

waterloopkundig laboratorium
delft hydraulics laboratory

bruikbaarheidsonderzoek meetinstrumenten
in de brandingszone

AFGEHANDELD

verslag onderzoek

M 1746

oktober 1981

tow

toegepast onderzoek
waterstaat

9 JULI 1982

BIBLIOTHEEK
Waterloopkundig Laboratorium
Postbus 177 - DELFT
NEDERLAND

bruikbaarheidsonderzoek meetinstrumenten
in de brandingszone

verslag onderzoek

M 1746

oktober 1981

tow

toegepast onderzoek
waterstaat

INHOUD

	blz.
1. <u>Inleiding</u>	1
2. <u>Onderzoek Marsh-Mc-Birney elektromagnetische snelheidsmeter</u>	3
3. <u>Konklusies onderzoek Marsh-Mc-Birney</u>	4
4. <u>Onderzoek Simrad akoestische snelheidsmeter</u>	5
5. <u>Konklusies onderzoek Simrad</u>	6
6. <u>Onderzoek Partech troebelheidsmeter</u>	7
7. <u>Konklusies onderzoek Partech</u>	8
8. <u>Onderzoek isokinetisch aanzuigstelsel</u>	9
9. <u>Konklusies uit onderzoek isokinetisch aanzuigstelsel</u>	10
10. <u>Snelheidsmetingen met de A.Z.T.M. in de vuilwatergoot</u>	11
11. <u>De concentratie-ijking van de A.Z.T.M. in de vuilwatergoot</u>	12

LITERATUUR

TABELLEN

FIGUREN

FOTO'S

1. Inleiding.

De Werkgroep Natuurmetingen van het Toegepast Onderzoek Waterstaat - Kustonderzoek heeft het Waterloopkundig Laboratorium opdracht gegeven tot het uitvoeren van een bureaustudie naar mogelijke methoden voor het meten van snelheden en sedimentconcentraties in de brandingszone. Deze studie heeft geresulteerd in een advies welke van de methoden in aanmerking komen om voor metingen in de brandingszone te worden ingezet (R.H.J. Jansen: Methoden voor het meten van snelheid en sedimentconcentratie in de brandingszone, W.L.-verslag R 971, 1980). Als snelheidsmeters in de brandingszone werden aanbevolen de Marsh-Mc-Birney elektromagnetische snelheidsmeter en de Simrad akoestische snelheidsmeter. Voor het op korte termijn meten van sedimentconcentraties in de brandingszone werden de Partech troebelheidsmeter en het aanzuigstelsel geadviseerd, voor de wat langere termijn de A.Z.T.M., waarmee zowel snelheid als concentratie gemeten kunnen worden.

Alvorens met deze instrumenten daadwerkelijk in de brandingszone te gaan meten, heeft de Werkgroep Natuurmetingen het Waterloopkundig Laboratorium, als vervolg op de bureaustudie, de opdracht gegeven de aanbevolen methoden aan een praktisch onderzoek te onderwerpen.

Het onderzoek is uitgevoerd in de vuilwatergoot van het Laboratorium. Deze goot is speciaal ontworpen voor het testen en ijken van sedimentconcentratie meters. De vuilwatergoot is niet gekonstrueerd voor het gebruik als snelheidsijkgoet. De watersnelheid in de goot is continu regelbaar tussen 0,05 en 1,5 m/s. Voor het simuleren van de golfbeweging was een konstruktie beschikbaar waaraan de instrumenten konden worden bevestigd.

Door middel van een elektrische aandrijving kon met deze konstruktie een éénparige cirkelvormige beweging worden uitgevoerd, in een vlak evenwijdig aan de hoofdstroomrichting van de goot. De doorsnede van de draaicirkel bedroeg 0,46 m, de omwentelingsperiode was 7,6 s. De omtreksnelheid van de orbitaalbeweging bedroeg 0,2 m/s. De konstruktie liet een hogere snelheid niet toe. Een omtreksnelheid van 0,5 m/s zou beter zijn geweest.

Binnen het beperkte budget bleek het echter niet mogelijk te zijn een draaikonstruktie te maken die aan redelijke eisen voldeed. Wegens de enigzins gebrekkige wijze van uitvoer van de orbitaalbeweging bleek het interpreteren van de snelheidsmetingen moeilijk te zijn.

Daarom is in deze nota de presentatie van de resultaten van de snelheidsmetingen met de Simrad en de Marsh-Mc-Birney tijdens de orbitaalbeweging achterwege gelaten.

De proeven met sediment zijn uitgevoerd met gemalen klei en fijn zand.

De grootte van de kleideeltjes was ca. 5 μm , de gemiddelde korrelgrootte van het zand bedroeg ca. 100 μm .

Het experimenteel onderzoek aan Simrad, Marsh-Mc-Birney, Partech en afzuigstelsysteem werd uitgevoerd van december 1980 tot april 1981, het onderzoek aan de A.Z.T.M. in mei 1981.

Het onderzoek stond onder leiding van Dr. A.C.E. Wessels, de proeven zijn uitgevoerd door J.C.A. Wenneker, die ook dit verslag samenstelde.

2. Onderzoek Marsh-Mc-Birney elektromagnetische snelheidsmeter.

De Marsh-Mc-Birney meet twee onderling loodrechte snelheidscomponenten, zodat zowel de stroomrichting als de stroomsterkte kan worden bepaald.

Als eerste test is dit instrument in een vaste opstelling in de vuilwatergoot vergeleken met een geijkte micromolen.

Een snelheidstrajekt van 0 tot 1,5 m/s is doorlopen. Deze meting is voor een aantal standen van de Marsh-Mc-Birney t.o.v. de hoofdstroom in de goot uitgevoerd. In figuur 1 is de snelheid gemeten met de micromolen uitgezet tegen de resultante van de beide uitgangskanalen van de Marsh-Mc-Birney.

In de figuur is tevens de stand van de Marsh-Mc-Birney aangegeven.

Om de cosinus-responsie te onderzoeken is bij drie verschillende snelheden de stand van de Marsh-Mc-Birney t.o.v. de hoofdstroom in stappen van 45° over 360° gevarieerd. De resultaten van deze meting zijn samengevat in tabel 1.

In de tabel is de maximale afwijking van het gemiddelde van de resultantes aangegeven.

De twee onderling loodrechte snelheidscomponenten van de Marsh-Mc-Birney bepalen het meetvlak. De snelheidsmeter is getest op zijn gevoeligheid voor een snelheidskomponent niet evenwijdig aan het meetvlak (scheve aanstroming). Daartoe is de snelheidsmeter gedraaid om een horizontale as loodrecht op de stroomrichting. Tabel 2 geeft de resultaten van deze meting.

Vervolgens is de gevoeligheid van de Marsh-Mc-Birney snelheidsmeter voor slib en zand onderzocht. Bij een konstante watersnelheid in de vuilwatergoot van ca. 1 m/s is een slibconcentratie van 900 mg/l ingebracht in stappen van 300 mg/l. Gedurende het opvoeren van de slibconcentratie zijn de uitgangsspanningen van het x- en y-kanaal gemeten.

Bij een konstante snelheid van ca. 1,3 m/s en een slibconcentratie van 900 mg/l is zand met een $D_{50} = 100 \mu\text{m}$ aan het water in de vuilwatergoot toegevoegd. De maximale zandconcentratie bedroeg ca. 900 mg/l. Deze concentratie werd in stappen van 300 mg/l bereikt. Een en ander is in tabel 3 samengevat.

3. Konklusies onderzoek Marsh-Mc-Birney.

- In het snelheidsgebied van 0 - 0,4 m/s is de ijk-kromme van de Marsh-Mc-Birney niet lineair. Boven 0,4 m/s is de ijk-kromme wel lineair. In dit snelheidsgebied is de maximale spreiding om de best getrokken rechte ca. 4 cm/s (fig. 1).
- De maximale relatieve afwijking in de cosinus-responsie is bij de Marsh-Mc-Birney afhankelijk van de snelheid. Bij een snelheid van 0,18 m/s is de maximale afwijking $\pm 12\%$. Bij een snelheid van 0,5 m/s is deze afwijking $\pm 7\%$. Bij een snelheid van 1 m/s is de maximale afwijking afgenomen tot $\pm 4\%$ (tabel 1).
- De nulpuntsdrift van de Marsh-Mc-Birney is gering. Gedurende de proefnemingen, die enkele dagen in beslag namen, bedroeg het nulpuntsverloop minder dan $\pm 2 \text{ mV} \hat{=} \pm 0,5 \text{ cm/s}$.
- De Marsh-Mc-Birney is getest op zijn gevoeligheid voor een scheve aanstroming. Een snelheidskomponent loodrecht op het meetvlak wordt praktisch niet waargenomen. Bij de tussenliggende hoeken stemmen de gemeten en de theoretische snelheidskomponent in meer of mindere mate met elkaar overeen (tabel 2).
- De Marsh-Mc-Birney is ongevoelig voor zand en slib. Tijdens het opvoeren van de slib- en zandconcentratie is tot een concentratie van 1000 mg/l geen wijziging in de uitgangsspanningen van de Marsh-Mc-Birney waargenomen (tabel 3).

4. Onderzoek Simrad akoestische snelheidsmeter.

In een vaste opstelling in de vuilwatergoot is de Simrad vergeleken met een geijkte micromolen. De micromolen bevond zich op ca. 0,4 m voor de Simrad. In figuur 2 is de resultante van de beide uitgangskanalen van de Simrad uitgezet tegen de snelheid gemeten met de micromolen.

