waterloopkundig laboratorium
delft hydraulics laboratory

stormvloedkering Oosterschelde

nautische evaluatie van de geulen naar de bouwdokken

AFGEHANDELD

verslag onderzoek

R 1545

januari 1982

BIBLIOTHEEK
Waterloopkundig Laboratorium
Postbus 177 - D

stormvloedkering Oosterschelde

nautische evaluatie van de geulen naar de bouwdokken

verslag onderzoek

R 1545

januari 1982

INHOUD

blz.

1. Inleiding en probleemstelling 1

2. Opzet van het onderzoek 2

3. Keuze geuloriëntatie bouwdok "Schaar" 4

4. Evaluatie gekozen geul bouwdok "Schaar" 5
4.1 Besturingsinspanning 5
4.2 Baanbreedte 6

5. Evaluatie geul bouwdok "Roompot" 8

6. Konklusies 9

BIJLAGE I: Simuleren van scheepsmanoeuvres

TABELLEN

1 Gegevens hefschip
2 Gegevens mattenrol

FIGUREN

1 Voorgestelde geul bouwdok "Schaar"
2 Stroomsnelheden en -richtingen. Bouwfase M1 (Schaar)
3 Benodigde roerhoeken bij het uitvaren van het bouwdok "Schaar"
4 Vaarbanen ongestuurd hefschip bij het uitvaren van het bouwdok "Schaar"
5 Voorgestelde geul bouwdok "Roompot"
6 Maximale loodrecht op de geulas gerichte stroomkomponent (Roompot)

SYMBOLEN

r	giersnelheid	s^{-1}
r_r	relatieve giersnelheid ten opzichte van het omringende water	s^{-1}
t	tijd	s
U	langsscheepse snelheid	m/s
U_c	stroomsnelheid	m/s
U_r	relatieve langsscheepse snelheid	m/s
V	dwarsscheepse snelheid	m/s
V_r	relatieve dwarsscheepse snelheid	m/s
x	afstand langs de baan	m
y	afstand loodrecht op de baan	m
β	drifthoek	(-)
δ	roerhoek	(-)
ψ	koershoek	(-)

STORMVLOEDKERING OOSTERSCHELDE

Nautische evaluatie van de geulen naar de bouwdokken

1. Inleiding en probleemstelling

In verband met een gewijzigde fasering van de konstruktie van de damaanzetten van de stormvloedkering in de Oosterschelde blijkt het zinvol te zijn de vaargeul naar het bouwdok Schaar op korte termijn te baggeren. Voordat hiertoe wordt overgegaan dient te worden nagegaan of de voorgestelde oriëntatie van deze vaargeul - nautisch gezien - aanvaardbaar is.

Het Hoofd van de Deltadienst heeft in brief WT-16.483 dd. 1 mei 1980 aan het Waterloopkundig Laboratorium opgedragen een onderzoek uit te voeren naar in- en uitvaarmanoeuvres van het hefschip Ostrea in het bouwdok "Schaar".
In een later stadium is daarnaast verzocht de manoeuvres van de mattenrol in de geul naar het bouwdok "Roompot" te onderzoeken.
Dit onderzoek is in 1981 uitgevoerd door ir. J.W. Koeman. In dit verslag wordt een samenvatting van het onderzoek gegeven.

2. Opzet van het onderzoek

Bij de aanbieding van het onderhavige onderzoek werd aangenomen dat met behulp van de bij het Nederlands Scheepsbouwkundig Proefstation uitgevoerde metingen een beeld van het manoeuvreergedrag van het hefschip zou kunnen worden opgebouwd. De beschikbare meetgegevens waren hiervoor echter niet toereikend.

Vervolgens is getracht het hydrodynamische krachtenspel op het hefschip met eenvoudige formules te benaderen. In Bijlage I wordt aangetoond dat ook deze aanpak niet tot aanvaardbare resultaten leidt. Wanneer het manoeuvreergedrag van het hefschip nader onderzoek zou verdienen zullen dus modelproeven moeten worden uitgevoerd.
Dit houdt in dat het simuleren van scheepsmanoeuvres van het hefschip op korte termijn niet mogelijk is. Ter beoordeling van de oriëntatie en de afmetingen van de geul naar het bouwdok "Schaar" zal dus een andere aanpak moeten worden gekozen. De te onderzoeken alternatieven wat de oriëntatie betreft zullen kwalitatief worden vergeleken. Het verkozen alternatief zal vervolgens qua afmetingen worden geëvalueerd voor twee extreme situaties:

- nagegaan wordt welke roerhoeken het uitvarende hefschip nodig zal hebben om de invloed van stroom te kompenseren;
- ter beoordeling van de beschikbare breedte wordt nagegaan hoeveel baanbreedte het als massaloos beschouwde hefschip nodig zou hebben wanneer het onbestuurd door het in de geul heersende stroombeeld zou varen.

Onderkend moet worden dat de uitkomsten van het laatste deel van het onderzoek een pessimistisch beeld van de situatie geven. Een massaloos, onbestuurd schip zal veel eerder uit de baan raken dan het hefschip dat - dankzij vier Schottels - uitstekend bestuurbaar is.
De kwantitatieve resultaten moeten dus met een zekere terughoudendheid worden gehanteerd.

Gegevens over de mattenrol (in de vorm van krachtmetingen, manoeuvreerproeven, sleepbootvermogen, etc.) ontbraken volledig. Hydraulische randvoorwaarden (stroomsnelheidsverdeling in de geul) waren slechts in zeer beperkte mate voorhanden.

Op grond van drijvermetingen in het getijmodel Oosterschelde en in het prototype is, voor zover mogelijk, de grootte van de loodrecht op de geulas gerichte

stroomkomponent bepaald gedurende een getijcyclus. Vervolgens is, uitgaande van een aantal sterke schematisaties, nagegaan hoeveel sleepbootvermogen nodig zou zijn om, bij maximale stroom tegen, in de hoofdgeul een snelheid van 0,5 m/s over de grond te halen. Hierbij is alleen de "geladen" mattenrol beschouwd. De loodrecht op de geulas gerichte stroomkomponent die met gebruikmaking van het aldus bepaalde sleepbootvermogen kan worden gekompenseerd is, alweer uitgaande van sterke schematisaties, berekend. Als laatste is de tijd bepaald, dat deze loodrechte komponent gedurende de getijcyclus wordt overschreden. Gedurende deze tijd kan dus niet worden uitgevaren.

Nogmaals moet worden benadrukt dat de gekozen opzet in sterke mate benaderend is. Aanvaardbaarder resultaten kunnen worden verkregen wanneer meer gegevens ter beschikking staan.

3. Keuze geuloriëntatie bouwdok "Schaar"

In eerste instantie is uitgegaan van de voorgestelde geul, loodrecht op het bouwdok (zie figuur 1, afgeleid van tekening nr. 79.4.644). Aan het getijmodel Oosterschelde zijn daartoe stroomsnelheidsverdelingen in deze geul ontleend voor de bouwfase F 1 en de - met het oog op de te verwachten stroomsnelheden - als meest ongunstig te beschouwen fase M 1 (zie voor verklaring van deze kodering de databank). Figuur 2 geeft een overzicht van de snelheidsverdeling in bouwfase M 1 tijdens maximale eb- en maximale vloedstroom. De op deze figuur en in de overige tekst vermelde tijdstippen zijn die van 11 september 1968 (16.44 hoogwater te OS IV in de ongestoorde situatie).
De stroomsnelheden tijdens maximale eb en maximale vloed ontlopen elkaar weinig. Wanneer zowel onder eb- als vloedomstandigheden moet worden in- en uitgevaren is er geen reden aanwezig om de geul ten opzichte van één van beide getijfasen gunstig te oriënteren. Een gunstiger oriëntatie ten opzichte van de ene getijfase houdt namelijk direkt een ongunstiger oriëntatie ten opzichte van de andere in.

