

N W

015

RIJKSWATERSTAAT  
Studiedienst - IJmuiden

RWS afd. A N W

NO: 0015

WIS 876686

RIJKSWATERSTAAT  
ARR. "HET NOORDZEEKANAAL"  
STUDIEDIENST-IJMUIDEN

RAPPORT BETREFFENDE  
METINGEN EN WAARNEMINGEN IN  
EN BUITEN DE HAVEN TE IJMUIDEN,  
IN 1937 VERRICHT

door

Ir D.N. Dammers

627.13

024.

R A P P O R T  
betreffende  
Metingen en Waarnemingen  
in en buiten de haven te IJmuiden,  
in 1937 verricht.

-----

# R A P P O R T

betreffende

Metingen en Waarnemingen,

in en buiten de haven te IJmuiden,

in 1937 verricht.

-----

## Inhoud:

I. <u>Inleiding</u>	blz.	2
II. <u>Beschrijving der Waarnemingen</u>		
§ 1. Algemeen	"	3
" 2. Stroommetingen	"	3
" 3. Zandtransportmetingen	"	4
" 4. Zandgehaltemetingen	"	4
" 5. Slibgehaltemetingen	"	5
" 6. Zoutgehaltebepalingen	"	5
" 7. Zeegang	"	5
" 8. Windwaarnemingen	"	5
" 9. Bodemonderzoek	"	6
III. <u>Stroommetingen</u>		
§ 1. Stroomverticalen	"	7
" 2. Reductiegrafiek	"	9
" 3. Verticaal en Horizontaal Getij	"	9
" 4. Reststroom	"	11
" 5. Maanuurkaarten	"	11
IV. <u>Zandtransport</u>	"	20
V. <u>Slibgehalte.</u>	"	21
VI. <u>Slibonderzoekingen</u>	"	22
VII. <u>Zoutgehaltebepalingen</u>	"	25
VIII. <u>Bodemonderzoek</u>	"	26
IX. <u>Vulling en Lediging van de Haven</u>	"	28
X. <u>Aanslibbing in de Haven</u>	"	30
XI. <u>Invloed van het spuien op het afzetten van vaste stoffen</u>	"	32
XII. <u>Samenvatting</u>	"	34.

Figuren.

- Fig. 1. Stroomdrijver  
 " 2. Slibtrechter  
 " 3. Stroomverticaal  
 " 4. Reductiegrafiek  
 " 5. Phaseverschuiving verticaal en  
 horizontaal getij  
 " 6. Gemiddelde stroomsnelheden  
 " 7. Compensatiestroomen  
 " 8. Vulstroom  
 " 9. Havenoverzicht  
 " 10. Vulling en Lediging van de haven  
 " 11. Vulling t.g.w. secundaire depressie.

Bijlagen:

- I Overzicht meetpunten 1937  
 II 0 - 11 Maanuurkaarten  
 III 0 - 11 Maanuurkaarten  
 IV Max. Vloedstroom en Zandgehalte  
 V Max. Ebstroom en Zandgehalte  
 VI Bodemonderzoek  
 VII Overzicht baggerwerk en aanslibbing.

## I. Inleiding.

De buitenhaven van IJmuiden, oorspronkelijk aangelegd op een diepte van 8.50 m - N.A.P., wordt tegenwoordig op 12 m diepte - N.A.P. onderhouden, behoudens in de gedeelten, die toegang geven tot de Zuider- en de Middensluis, waar de onderhoudsdiepte 10.30 m - N.A.P. bedraagt. Voor het handhaven van deze diepten is jaarlijks in de haven een baggeronderhoud van rond 1.000.000 m<sup>3</sup> nodig. Buiten den havenmond wordt per jaar ca 400.000 m<sup>3</sup> zand gezogen.

In den zomer van 1937 werd aangevangen met stroommetingen en waarnemingen van zandtransport, slibgehalte enz., welke ten doel hadden, de oorzaken van de aanzanding buiten de haven en de aanslibbing in de haven zelf nader te leeren kennen.