Om de cosinus-responsie van de Simrad na te gaan, is de Simrad bij een konstante snelheid van ca. 0,6 m/s in stappen van ca. 30° om zijn lengte-as gedraaid. De resultaten van deze meting zijn samengevat in tabel 4.

De invloed van de aanwezigheid van zand en slib in het water op de werking van de Simrad is onderzocht.

Bij een konstante snelheid van 0,8 m/s is de slibconcentratie opgevoerd tot 1000 mg/l. Bij een snelheid van 1,2 m/s en een slibconcentratie van 1000 mg/l is zand aan het water in de goot toegevoegd. In stappen van 300 mg/l is de zandconcentratie op 900 mg/l gebracht. De resultaten van de slib- en zandproef zijn gegeven in tabel 5.

5. Konklusies onderzoek Simrad.

- Vanaf 0 cm/s is er een lineair verband tussen watersnelheden en uitgangsspanning van de Simrad (figuur 4).
- De maximale relatieve afwijking van de cosinus-responsie bij een snelheid van ca. 0,6 m/s bedraagt $\pm 3,8\%$ (tabel 4).
- De Simrad is ongevoelig voor slib en zand (tabel 5).
- Gedurende een tijdsbestek van enkele dagen is een nulpuntsverloop niet waargenomen.

6. Onderzoek Partech troebelheidsmeter.

Alvorens proeven met de Partech in de vuilwatergoot uit te voeren is de Partech getest op zijn gevoeligheid voor slib en zand in een roervat.

In een roervat met een inhoud van ca. 6 liter werd met een magnetische roerder slib en fijn zand in suspensie gebracht. Als slib is gemalen klei en voor fijn zand is zand met $D_{50} = 100 \mu\text{m}$ gebruikt.

Tijdens alle proeven is de Partech op zijn grootste gevoeligheid ingesteld. De resultaten van de proeven in het roervat vindt men in figuur 3.

In het bovenste deel van figuur 3 is de uitgangsspanning van de Partech uitgezet tegen de zandconcentratie. Dit is gedaan voor drie verschillende slibachtergronden, namelijk 0, 50 en 200 mg/l slib.

In het onderste deel van figuur 3 is de uitgangsspanning van de Partech uitgezet tegen de slibconcentratie.

De Partech troebelheidsmeter is ook in de vuilwatergoot onderzocht. Bij verschillende snelheden in de goot en bij verschillende zandconcentraties is met de Partech een orbitaalbeweging uitgevoerd.

Tijdens de orbitaalbeweging is de uitgangsspanning van de Partech geregistreerd. In figuur 4 en 5 is een aantal van deze registraties overgenomen.

Bij een volgend experiment is de Partech in de bovenste, de middelste en de onderste positie van de orbitaalbeweging stilgezet. Tijdens de stilstand is de uitgangsspanning van de Partech gemeten. Deze metingen zijn uitgevoerd bij gemiddelde zandconcentraties van 200, 400 en 600 mg/l.

Ook de stand van de Partech is gevarieerd. De stand waarbij het meetvolume van de Partech goed doorspoeld wordt is Partech 0° genoemd. Als de Partech vervolgens 90° wordt gedraaid dan wordt het meetvolume door de konstruktie van de Partech afgeschermd. Deze stand wordt Partech 90° genoemd. De resultaten zijn samengevat in tabel 6. In deze tabel zijn tevens de verhoudingen van de gemeten uitgangsspanningen tot uitgangsspanning in de onderste positie opgenomen.

7. Konklusies onderzoek Partech.

- Om bruikbaar te doen zijn als zandconcentratiemeter moet de Partech op zijn gevoeligste stand worden ingesteld. Dit heeft een zekere instabiliteit van de nulpuntsinstelling tot gevolg ($\pm 10 \text{ mV} \cong 100 \text{ ppm}$ zand ($D_{50} = \mu\text{m}$)).
- De Partech is bij het meten van zandconcentraties zeer gevoelig voor een slibachtergrond. Een kleine onbekende verandering van de slibachtergrond kan een volkomen foute meting van de zandconcentratie tot gevolg hebben. Bijvoorbeeld: een verandering van de slibconcentratie van 10 ppm heeft op de uitlezing van de Partech eenzelfde effect als een verandering van 100 ppm van de zandconcentratie (figuur 3). Dit geldt voor fijn zand met een gemiddelde korreldiameter van 100 μm . (Bij grover zand is het achtergrond effect nog groter).
- Uit proeven in de vuilwatergoot blijkt de Partech gevoelig te zijn voor de aanstroomrichting. In de richting waarbij het meetvolume van de Partech goed doorspoeld wordt (Partech 0°) meet de Partech tijdens de orbitaalbeweging een concentratiegradient in de vuilwatergoot. Als de Partech echter over een hoek van 90° wordt gedraaid, zodat het meetvolume wordt afgeschermd, dan wordt tijdens de orbitaalbeweging het concentratieverloop in de vertikaal sterk uitgemiddeld (figuur 4 en 5).
- De verhouding tussen de concentratie, gemeten met de Partech in de bovenste positie, en die in de onderste positie bedraagt in de 0° stand 0,7. Uit overeenkomstige proeven met het aanzuigstelsel volgt een verhouding van 0,85. Dit verschil is mogelijk te verklaren uit een zekere lichtgevoeligheid van de Partech. Als de Partech in de bovenste positie de waterspiegel nadert, dan wordt hij door meer omgevingslicht getroffen, en zal daardoor een schijnbaar lagere zandconcentratie aangegeven.
- Op grond van de gevoeligheid van de Partech voor de slibachtergrond, de aanstroomrichting en het omgevingslicht en de instabiliteit van de nulpuntsinstelling mag men stellen, dat de Partech als zandconcentratiemeter in de brandingszone een minder geschikt instrument is.

8. Onderzoek isokinetisch aanzuigstelsel.

Het zand dat in de vuilwatergoot is gesuspendeerd, vertoont over de vertikaal een concentratiegradient. Ook bij fijn zand met een D_{50} gelijk aan $100 \mu\text{m}$ en bij de hoogste watersnelheid van $1,5 \text{ m/s}$ is deze concentratiegradient aanwezig. Bij het testen van het isokinetisch aanzuigstelsel wordt de aanzuigbuis aan een orbitaalbeweging onderworpen (amplitude $46,0 \text{ cm}$, periode $7,6 \text{ sec}$). Hierdoor wordt de aanzuigbuis zowel in horizontale als in verticale richting verplaatst. Tijdens de verticale verplaatsing ontmoet de aanzuigbuis een veranderlijk zandconcentratie. Het nemen van een monster met het aanzuigstelsel vergt minimaal 30 sec . Gedurende de tijd van monsternamen heeft de aanzuigbuis minimaal 4 omlopen voltooid. Bij de beoordeling van het aanzuigstelsel moet men dus onderzoeken of de gemiddelde zandconcentratie over de vertikaal overeenkomt met de zandconcentratie van het aangezogen monster.

In de vuilwatergoot zijn bij drie verschillende gootsnelheden en een vaste hoeveelheid zand in de goot aanzuigproeven uitgevoerd. De inwendige diameter van de aanzuigbuis bedroeg 17 mm . Met de aanzuigbuis is in drie vaste posities de concentratie gemeten, zodat het concentratieverloop over de vertikaal bekend is. Daarna is met de aanzuigbuis een orbitaalbeweging uitgevoerd, waarbij een monster is aangezogen.

Naast de gootsnelheid is eveneens de richting van de aanzuigmond t.o.v. de stroom gevarieerd.

De aanzuigmond heeft op de stroom, dwars op de stroom, en van de stroom af gestaan.

In tabel 7 zijn de resultaten van de concentratiemetingen samengevat. Voor elke proef is eerst op drie hoogtes de concentratie bepaald door monsters aan te zuigen met de stilstaande aanzuigmond op de stroom gericht. De gemiddelde waarde van de drie concentraties is bekend en in tabel 7 aangegeven. Vervolgens is een monster aangezogen tijdens de orbitaalbeweging van de aanzuigbuis. De richting van de aanzuigbuis is per proef gevarieerd.

De proeven zijn bij drie gootsnelheden, namelijk $0,8$, $1,0$ en $1,5 \text{ m/s}$ uitgevoerd. Bij elke proef was het aanzuigdebiet zodanig ingesteld dat isokinetisch werd aangezogen als de mond van de buis op de stroom was gericht.

9. Konklusies uit onderzoek isokinetisch aanzuigstelsel.

Gemiddeld over de drie onderzochte snelheden kunnen de volgende conclusies worden getrokken.

- Als de aanzuigmond op de stroom staat gericht, dan is de concentratie die tijdens de orbitaalbeweging wordt gemeten gelijk aan de gemiddelde concentratie over het bestreken deel van de vertikaal (tabel 7). Hieruit volgt, dat de orbitaalbeweging niet van invloed is op de gemeten zandconcentratie.
- Als de aanzuigmond dwars op de stroom gericht staat, dan meet men een zandconcentratie die ca. 90% is van de concentratie gemeten met de aanzuigmond op de stroom gericht (tabel 7).
- Als de aanzuigmond van de stroom af is gericht, dan meet men afhankelijk van de stroomsnelheid 75 à 80% van de concentratie gemeten met de aanzuigmond op de stroom gericht (tabel 7).
- Ondanks de gevoeligheid voor de aanstroming is het aanzuigstelsel een redelijk betrouwbare methode voor het meten van de zandconcentratie. In combinatie met andere instrumenten moet het aanzuigstelsel zeker worden ingezet. Nadeel van het aanzuigstelsel is de lange middelingstijd, een voordeel is het verkrijgen van een zandmonster waarvan de korrelgrootte kan worden bepaald.

