

DUWVAART IN KANALEN

DEEL VI

SCHELDE - RIJNVERBINDING; EENDRACHTBOCHT

VERSLAG MODELONDERZOEK

EINDVERSLAG STUDIEGROEP DWARSPROFIEL
KANALEN IN VERBAND MET DUWVAART
bijlage IV
BIJZONDERE ONDERZOEKINGEN

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM
DELFT

M 782

M0782-6

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

Duwvaart in kanalen

Deel VI

Schelde-Rijnverbinding

Eendracht-Bocht

M 782

juni 1968

VERSLAGEN "DUWVAART IN KANALEN"

Bijlage I. Schaafeffecten

Manoeuvrerrapport 27, N.S.P. Wageningen 1963
Opdracht 0-0262 en 0-0363, T.H. Delft 1963
Manoeuvrerrapport 32, N.S.P. Wageningen 1964
Verslag prototypemetingen, M 782-I, W.L. Delft 1966
Manoeuvrerrapport 67-088-BT, N.S.P. Wageningen 1967
Schaafeffecten in scheepvaartmodellen, M 782-III, W.L. Delft 1967
Schaafeffecten in scheepvaartmodellen, M 782-IV, W.L. Delft 1967

Bijlage II. Dwarsprofiel en duweenheid

Dwarsprofiel, M 782-II, W.L. Delft 1966
Koersstabiliteit van de duweenheid, M 782-VII, W.L. Delft 1972

Bijlage III. Passeermanoeuvres

Passeermanoeuvres, M 782-V, W.L. Delft 1967
Amsterdam-Rijnkanaal; Passeermanoeuvres, M 782-XII, W.L. Delft 1969
Passeermanoeuvres II, M 782-XI, W.L. Delft 1972

Bijlage IV. Bijzondere onderzoeken

Schelde-Rijnverbinding; Eendrachtbocht, M 782-VI, W.L. Delft 1968
Amsterdam-Rijnkanaal; Demkabocht en Goyerbrug, M 782-VIII, W.L. Delft 1970
Zijwind, M 782-IX, W.L. Delft 1970
Aantasting van het kanaal, M 782-X, W.L. Delft 1970

INHOUD

	blz.
<u>1. Overzicht</u>	
1.1. Inleiding.....	1
1.2. Aanbeveling.....	1
1.3. Probleemstelling	1
<u>2. Modelonderzoek</u>	
2.1. Algemeen	3
2.2. Meetprogramma	3
<u>3. Resultaten en interpretatie</u>	5
<u>4. Konklusies</u>	7

FIGUREN

1. Overzicht van het model
2. Definities van vaarstrook en verkeersstrook
3. Relatieve cumulatieve frequentieverdeling van de vaarstrookbreedte van het sleepschip

FOTO'S

1. Oploopmanoeuvre van een duweenhed en een sleepschip dat gesleept wordt door een motorschip in de Eendrachtbocht van de Schelde-Rijnverbinding (T 56).
2. Meetwagen waarmee de posities van de schepen fotografisch worden vastgelegd.

DUWVAART IN KANALEN

1. Overzicht

1.1. Inleiding

Voor het doel van het onderzoek en de opdracht daartoe wordt verwezen naar het verslag M 782-I. Een deel van het onderzoek heeft betrekking op de afmetingen van het dwarsprofiel van scheepvaartkanalen waarin duweenheden en andere binnenvaartschepen elkaar veilig kunnen oplopen en ontmoeten. In M 782-V wordt een verslag gegeven van het vorige onderzoek hiernaar dat betrekking heeft op rechte kanalen met stilstaand water. In het onderhavige rapport worden de resultaten gegeven van het passeeronderzoek in een kanaalbocht met stilstaand en stromend water. De resultaten van dit onderzoek zijn van belang voor het ontwerp van de bocht in de Schelde-Rijnverbinding ter plaatse van de Eendracht waar een getijstroom staat zolang de Oosterschelde nog niet is afgesloten.

Het onderzoek vond plaats in juli 1967 in het Laboratorium De Voorst en stond onder leiding van ir. J. Koster die tevens dit verslag samenstelde.

1.2. Aanbeveling

In verband met het gedrag van de duweenheid verdient het aanbeveling kanaalbochten met een straal van 3000 m zo te ontwerpen, dat de waarde $(1,1 B_v + 7 D)$ van het kanaalprofiel 5 m groter is dan in de aansluitende rechte kanaalgedeelten. De ongunstige invloed die een bocht heeft op de nautische kwaliteit van het kanaal, wordt hierdoor gecompenseerd (B_v is de bevaarbare breedte van het kanaal gemeten in het kielvak van het schip met de grootste diepgang en D is de waterdiepte; zie deel V).