Eerst werden de zeestroomingen op grooten afstand van de haven nagegaan, daarna werden de stroomingen in de nabijheid der havenhoofden onderzocht.

Een overzicht van de resultaten der metingen zal hieronder gegeven worden.

## II. Beschrijving der Waarnemingen.

### § 1. Algemeen.

Het onderzoek der zeestroomingen vond plaats aan boord van het opnemingsvaartuig "Oceaan" van de Directie Benedenrivieren van den Rijkswaterstaat en aan boord van de "Breeveertien", een directievaartuig van het onderhoudsbaggerwerk van de haven te IJmuiden, dat uitgerust werd voor het verrichten der metingen.

De waarnemingen in de nabijheid der haven werden aan boord van de "Breeveertien" verricht en voor zoover het de stroomdrijvingen betreft, vanaf de havenhoofden.

### § 2. Stroommetingen.

De stroomsnelheden en de stroomrichtingen werden gedurende een volledig getij (eb en vloed) elk half uur gemeten. Daartoe lag het meetvaartuig gedurende dien tijd voor anker. Een overzicht der meetpunten is gegeven op bijlage I. Bij elk meetpunt is aangegeven door een pijl de richting van den wind gedurende de meting, de grenzen van de voorgekomen windsnelheden in m/sec. en het getijverschil in % van het gemiddeld getijverschil te IJmuiden.

Elk half uur werd in de geheele verticaal de stroomsnelheid gemeten met een Ott-stroommeter; in diep water werden de snelheden op afstanden van 2 m en in ondiep water op afstanden van 1 m waargenomen, tot op 0.15 m boven den bodem.

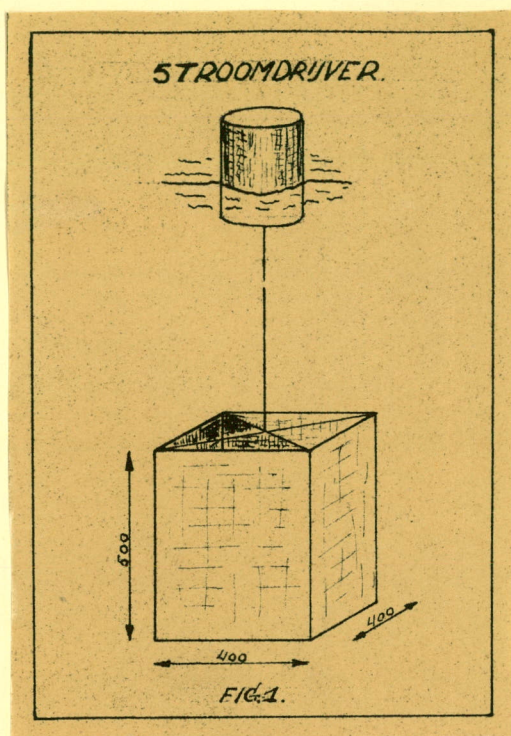
Aan boord van de "Oceaan" werd bovendien met een zelfregistreerenden Ott-bodemstroommeter de snelheid op 0.15 m en 0.50 m boven den bodem continu waargenomen.

De stroomrichtingen werden gelijktijdig met de snelheidsmetingen op dezelfde hoogten gemeten. Hier voor werd aan boord van de "Oceaan" gebruik gemaakt van een Jacobsen-stroommeter en aan boord van de "Breeveertien" van een stroomrichtingsmeter volgens een ontwerp van Dr. Ir. J. van Veen.

Naast de stroommetingen werden nog waarnemingen verricht omtrent het zandtransport, zandgehalte, slibgehalte, zoutgehalte, de windrichting en windsnelheid, terwijl ook bodemonsters genomen werden. Nader zal op deze onderwerpen in de volgende paragrafen teruggekommen worden. De snelheidsmetingen in een verticaal verschaften de gegevens voor het teekenen van een stroomverticaal, waaruit een gemiddelde stroomsnelheid voor de verticaal afgeleid werd. Uit de gemiddelde stroomsnelheden van elk half uur werd een gemiddelde snelheidskromme samengesteld, welke met de overige meetresultaten op een meetgrafiek vereenigd werd.