10. Snelheidsmetingen met de A.Z.T.M. in de vuilwatergoot.

Bij de snelheidsmetingen in de vuilwatergoot is de A.Z.T.M. in het horizontale vlak over 90° en 180° gedraaid. Ook zijn de snelheid in de goot en de hoogte t.o.v. de bodem gevarieerd. In tabel 8 zijn de resultaten van de snelheidsmetingen samengevat.

Door de afscherming van het akoestisch meetvolume door de transducentenopstelling is de A.Z.T.M. wat de snelheidsmetingen betreft gevoelig voor de aanstroombijrichting. De grootste snelheid wordt gemeten als de A.Z.T.M. dwars wordt aangestroomd, dat wil zeggen als de stroomrichting evenwijdig is aan het vlak van de zendertransducent. Draait men de A.Z.T.M. over 90° zodat de A.Z.T.M. recht wordt aangestroomd (stroomrichting loodrecht op vlak van zendertransducent) dan meet men een snelheid die 80 à 95% is van de maximale snelheid.

Als de A.Z.T.M. nogmaals over 90° wordt gedraaid (achterwaartse aanstroming) dan wordt een snelheid gemeten die ca. 70% is van de maximale gemeten snelheid bij zijwaartse aanstroming.

De snelheidsmeter van de A.Z.T.M. is intrinsiek lineair. In het verleden is de werking van de akoestische snelheidsmeter gecontroleerd met een geijkte micromolen, waarbij onderlinge verschillen van ten hoogste 2% zijn geconstateerd. Het werd daarom niet noodzakelijk geacht het snelheidsgedeelte van de A.Z.T.M. nogmaals te controleren.

11. De concentratie-ijking van de A.Z.T.M. in de vuilwatergoot.

De A.Z.T.M. werd 10 cm boven de bodem van de vuilwatergoot geplaatst. De richting van de stroom was loodrecht op het vlak van de zendtransducent gericht.

Ca. 50 cm voor de A.Z.T.M. was, eveneens op 10 cm boven de bodem van de vuilwatergoot, de mond van een aanzuigbuis geplaatst. Met deze aanzuigbuis werden isokinetisch monsters aangezogen. Van deze monsters werd door droging en weging de zandconcentratie bepaald. Gelijkzeitig met het nemen van de monsters werden de uitgangsspanningen van de A.Z.T.M. gemeten. Door telkens bepaalde hoeveelheden zand aan de inhoud van de vuilwatergoot toe te voegen werd een concentratietraject doorlopen. Het zand waarmee de ijking is uitgevoerd is geleverd door de Adviesdienst Hoorn van R.W.S. De gemiddelde korrelgrootte van het zand bedroeg 320 μm . De gemiddelde korrelgrootte van het aangezogen zand op 10 cm boven de gootbodem was 270 μm .

De vijzel van de vuilwatergoot slaat voortdurend luchtbellens in het rondstromende water. Door de aanwezigheid van deze luchtbellens geeft de A.Z.T.M. bij een zandconcentratie van 0 mg/l toch een uitgangsspanning. Voor deze luchtbellens wordt gecorrigeerd door een zandequivalent hiervoor te bepalen.

Daartoe wordt de intensiteit I van het verstrooide akoestische signaal uitgezet tegen de werkelijk aanwezige zandconcentratie (evenredig met het kwadraat van de gemeten RMS-waarden van het Doppler-sigitaal). Door extrapolatie van de kromme naar intensiteit $I = 0$ bepaalt men het zandequivalent van de luchtbellens (fig. 6). Uit fig. 6 blijkt dat het zandequivalent luchtbellens 38 mg/l bedraagt. Gezien de grote bellensconcentratie in de vuilwatergoot en de vrij geringe zandconcentratie die daarmee overeenkomt zou men mogen verwachten dat het luchtbellensprobleem in de brandingszone wellicht mee zou kunnen vallen.

In fig. 7 is de uitgangsspanning van het concentratiekanaal C1 uitgezet tegen de gecorrigeerde zandconcentratie.

De uitgangsspanning van het concentratiekanaal is rechtevenredig met het kwadraat van het Doppler-sigitaal, dus ook evenredig met de intensiteit van het verstrooide geluid. Tot een concentratie van 100 mg/l is de intensiteit rechtevenredig met de zandconcentratie. Boven 100 mg/l begint de extinktie van het akoestische sigitaal een rol te spelen en bij ca. 1800 mg/l vertoont de ijkcurve van de A.Z.T.M. een maximum (fig. 7).

Tabel 9 bevat de resultaten van enkele aanvullende concentratiemetingen.

Bekeken is de invloed van de stand van de A.Z.T.M. t.o.v. de stroomrichting op de concentratiemeting.

De A.Z.T.M. blijkt wat de concentratie betreft weinig gevoelig te zijn voor de

aanstroomrichting.

Door de afschermende werking van de transducenten bij achterwaartse aanstroming, waardoor de extinktie van het akoestische signaal geringer is, kan een grotere uitgangsspanning worden gemeten dan op grond van de ijkcurve mogelijk zou worden geacht (tabel 9, laatste meting).

LITERATUUR

JANSEN, R.H.J. Methoden voor het meten van snelheid en sedimentconcentratie in de brandingszone. Delft, Waterloopkundig Laboratorium, 1980, rapport R 971.

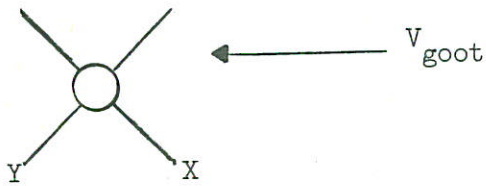
KINDEREN, W.J.G.J. DER, Slibconcentratimeters. Delft, Waterloopkundig Laboratorium, 1980, rapport S 453 deel I.

Omschrijving van de één-dimensionale Akoestische Zandtransportmeter (A.Z.T.M.) met de methode van gekombineerde verstrooiing en transmissie.
Delft, Waterloopkundig Laboratorium, 1981, nota D 525.

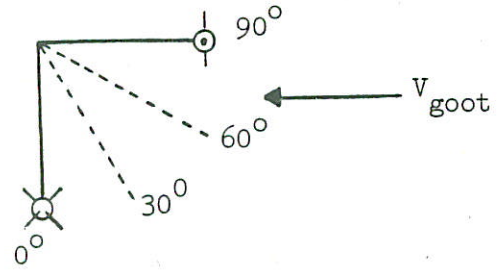
Tabel 1. Cosinus-responsie Marsh-Mc-Birney.

snellheid	0,18 m/s	0,50 m/s	1,05 m/s
hoek (graden)	$\sqrt{x^2 + y^2}$ (mV)	$\sqrt{x^2 + y^2}$ (mV)	$\sqrt{x^2 + y^2}$ (mV)
45	48	140	311
90	45	134	308
135	44	134	308
180	39	134	299
225	41	132	302
270	40	131	311
315	50	143	321
360	51	144	324
45	50	143	317
gemiddelde resultante	45,3	137	311
maximale af- wijking v.h. gemiddelde	$\pm 12\%$	$\pm 7\%$	$\pm 4\%$
RMS afwijking v.h gemiddel- de.	10%	4%	3%

Bovenaanzicht



Zijaanzicht



Tabel 2. Invloed snelheidskomponent niet evenwijdig aan het meetvlak.

hoek (α) (graden)	$Z = \sqrt{X^2 + Y^2}$ (mV)	$\cos \alpha$	$\frac{Z\alpha}{Z_0}$
0	137	1	1
30	118	0.87	0.87 ± 0.07
45	105	0.71	0.77 ± 0.09
60	69	0.50	0.50 ± 0.10
90	< 15	0.00	< 0.1

Tabel 3. Invloed van zand en slib op werking Marsh-Mc Birney.

C_{slib} (mg/l)	C_{zand} (mg/l)	X (mV)	Y (mV)	$\sqrt{X^2+Y^2}$ (mV)	gootsnelheid (m/s)
0	0	-263	+202	332	1.0
0	0	-267	+204	336	1.0
0	0	-260	+194	324	1.0
300	0	-263	+203	332	1.0
600	0	-260	+203	329	1.0
900	0	-261	+203	331	1.0
900	0	-347	+261	434	1.3
900	300	-345	+257	430	1.3
900	600	-344	+259	431	1.3
900	900	-346	+259	432	1.3

Tabel 4. Cosinus-responsie Simrad.

Hoek (graden)	$\sqrt{x^2 + y^2}$ (V)
0	1,24
30	1,24
60	1,21
90	1,16
120	1,20
150	1,18
180	1,16
Gemiddelde resultante	1,20
Max. afwij- king v.h. gemiddelde	$\pm 3,8\%$

Tabel 5. Invloed van zand en slib op werking Simrad.

C_{slib} (mg/l)	C_{zand} (mg/l)	X (V)	Y (V)	$\sqrt{X^2+Y^2}$ (V)	gootsnelheid. (m/s)
0	0	-1,29	+1,33	1,85	0,8
200	0	-1,27	+1,33	1,84	0,8
500	0	-1,29	+1,34	1,86	0,8
1000	0	-1,28	+1,36	1,87	0,8
1000	0	-1,90	+1,97	2,74	1,2
1000	300	-1,90	+1,97	2,74	1,2
1000	600	-1,92	+1,97	2,75	1,2
1000	900	-1,91	+1,96	2,74	1,2

Tabel 6. Uitgangsspanning stilstaande Partech.