Een stroomsnelheid van 1,2 m/s blijkt geen invloed te hebben op de vaarstrookbreedte van de schepen. Hiervoor is dan ook geen compensatie nodig.

1.3. Probleemstelling

Een alleen varend schip heeft in een gebogen kanaal een bredere verkeersstrook nodig dan in een recht kanaal en wel om de volgende twee redenen.

1. Het schip is een star lichaam dat zich niet aan de gebogen vorm van het kanaal kan aanpassen. Bovendien valt het draaipunt van het schip in de regel niet samen met het midden van het schip, maar ligt wat verder naar voren.

Onder het draaipunt wordt verstaan het punt dat ligt in de verticale projectie van het vlak door kiel en stevens en waarvan de snelheidsvector tijdens het

varen van een gebogen koers in het vlak door kiel en stevens ligt.

2. Een varend schip beweegt zich altijd enigszins slingerend langs de gewenste koerslijn. Het sturen van een rechte koers is gemakkelijker dan het sturen langs een gewenste gebogen koerslijn evenwijdig aan de as van het kanaal. In een bocht zullen dus grotere afwijkingen van de gewenste positie voorkomen dan in een recht gedeelte.

Het stroombeeld rondom een schip dat in een gebogen kanaal vaart, zal afwijken van dat in een recht kanaal. De invloed die de schepen tijdens een passeermanoeuvre op elkaar uitoefenen zal daarom ook afwijken. Het is niet van te voren te voorspellen of deze invloed in een bocht groter of kleiner zal zijn dan in het rechte kanaal.

Het gedrag van een schip op stroom is gemakkelijker te voorspellen. Verwacht mag worden dat, wanneer een schip zich in een gelijkmatig verdeelde stroom bevindt, de scheepsbewegingen ten opzichte van het water onafhankelijk zijn van de stroomsnelheid mits de stroom zich gelijkmatig verdeelt over het dwarsprofiel en evenwijdig aan de kanaalas is gericht, hetgeen slechts bij benadering het geval kan zijn.

Een onderzoek naar bovengenoemde verschijnselen is gewenst, zodat langs experimentele weg kan worden bepaald in hoeverre gebogen kanalen en kanalen met stroom in nautisch opzicht gelijkwaardig zijn aan rechte kanalen met stilstaand water waarvan het dwarsprofiel dezelfde afmetingen heeft. Een eventueel verschil in nautische kwaliteit kan worden gecorrigeerd door deze kanalen breder of dieper te maken dan het rechte kanaal met stilstaand water.

2. Modelonderzoek

2.1. Algemeen

Een overzicht van het kanaalmodel wordt gegeven in figuur 1. De schalen van het model zijn dezelfde als bij het onderzoek "Passeermanoeuvres" (zie M 782-V). Ook de gebruikte modelschepen zijn gelijk aan die van het voorgenoemde onderzoek. Alle maten in dit verslag zijn volgens de schaalregels omgerekend naar hun waarde in prototype.

Voor een beschrijving van de wijze waarop de proeven werden uitgevoerd, en de methode waarop werd gemeten, wordt verwezen naar hoofdstuk 4 van deel V.

2.2. Meetprogramma

De proeven zijn uitgevoerd in twee trapeziumvormige kanaalprofielen T56 en T57 (zie fig. 1) die onderling alleen verschillen in waterdiepte, die in beide gevallen respectievelijk 5,00 en 4,50 m is. De kromtestraal van de kanaalbocht is 3000 m. De inhaalproeven zijn in twee vaarrichtingen verricht, omdat het verschil kan geven of het kanaal een bocht naar stuurboord maakt of naar bakboord. Alleen in het profiel T56 is een stroom ingesteld; de stroomsnelheid bedroeg 1,2 m/sec.

Uit het bovenstaande blijkt dat in het onderzoek drie randvoorwaarden telkens éénmaal gewijzigd zijn en wel volgens onderstaand schema.

Tabel 1. Randvoorwaarden

waterdiepte in m	boogstraal ¹⁾ in m	stroomsnelheid ²⁾ in m/s
4,50	+ 3000	0
4,50	- 3000	0
5,00	+ 3000	0
5,00	- 3000	0
5,00	+ 3000	- 1,2
5,00	- 3000	+ 1,2

1)₊ = bocht naar
stuurboord

- = bocht naar
bakboord

2)₊ = in de vaar-
richting

- = tegen de
vaarrichting.