Zoals reeds werd vermeld, werden nabij de havenhoofden, naast de stroommetingen, stroomdrijvingen verricht. De groote veranderingen in de stroomrichtingen en de verschillen tusschen oppervlakte- en bodemstromen, konden op deze wijze overzichtelijker vastgelegd worden.

De stroomdrijvers bestonden uit een gesloten oppervlakte drijver, waaraan door middel van een staaldraad,  $\varnothing 1$  mm, een weerstandslichaam van zink was opgehangen. In fig. 1 is een dergelijke drijver afgebeeld. Drijvers voor verschillende diepten werden gelijktijdig waargenomen uit een vaste standplaats op een der havenhoofden.



De plaats der drijvers werd op een planchet, met behulp van een vizierliniaal en een afstandskijker vastgelegd. Tevens vond voor elke plaatsbepaling een tijdnoteering, tot in seconden nauwkeurig, plaats, waardoor het mogelijk was bovendien de stroomsnelheden te berekenen. De stroombanen werden later in kaart gebracht, gesplitst volgens maanuren, waarbij de snelheden gereduceerd werden tot snelheden voor een normaal getijverschil te IJmuiden.

Uiteraard worden met de stroomdrijvers te groote stroomsnelheden gevonden, daar het ondergedompelde deel van den oppervlaktedrijver meegesleept zal worden door het snel-

ler bewegende oppervlaktewater. De oppervlakte van het deel van den drijver, dat ondergedompeld is, is echter maar zeer klein ten opzichte van het oppervlak van het weerstandslichaam, zoodat uit dien hoofde geen grotere afwijkingen in de snelheden dan 10 % te verwachten zijn. Daar de golfbeweging door de drijvers meegemaakt kan worden, zonder dat de onderdompeling sterk vergroot wordt (de weerstandslichamen bieden in verticalen zin haast geen weerstand) en daar bovendien alleen met betrekkelijk weinig zeegang gemeten werd, kan aan de stroomdrijvingen een redelijke waarde gehecht worden wat de stroomsnelheidscijfers betreft.

### § 3. Zandtransportmetingen

Het zandtransport werd waargenomen met een zandvanger (Canter Cremers), welke gedurende vijf minuten op den bodem werd geplaatst. Het door een opening met een oppervlak van 16 cm<sup>2</sup> stroomende water ondergaat in het toestel een snelheidsvermindering, waardoor het zand gelegenheid krijgt te bezinken.

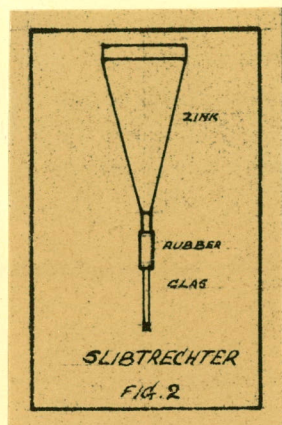
### § 4. Zandgehaltemetingen.

Met zandgehaltemeters werden watermonsters van 5 l. ge-

genomen. Aan boord van de "Oceaan" werden deze monsters genomen met 2 zandgehaltemeters, elk met 4 bakken. Hiermede werden monsters genomen van resp. 3.5 cm, 23.5 cm, 43.5 cm, 63.5 cm en van 10 cm boven den bodem.

Op de "Breeveertien" was een zandgehaltemeter aanwezig, waarmede het zandgehalte op 10 cm boven den bodem waargenomen werd.

#### § 5. Slibgehalte.



Het slibgehalte van het zeewater werd bepaald door verzameling van watermonsters van 5 l in trechters van den in fig. 2 weergegeven vorm. Hieruit werd in den beginne het water gefiltreerd, waarna het filtraat na droging gewogen werd.

De hygroscopische eigenschappen van het filtreerpapier beïnvloeden de nauwkeurigheid van de weging echter zeer belangrijk, zoodat overgegaan werd tot indampen van het afgezette slib. Gedurende 24 uur werd een watermonster in de trechters gelaten, waarna het afgezette slib afgetapt werd en drooggedampt. Daarna kon door weging het slibgehalte bepaald worden.