C ≈ 200 mg/l.

positie Partech	Partech 0°		Partech 90°	
	uitgangsspanning	verhouding tot onderste positie	uitgangsspanning	verhouding tot onderste positie
hoog	9 mV	0,38	15 mV	0,78
midden	13 mV	0,54	19 mV	1,00
laag	24 mV	1,00	19 mV	1,00

C ≈ 400 mg/l.

positie Partech	Partech 0°		Partech 90°	
	uitgangsspanning	verhouding tot onderste positie	uitgangsspanning	verhouding tot onderste positie
hoog	34 mV	0,69	31 mV	0,76
midden	41 mV	0,84	40 mV	0,98
laag	49 mV	1,00	41 mV	1,00

C ≈ 600 mg/l.

positie Partech	Partech 0°		Partech 90°	
	uitgangsspanning	verhouding tot onderste positie	uitgangsspanning	verhouding tot onderste positie
hoog	56 mV	0,72	60 mV	0,85
midden	66 mV	0,85	70 mV	0,99
laag	78 mV	1,00	71 mV	1,00

Tabel 7. Zandconcentraties gemeten met aanzuigstelsel.

V = 0,8 m/sec.

positie aanzuigmond	draaiende aanzuigmond		
	op de stroom	dwars op de stroom	van de stroom af
hoog	459 mg/l	489 mg/l	488 mg/l
midden	506 mg/l	525 mg/l	528 mg/l
laag	539 mg/l	557 mg/l	559 mg/l
draaiend	497 mg/l ← → 501 mg/l	498 mg/l ← → 523 mg/l	425 mg/l ← → 525 mg/l
	0,99	0,95	0,81

V = 1,0 m/sec.

positie aanzuigmond	draaiende aanzuigmond		
	op de stroom	dwars op de stroom	van de stroom af
hoog	661 mg/l	638 mg/l	629 mg/l
midden	728 mg/l	717 mg/l	695 mg/l
laag	791 mg/l	763 mg/l	739 mg/l
draaiend	723 mg/l ← → 727 mg/l	628 mg/l ← → 706 mg/l	544 mg/l ← → 688 mg/l
	0,99	0,89	0,79

V = 1,5 m/sec.

positie aanzuigmond	draaiende aanzuigmond		
	op de stroom	dwars op de stroom	van de stroom af
hoog	780 mg/l	778 mg/l	757 mg/l
midden	847 mg/l	831 mg/l	825 mg/l
laag	870 mg/l	847 mg/l	840 mg/l
draaiend	842 mg/l ← → 832 mg/l	715 mg/l ← → 819 mg/l	580 mg/l ← → 807 mg/l
	1,01	0,87	0,72

*) symbool ← → geeft aan: gemeten ← → verwacht
proc. verschil

Tabel 8: Snelheidsmetingen met de A.Z.T.M. in de vuilwatergoot
(gevoeligheid aanstroomrichting)

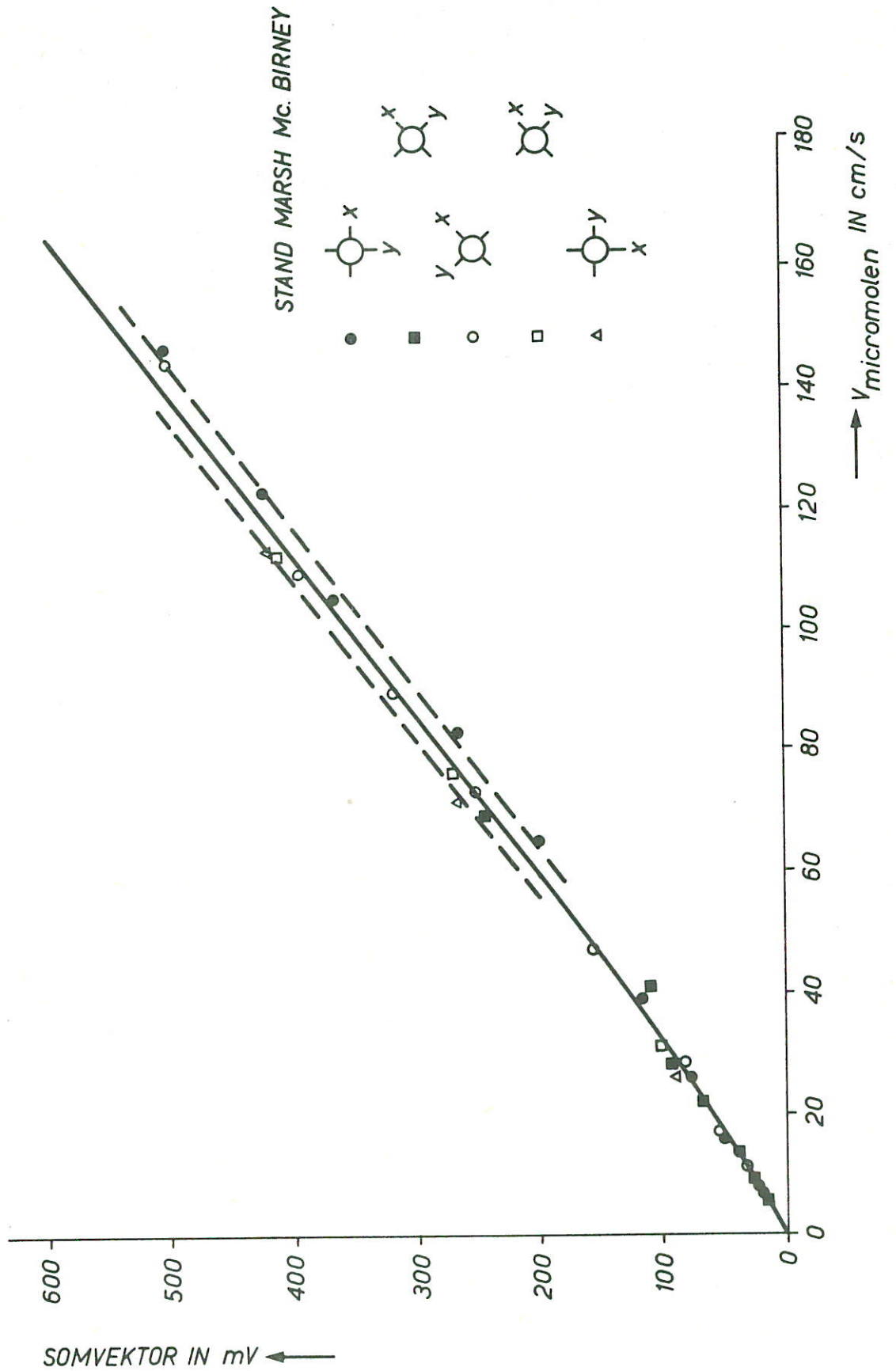
Stand A.Z.T.M.	Aanstroming
0°	voorwaarts
90°	zijwaarts
180°	achterwaarts

Stand/Positie A.Z.T.M.	komponent v_1 (volt)	komponent v_2 (volt)	somvektor v_s (volt)	somvektor v_s (m/s)	$\frac{v_s}{v_{s90^\circ}}$
0° - 10cm boven de bodem	+ 5.31	+ 5.90	6.50	1.23	0.95
90° - 10cm boven de bodem	- 4.10	+ 2.67	6.82	1.29	1.00
180° - 10cm boven de bodem	- 4.21	- 4.14	4.82	0.91	0.71
0° - 50cm boven de bodem	+ 3.07	+ 3.19	3.62	0.69	0.81
90° - 50cm boven de bodem	- 2.35	+ 2.13	4.48	0.85	1.00
180° - 50cm boven de bodem	- 2.72	- 2.66	3.11	0.58	0.68

Tabel 9: Koncentratiemetingen met de A.Z.T.M. in de vuilwatergoot
(gevoeligheid aanstroomrichting)

Stand A.Z.T.M.	Aanstroming
0°	voorwaarts
90°	zijwaarts
180°	achterwaarts

Stand/Positie A.Z.T.M.	zandkon- centratie (mg/l)	uitg.spanning kanaal Cl (volt)
0° - 10 cm boven bodem	371	1.26
90° - 10 cm boven bodem	353	1.48
180° - 10 cm boven bodem	365	1.24
180° - 10 cm boven bodem	327	1.41
0° - 10 cm boven bodem	342	1.20
90° - 10 cm boven bodem	397	1.46
180° - 10 cm boven bodem	366	1.30
0° - 6½ cm boven bodem	504	1.32
0° - 6½ cm boven bodem	1429	2.36
180° - 6½ cm boven bodem	1290	2.99