De keuze van de geuloriëntatie dient dan ook op andere gronden te worden gedaan. Ten opzichte van de voorgestelde geul zijn de twee te beschouwen alternatieven (met een knik van 20°, respektievelijk 40° naar het oosten) een faktor 1,23, respektievelijk 1,85 langer. Duidelijk zal zijn dat - nautisch gezien - een kortere geul van beperkte afmetingen de voorkeur verdient boven een langere. Daarom zal de in figuur 1 weergegeven geuloriëntatie nader worden beschouwd.

4. Evaluatie gekozen geul bouwdok "Schaar"

4.1 Besturingsinspanning

Voor de gekozen geul wordt nagegaan gedurende welke fase van het getij het hefschip de voor het kompenseren van de gradiënt in de stroomsnelheidsverdeling noodzakelijke koerswijziging (opsturen) kan uitvoeren met behulp van de eigen voorstuwers. Omdat van het lege hefschip onvoldoende gegevens voorhanden zijn, worden alleen geladen uitvaarmanoeuvres beschouwd.

Voor een overzicht van de afmetingen van het hefschip wordt verwezen naar tabel 1.

Voor beide te onderzoeken bouwfasen is ieder half uur van de getijcyclus de in de geul optredende maximale gradiënt in de stroomsnelheidsverdeling bepaald. Een schip dat zonder koersverandering door het stroombeeld vaart, ondergaat ten gevolge van deze gradiënt een relatieve giersnelheid (rotatie):

$$r_{rel} = \frac{-\partial U_c}{\partial x} \quad , \qquad (10)$$

waarin: r_{rel} = relatieve giersnelheid (s^{-1})
U_c = loodrecht op de vaarrichting staande komponent van de stroomsnelheid (m/s)
x = afstand langs de vaarbaan (m)

Wanneer het schip daarnaast een opstuurhoek wil bereiken, zodanig dat de resulterende aanstroomrichting van het schip samenvalt met de scheepsas, dient een giersnelheid te worden ingesteld ter grootte van:

$$r = \frac{d\psi}{dt} = \frac{d\beta}{dt} = \frac{\partial\beta}{\partial U_c}\left(\frac{\partial U_c}{\partial x}\frac{dx}{dt} + \frac{\partial U_c}{\partial y}\frac{dy}{dt} + \frac{\partial\beta}{\partial U}\frac{dU}{dt}\right) = -\frac{1}{U}\frac{\partial U_c}{\partial x}U = \frac{-\partial U_c}{\partial x} \qquad (11)$$

waarin: r = giersnelheid (s^{-1})
ψ = koershoek (-)
t = tijd (s)
β = drifthoek (-)
U = scheepsnelheid (m/s)

De door de voortstuwers op te wekken giersnelheid bedraagt dus:

$$r_{tot} = r_{rel} + r = -2 \frac{\partial U_c}{\partial x} \tag{12}$$

Met behulp van de resultaten van draaicirkelproeven kan worden nagegaan welke roerhoeken dienen te worden ingesteld, opdat deze giersnelheid wordt bereikt.

Op ieder moment van de getijcyclus is op bovenomschreven wijze de maximaal benodigde roerhoek bepaald, die moet worden ingesteld opdat het hefschip de invloed van de stroom kompenseert. Wanneer de benodigde roerhoek de waarde van 50° overschrijdt, is aangenomen dat het hefschip de gewenste baan niet kan handhaven. In figuur 3 zijn de resultaten van deze bewerking weergegeven. De resultaten geven aan dat gedurende $4\frac{1}{2}$ uur (van 6.30 tot 11.00 uur) de gewenste baan niet kan worden gevolgd. Om een indruk te krijgen van de maximale uitwijking uit de gewenste baan wordt vervolgens nagegaan hoe een massaloos, onbestuurd schip zich in dit stroombeeld zou gedragen.

4.2 Baanbreedte

Wanneer wordt aangenomen dat het hefschip massaloos en onbestuurd is, dan geldt op ieder ogenblik:

$$V = - V_r = U_c \tag{13}$$

en

$$r = - r_r = \frac{\partial U_c}{\partial x} \tag{14}$$

Bovendien geldt:

$$\psi = \int_o^t r \, dt = \int_o^t -r_r \, dt = \int_o^t \frac{\partial U_c}{\partial x} \, dt$$

$$y = \int_o^t (V + U\sin\psi) \, dt = U \int_o^t \left(\frac{U_c}{U} + \sin\psi\right) dt \tag{14}$$

Uit de gemeten stroomsnelheidsverdelingen kan nu worden bepaald welke uitwijking uit de baan het hefschip maximaal zou kunnen bereiken.
De twee extreme getijfasen, maximale vloed (16.00 uur) en maximale eb (8.30 uur), zijn hiertoe beschouwd. Uit figuur 4 blijkt dat zelfs onder deze extreme aannamen het hefschip binnen de geulgrenzen kan blijven. Hoewel dus rond maximale eb de gradiënten in de stroomsnelheidsverdeling een zodanige grootte bereiken dat hun invloed op het scheepsgedrag met behulp van de Schottels niet kan worden gekompenseerd, blijkt bij de beschouwde korte geul het door de stroomsnelheidsverdeling veroorzaakte gedrag van een ongestuurd schip binnen redelijke grenzen te blijven.

Wanneer het leeg invarende hefschip hetzelfde motorvermogen kan toepassen als het geladen uitvarende mag worden verwacht dat ook het lege hefschip in alle getijfasen van de geul gebruik kan maken.

De invloed van wind met een maximale snelheid van 15 m/s lijkt bovenstaande konklusies niet wezenlijk te beïnvloeden.

5. Evaluatie geul bouwdok "Roompot"

Figuur 5 geeft een overzicht van de voorgestelde geul.

In figuur 6 zijn de uit drijvermetingen in het getijmodel Oosterschelde en in het prototype bepaalde loodrechte snelheidskomponenten weergegeven.

De maximale stroomsnelheid in de hoofdgeul is op ca. 1,5 m/s geschat. De snelheid die door de mattenrol ten opzichte van het water moet kunnen worden gerealiseerd bij een snelheid over de grond van 0,5 m/s bedraagt dan 2,0 m/s. Het hiervoor benodigde sleepbootvermogen is 4000 - 5000 pk.

Met behulp van dit vermogen is een loodrecht op de vaarrichting gerichte stroomsnelheid van 0,5 m/s te kompenseren.

Uit figuur 6 blijkt dat deze snelheid gedurende ca. 4½ uur per cyclus wordt overschreden.

6. Konklusies

- De oorspronkelijk voorgestelde geul naar het bouwdok "Schaar" (zie figuur 1) lijkt - uit nautisch oogpunt - te verkiezen boven de onderzochte alternatieven.

- In alle fasen van het getij kan het geladen hefschip door deze geul het bouwdok verlaten.

- Wanneer het leeg invarende hefschip hetzelfde motorvermogen kan toepassen als het geladen uitvarende, mag worden verwacht dat ook het lege hefschip in alle getijfasen van de geul gebruik kan maken.

- De invloed van wind met een maximale snelheid van 15 m/s lijkt bovenstaande konklusies niet wezenlijk te beïnvloeden.