In iedere toestand zijn tien passeerproeven verricht met de maatgevende verkeerssituatie (zie deel V par. 2.2.). Hierbij wordt een sleepschip opgelopen door een duweenheid, terwijl er tegelijkertijd een ander vaartuig tegemoet komt (zie foto 1).

Bij alle proeven had de roerganger van de duweenheid opdracht gekregen tijdens het oplopen zo goed mogelijk in de as van het kanaal te varen. Anders dan bij het varen in het rechte kanaal waren er geen richtmiddelen aanwezig om de roerganger van de duweenheid bij het bepalen van zijn positie te helpen. De posities van de schepen werden vanaf de meetwagen fotografisch vastgelegd (zie foto 2). Tevens is van dit onderzoek een korte film gemaakt.

Uit het vorige onderzoek is bekend dat het tegemoetkomende motorschip een te verwaarlozen rol speelt mits de voor hem bestemde ruimte in het kanaal niet in beslag genomen wordt door de duweenheid (zie deel V par. 6.2.). Verondersteld mag worden dat de boogstraal van de te onderzoeken kanaalbocht zo groot is dat het motorschip hiervan een te verwaarlozen invloed zal onder vinden en dat de invloed van het motorschip op de overige schepen even onbetekend zal zijn als in het rechte kanaal.

3. Resultaten en interpretatie

De meetresultaten zijn op dezelfde wijze bewerkt als gedaan is voor het onderzoek "Passeermanoeuvres". In figuur 2 worden de begrippen vaarstrookbreedte en verkeersstrookbreedte verduidelijkt.

De vaarstrookbreedte van het sleepschip van iedere proef afzonderlijk wordt weergegeven in figuur 3. Tevens zijn in deze figuur de vaarstrookbreedten van het sleepschip uitgezet, wanneer het wordt opgelopen in een recht kanaal met stilstaand water.

Een samenvatting van de resultaten wordt gegeven in de onderstaande tabel. Waarin tevens vermeld zijn het aantal ontoelaatbare verkeerssituaties en de verkeersstrookbreedte van de duweenh. die in iedere serie proeven met een frequentie van 0,2 werd bereikt of overschreden.

Tabel II. Meetresultaten

profielnummer	waterdiepte m	boogstroal m ¹⁾	stroomsnelheid m/sec ²⁾	gem. vaarstr. breedte m	vaarstrookbr. met overschr. freq. 0,2 m	gem. afstand midden duweenh. tot stuurb. oever m ³⁾	aantal ontoel. situaties	verkeersstr. breedte voor duweenh. met overschr. dingsfreq. 0,2 m
T57	4,50	∞	0	39	45	70/82	4	22,80 + 4
	4,50	+3000	0	47	59	70	6	22,80 + 10
	4,50	-3000	0	43	66	74	5	22,80 + 7
T56	5,00	∞	0	31	42	76/86	1	22,80 + 4
	5,00	+3000	0	27	36	74	0	22,80 + 9
	5,00	-3000	0	33	45	75	2	22,80 + 9
	5,00	+3000	-1,2	30	43	74	1	22,80 + 8
	5,00	-3000	+1,2	30	37	72	0	22,80 + 9

- 1) + = bocht naar stuurboord
- = bocht naar bakboord

- 2) + = in de vaarrichting
- = tegen de vaarrichting

- 3) afstand gemeten langs de waterspiegel

Uit de resultaten blijkt dat het gedrag van het sleepschip in het gebogen kanaal met een bocht naar SB zowel als naar BB niet éénduidig afwijkt van dat in het rechte kanaal. Eveneens is er geen éénduidig verschil tussen een bocht naar SB en BB. De gekonstateerde afwijkingen moeten daarom worden toegeschreven aan het toeval dat bij het ontstaan van de vaarstrookbreedte van het sleepschip een grote rol speelt. Het zal dus voor het gedrag van het sleepschip niets uitmaken of het opgelopen wordt in een recht of in een flauw gebogen kanaal. Theoretisch bestaat er de mogelijkheid dat er toch een klein verschil in gedrag bestaat. Om dit aan te tonen zouden een zeer groot aantal proeven nodig zijn of zou de methode van onderzoek principieel moeten worden gewijzigd. Het gedrag van het sleepschip is echter zo wisselvallig dat dergelijk kleine verschillen niet van belang zijn.