JKING MARSH Mc BIRNEY ELEKTROMAGNETISCHE
SNELHEIDSMETER IN DE VUILWATERGOOT

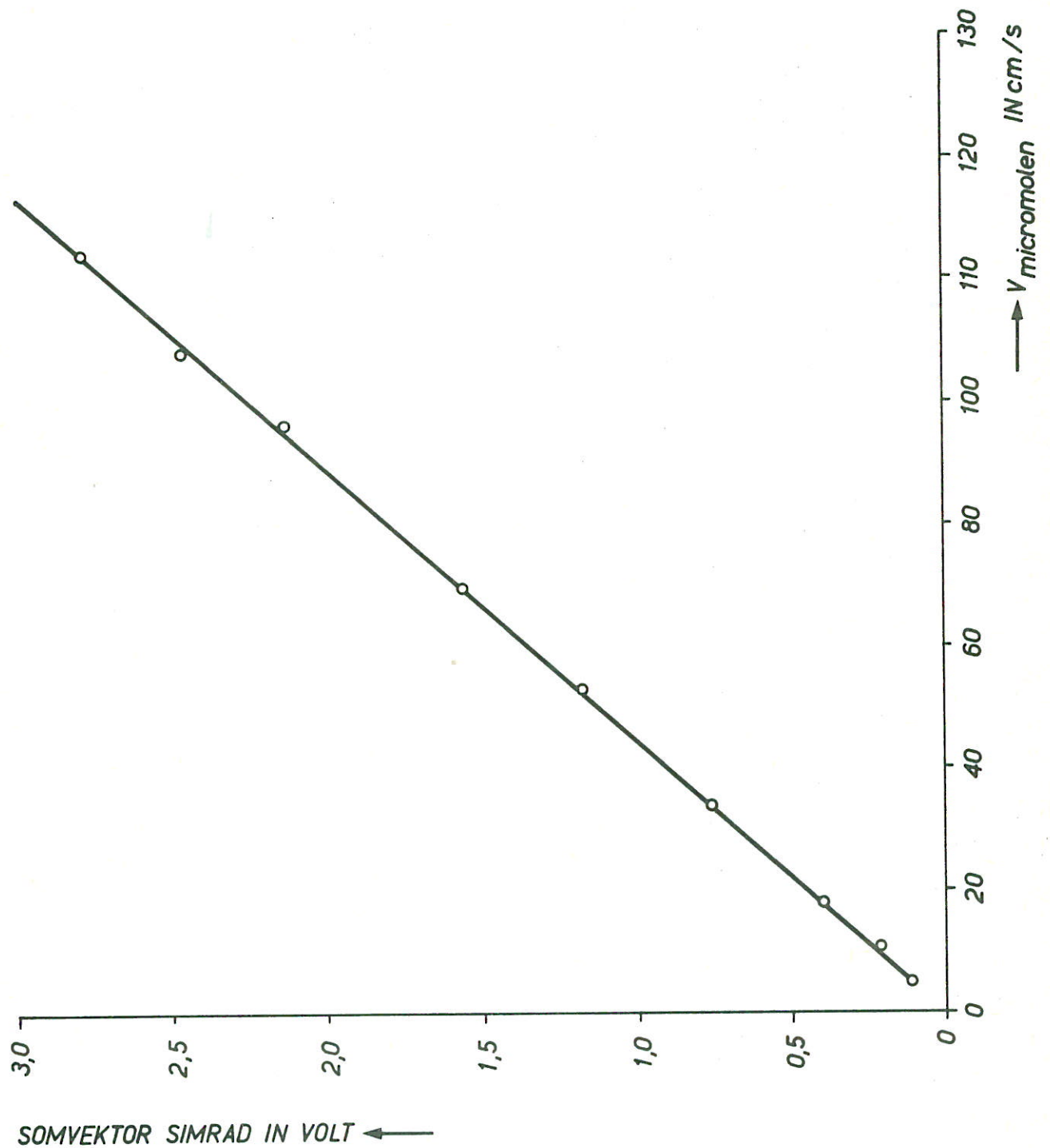
WK

A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M.1746 - 1001

FIG. 1



MIJNING SIMRAD AKOESTISCHE SNELHEIDSMETER
 IN DE VUILWATERGOOT

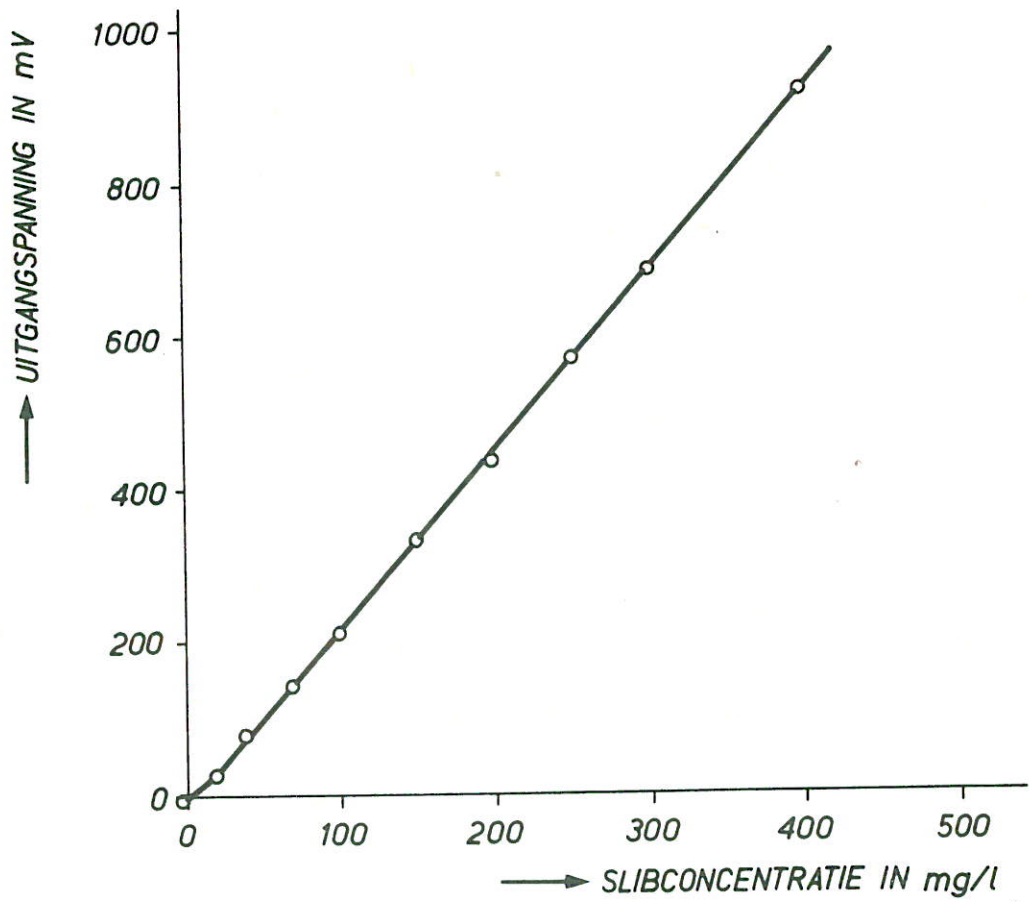
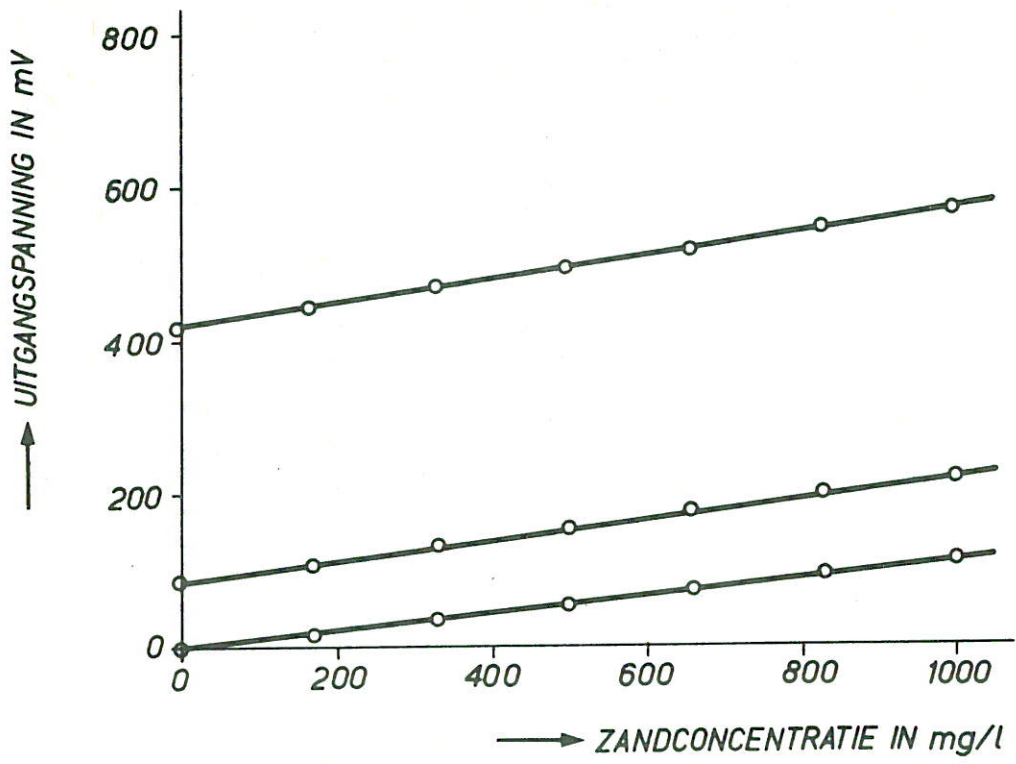
WK