- Benadrukt wordt dat het onderzoek, bij gebrek aan gegevens over het manoeuvreergedrag van het hefschip, een zeer globaal karakter heeft. Indien de konklusies verder moeten worden onderbouwd of indien de geulbreedte geminimaliseerd zou moeten worden, dan zal modelonderzoek naar het manoeuvreergedrag van het hefschip moeten worden uitgevoerd.

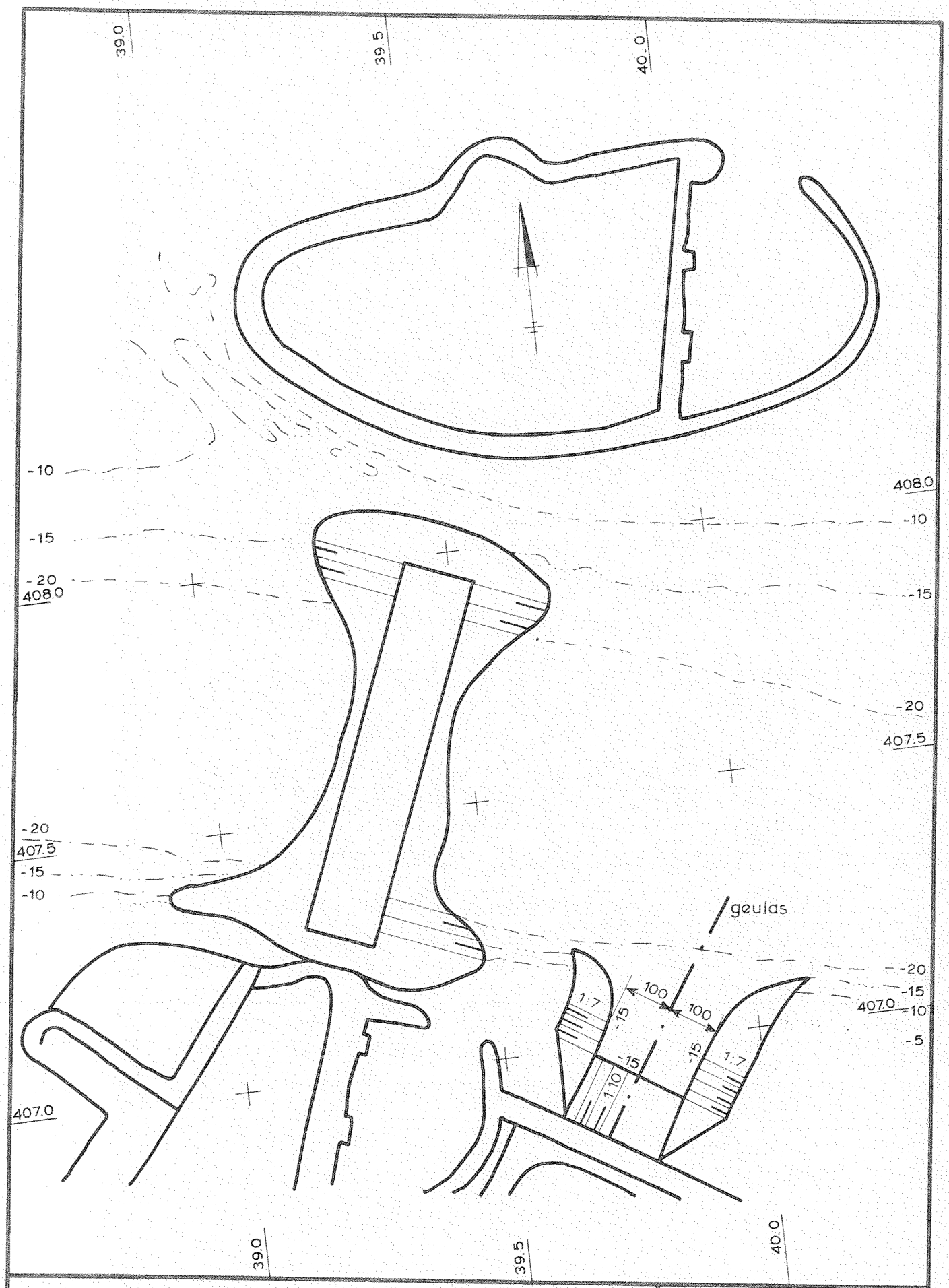
- Uit de hier gevolgde beschouwing blijkt dat gedurende ca. 4½ uur per getijcyclus niet met de mattenrol uit het bouwdok Roompot kan worden uitgevaren. Onderkend moet worden dat de gekozen opzet, door het vrijwel volledig ontbreken van meetgegevens, zeer globaal genoemd mag worden. Een aanvaardbaarder resultaat kan worden verkregen wanneer meer gegevens, uit model- of prototypeproeven beschikbaar zijn.

schip			
lengte over alles	L_{OA}	m	87,25
breedte	B	m	47,00
diepgang geladen	T	m	10,25
diepgang pijler		m	11,00
voortstuwingsinstallatie			
4 Schottels			
diameter	D	m	2,826
aantal bladen	z	-	4
totaal vermogen	P	APK	circa 7.600

Tabel 1 Gegevens hefschip

lengte over alles	L_{OA}	m	56,80
breedte	B	m	20,00
diepgang	T	m	10,00

Tabel 2 Gegevens mattenrol



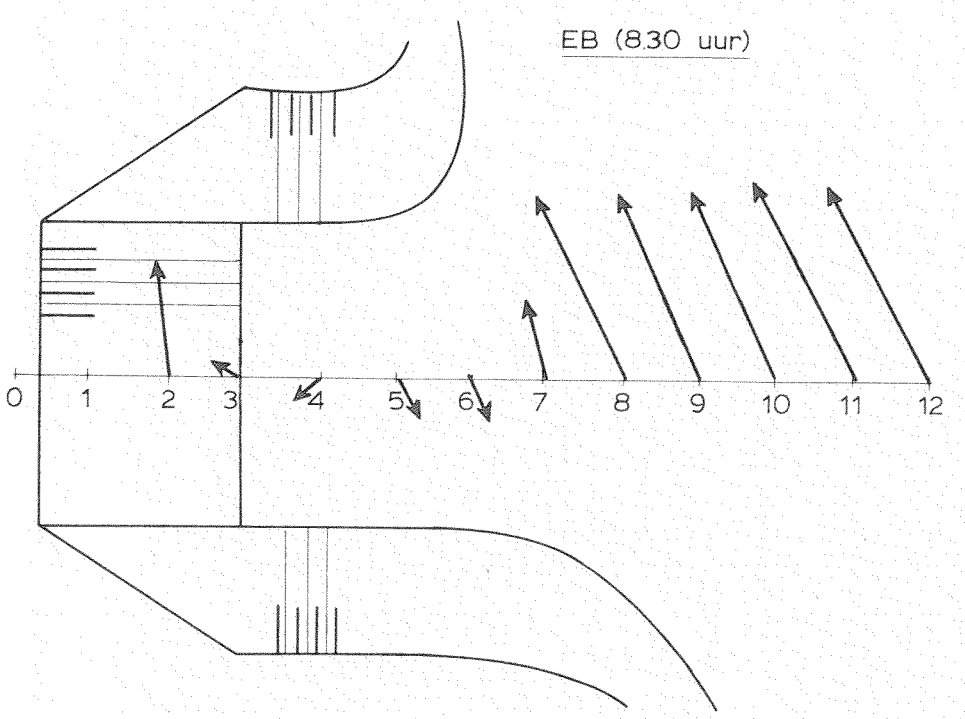
VOORGESTELDE GEUL BOUWDOK "SCHAAR"