#### § 6. Zoutgehaltebepaling.

Het soortelijk gewicht van het zeewater werd areometrisch bepaald, onder gelijktijdige waarneming van de temperatuur van het water tot in  $0.1^{\circ}$  C nauwkeurig. Steeds werden gelijktijdig oppervlaktewater en bodemwater onderzocht.

#### § 7. Zeegang.

De golfbeweging werd weergegeven door het toekennen van cijfers volgens een schaal, overeenkomend met die van Beaufort voor den windkracht. Deze waarneming is echter zeer subjectief. Van belang kan de waarneming echter zijn bij de interpretatie der meetgegevens ten aanzien van onregelmatige vormen van een stroomverticaal of afwijkende zandtransporten.

#### § 8. Windwaarnemingen.

De windsnelheid werd op de "Oceaan" met een anemometer gemeten, terwijl de windrichting op het kompas waargenomen werd. Daarnaast werd voor de metingen van de "Breeveertien" gebruik gemaakt van de registraties van den zelfregistreerenden windmeter te IJmuiden van het Koninklijk Nederlandsch Meteorologisch Instituut te de Bilt.



§ 9. Bodemonderzoek.

Met behulp van een bodemgrijper werden bodemmonsters verzameld. De zandmonsters werden op korrelgrootte onderzocht volgens de bezinkingsmethode van Dr. Ir. J. van Veen. Daarnaast werd dagelijks op de baggerwerktuigen en zandzuigers een monster van de gebaggerde specie afgezonderd, hetgeen van belang bleek voor een nauwkeuriger kennis van den bodem in de buitenhaven.

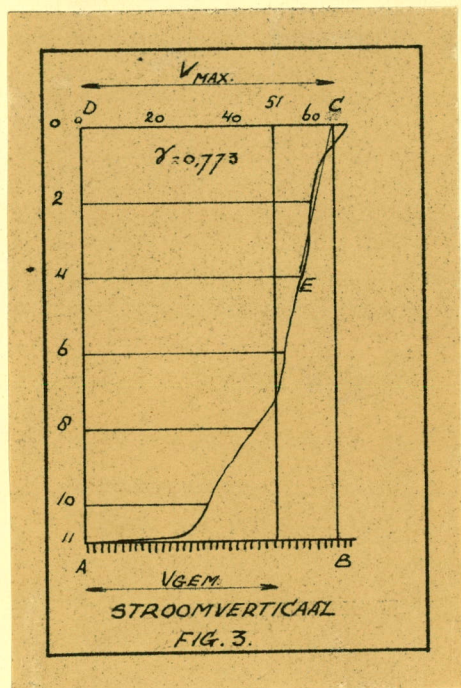
### III. Stroommetingen.

#### § 1. Stroomverticalen.

Onderzocht werden van 12 meetpunten de orde van de parabool, welke de stroomverticalen benadert, volgens de methode, door Dr. Ir. J. van Veen ontwikkeld in nr. 29 van de serie Rapporten en Mededeelingen van den Rijkswaterstaat "Waarnemingen omtrent de snelheidsverdeling in een verticaal".

Volgens deze methode blijken verticaalstroomkrommen voorgesteld te kunnen worden door de formule:

$v = a \sqrt[q]{h}$ , waarin,  
 v de snelheid is op een hoogte h boven den bodem,  
 a de snelheid op 1 m boven den bodem,  
 q de orde van de parabool.



Daar bij een parabool het oppervlak  $\frac{q}{q+1}$  x het oppervlak van den omschreven rechtehoek is, is de factor q dus eenvoudig te berekenen, daar ook de verhouding  $\frac{q}{q+1}$  be-

staat tusschen de gemiddelde en de max. snelheid. De verhouding  $\gamma = \frac{q}{q+1}$ , welke "volheidsfactor" genoemd wordt kan ook geschreven worden

$$\gamma = \frac{v_{\text{gemiddeld}}}{v_{\text{maximum}}}$$

De maximum snelheid wordt bepaald door het trekken van een lijn EC, welke de waarnemingskromme zoo goed mogelijk volgt (zie fig. 3).

