

waterloopkundig laboratorium delft hydraulics laboratory

stormvloedkering Oosterschelde
berekening aanzanding cunetten

sedimenttransportmetingen in de Oosterschelde
door het H.R.S. Wallingford Engeland en de
Deltadienst Zierikzee

nota IV

R 1267

april 1978

INHOUD

	blz.
<u>1</u> <u>Inleiding</u>	1
<u>2</u> <u>Beschrijving van de meetapparatuur</u>	2
2.1 H.R.S. Wallingford.....	2
2.2 Deltadienst Zierikzee.....	3
<u>3</u> <u>Vergelijkende metingen</u>	4
3.1 Vaste meetopstelling (bodemstatief).....	4
3.2 Koncentratievertikalen.....	5
<u>4</u> <u>Konklusies</u>	6

FIGUREN

- 1 Filtreerapparatuur H.R.S. Wallingford
- 2 Hydro-cycloon H.R.S. Wallingford
- 3 Koncentratieverloop op 0,36 m boven het bed (overloop van Zierikzee-Roompot)
- 4 Koncentratieverloop op 0,56 m boven het bed (Roompot)
- 5 Koncentratieverloop op 0,36 m boven het bed (Hammen)
- 6 Koncentratievertikalen (Hammen)

FOTO'S

- 1 Meetschip Orisant in de Oosterschelde
- 2 Bodemstatief met in verticale richting beweegbare zuigbuis en snelheidsmolens (H.R.S. Wallingford)
- 3 Bodemstatief
- 4 Bedieningskast van het bodemstatief
- 5 Filtreerapparatuur van H.R.S. Wallingford (kraan, filtreerdoek en volumemeter)
- 6 Filtreerdoek (40 μm) met het gevangen sediment
- 7 Meetapparatuur van H.R.S. Wallingford voor sedimentconcentraties in de vertikaal (zuigbuis, snelheidsmolen en echolood in ballastgewicht)
- 8 Zuigbuis ($D_i = 1,1 \text{ cm}$)
- 9 Meetapparatuur van de Deltadienst Zierikzee voor sedimentconcentraties in de vertikaal (pomp en ballastgewicht)
- 10 Inlaatopeningen van de pomp
- 11 Filtreerapparatuur van de Deltadienst Zierikzee (filtreerdoek 100 μm)
- 12 Maatglas voor de bepaling van het volume van het gevangen sediment

SEDIMENTTRANSPORTMETINGEN IN DE OOSTERSCHELDE DOOR HET H.R.S. WALLINGFORD
ENGELAND EN DE DELTADIENST ZIERIKZEE

1 Inleiding

Op uitnodiging van de Deltadienst Zierikzee van Rijkswaterstaat en het Waterloopkundig Laboratorium heeft het H.R.S. Wallingford op 7, 8 en 9 maart 1978 een demonstratie gegeven van moderne apparatuur voor het meten van sedimenttransport. In de eerste plaats bood dit de gelegenheid de aanpak en ervaring (ca. 5 jaar) van het H.R.S. Wallingford op dit terrein van nabij mee te maken. Tevens was het de bedoeling om de nauwkeuriheid en de betrouwbaarheid van de meetapparatuur van de Deltadienst Zierikzee door het uitvoeren van vergelijkende metingen vast te stellen. Deze metingen bestonden uit het bemonsteren van water en sedimentmengsels in een aantal punten op gelijke afstanden boven het bed. Deze nota, die werd samengesteld door Ir. L.C. van Rijn, omvat een beschrijving van de gebruikte apparatuur en de meetresultaten.

2 Beschrijving van de meetapparatuur

2.1 H.R.S. Wallingford

De gebruikte apparatuur omvatte:

- bodemstatief met een in verticale richting beweegbare zuigbuis ($D_1 = 1,6$ cm) en 2 snelheidsmolens voor het bepalen van sedimentconcentraties en stroomsnelheden tot zeer dicht (5 cm) bij het bed (zie foto 2, 3 en 4)
- ballastlichaam met een zuigbuis ($D_1 = 1,1$ cm), snelheidsmolen en echolood voor het bepalen van sedimentconcentraties en stroomsnelheden op willekeurige afstanden boven het bed (zie foto 7 en 8)
- apparatuur voor het scheiden van water en sediment: hydro-cycloon en filters (zie figuur 1 en 2, foto 5 en 6)

Het bemonsteren van water en sediment geschiedt met behulp van een pomp die zich meestal boven water (aan boord) bevindt. Alleen bij zeer grote diepte (> 20 m) en/of slanglengte (> 50 m) wordt de pomp enkele meters onder het wateroppervlak gehangen. De pompcapaciteit bedraagt ca. 10 liter per minuut. De stroomsnelheid in de slang moet altijd groter dan 1 m/s (ervaring) zijn teneinde bezinking van sediment te voorkomen.

Voor het scheiden van het water en sediment wordt zowel van een hydro-cycloon (zie figuur 2) als van filtreerapparatuur (filtreerdoek ca. 40 μ m) gebruik gemaakt. Voor relatief fijn zand is de hydro-cycloon evenwel te onnauwkeurig. Het bemonsteringsvolume wordt vastgesteld met behulp van een volumemeter (zie figuur 1 en foto 5 en 6).

In slib-achtig milieu (hoge concentraties) kan het filtreersysteem over het algemeen niet worden gebruikt (dichtslaan). In dat geval wordt overgegaan op het vullen van literflessen, waarvan de concentratiebepaling en sedimentanalyse in het laboratorium plaats vindt.

Het bodemstatief en het ballastlichaam worden altijd in combinatie met elkaar toegepast, waardoor maximale informatie wordt verkregen zowel dichtbij de bodem (grote gradiënten) als hoger in de vertikaal. Hier staat evenwel tegenover, dat het werken met het bodemstatief veel handigheid en ervaring vereist. Bovendien is het systeem vrij kwetsbaar (bewegingsinrichting) en kan het door de stroom of het meetschip worden omgetrokken.

Ten aanzien van het ballastlichaam met de zuigbuis en snelheidsmolen moet nog worden opgemerkt, dat de plaatsing van de zuigbuis achter de snelheidsmolen (foto 7 en 8) minder gelukkig lijkt. Bovendien is de oriëntatie van de zuigbuis ten opzichte van stroomrichting volledig onbekend als gevolg van een scharnierende bevestiging van de zuigbuis met de slang aan de hijskabel. De afstand tot het bed wordt bepaald met een eenvoudig echolood (nauwkeurigheid ca. 0,25 à 0,5 m).

2.2 Deltadienst Zierikzee

De gebruikte apparatuur bestond uit:

- draaglichaam met onderwaterpomp (zie foto 9 en 10)
- filtreerapparatuur (filtreerdoek ca. 100 μm , zie foto 11)

De pompinlaat wordt gevormd door ca. 25 rechthoekige gaatjes (oppervlak ca. 3,5 cm^2). Bij een pompcapaciteit van ca. 10 liter per minuut resulteert dit in een aanzuigsnelheid van ca. 0,5 m/s, wat enigszins aan de lage kant is. De opstelling van de pomp in het draaglichaam is zodanig dat de pompinlaat zich binnen de invloedssfeer (wervelgebied) van het draaglichaam bevindt, waardoor geen representatieve bemonstering mogelijk lijkt. De bemonsterde hoeveelheid water wordt bepaald via de bemonsteringstijd en de pompcapaciteit. De pompcapaciteit volgt uit de tijd benodigd voor het vullen van een emmer van 10 liter (voor en na de eigenlijke meting). De scheiding van water en sediment vindt plaats met behulp van filtreerdoek (ca. 100 μm), waarna de hoeveelheid gevangen sediment in een maatglas wordt gespoeld en afgelezen (foto 12).

Het hoeft weinig betoog dat dit meetsysteem bewerkelijk is, terwijl bovendien de kans op fouten en onnauwkeurigheden relatief groot is. Bovendien is door de bewerkelijkheid van elke afzonderlijke meting een intensieve bemonstering (veel meetpunten) erg moeilijk.