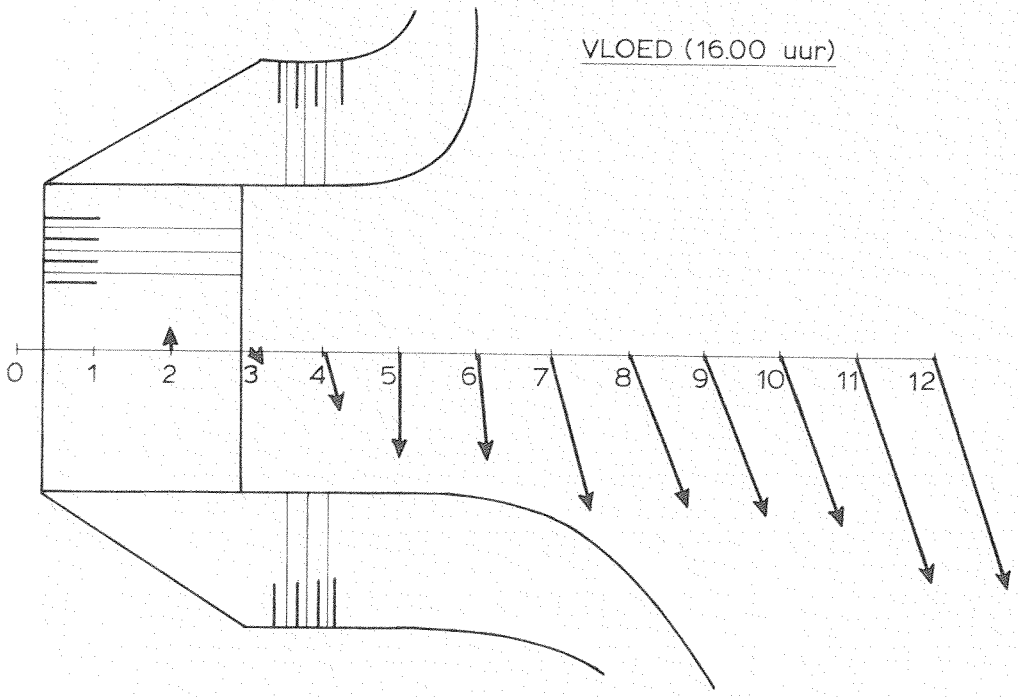
SCHAAL 1:10.000

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 1545

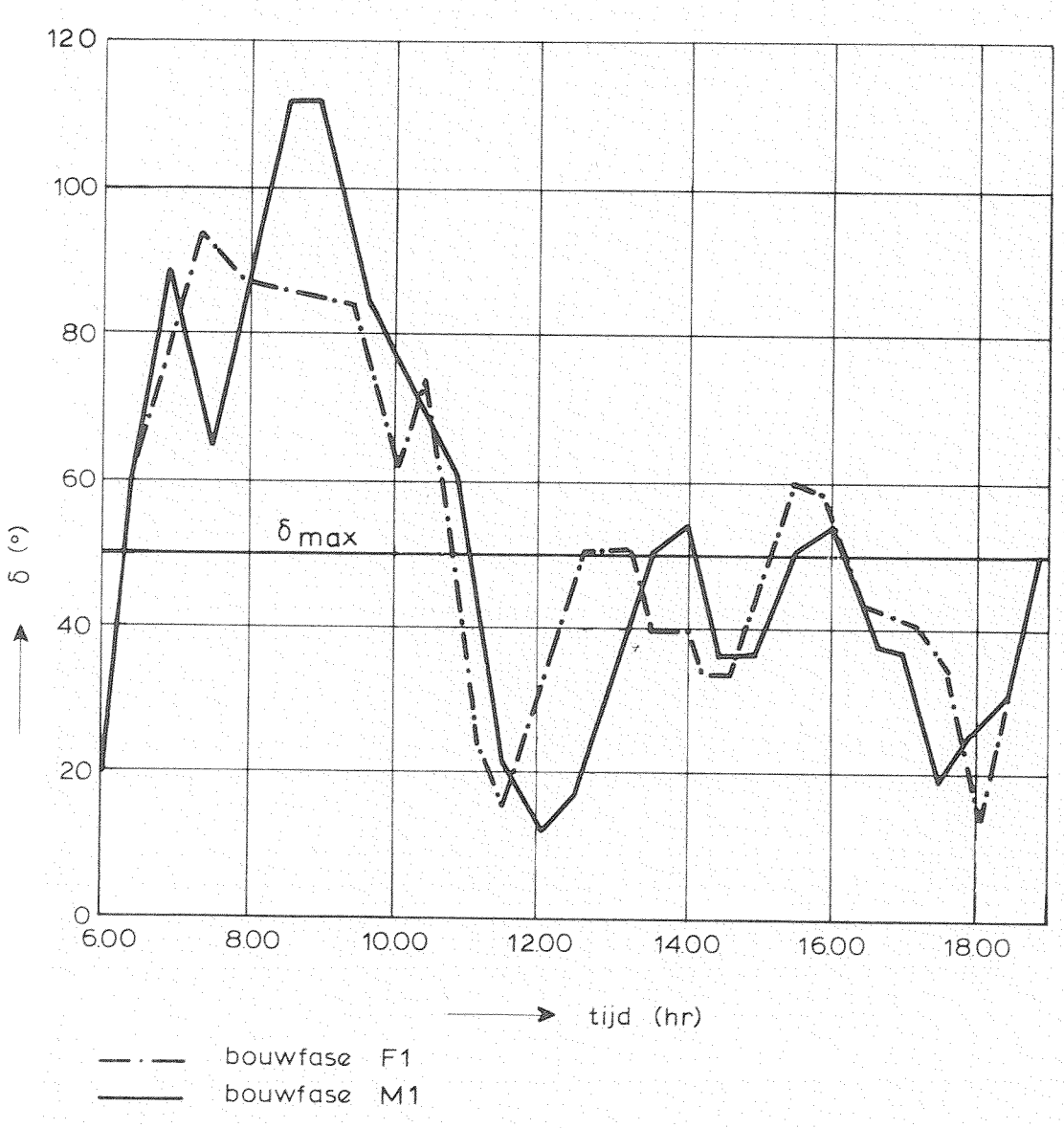
FIG. 1





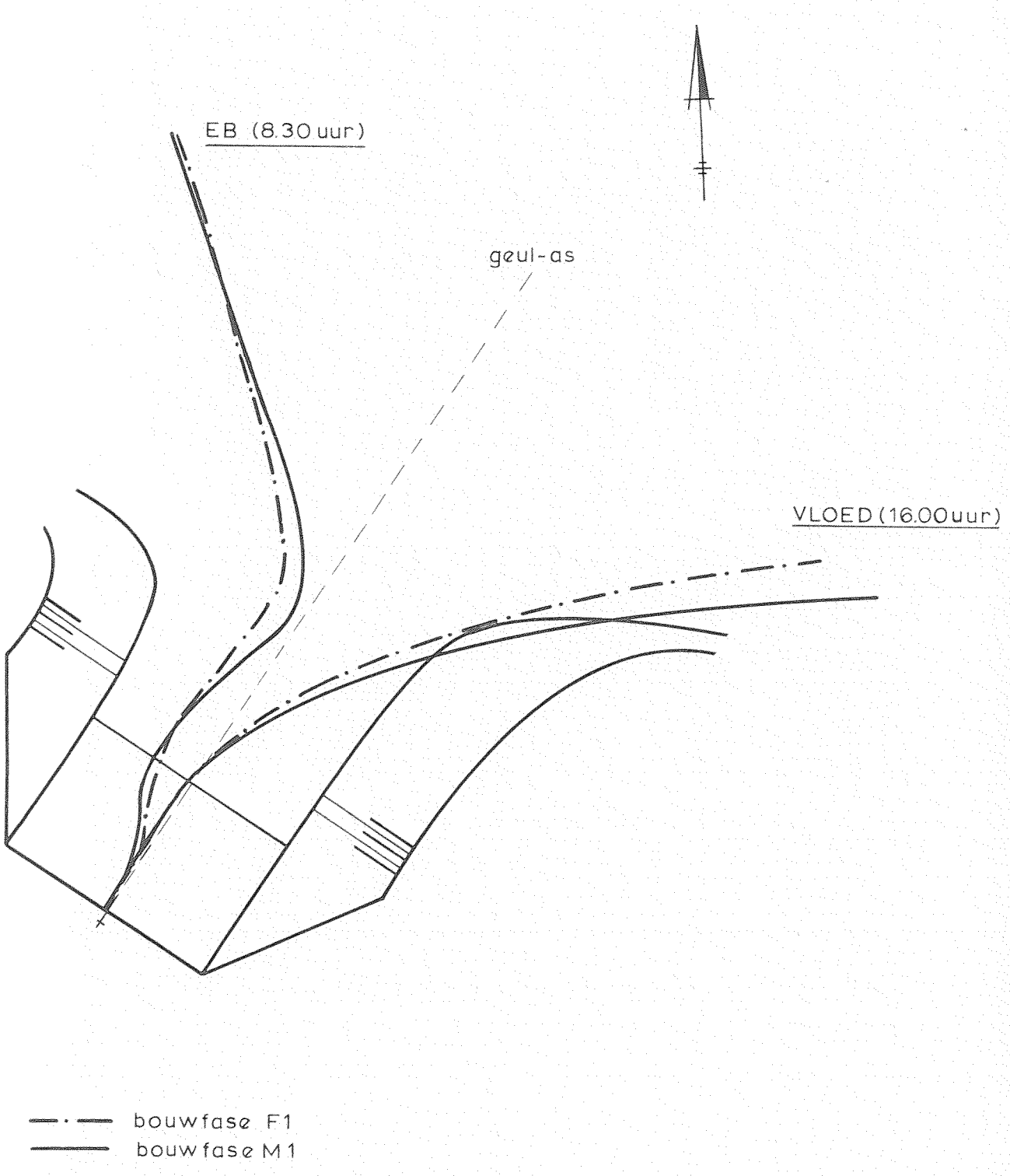
gemeten d.d. 11 september 1968