Voor een aantal punten, vermeld in onderstaanden staat, is de factor  $\gamma$  bepaald voor de

verticaalkrommen, zooals deze tijdens het sterkst van den vloed en van de eb werden gemeten.

Bij de keuze der punten is rekening gehouden met het feit, dat verschillen in soortelijk gewicht tusschen oppervlakte- en bodemwater een grooten invloed op den vorm der verticaalstroomkromme hebben en dus op de orde der parabool. Daarom zijn punten gekozen, die zoover mogelijk van de haven verwijderd zijn. Alle punten bezitten ongeveer gelijke diepte.

Stroom-

## Stroomverticalen IJmuiden 1937.

1937 Datum	Nr.	Vloed $\delta$	Eb $\delta$	$m_V$	$m_V^2 \cdot 10^{-6}$	$m_e$	$m_e^2 \cdot 10^{-6}$	Spuien IJmuiden
4 Mei	1	0.831	0.725	+ 0.052	2704	- 0.054	2916	-
16 April	2	0.824	0.862	+ 0.045	2025	+ 0.083	6889	-
6 "	10	0.774	0.770	- 0.005	25	- 0.009	81	s
29 "	10	0.702	0.773	- 0.077	5929	- 0.006	36	s
11 Mei	11	0.781	0.778	+ 0.002	4	- 0.001	1	s
30 April	27	0.720	0.786	- 0.059	3481	+ 0.007	49	-
12 "	28	0.737	0.747	- 0.042	1764	- 0.032	1024	s
3 "	29	0.789	0.810	+ 0.010	100	+ 0.031	961	-
19 "	29	0.717	0.855	- 0.062	3844	+ 0.076	5776	s
4 Mei	44	0.814	0.740	+ 0.035	1225	- 0.039	1521	-
14 "	46	0.852	-	+ 0.073	5329	-	-	s
10 "	47	0.828	0.718	+ 0.049	2401	- 0.061	3721	s
3 "	50	0.727	0.786	- 0.052	2704	+ 0.007	49	-
15 April	51	0.810	0.775	+ 0.031	961	- 0.004	16	-
Gemiddeld		0.779	0.779		32496		23040	

$\delta$  gemiddeld = 0.779

$$m = \sqrt{\frac{32496 + 23040}{27}} = 0.045$$

$$q = \frac{0.779}{0.221} = 3.52.$$

De formule voor de parabool luidt dus:

$$v = a \sqrt[3.5]{h}$$

De middelbare fout  $m = 0.045$  is vrij groot.

De gevonden parabool verschilt aanzienlijk van de voor andere zeestroomingen gevonden parabool van de 5<sup>o</sup> orde. Verklaard kan dit worden uit de verschillen in s.g. van oppervlakte- en bodemwater, welke zeer vaak groter dan 1 o/oo zijn, hetgeen ook als criterium voor de 5<sup>o</sup> graads parabool gesteld wordt.

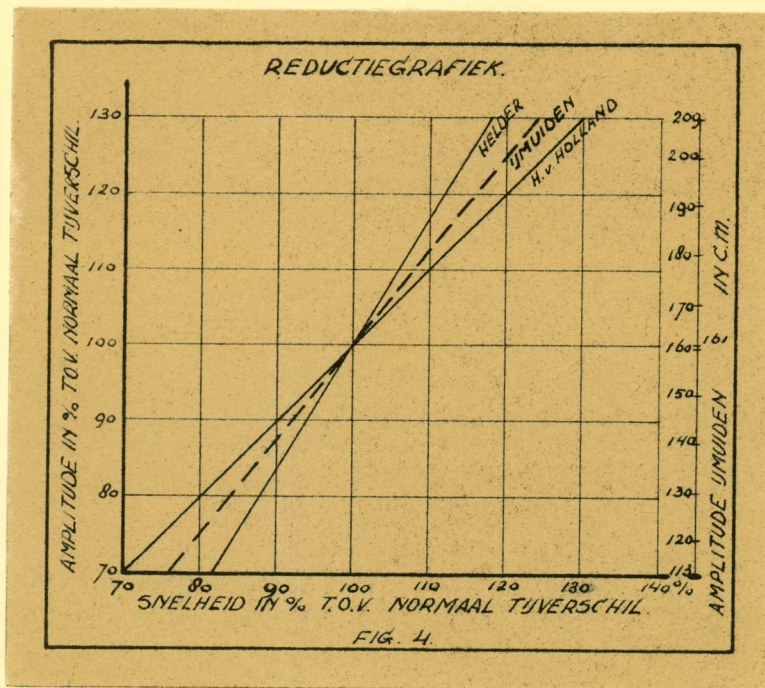
Door de slechte menging van zout en zoet water blijft de invloed van spuien te IJmuiden op het zoutgehalte van het oppervlaktewater tot op grooten afstand van de haven merkbaar.