3 Vergelijkende metingen

Het was de bedoeling de metingen bovenstrooms van het proefcunet in de Schaar van Roggeplaat uit te voeren. Door de slechte weersomstandigheden kon dit echter niet worden gerealiseerd en moest worden uitgeweken naar een meer beschutte plaats met geringe diepte en relatief lage stroomsnelheden. Het eigenlijke meetgebied lag in het gedeelte van de Hammen tussen Schelphoek en de aansluiting op de Roompot. De metingen bestonden uit:

- het bepalen van de sedimentconcentraties op 0,36 m en 0,56 m boven het bed met behulp van een vaste meetopstelling (bodemstatief)
- het meten van sedimentconcentraties op 1,0 m; 2,0 m; 4,0 m en 7,0 m boven het bed
- het meten van stroomsnelheden vanaf een tweede meetschip
- het nemen van bodemonsters

3.1 Vaste meetopstelling (bodemstatief)

De eerste meting op 7 maart omvatte een vergelijking van beide meetsystemen op een vaste afstand boven het bed tijdens de ebstroom. Daartoe werd het draaglichaam met de onderwaterpomp van de Deltadienst Zierikzee op het bed gezet. De pompinlaat bevond zich ca. 0,36 m boven het bed. De zuigbuis van het bodemstatief van H.R.S. Wallingford werd op dezelfde hoogte ingesteld. De horizontale afstand bedroeg ca. 9 meter. De lokale waterdiepte was ongeveer 8 meter. Tijdens deze meting werden geen stroomsnelheidsmetingen uitgevoerd.

Bij elke concentratiemeting werd ca. 50 liter water afgezogen. Met de apparatuur van Wallingford was hier ca. 2,5 minuut voor nodig (aanzuigsnelheid ca. 1,65 m/s), met de apparatuur van Zierikzee ca. 5 minuten (aanzuigsnelheid ca. 0,5 m/s). Het filtreren vond plaats met een filter van 100 μ m. De concentraties werden omgerekend naar p.p.m. waarbij een porositeit van ca. 40% is verondersteld.

De resultaten van beide meetsystemen zijn weergegeven in figuur 3. Hieruit blijkt dat de apparatuur van Zierikzee vrijwel over de gehele meetperiode aanzienlijk hogere concentraties heeft gemeten ondanks de geringere aanzuigsnelheid. Mogelijke oorzaken hiervoor zijn: het verschil in positie van beide opstellingen en de plaatsing van de pomp binnen de invloedssfeer van het draaglichaam bij de apparatuur van Zierikzee, waardoor mogelijk extra bedmateriaal wordt opgewerveld en aangezogen. Deze laatste mogelijkheid was aanleiding om de meetopstelling van Zierikzee te wijzigen en gebruik te maken van een ander bodemstatief zonder de

genoemde problemen. Met deze apparatuur werd de meting op 9 maart tijdens de ebstroom herhaald. Hierbij bevonden de zuigbuis van Wallingford en de pompinlaat van Zierikzee zich op ca. 0,56 m boven het bed. De horizontale afstand bedroeg weer ca. 9 meter. De lokale waterdiepte was ongeveer 12 meter. De meetresultaten zijn weergegeven in figuur 4. Hieruit blijkt een aanzienlijk betere overeenstemming tussen de beide meetsystemen. De enigszins hogere concentraties van Wallingford kunnen worden verklaard uit het gebruik van een filter met een kleinere maaswijdte ($40 \mu\text{m}$), waardoor ook de fraktie van $40-100 \mu\text{m}$ wordt gevangen. In figuur 4 is ook nog het verloop in de tijd van de D_{10} , D_{50} en D_{90} van het gevangen sediment (Wallingford) weergegeven.

Op 9 maart werd ook nog een vergelijking gemaakt tussen het bodemstatief van Wallingford en het draaglichaam van Zierikzee met de pompinlaat weer op 0,36 m. boven het bed. Evenals bij de eerste meting op 7 maart werd ook nu weer door de apparatuur van Zierikzee de hoogste concentratie gevonden (zie figuur 5). Uit deze metingen kan worden gekonkludeerd, dat de meetapparatuur van Zierikzee te hoge concentraties geeft bij plaatsing van het draaglichaam op het bed. Mogelijke oorzaak hiervoor is de ongunstige positie van de pompinlaat binnen de invloedssfeer van het draaglichaam. Dit kan wellicht op eenvoudige wijze worden verholpen door het aanbrengen van een tuit op de pomp.

3.2 Koncentratievertikalen

Tenslotte werden op 9 maart bij de vloedstroom nog een aantal metingen op 1,0 m; 2,0 m; 4,0 m en 7,0 m boven het bed uitgevoerd. De concentratievertikalen, bepaald met behulp van deze metingen, zijn weergegeven in figuur 6. Hierin zijn tevens de gemeten snelheidsvertikalen weergegeven. Uit de figuur blijkt, dat de apparatuur van Wallingford enigszins hogere concentraties geeft. Verder moet worden opgemerkt dat de bijdrage van de fraktie van $40-100 \mu\text{m}$ in de concentraties relatief groot is. Deze fraktie mag dan ook zeker niet worden verwaarloosd. Dit houdt in dat bij de scheiding van water en sediment een filter van ca. $50 \mu\text{m}$ moet worden gebruikt. In figuur 6 is ook nog het verloop in de vertikaal van de D_{10} , D_{50} en D_{90} van het gevangen sediment (door H.R.S. Wallingford) weergegeven. Zoals mag worden verwacht, neemt de korreldiameter van het gesuspendeerde sediment af met toenemende afstand boven het bed. Het bedmateriaal ter plaatse had een D_{10} van $125 \mu\text{m}$, een D_{50} van $165 \mu\text{m}$ en een D_{90} van $210 \mu\text{m}$.

4 Konklusies

Voor het meten van concentratievertikalen en sedimenttransporten in getij-omstandigheden moet een meetmethode worden gebruikt waarmee enerzijds een intensieve bemonstering (veel meetpunten) mogelijk is en anderzijds per meetpunt voldoende materiaal kan worden verzameld van een nauwkeurige (veel materiaal) en betrouwbare (tijdsgemiddelde) concentratiebepaling en sedimentanalyse. Moderne apparatuur op dit gebied zal moeten bestaan uit de volgende componenten: draaglichaam, pomp met zuigbuis en slang, snelheidsmolen, plaatsbepalingssysteem, apparatuur voor de scheiding van water en sediment, volumemeter.

draaglichaam

- ballastgewicht met kompakte bouw (laag zwaartepunt) en een goede hydrodynamische vormgeving (slank)
- voorzien van een slede voor plaatsing op het bed

snelheidsmolen

- betrouwbare werking in een milieu met hoge sedimentconcentraties

plaatsbepalingssysteem

- mechanische teller (afstand altijd ten opzichte van het bed meten)
- echolood met een nauwkeurigheid van 0,1 m