A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 1746 - 1002

FIG. 2



JKING PARTECH TROEBELHEIDSMETER IN ROERVAT

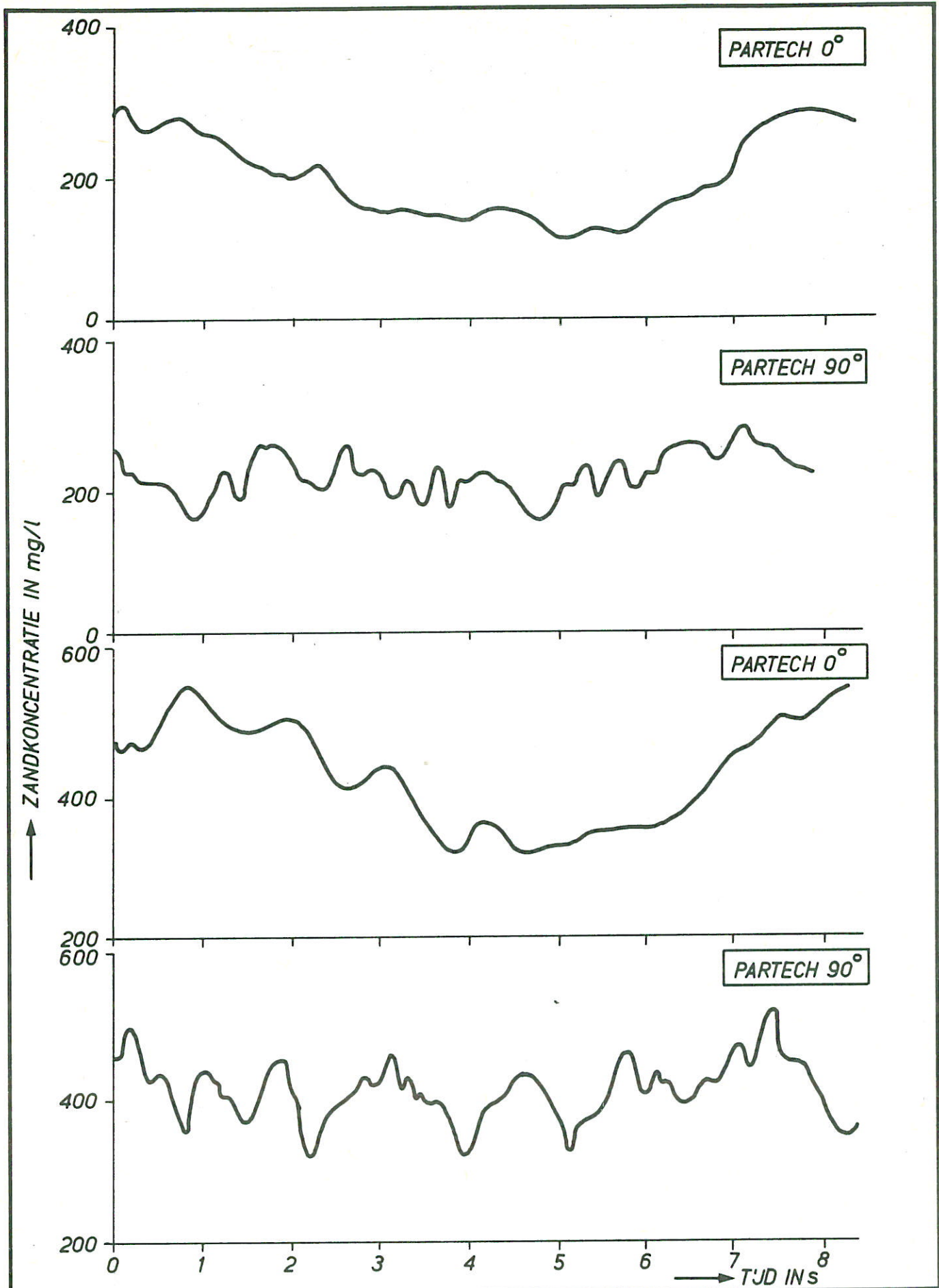
WK

A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M.1746-1003

FIG. 3

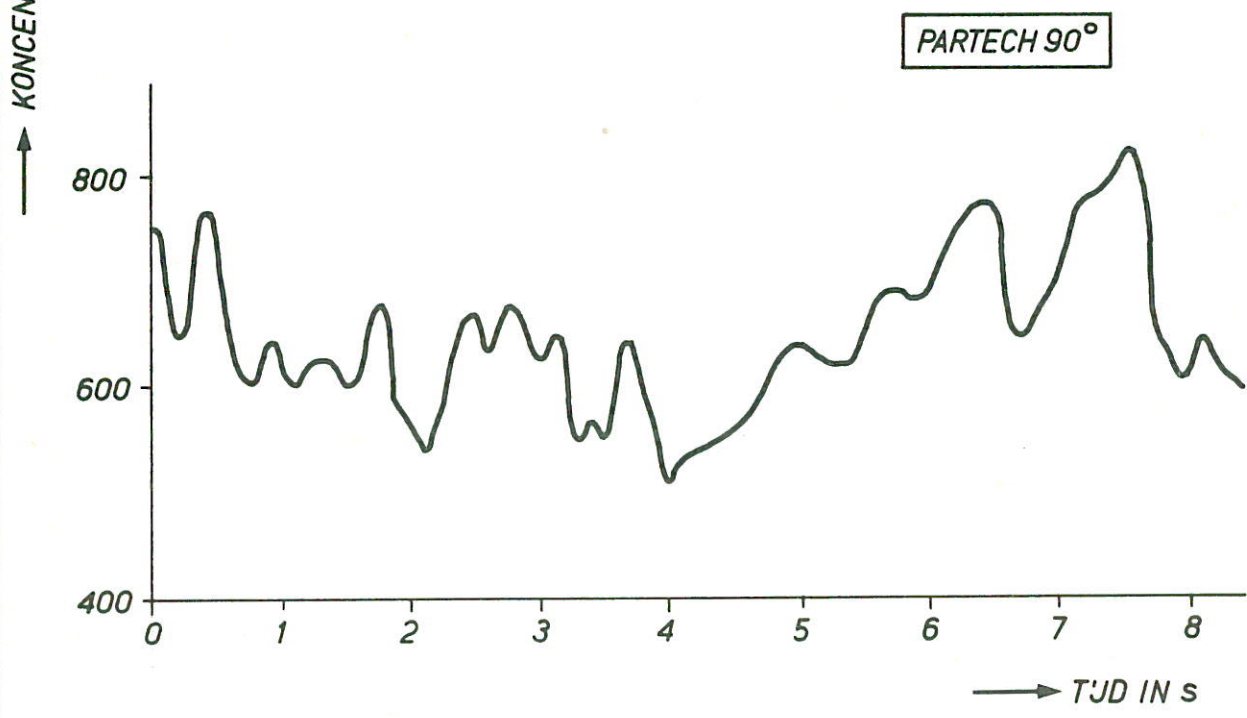
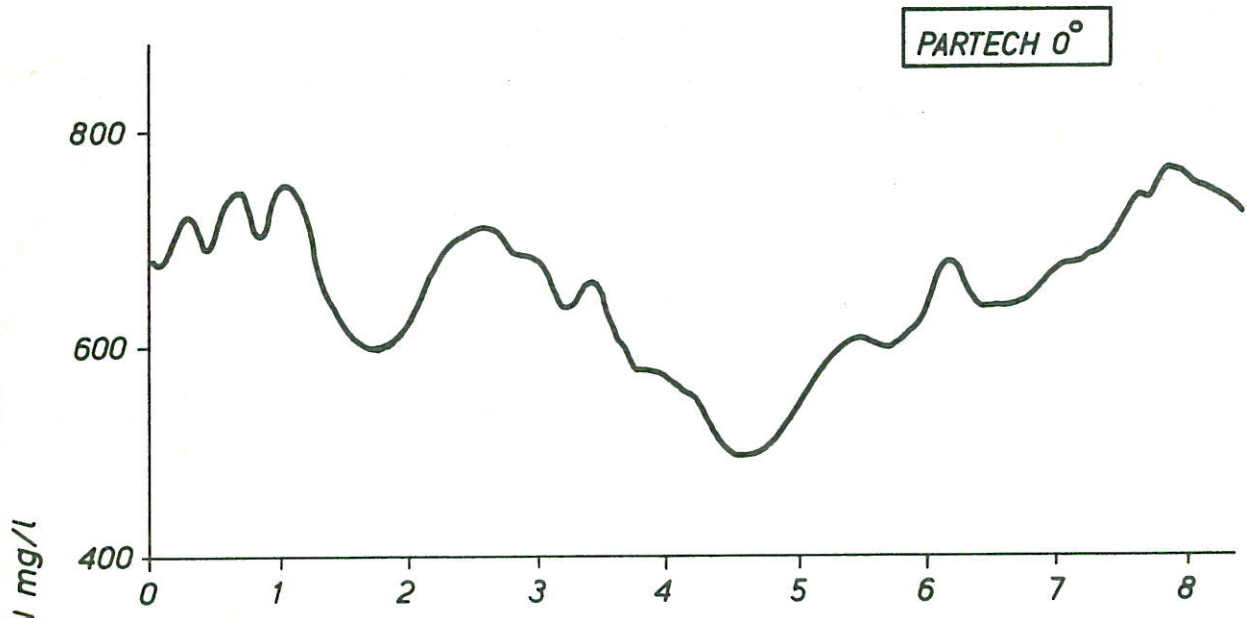


TEST PARTECH TROEBELHEIDSMETER TUDENS ORBITAAL-
BEWEGING.