Eenige regelmaat in de afwijkingen in verband met de voorgekomen spuingen blijkt er niet te bestaan. Daarvoor is de afstand van de meetpunten tot de haven trouwens te groot.

Bij vergelijking van een parabool van de 3<sup>5</sup> orde en één van 5<sup>o</sup> orde valt op te merken, dat bij eenzelfde gemiddelde snelheid, de snelheid aan de oppervlakte bij de eerste categorie groter is dan bij de tweede, terwijl bij de bodemstromen het omgekeerde het geval is. Het relatief klein zijn van den bodemstroom is gunstig ten aanzien van de zandverplaatsingen, te meer daar aangenomen kan worden, dat het zandtransport evenredig is met de 4<sup>o</sup> tot 6<sup>o</sup> macht van de bodemsnelheid.

Een vergelijkende berekening leert, dat bij een gemiddelde snelheid over de verticaal van 63 cm/sec, bij een gemiddelde waterdiepte van 14 m, (voor IJmuiden bij

nor-



normaal getijverschil de maximum vloedstroom op ongeveer 4 km afstand van de kust), de snelheidsverdeling in de verticaal als volgt weergegeven kan worden voor beide soorten parabolen

	3 <sup>5</sup> graad	5 <sup>0</sup> graad
Oppervlakte snelheid	81 cm/sec	76 cm/sec
Snelheid 1 m + bodem	38 "	47.8 "
Snelheid 0.15 m + bodem	22.3 "	32.7 "

## § 2. Reductiegrafiek.

De veranderingen in de getijrijzing gaan gepaard met veranderingen in het horizontaal getij. Voor de herleiding van de snelheidsmetingen tot snelheden, voorkomend bij normaal getijverschil te IJmuiden, is gebruik gemaakt van reductiegegevens voor de lichtscheperen Maas en Haaks, afkomstig van de Directie Benedenrivieren. Uit de waarden der reductiefactoren voor deze punten, welke bepaald zijn aan de hand van een zeer groot aantal stroomwaarnemingen, zijn de waarden van de reductiecoëfficiënt voor IJmuiden afgeleid en weergegeven in onderstaanden staat.

$\text{mek} := \frac{\text{Amplitude}}{\text{gem. amplitude}}$ 

 $:= \frac{\text{Amplitude}}{\text{gem. Amplitude}}$

Reductietabel.

Amplitude in % t.o.v.gem.	Amplitude IJmuiden in m.	Reductiefactor stroom IJmuiden	Reductiefactor stroom H.van Holland	Reductiefactor stroom Den Helder
70	1.13	75.5	70	81
75	1.21	79.5	75	84
80	1.29	83.5	80	87
85	1.37	87.5	85	90
90	1.45	92.0	90	94
95	1.53	96.0	95	97
100	1.61	100.0	100	100
105	1.69	104.0	105	103
110	1.77	108.0	110	106
115	1.85	112.5	115	110
120	1.93	116.5	120	113
125	2.01	120.5	125	116
130	2.09	124.5	130	119

Graphisch zijn de reductiefactoren voorgesteld in fig. 4.