pomp

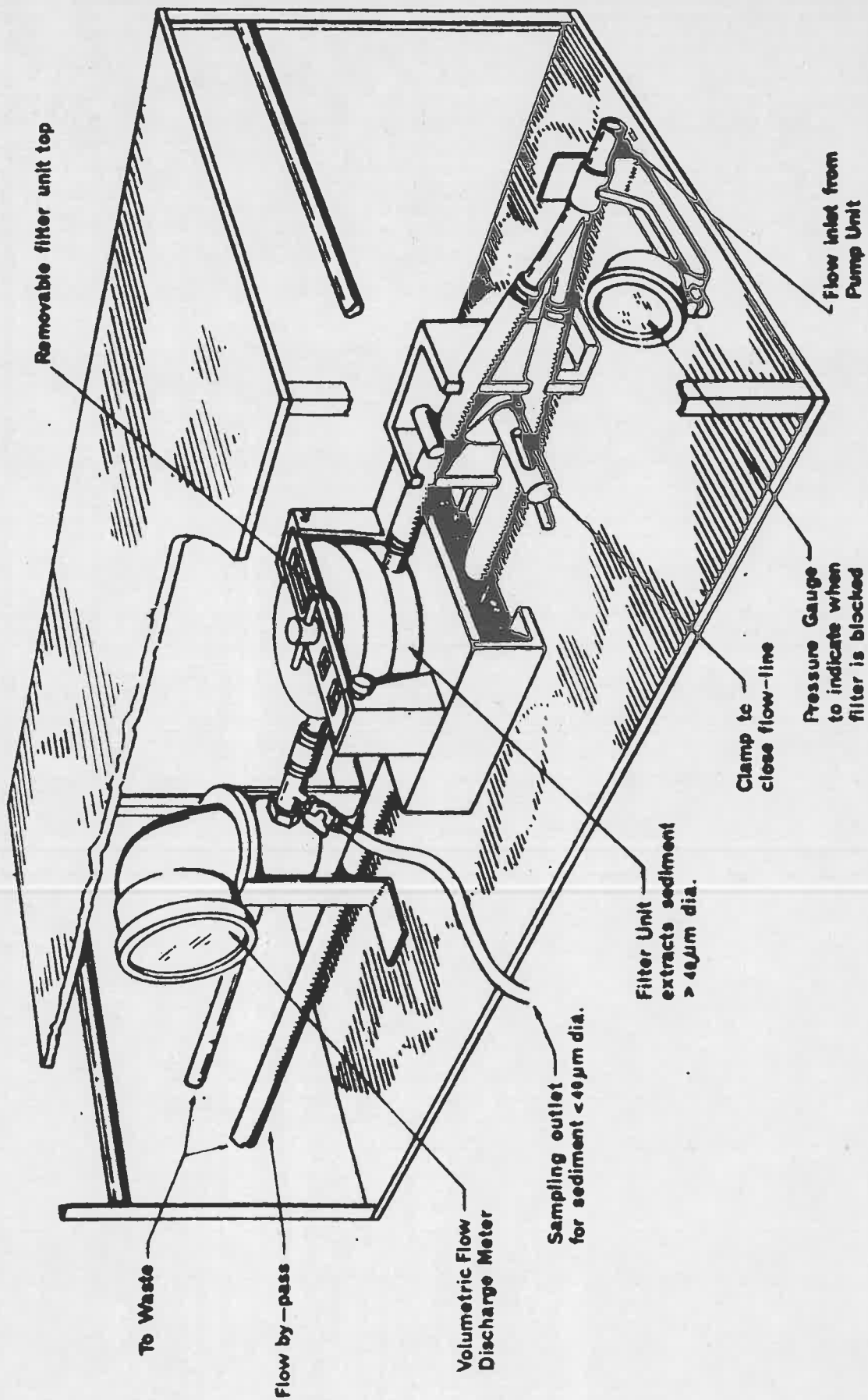
- grote capaciteit in verband met intensieve bemonstering en het filtreren van water en sediment met een fijn filter (ca. 50 μm)
- voldoende stroomsnelheid ($> 1 \text{ m/s}$) in de leiding teneinde bezinking van het sediment te voorkomen
- pompinlaat (zuigbuis, $D_i = 1 \text{ à } 1,5 \text{ cm}$) buiten de invloedssfeer van het draaglichaam
- bovenwaterpomp bij waterdiepte tot ca. 20 meter en/of slanglengte tot ca. 50 meter

apparatuur voor de scheiding van water en sediment

- hydro-cycloon voor relatief grof materiaal
- filtreerapparatuur voor relatief fijn materiaal (zand) met een filter van ca. 50 μm

volumemeter

In getij-omstandigheden wordt een optimale bemonstering verkregen door per vertikaal met 2 pompsystemen te werken. Eén draaglichaam met zuigbuis staat kontinu op het bed, terwijl het tweede in verticale richting op en neer wordt bewogen.