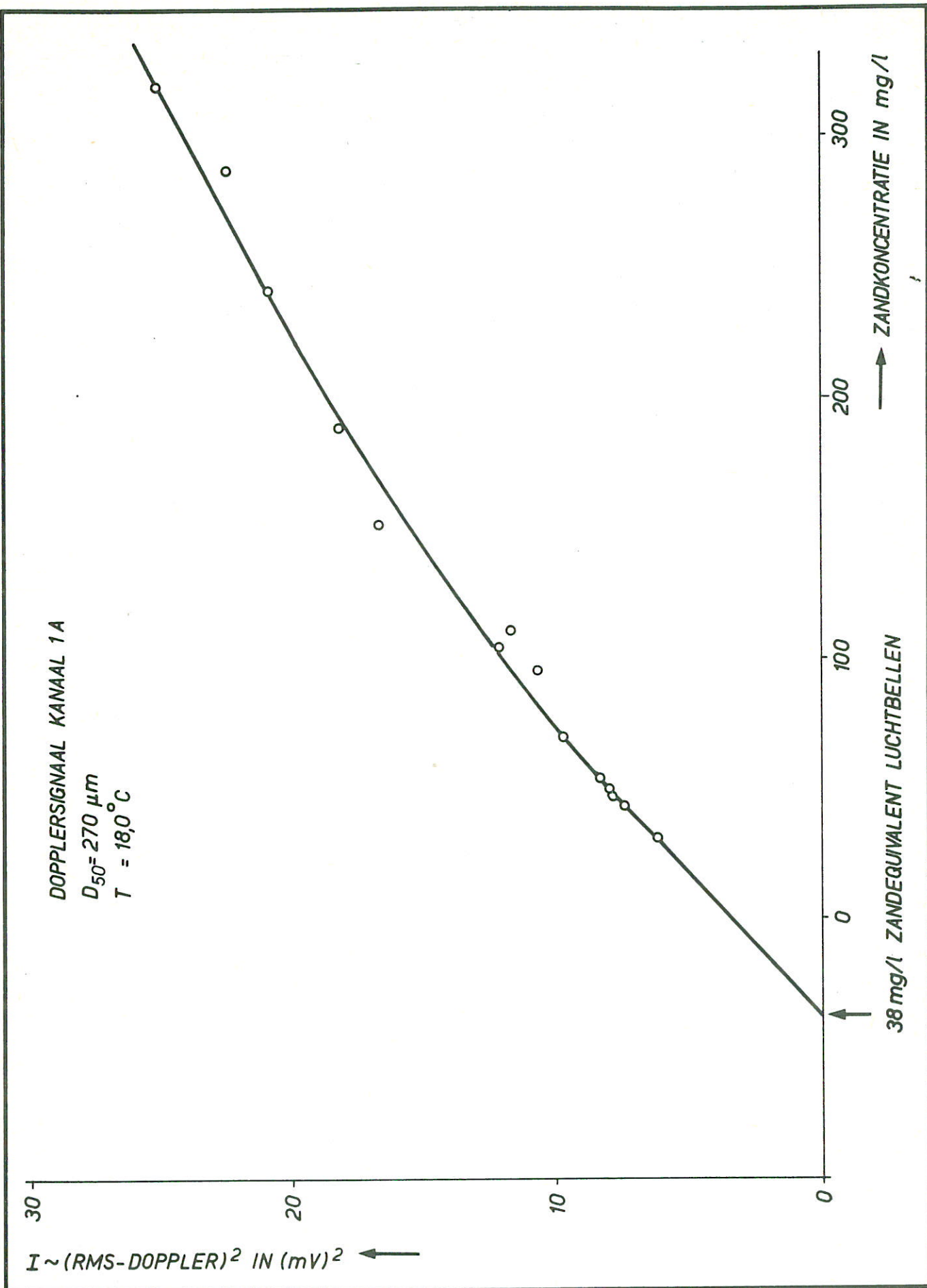
$V_{goot} = 1 \text{ m/s}$; $D_{50} \text{ ZAND} = 100 \mu\text{m}$

WK

A4

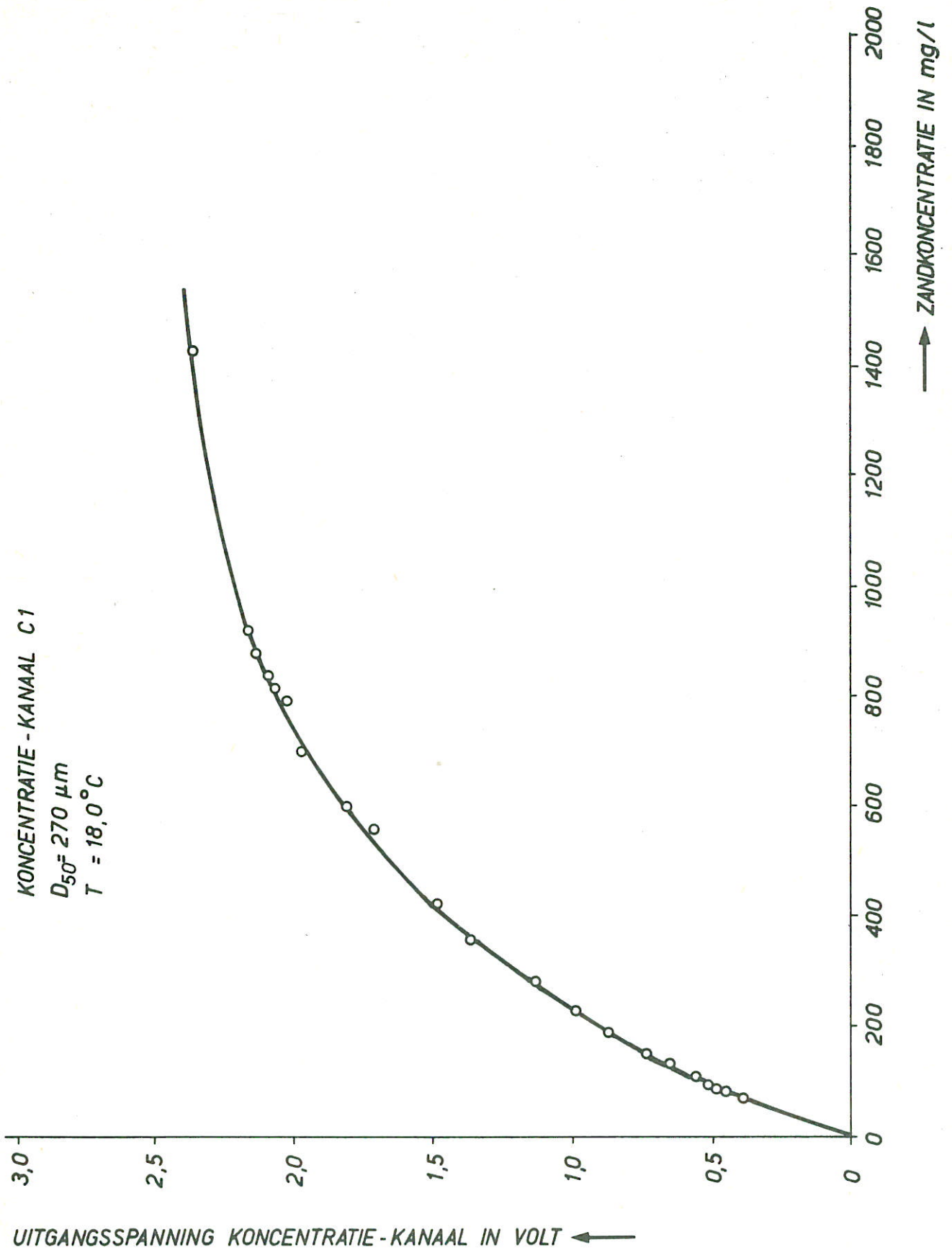


TEST PARTECH TROEBELHEIDSMETER TIJDENS ORBITAAL - BEWEGING $V_{goot} = 1 \text{ m/s}$; $D_{50} \text{ ZAND} = 100 \mu\text{m}$		WK
		A4
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM	M.1746 - 1005	FIG. 5



KORRECTIE ZANDKONCENTRATIE DOOR AANWEZIGHEID VAN LUCHTBELLEN IN HET WATER		WK
		A4
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM	M.1746-1006	FIG. 6