## § 3. Verticaal en Horizontaal Getij te IJmuiden.

De phaseverschuiving tusschen verticaal en horizontaal getij kon niet benaderend berekend worden, daar geen seriemetingen op één punt van de stroomsnelheid beschikbaar waren voor een getij-analyse.

Getracht is daarom door middelen van snelheidskrommen van verschillende punten een indruk te krijgen van de normale stroomingen.

Daartoe werden een aantal gereduceerde stroomkrommen verdeeld volgens maanuren t.o.v. het tijdstip van hoogwater te IJmuiden en de gemiddelden der snelheden volgens de maanuren geacht de snelheidsverdeling te geven.

On-

Onderstaande staat geeft de splitsing in maanuren en de daaruit gevonden gemiddelde snelheden weer.

Maanuursnelheden en Stroomrichtingen.

Maan- uur	Richting	Gem. Snelh.	Opp.	Bodem	$\delta$	m	m.10 <sup>-6</sup>
0	23°	57	80	27	0.712	- 0.068	4624
1	23°	48	64	22.5	0.750	- 0.030	900
2	21°	34.5	43	15.5	0.803	+ 0.023	529
3.	31°	12	21	4.5	0.572	- 0.208	43264
4	179°	19.5	22	11	0.887	+ 0.107	11449
5	192°	38	41.5	19	0.916	+ 0.136	18496
6	192°	46	57.5	20	0.800	+ 0.020	400
7	188°	42	55.5	18	0.756	- 0.024	576
8	186°	35	41	14	0.853	+ 0.073	5329
9	182°	21	30	6	0.700	- 0.080	6400
10	25.5°	17	21	10	0.810	+ 0.030	900
11	25.5°	54	67	25	0.807	+ 0.027	729