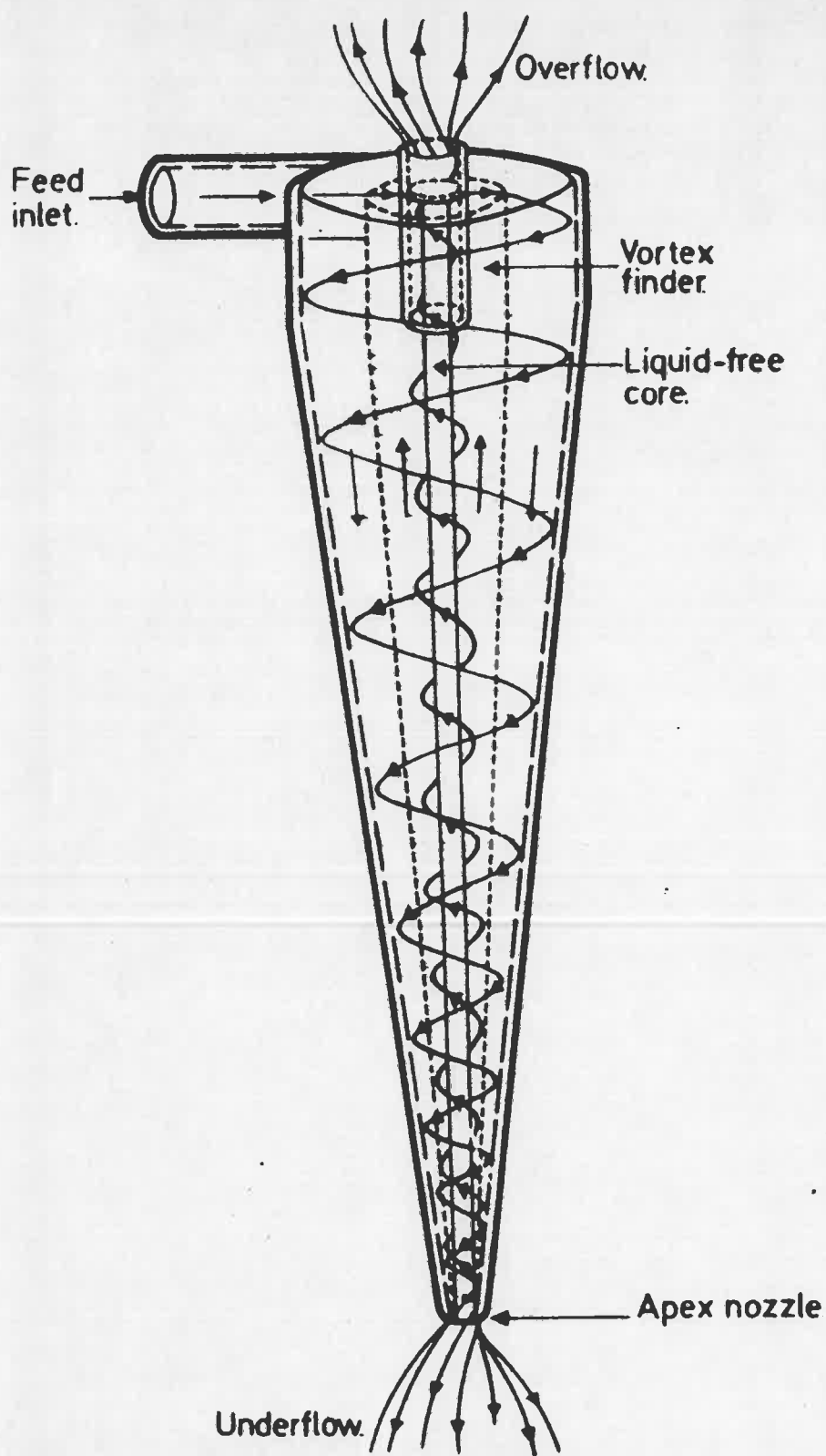


FILTREERAPPARATUUR H.R.S. WALLINGFORD

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 1267

FIG. 1



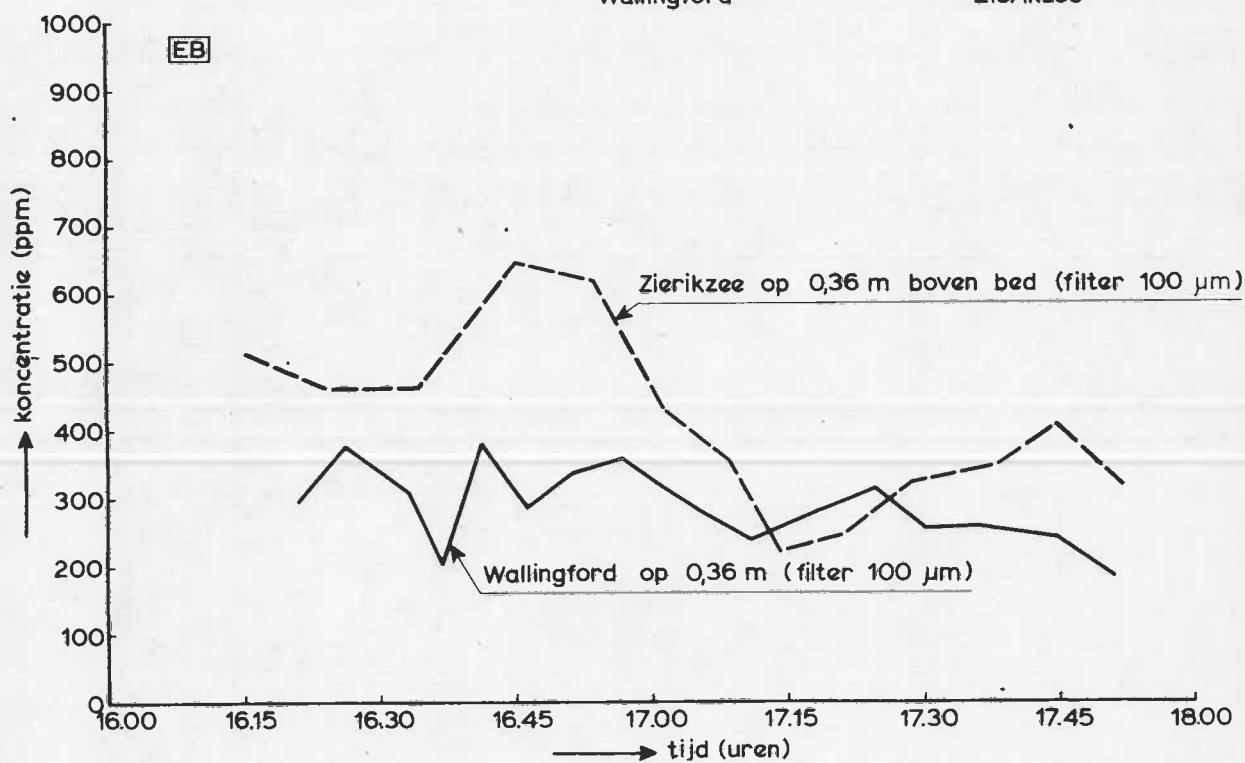
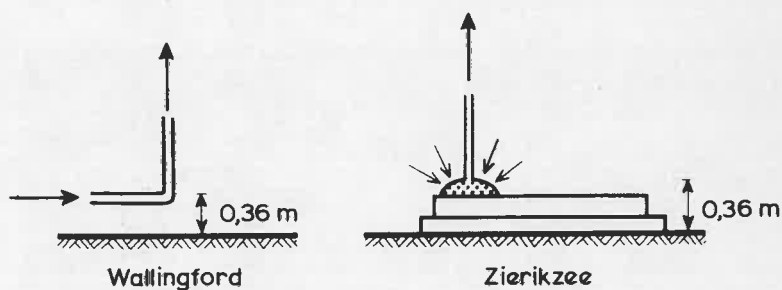
HYDRO - CYCLOON H.R.S. WALLINGFORD

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 1267

FIG. 2

positie : overloop van Zierikzee - Roompot, 7-3-1978
 diepte : ≈ 8 m



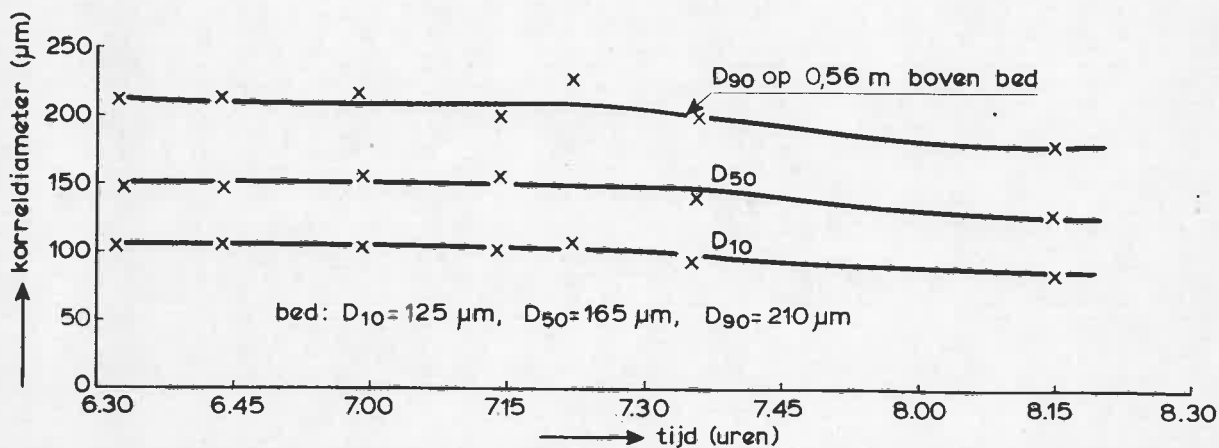
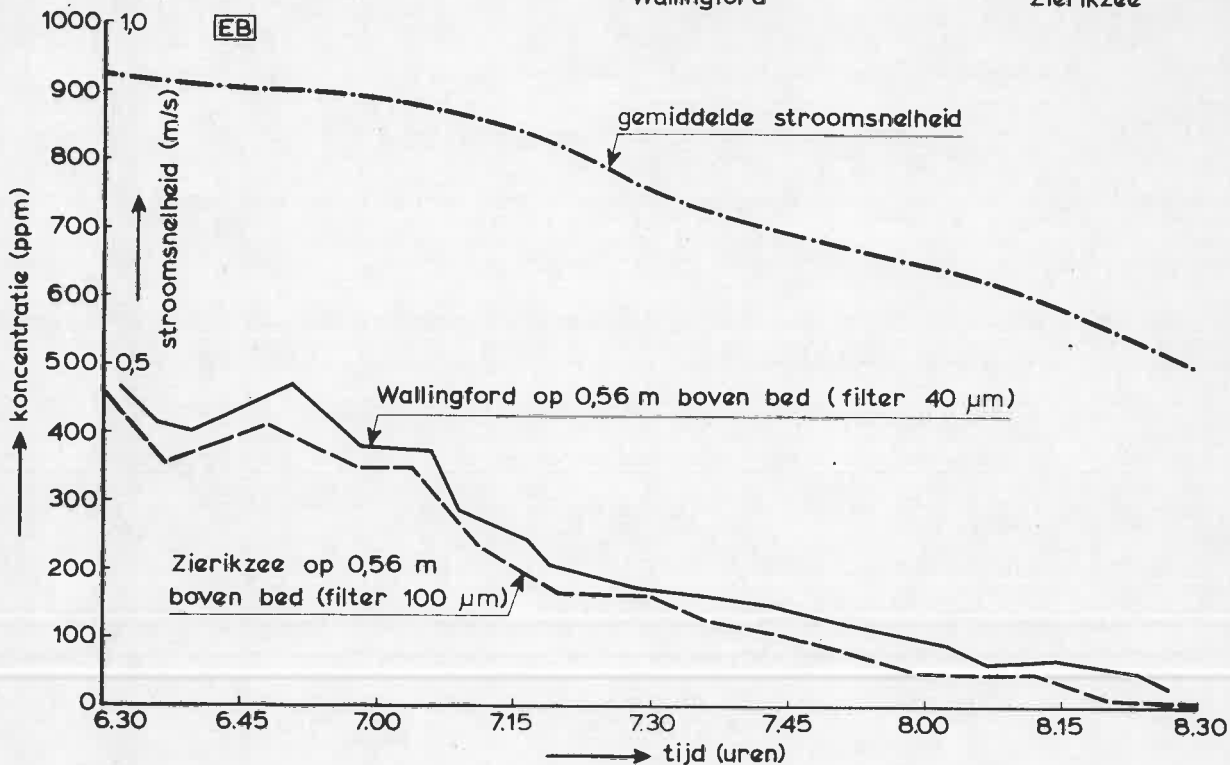
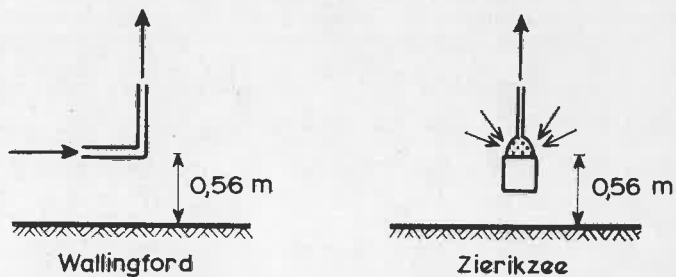
KONCENTRATIEVERLOOP OP 0,36 m BOVEN
 HET BED (OVERLOOP VAN ZIERIKZEE-ROOMPOT)