STROOMSNELHEDEN EN -RICHTINGEN BOUWFASE M 1 (SCHAAR)		
	SCHAAL 1 : 5.000 1 cm ≙ 0,5 m/s	
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM	R 1545	FIG. 2

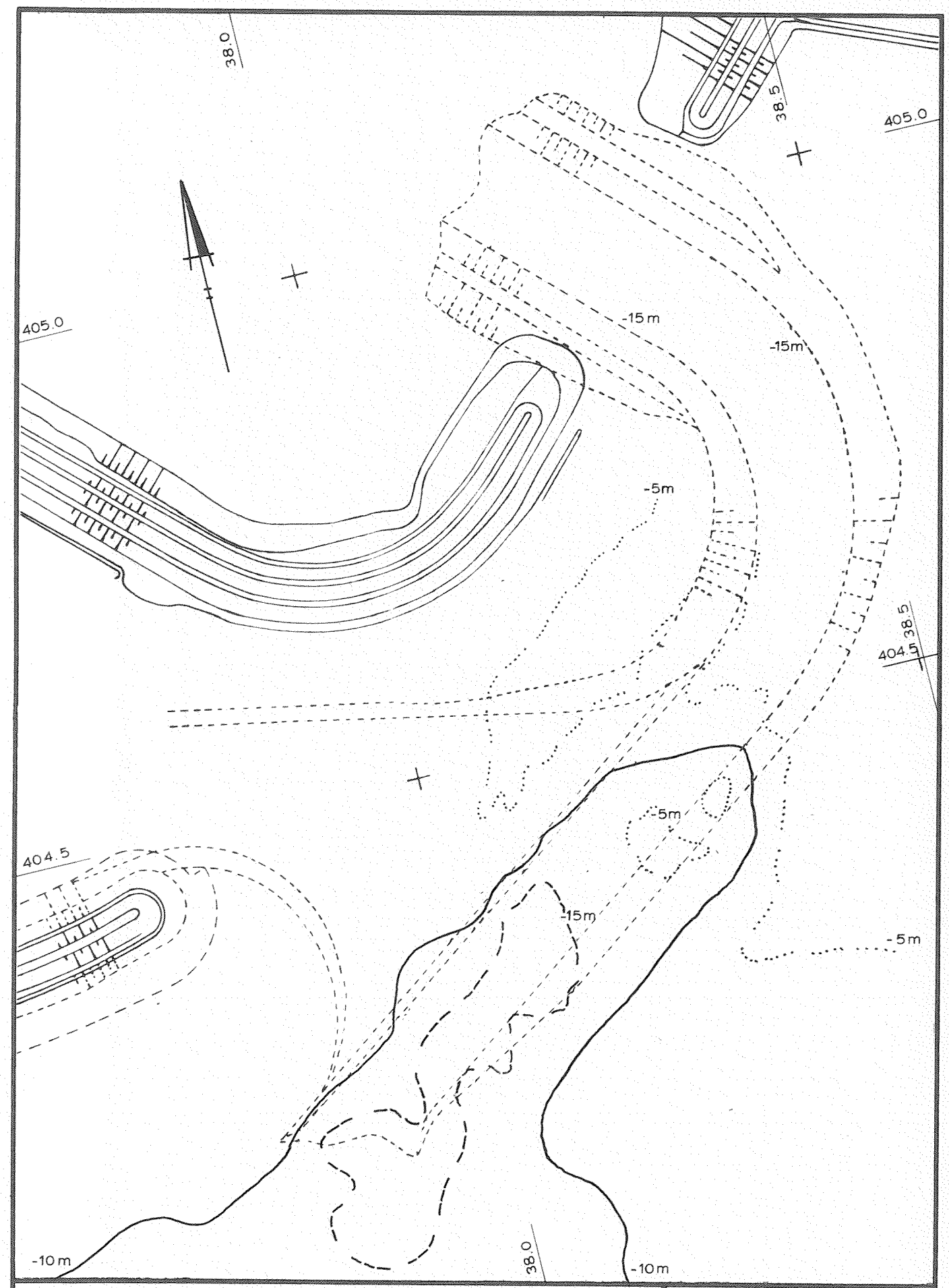


BENODIGDE ROERHOEKEN BU HET UITVAREN VAN HET BOUWDOK "SCHAAR"

