ZICHT MODELLEN. (MATEN IN MM. PROTO)



Snelheidscorrecties als functie van  $v_2$  (A) en van windsnelheid op 3,60 m. boven SWZ (B).

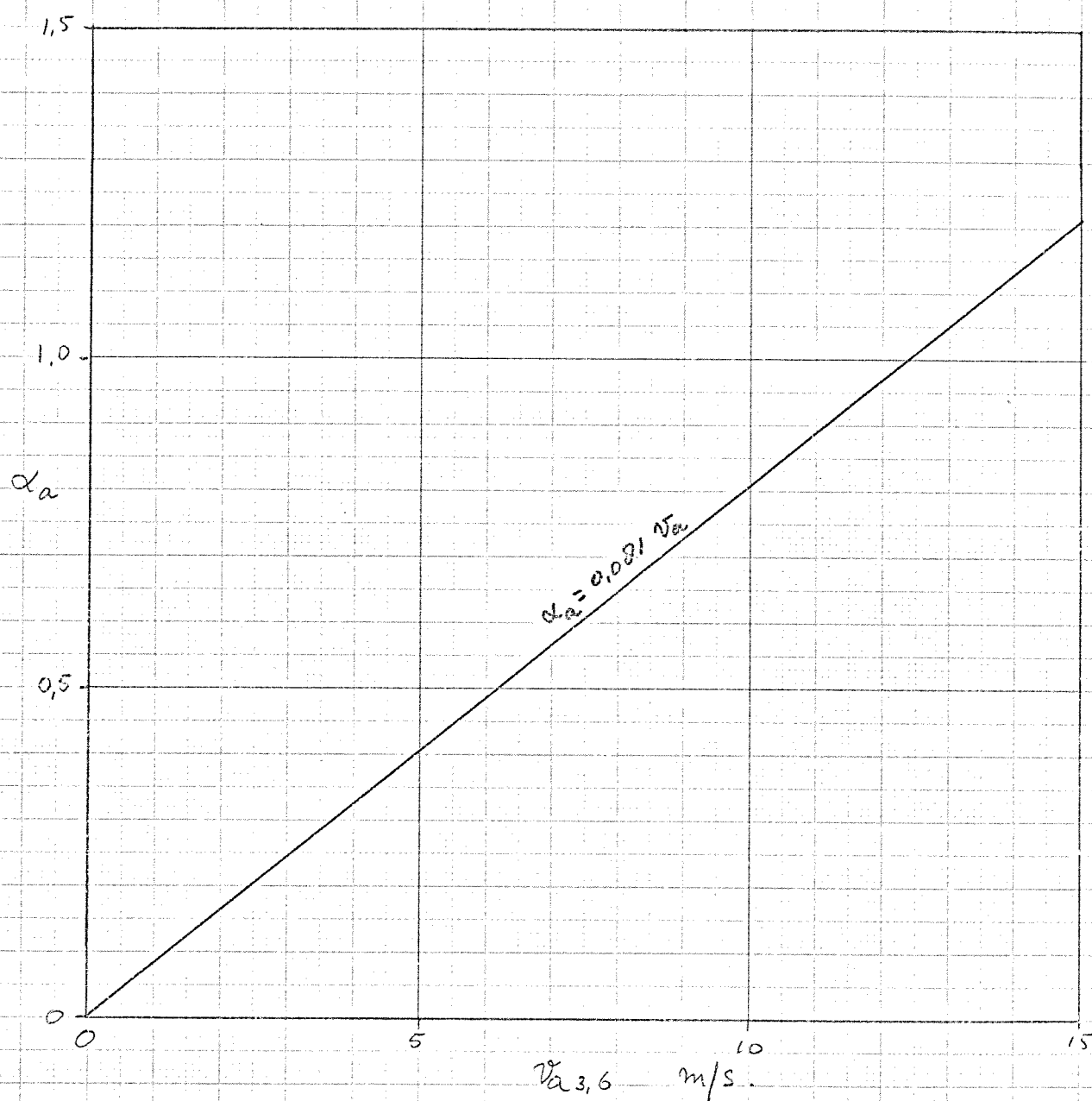
$v_a \approx 12,5 \text{ m/s}$   
 (3,6 m boven still.)  
 $H_s \approx 4,5 \text{ cm}$   
 $T_z \approx 2,5 \text{ s.}$

voor  $v_a \approx 12,5 \text{ m/s}$   
 zie Fig. 5



N.B. Deze figuur geldt uitsluitend voor het geval dat  $v_a$  en  $v_a$  gelijk of  
 tegen-gesteld gericht zijn.

Snelheids correctie als functie van afwijversnelheid  $v_a$ .



Correctie by  $v_a$ :  $C = c_m (\text{figuur 5}) * \alpha_a (\text{by } v_a)$

$v_a$  is gedefinieerd op 3,6 m boven S.W.L.

Windsnelheidscorrectiefactor ( $\alpha_a$ ) voor gebruik in combinatie met figuur 6.

M1678 F166