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 1267

FIG. 3

positie : Roompot, 9-3-1978
 diepte : ≈ 12 m



KONCENTRATIEVERLOOP OP 0,56 m
 BOVEN HET BED (ROOMPOT)

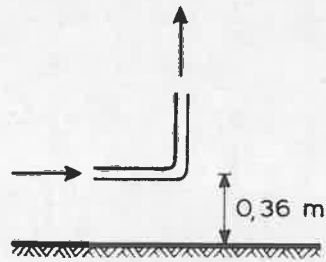
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 1267

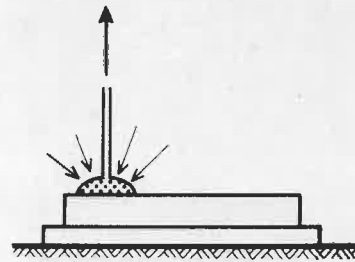
FIG. 4

positie : Hammen, 9-3-1978

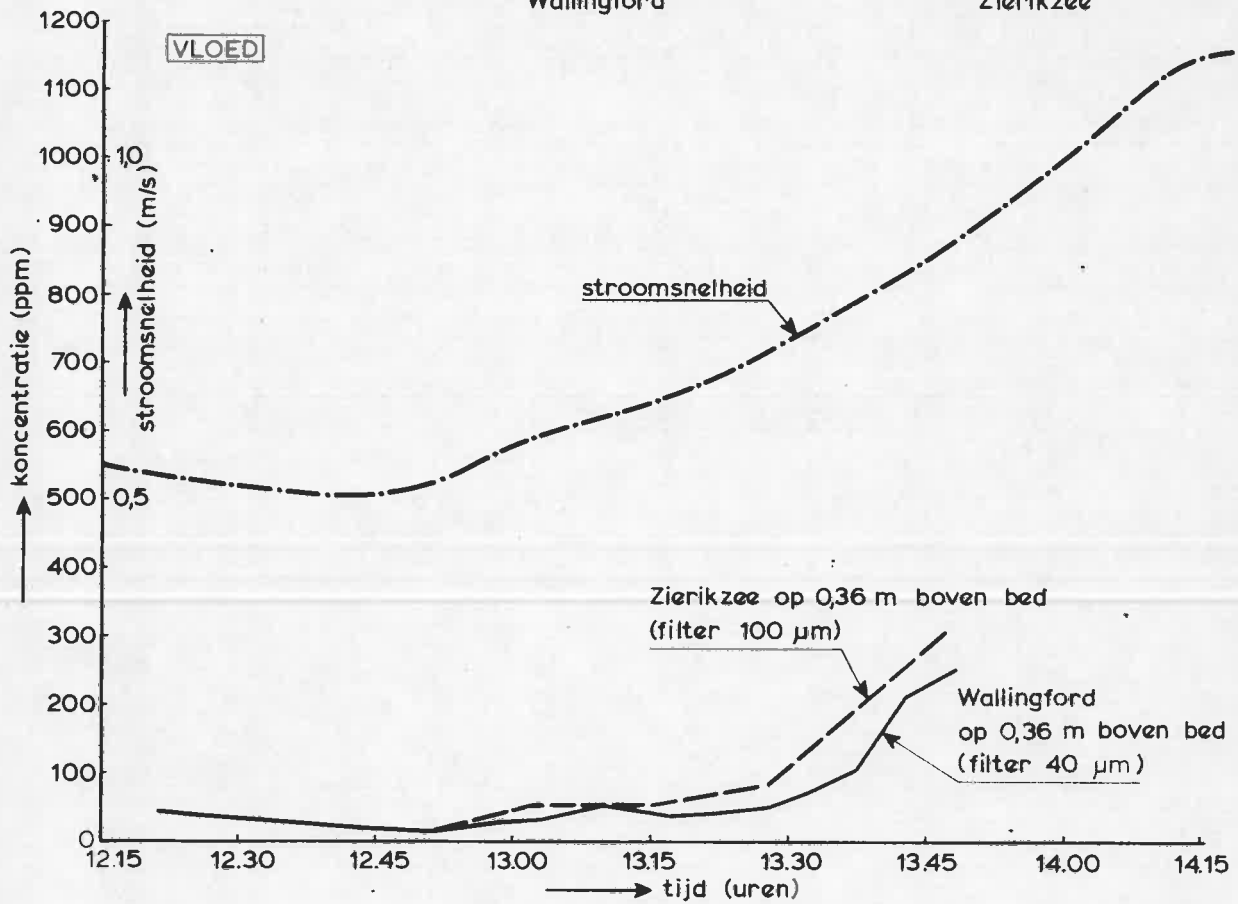
diepte : = 12 m



Wallingford



Zierikzee



KONCENTRATIEVERLOOP OP 0,36 m
BOVEN HET BED (HAMMEN)

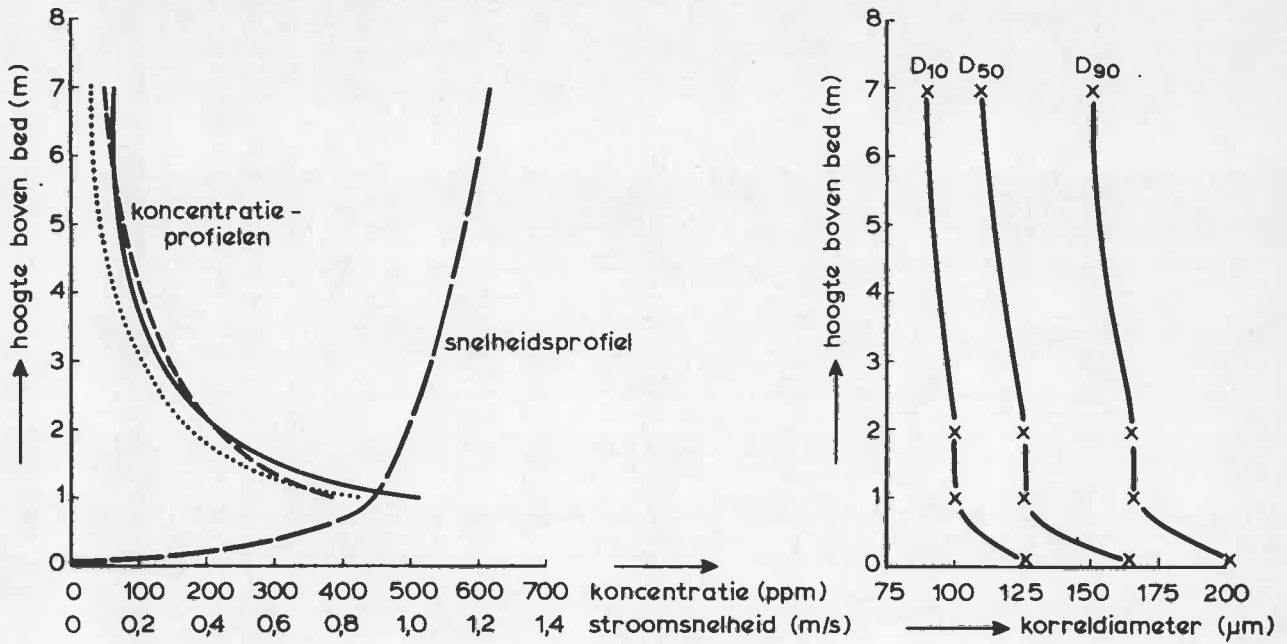
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 1267