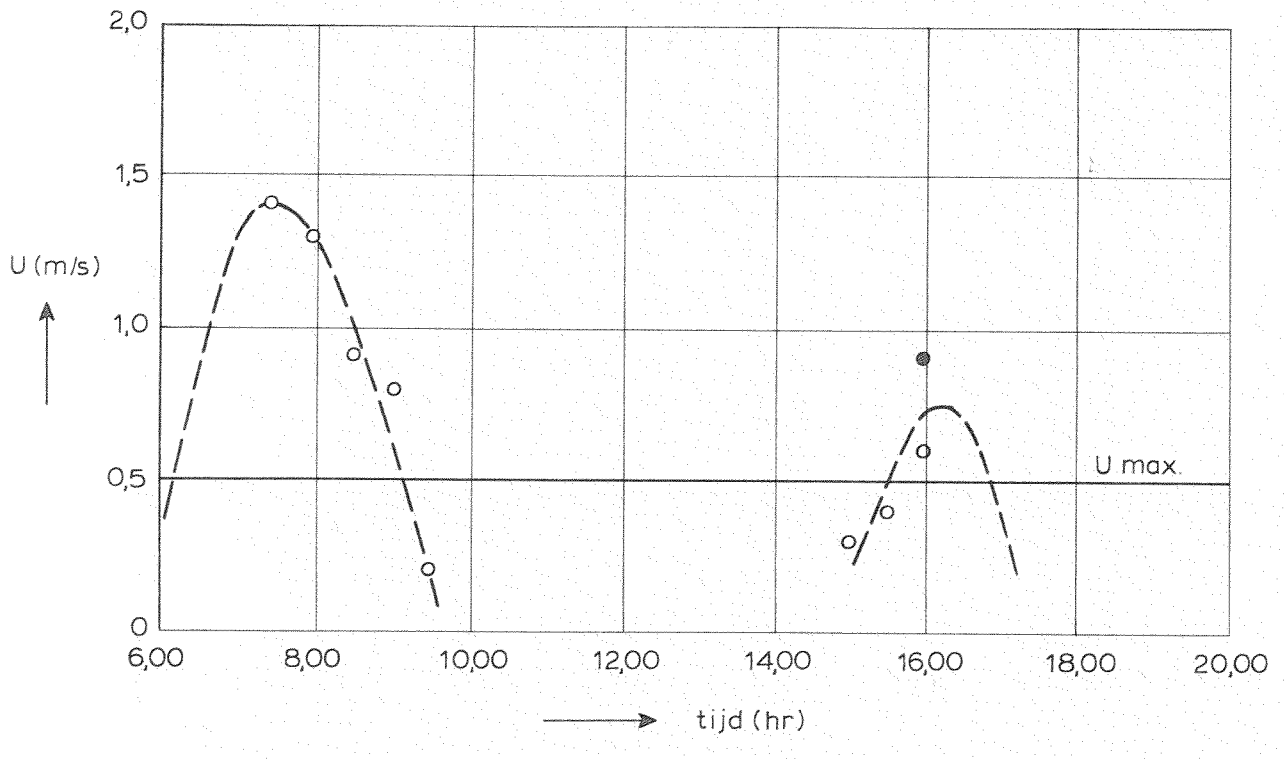
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM | R 1545 | FIG. 3



VAARBANEN ONGESTUURD HEFSCHIP BU HET UITVAREN VAN HET BOUWDOK "SCHAAR"		
	SCHAAL 1:50.000	
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM	R 1545	FIG. 4



VOORGESTELDE GEUL BOUWDOK "ROOMPOT"		
	SCHAAL 1:5000	
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM	R 1545	FIG. 5



o getijmodel
● prototype

MAXIMALE LOODRECHT OP DE GEULAS GERICHTE STROOMKOMPONENT (ROOMPOT)		
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM	R 1545	FIG. 6

BIJLAGE I: Simuleren van scheepsmanoeuvres

INHOUD

blz.

1 Opzet van de bewegingsvergelijkingen 1

2 Bepaling van de manoeuvreerkoëfficiënten 2

3 Toetsing van de bewegingsvergelijkingen 3

4 Berekening draaikapaciteit hefschip 4

LITERATUUR

1 Opzet van de bewegingsvergelijkingen

In het aardvaste assenstelsel x_o, y_o, z_o geldt, voor de bewegingen van het zwaartepunt G van een lichaam, de wet van Newton:

$$X_o = m\,\ddot{x}_o$$

$$Y_o = m\,\ddot{y}_o \qquad (1)$$

$$N_o = I_{zz}\,\ddot{\psi}_o$$

waarbij X_o, Y_o en N_o de krachten in x_o en y_o-richting en het moment om de z_o-as zijn; $\ddot{x}_o$, $\ddot{y}_o$ en $\ddot{\psi}_o$ zijn de versnellingen in x_o- en y_o-richting en de hoekversnelling om de z_o-as; m is de massa van het lichaam en I_{zz} het traagheidsmoment om de z_o-as. Transformatie naar een lichaams- (scheeps-)vast assenkruis levert:

$$X = m\,(\dot{U} - Vr)$$

$$Y = m\,(\dot{V} + Ur) \qquad (2)$$

$$N = I_{zz}\,\dot{r}$$

X, Y en N zijn in het hier beschouwde geval van een manoeuvrerend schip, de hydrodynamische krachten op het schip; U en V de langs- en dwarsscheepse snelheden, r de giersnelheid en $\dot{U}$, $\dot{V}$ en $\dot{r}$ de respektievelijke versnellingen. De hydrodynamische krachten zijn op te delen in:

$$X = X_{romp} + X_{schroef} + X_{roer} \qquad (3)$$

welke deelkrachten verondersteld worden afhankelijk te zijn van:

$$X_{romp} = X_{romp}\,(U, \dot{U}, V, \dot{V}, r, \dot{r})$$

$$X_{schroef} = X_{schroef}\,(U, n) \qquad (4)$$

$$X_{roer} = x_{roer}\,(U, n, \delta)$$

waarin n het schroeftoerental is en δ de roerhoek. Over het algemeen worden de deelkrachten in een Taylorreeks ontwikkeld. Op grond van symmetrie-overwegingen kan vaak het aantal termen worden afgeperkt. Overwegingen met betrekking tot het geldigheidsgebied van de bewegingsvergelijkingen spelen daarnaast een rol bij de te hanteren uitgebreidheid.

Voor het onderhavige onderzoek wordt voorgesteld een zeer eenvoudige formulering van de bewegingsvergelijkingen te hanteren:

$$
\begin{aligned}
m\,(\dot{U} - Vr) &= X_{\dot{u}}\,\dot{U} + X_{uu}\,U^2 + X_{nn}\,n^2 + X_{\delta\delta nn}\,\delta^2 n^2 \\
m\,(\dot{V} + Ur) &= Y_{\dot{v}}\,\dot{V} + Y_{\dot{r}}\,\dot{r} + Y_v\,V + Y_r\,r + Y_{\delta nn}\,\delta\,n^2 \qquad (5) \\
I_{zz}\,\dot{r} &= N_{\dot{v}}\,\dot{V} + N_{\dot{r}}\,\dot{r} + N_v\,V + N_r\,r + N_{\delta nn}\,\delta n^2
\end{aligned}
$$

waarin $X_{\dot{u}} = \frac{\partial X}{\partial \dot{U}}$ enzovoort. Deze afgeleiden worden de manoeuvreerkoëfficiënten genoemd.