Op dezelfde wijze als hierboven is uitgezet kunnen de meetresultaten van de oplooptmanoeuvre in stromend water worden geïnterpreteerd. Zowel voor als tegen stroom heeft geen invloed van betekenis op het gedrag van het sleepschip.

Uit de meetresultaten blijkt dat de verkeersstrookbreedte van de duwenheid die met een frequentie van 0,2 van de proeven wordt bereikt of overschreden in het gebogen kanaal ongeveer 5 m groter is dan in het rechte kanaal. Zoals in paragraaf 1.3. is uitgezet, kon een dergelijk resultaat worden verwacht. Het verschil kan echter enigszins geflatteerd zijn, omdat in het model van het rechte kanaal richtmiddelen aanwezig waren.

Op grond van de meetresultaten en mede gelet op de persoonlijke indrukken van een aantal modelstuurlieden kan worden gesteld dat een extra ruimte in de bocht van 5 m voldoende is. De veiligheidsmarge in de bocht is dan even groot als in het rechte kanaal. Daar de ruimte in een kanaal volgens deel V evenredig is met $(1,1 B_v + 7 D)$, (B_v is de bevaarbare breedte van het kanaal gemeten in het kielvlak van het schip met de grootste diepgang, D is de diepte van het kanaal), moet deze waarde in de bochten 5 m groter zijn dan op het rechte gedeelte. Hieruit blijkt dat de ongunstige invloed van een bocht met een kromtestraal zowel kan worden gekompenseerd door een bochtverbreding van ongeveer 5 m als door een bochtverdieping van ongeveer 0,70 m.

4. Konklusies

Er is een aantal redenen waarom schepen in gebogen kanalen meer ruimte nodig hebben dan in een recht kanaal. Uit het onderzoek is echter gebleken dat in kanalen met een kromtestraal van 3000 m deze weinig praktische betekenis hebben.

Bij de opzet van het onderzoek is verondersteld dat het tegemoetkomende motorschip dat deel uitmaakt van de maatgevende verkeerssituatie, een te verwaarlozen invloed zal ondervinden van het varen in het gebogen kanaal en ook geen afwijkende invloed zal uitoefenen op de duweenheid of de sleep (zie par. 2.2.). Inderdaad blijkt uit de resultaten van het onderzoek dat een kromming in het kanaal met straal van 3000 m zo klein is dat deze veronderstelling bevestigd wordt.

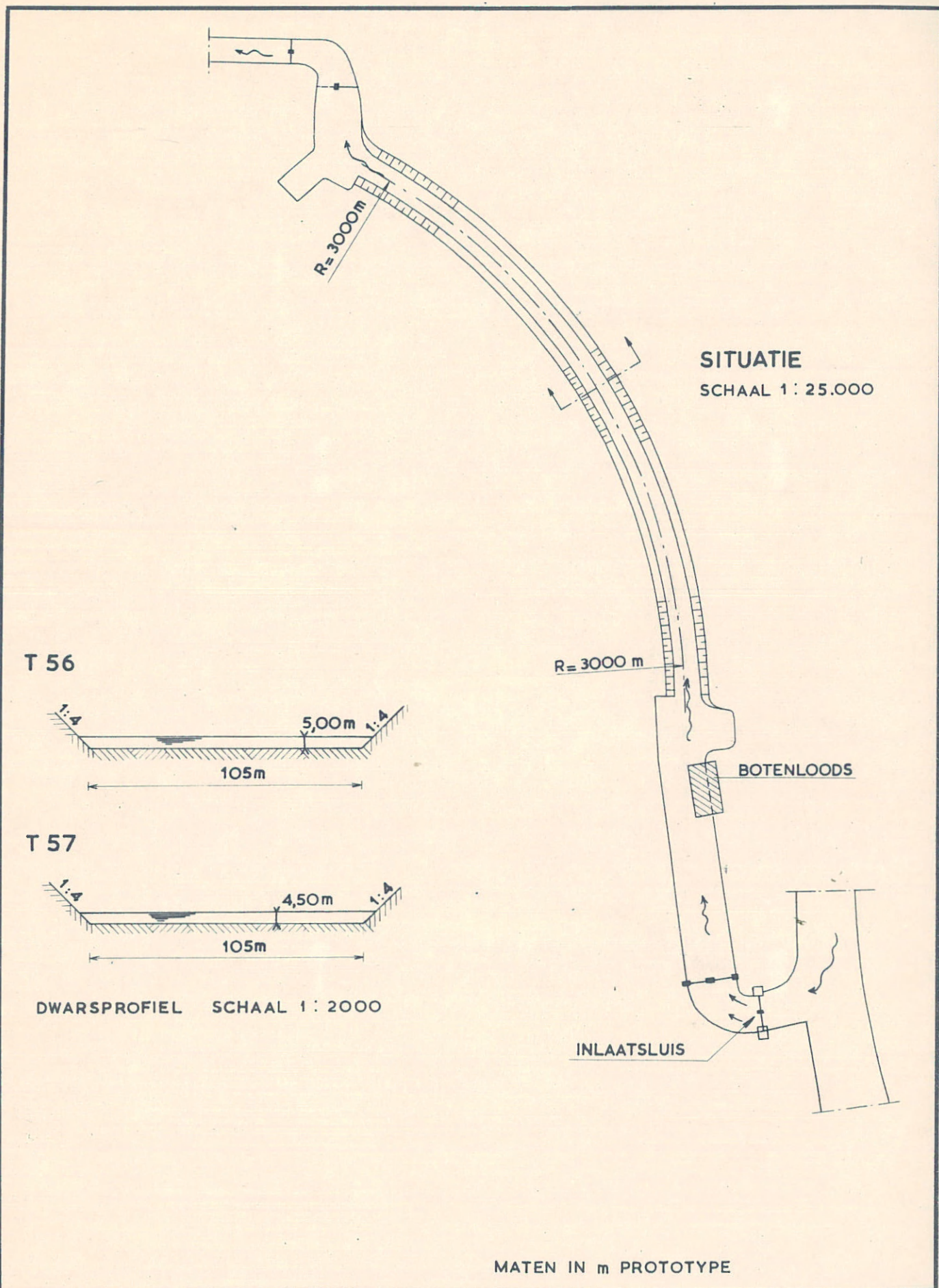
De gedetailleerde konklusies van het onderzoek zijn de volgende:

1. De vaarstrookbreedte van het sleepschip tijdens het oplopen van de duweenheid is in de bocht niet groter dan die in het rechte kanaal. Het blijkt geen verschil te geven of de bocht naar SB of naar BB loopt.

2. Het geeft eveneens geen verschil voor de vaarstrookbreedte van de sleep tijdens het oplopen stroomopwaarts of stroomafwaarts vaart. In beide gevallen is de vaarstrookbreedte gelijk aan die in stilstaand water.

3. De verkeersstrookbreedte van de duweenheid is in de bocht in alle gevallen groter dan in het rechte kanaal. Het verschil bedraagt ongeveer 5 m.

4. De veiligheidsmarge voor de maatgevende verkeerssituatie in het gebogen kanaal is door het gedrag van de duweenheid een weinig kleiner dan de veiligheidsmarge in het rechte kanaal. Dit kan worden gecompenseerd door het dwarsprofiel in de bochten zodanig te verruimen dat de waarde $(1,1 B_v + 7 D)$ 5 m groter is dan in het rechte kanaalgedeelte. B_v is de bevaarbare breedte van het kanaal. D is de waterdiepte van het kanaal.



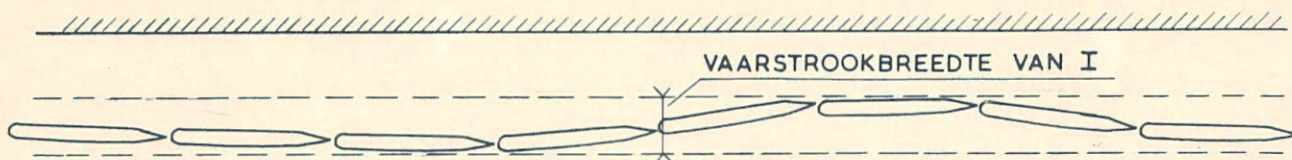
OVERZICHT VAN HET MODEL

SCHAAL 1 : 2000 en 1 : 25.000

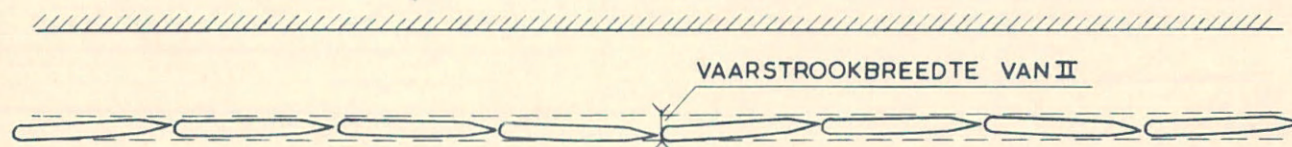
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M.782-VI