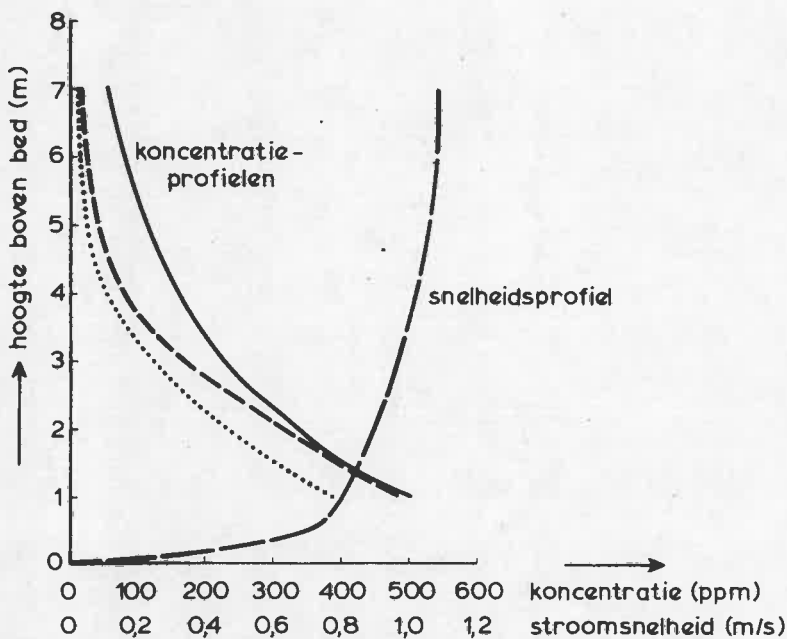
FIG. 5

positie : Hammen, vloed 9-3-1978
 diepte : = 14 m
 tijd : 14.20 uur

— Wallingford (filter 40 μm)
 Wallingford (filter 100 μm)
 - - - Zierikzee (filter 100 μm)



positie : Hammen, vloed 9-3-1978
 diepte : = 14 m
 tijd : 15.00 uur

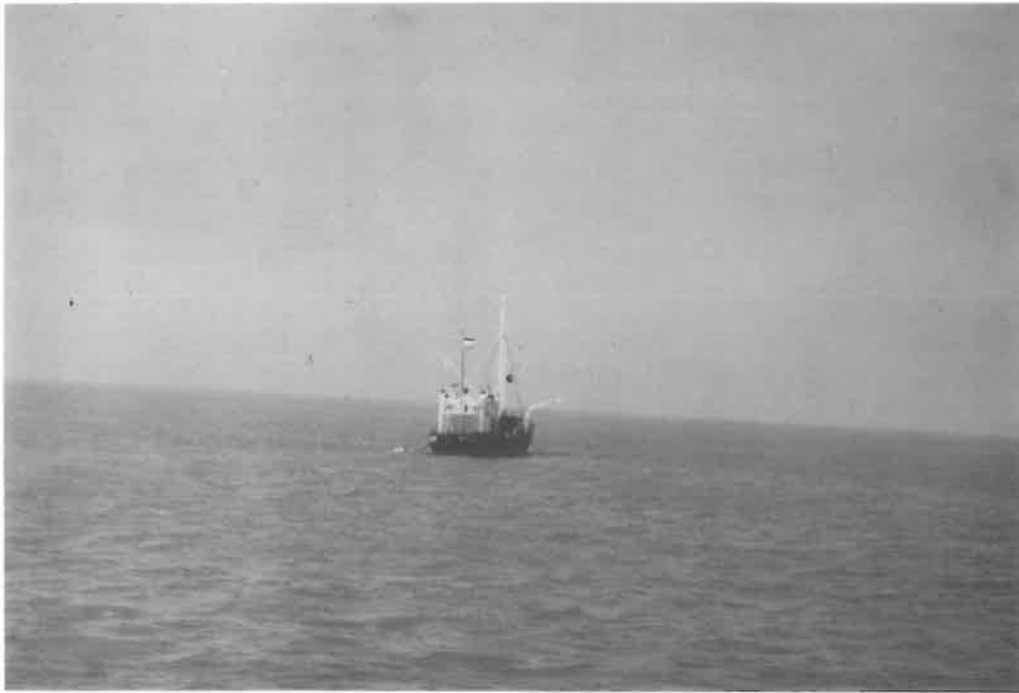


KONCENTRATIEVERTIKALEN (HAMMEN)

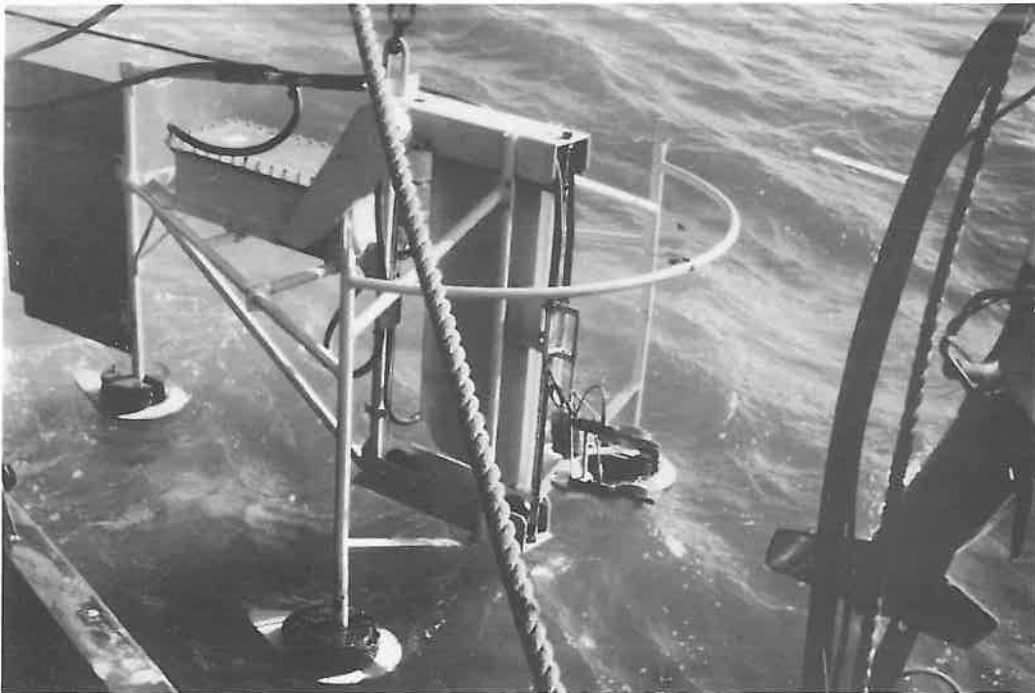
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 1267