2 Bepaling van de manoeuvreerkoëfficiënten

In het algemeen worden de manoeuvreerkoëfficiënten met behulp van oscillatieproeven bepaald: men legt een scheepsmodel een bepaalde beweging op en meet de daaruit resulterende krachten. In het onderhavige geval is getracht de koëfficiënten te berekenen. Hierbij is uitgegaan van een in [1] gegeven opzet, waarbij voor slanke lichamen met konstante diepgang de volgende uitdrukkingen kunnen worden afgeleid voor de koëfficiënten op onbeperkt water:

$$
\begin{aligned}
Y_v &= -\frac{\pi}{2}\,\rho U\,T^2 \\
Y_r &= \frac{\pi}{4}\,\rho U\,T^2\,L \\
Y_{\dot{v}} &= -\frac{\pi}{2}\,\rho T^2\,L \\
Y_{\dot{r}} &= 0 \qquad (6) \\
N_v &= -\frac{\pi}{4}\,\rho U\,T^2\,L \\
N_r &= -\frac{\pi}{8}\,\rho U\,T^2\,L^2 \\
N_{\dot{v}} &= 0 \\
N_{\dot{r}} &= -\frac{\pi}{24}\,\rho T^2\,L^3,
\end{aligned}
$$

waarin L de scheepslengte en T de diepgang is.

De waarde van de koëfficiënten op beperkte waterdiepte kan uit die op onbeperkt water worden afgeleid door vermenigvuldiging met (zie [1]):

$$a = \frac{2}{\pi}\frac{B}{h-T} + \frac{8}{\pi^2}\frac{h^2}{T^2}\left[1 - \ln 4\left(1 - \frac{T}{h}\right) + \frac{1}{3}\left(1 - \frac{T}{h}\right)^2\right] \qquad (7)$$

B is hierin de scheepsbreedte en h de waterdiepte. Aangenomen wordt dat bij het toepassen van de Schottels de roerhoeken voor en achter gelijk en tegengesteld zijn (zie figuur 3). Bovendien wordt verondersteld dat bij scheve aanstroming de stuwkracht van de Schottels niet verandert. Voor de roer- en schroefafgeleiden kunnen dan de volgende uitdrukkingen worden afgeleid:

$$\begin{aligned}
X &= (T_v + T_a)\cos\delta = C_{T_1} n^2 \cos\delta \approx C_{T_1} n^2 \left(1 - \tfrac{1}{2}\delta^2\right) = X_{nn} n^2 + X_{nn\delta\delta} n^2\delta^2 \\
Y &= (T_a - T_v)\sin\delta = C_{T_2} n^2 \sin\delta \approx C_{T_2} n^2\delta = Y_{nn\delta} n^2\delta \qquad (8) \\
N &= (T_v + T_a)\tfrac{1}{2} L \sin\delta = C_{T_3} n^2 \sin\delta \approx C_{T_3} n^2\delta = N_{nn\delta} n^2\delta
\end{aligned}$$

T_v en T_a zijn respektievelijk de gezamenlijke stuwkracht van de beide voorste en de beide achterste Schottels. De waarde van de afgeleiden is vervolgens aan de hand van de in [2] gepresenteerde gegevens bepaald. Naar aanleiding van in [3] weergegeven meetresultaten werd tenslotte de waarde van X_{uu} bepaald. Voor $X_{\dot{u}}$ werd uitgegaan van de in [4] gegeven opzet.

In tabel I-1 worden de op bovenstaande wijze bepaalde koëfficiënten weergegeven voor de in [5] onderzochte eerdere versie van het hefschip.

3 Toetsing van de bewegingsvergelijkingen

Getracht is met behulp van de bewegingsvergelijkingen de in [5] vermelde draaicirkelproeven te simuleren. In eerste instantie is daartoe nagegaan in hoeverre de gekoppelde dwarskracht- en momentvergelijkingen voor een stationaire situatie ($\dot{U} = \dot{V} = \dot{r} = 0$) reële waarden voor r opleveren. Uit (5) valt af te leiden dat in een dergelijke situatie r voldoet aan:

$$r = \frac{Y_v N_{nn\delta} n^2 - Y_{nn\delta} n^2 N_v}{Y_v N_r - (Y_r - mU) N_v} \cdot \delta \qquad (9)$$

In figuur I-1 wordt het aldus bepaalde verband tussen roerhoek en giersnelheid vergeleken met de gemeten waarden. Gezien de bij de bepaling van de koëfficiënten gedane aannamen mag de overeenkomst redelijk worden genoemd. Ter toetsing van de dynamische eigenschappen van het model zijn vervolgens met een standaardprogramma draaicirkelproeven gesimuleerd. Hoewel de stationaire koëfficiënten de indruk wekten dat met behulp van de toegepaste berekeningswijze de verschijnselen redelijk zouden kunnen worden weergegeven, blijkt uit de simulatie dat het komplete model duidelijke gebreken vertoont: varend met een konstante roerhoek en een konstant toerental wordt de (stationaire) evenwichtssituatie niet bereikt (zie figuur I-2). Voor de simulatie van dynamische verschijnselen is het model dus niet geschikt. Wanneer het manoeuvreergedrag van het hefschip nader moet worden onderzocht zullen dus, ter bepaling van de manoeuvreerkoëfficiënten, oscillatieproeven moeten worden uitgevoerd.

4 Berekening draaikapaciteit hefschip

Om een indruk te kunnen krijgen van de roerhoeken die nodig zijn om de invloed van de gradiënt in het stroombeeld te kompenseren, moeten de manoeuvreereigenschappen van het hefschip op één of andere wijze worden benaderd. Hiertoe is uitgegaan van de draaicirkelproeven met de eerdere versie van het hefschip. Een verhouding tussen de giersnelheid van het huidige en het eerdere hefschip is met behulp van (9) te bepalen. De in (9) voorkomende koëfficiënten zijn voor beide schepen met behulp van (6) en (8) benaderd. Een en ander geeft aanleiding tot de in figuur I-1 weergegeven statische karakteristiek.

LITERATUUR

1 NEWMAN, J.N.,
Theoretical methods of ship manoeuvring
Symp. on advances in marine technology,
Trondheim, 1979

2 Manoeuvreerproeven voor pijler met drijvers,
N.S.P. rapport 02581-1-MS, Wageningen, 1978

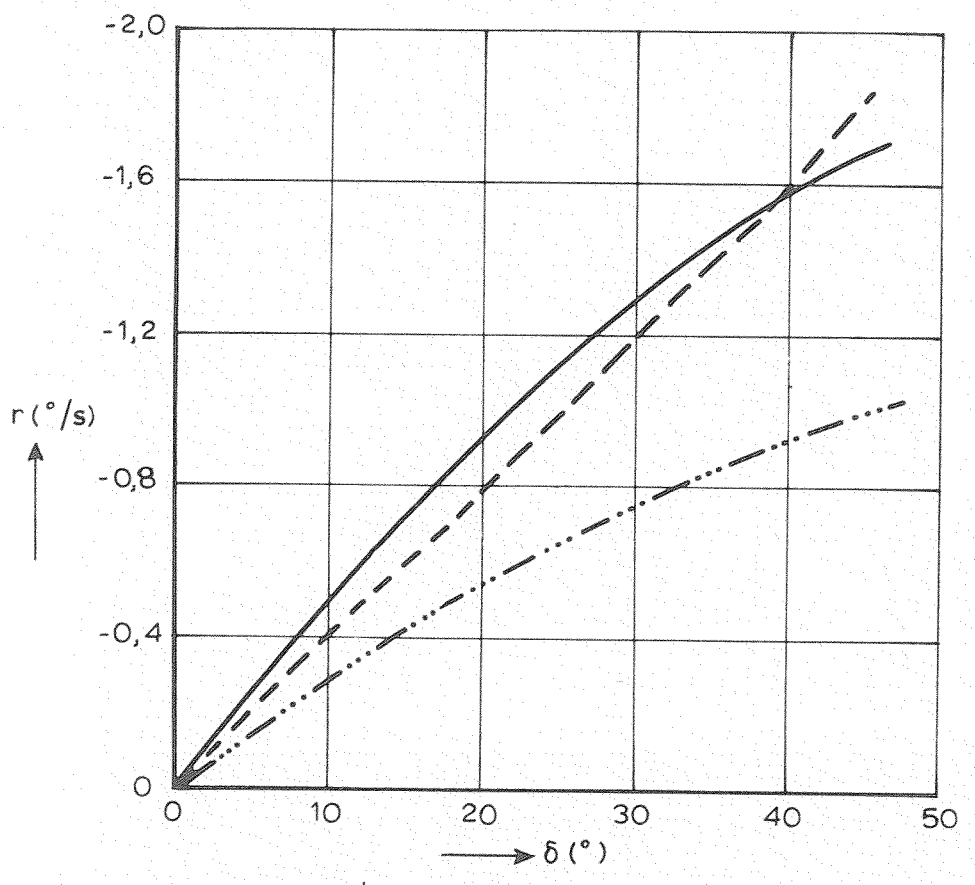
3 Hefschip/Opschoonponton Oosterschelde, weerstandsproeven met hefschip,
N.S.P. rapport 02771-1-GT, Wageningen, 1979