KONCENTRATIE - KANAAL C1
 $D_{50} = 270 \mu\text{m}$
 $T = 18,0^\circ\text{C}$



INTENSITEIT VERSTROOIDE GELUID ALS FUNKTIE
 VAN DE ZANDKONCENTRATIE

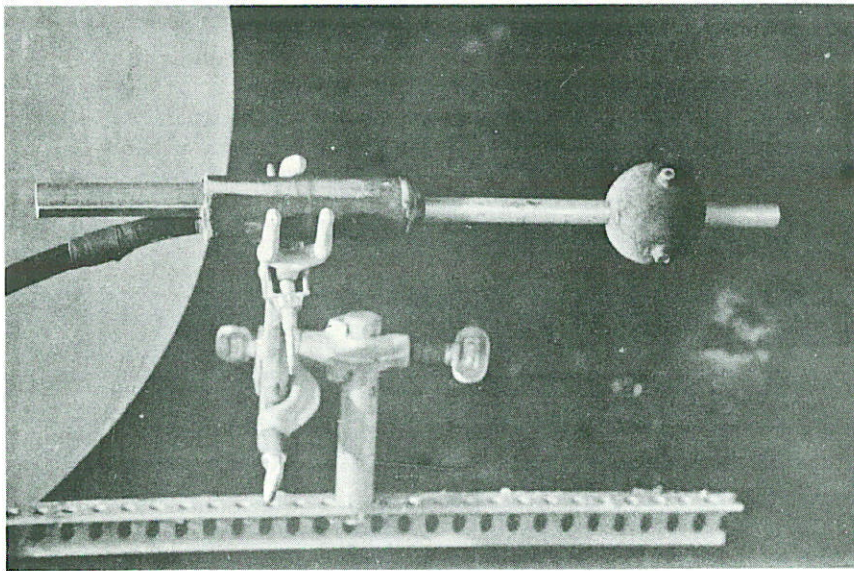
WK

A4

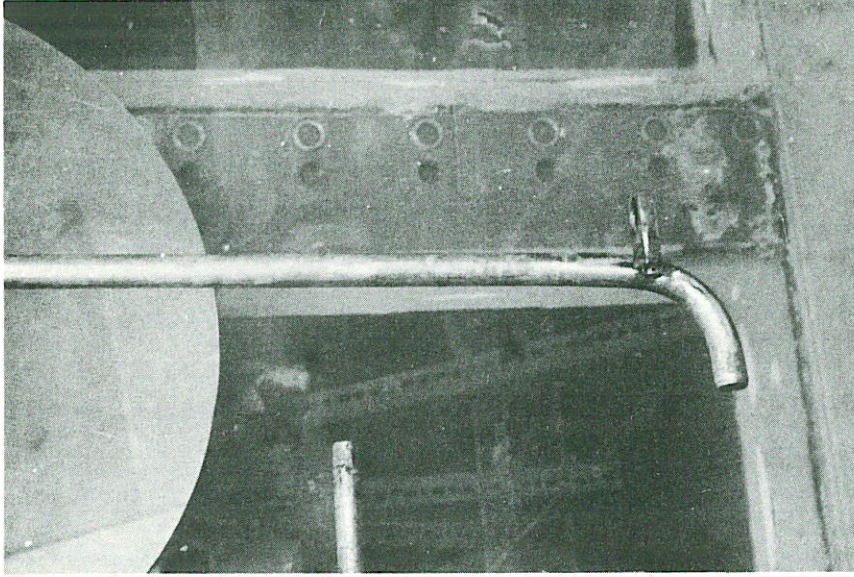
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M.1746 - 1007

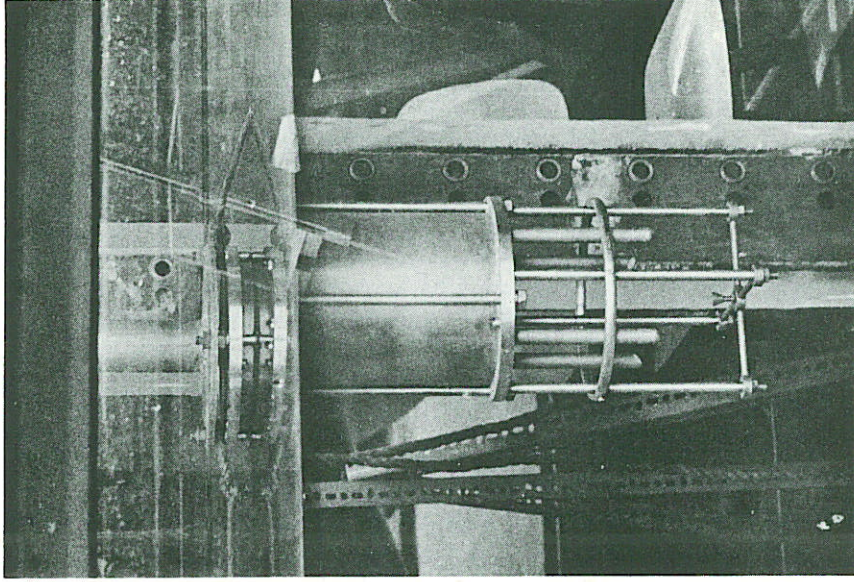
FIG. 7



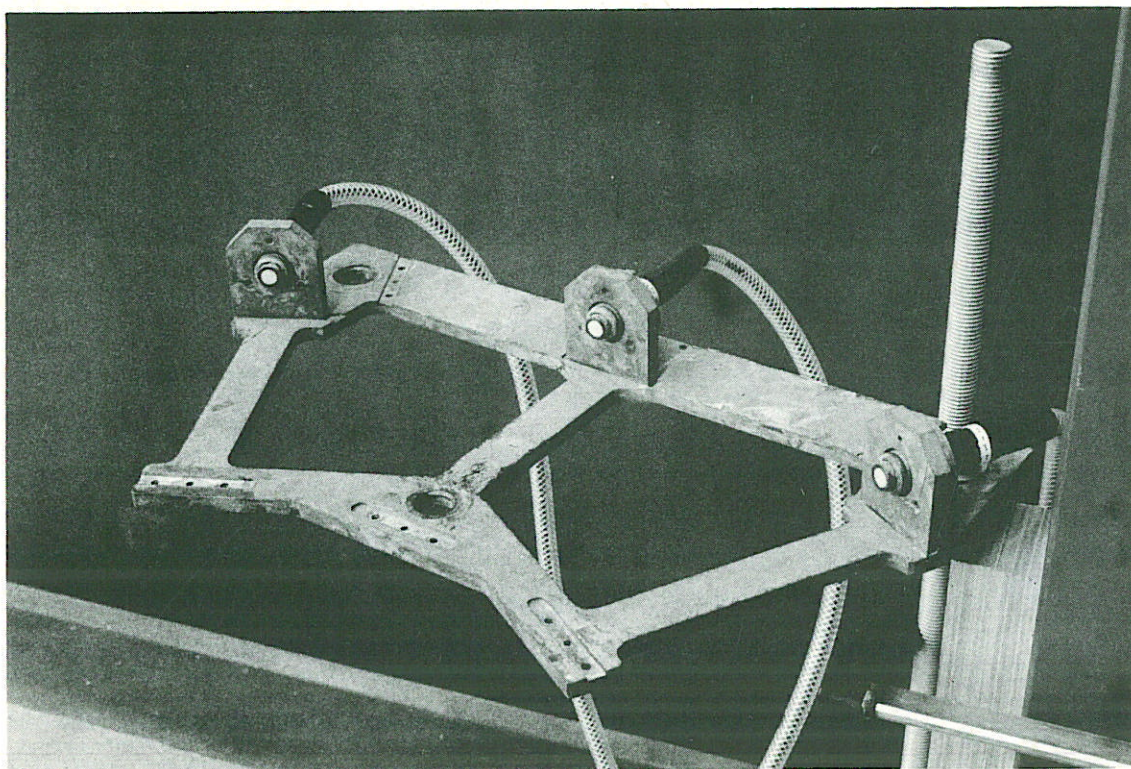
De Marsh-Mc-Birney elektromag-
netische snelheidsmeter



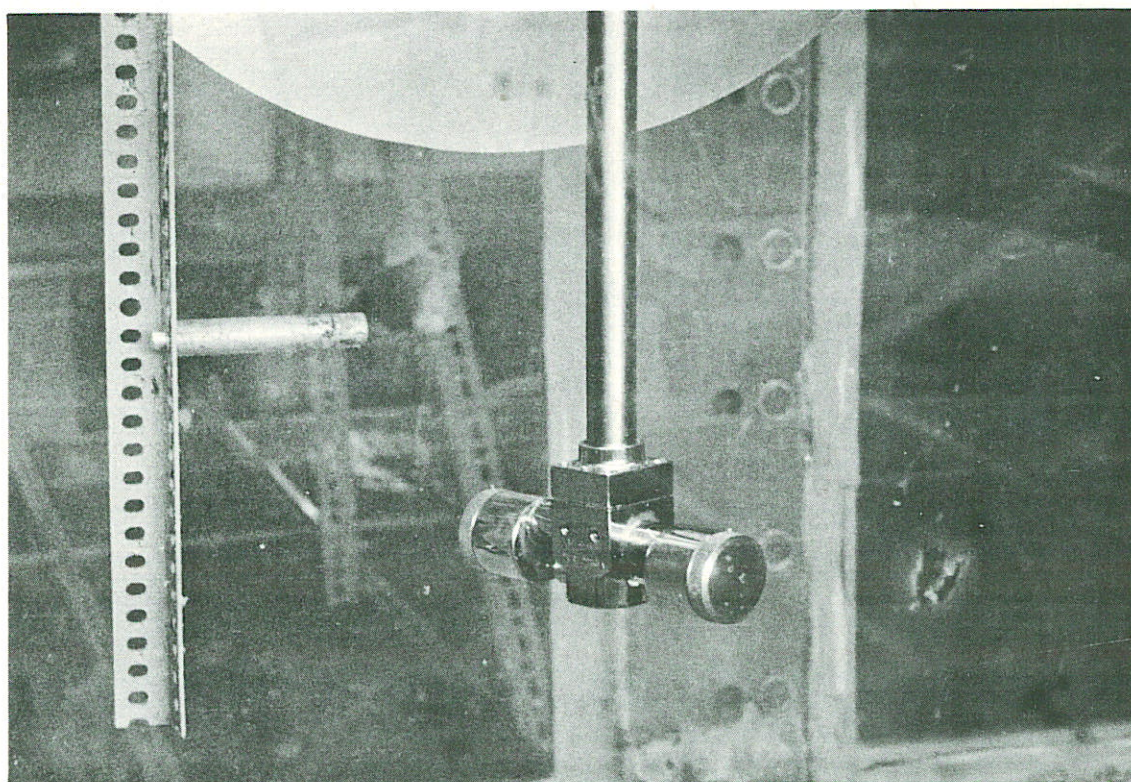
Het isokinetisch aanzuigsysteem



De Simrad akoestische snelheids-
meter



De 2-dimensionale akoestische zandtransportmeter



De Partech troebelheidsmeter

p.o. box 177

2600 mh delft

the netherlands