FIG. 6



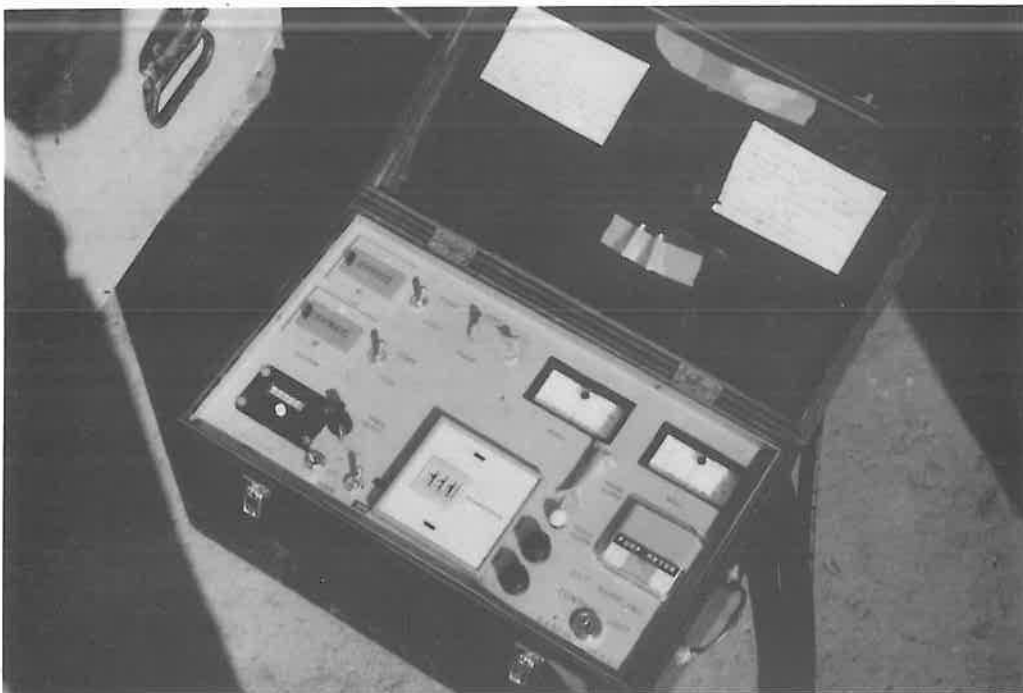
1 Meetschip Orisant in de Oosterschelde



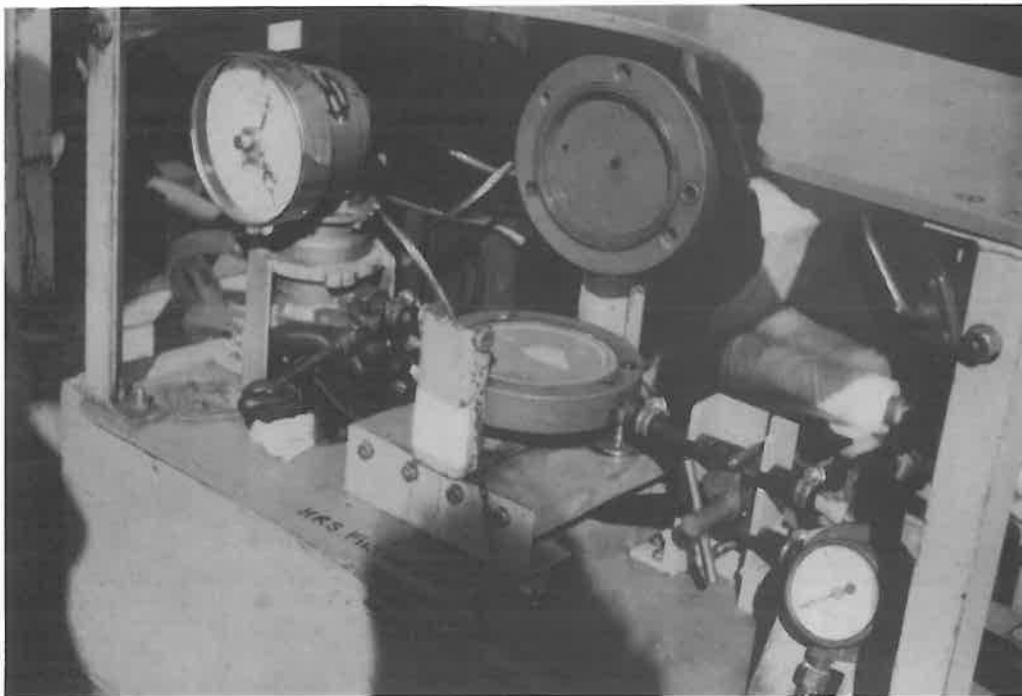
2 Bodemstatief met in verticale richting beweegbare zuigbuis en snelheidsmolens (H.R.S. Wallingford)



3 Bodemstatief



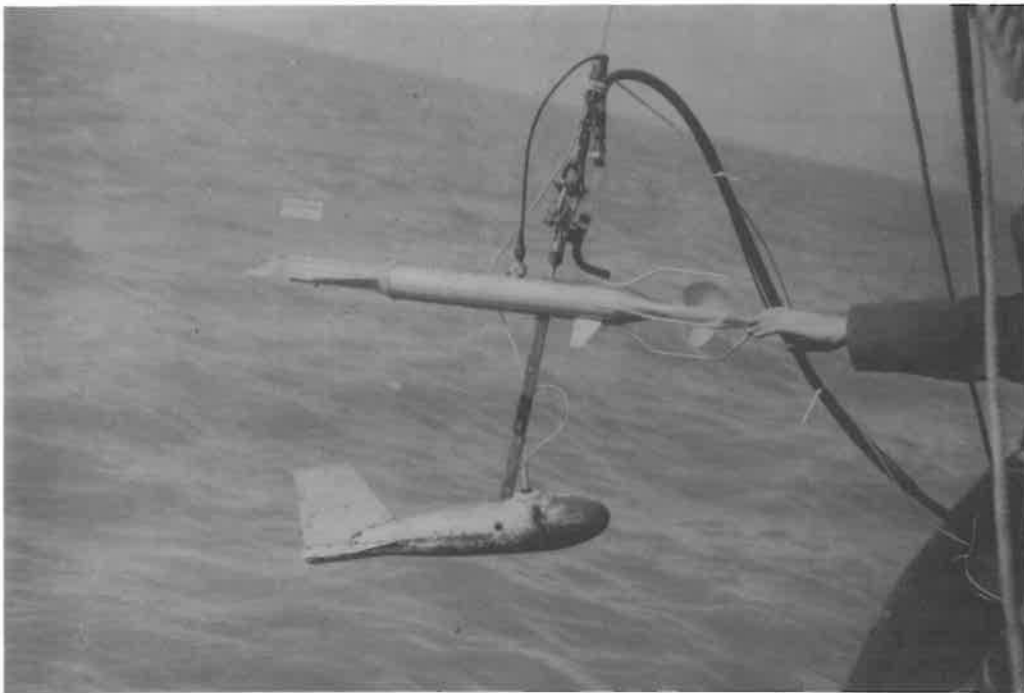
4 Bedieningskast van het bodemstatief



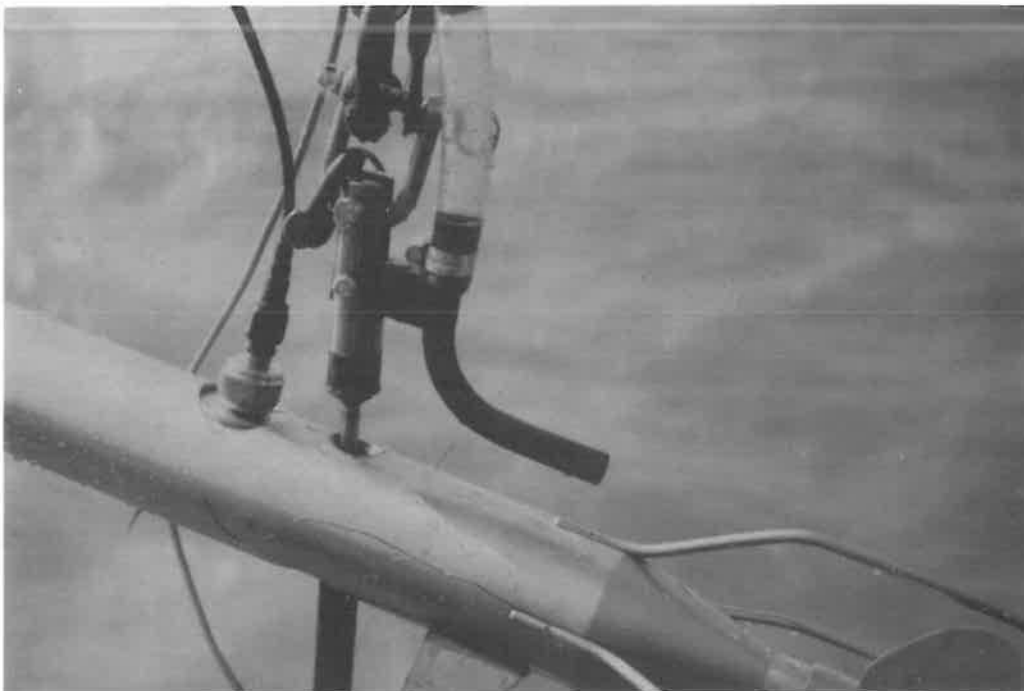
5 Filtrage-apparatuur van H.R.S. Wallingford (kraan, filtreerdoek en volume-meter)