4 JACOBS, W.R.,
Estimation of stability derivatives and indices of various ship forms,
Journal of Ship Research, 1966

5 Hefschip Oosterschelde, deel E: manoeuvreerproeven met hefschip in beladen toestand,
N.S.P. rapport 01597-2-GT/MS, Wageningen, 1977

L	m	95,00
B	m	51,00
T	m	7,95
m	kg	22,42 E6
I_{zz}	kgm	11,24 E9
h	m	20,00
U	m/s	2,00
$X_{\dot{u}}$	kg	- 1,49 E6
X_{uu}	kgm	- 0,22 E6
X_{nn}	kgm	1,10 E6
X_{nn}	kgm	- 0,55 E6
Y_v	kgs	- 0,78 E6
Y_r	kgm/s	37,04 E6
$Y_{\dot{v}}$	kg	- 37,08 E6
$Y_{\dot{r}}$	kgm	0
Y_{nn}	kgm	0,06 E6
N_v	kgm/s	- 37,04 E6
N_r	kgm /s	- 8,79 E8
$N_{\dot{v}}$	kgm	0
$N_{\dot{r}}$	kgm	- 27,00 E9
N_{nn}	kgm	- 52,25 E6

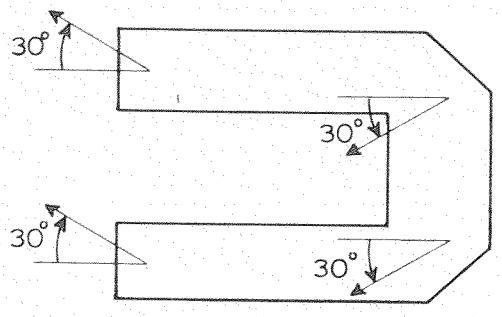
Tabel I-1 Koëfficiënten eerste versie hefschip



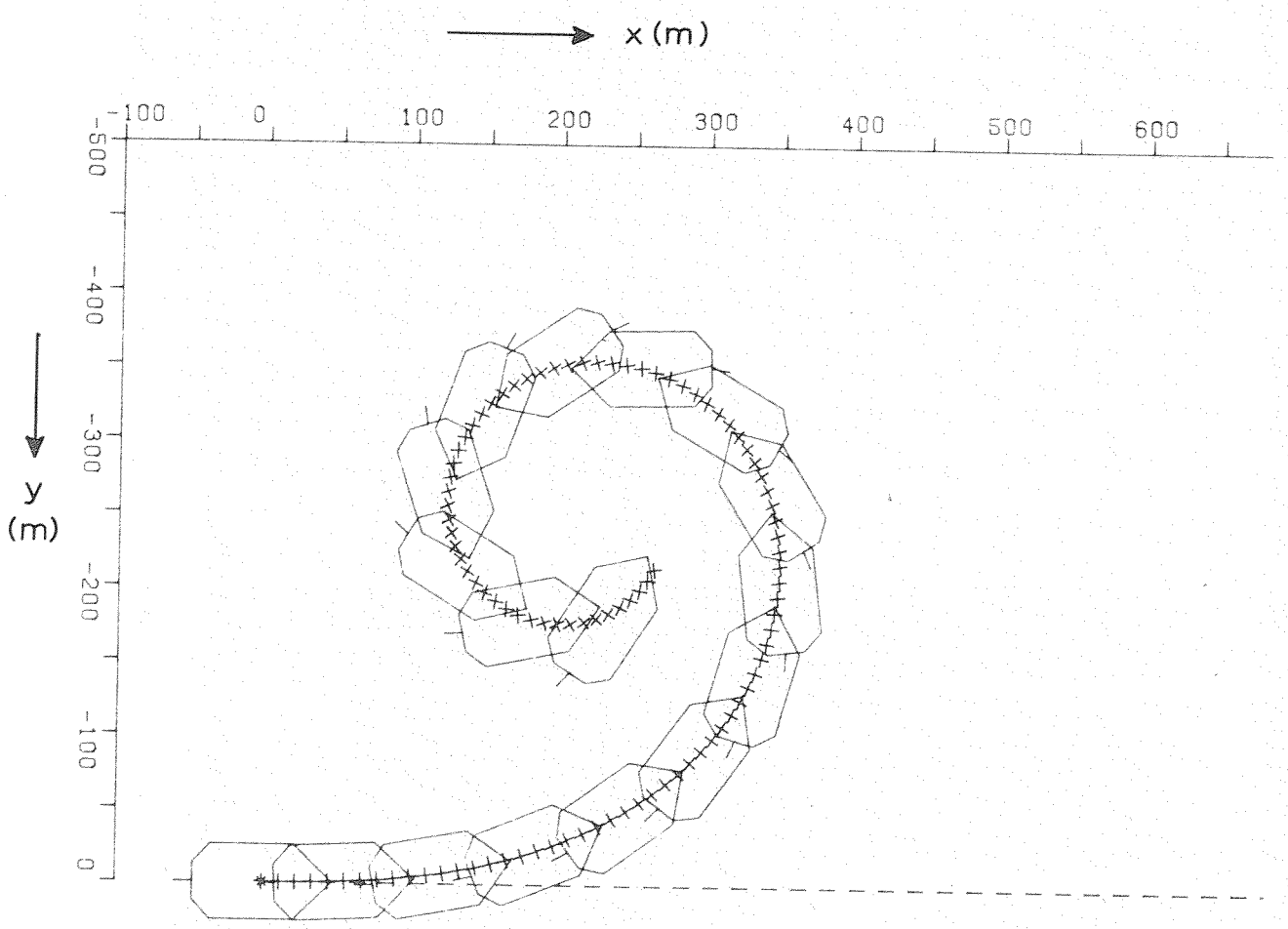
gemeten } eerste versie hefschip geladen, $h/_T = 2{,}5$; U=2m/s
berekend

berekend, huidige hefschip geladen, h/T=2,5 ; U=2m/s

De roerhoek is gedefinieerd als de richting van het schroefwater van de achterste Schottels. De voorste hebben een tegengestelde, maar even grote hoek als de achterste. Dus 30° BB is:



DRAAIKAPACITEIT HEFSCHIP		
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM	R 1545	FIG. I - 1



h/T = 2,5
u = 2m/s
δ = 10°

DRAAICIRKEL HEFSCHIP		
	SCHAAL 1:5000	
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM	R 1545	FIG. I-2

p.o. box 177 2600 mh delft the netherlands