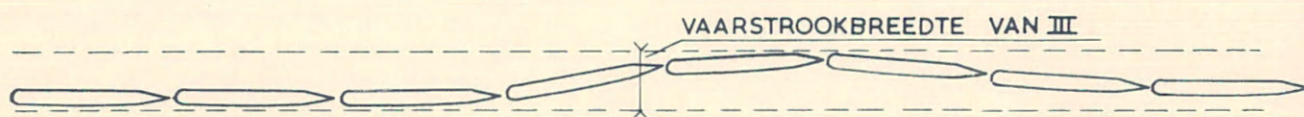
FIG. 1



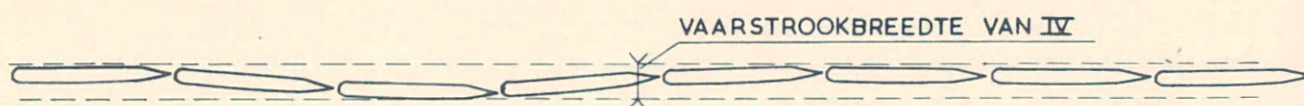
VAART I



VAART II



VAART III

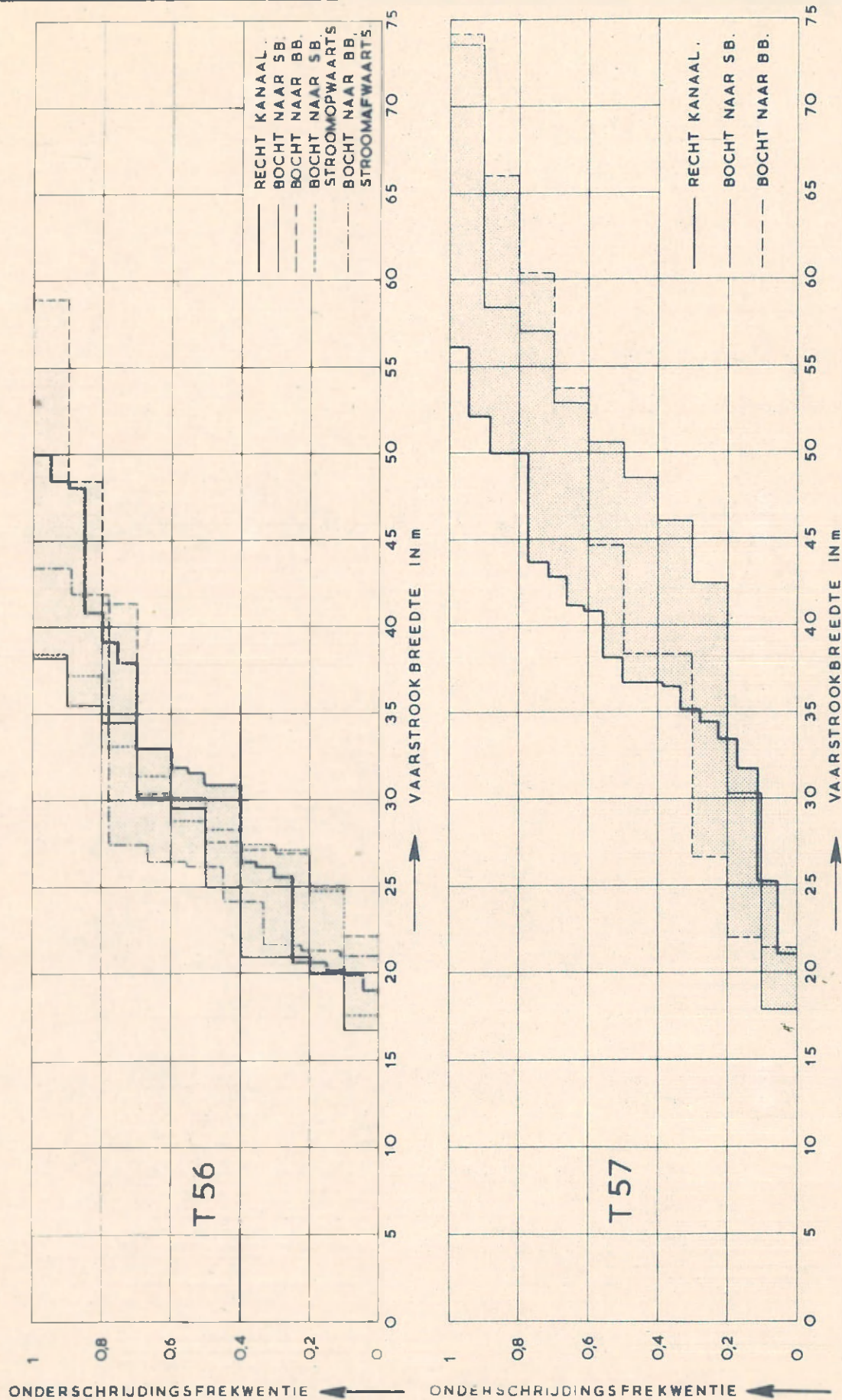


VAART IV



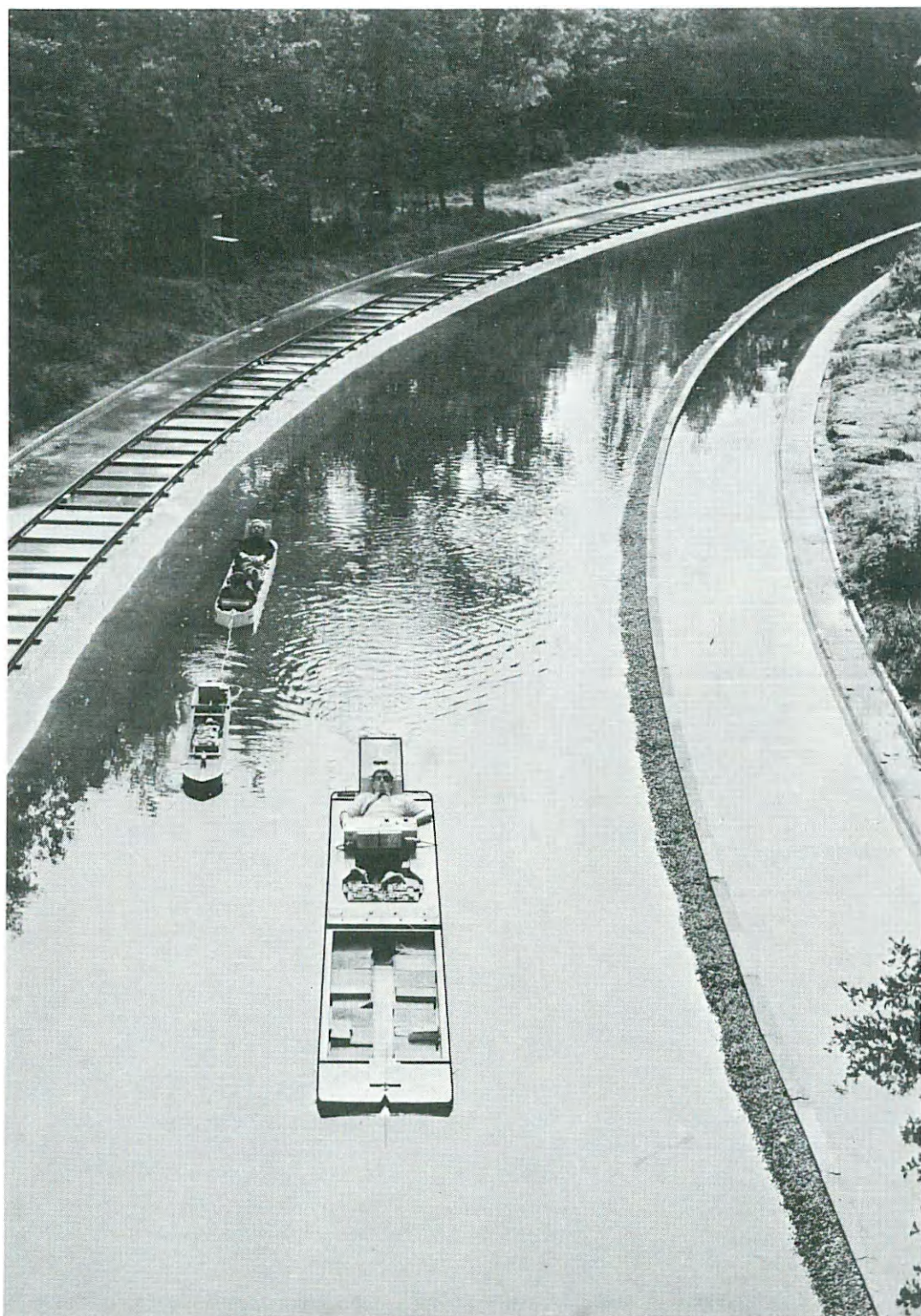