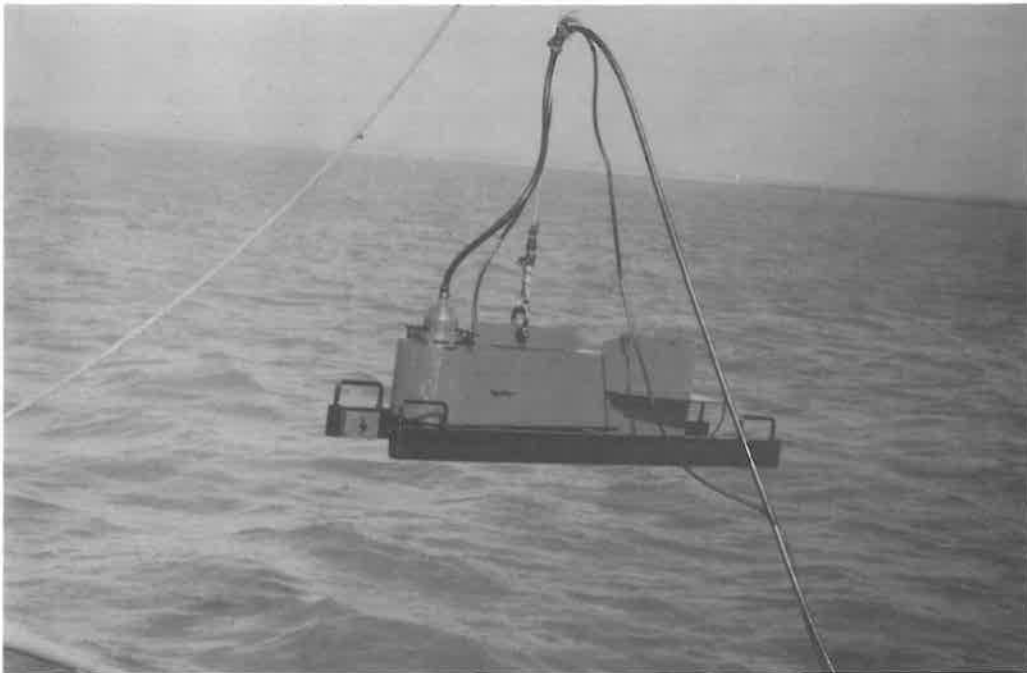
6 Filtreerdoek (40 μm) met het gevangen sediment



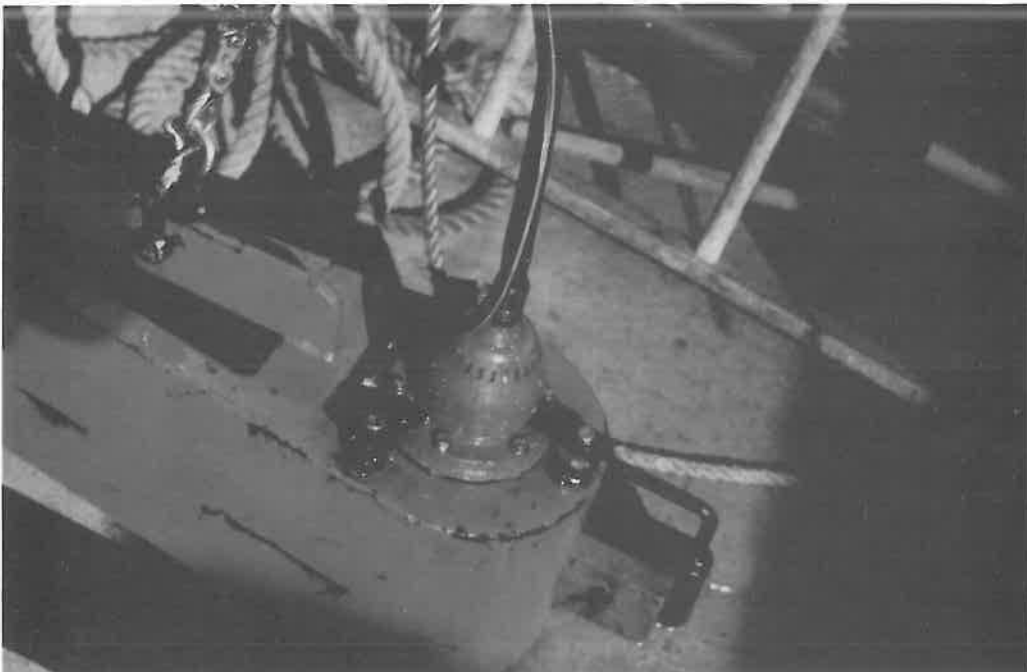
7 Meetapparatuur van H.R.S. Wallingford voor sedimentconcentraties in de vertikaal (zuigbuis, snelheidsmolen en echolood in ballastgewicht)



8 Zuigbuis ($D_i = 1,1$ cm)



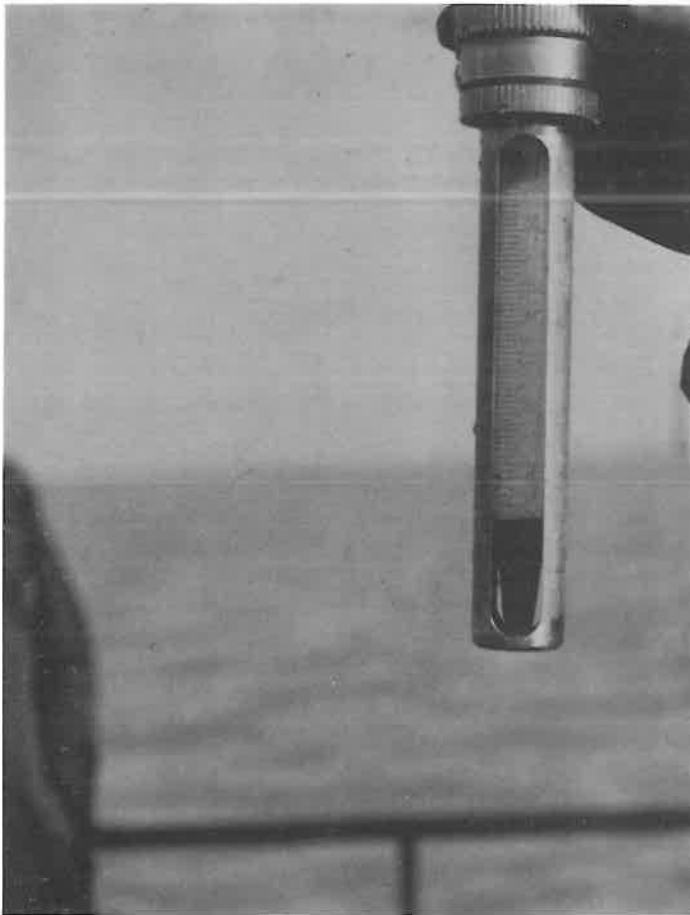
9 Meetapparatuur van de Deltadienst Zierikzee voor sediment-
koncentraties in de vertikaal (pomp en ballastgewicht)



10 Inlaatopeningen van de pomp



11 Filtrage-apparatuur van de Deltadienst Zierikzee (filtreerdoek
100 μm)



12 Maatglas voor de bepaling van het volume van
het gevangen sediment