VAART I ... IV

DEFINITIES VAN VAARSTROOK EN VERKEERSSTROOK

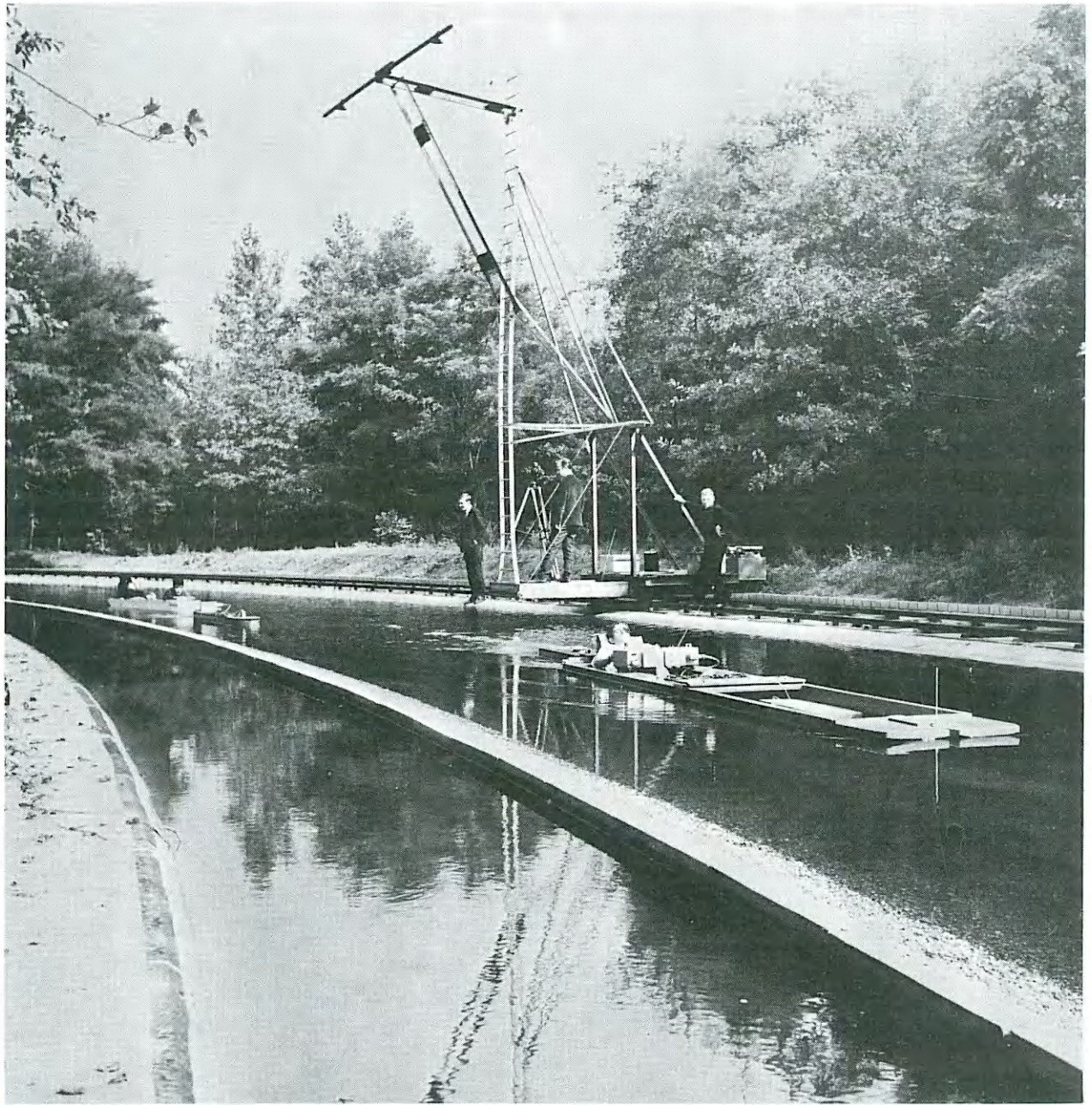


RELATIEVE CUMULATIEVE FREKWENTIEVERDELING
VAN DE VAARSTROOKBREEDTE VAN HET SLEEPSCHIP

T56 en T57



1. Oploopmanoeuvre van een duweenheid en een sleepschip dat gesleept wordt door een motorschip in de Eendrachtbocht van de Schelde-Rijn-verbinding (T 56).



2. Meetwagen waarmee de posities van de schepen fotografisch worden vastgelegd.