9.366

93596

$\delta$  gem.=0.780

$$m = \sqrt{\frac{0.093596}{12}} = \sqrt{0.007799} = \underline{0.088.}$$

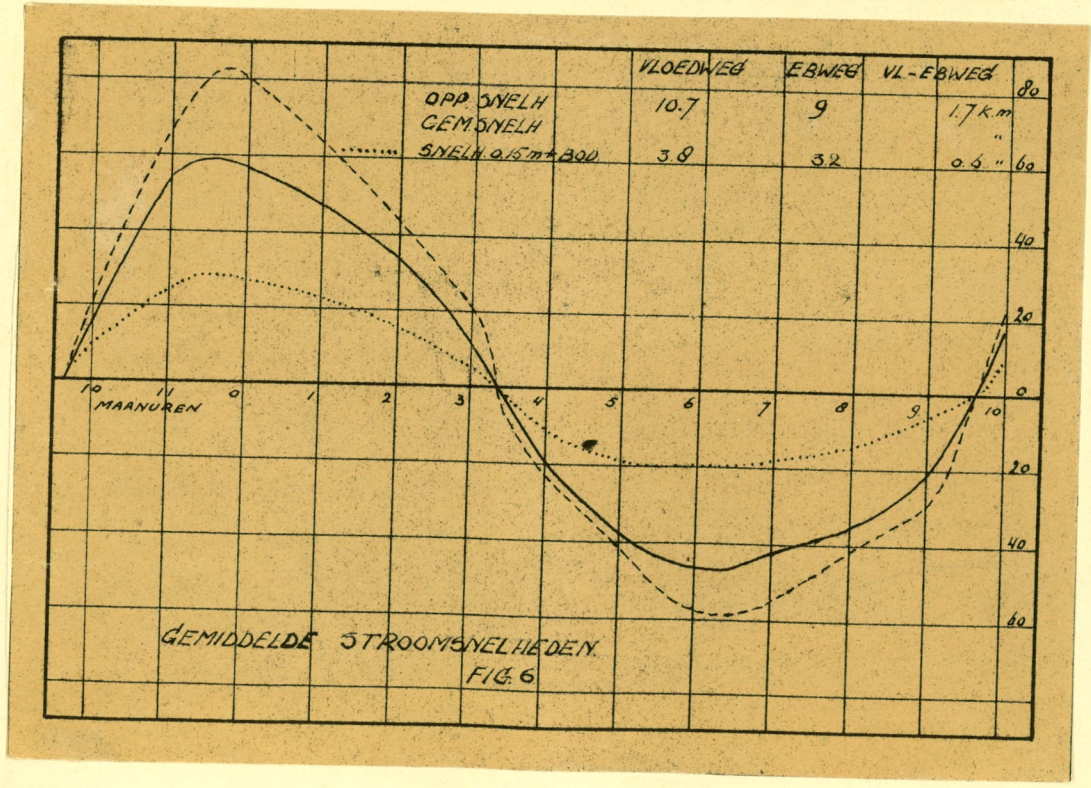
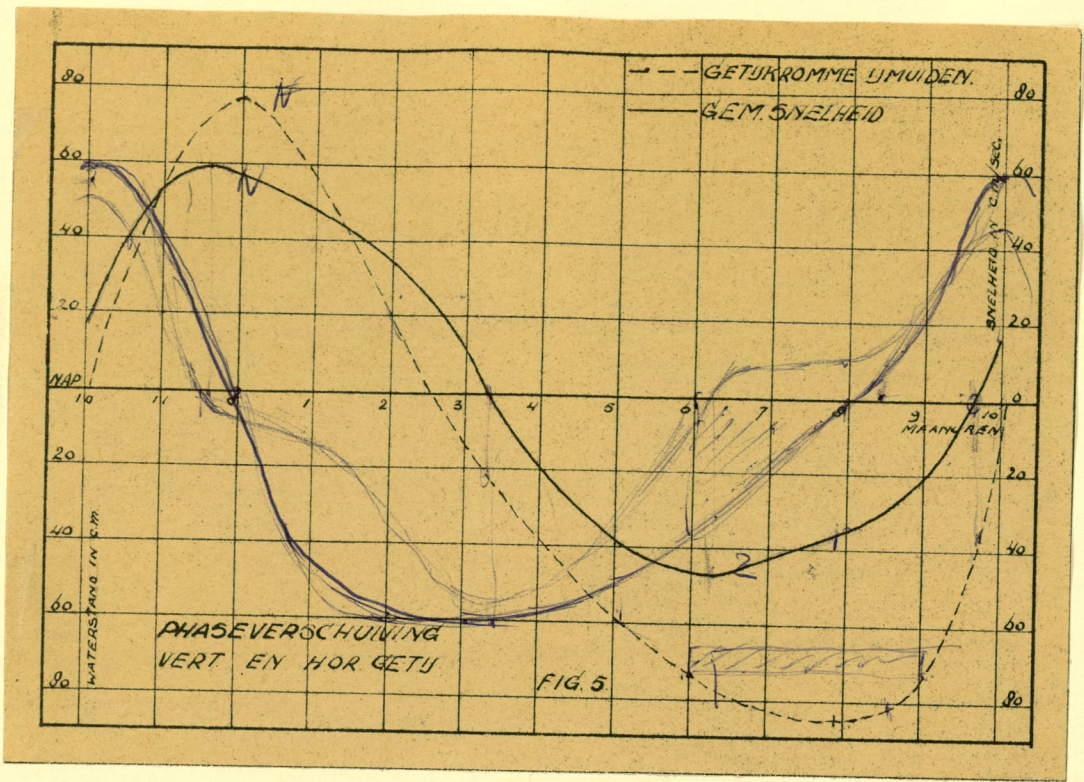
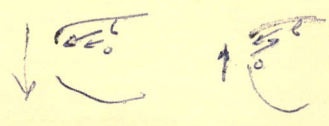
In § 1 werd de volheidsfactor  $\delta$  bepaald door het trekken van de in fig. 3 voorgestelde lijn EC, welke den aanvang van de benaderende parabool voorstelt. In den voorgaanden staat zijn de oppervlaktesnelheden bepaald op grond van de meetcijfers zelf. De quotienten van de gemiddelde oppervlaktesnelheden en de gemiddelde snelheden over de verticaal geven eenzelfde gemiddelde volheidsfactor  $\delta = 0.780$ , zij het weliswaar met een grootere middelbare fout. Dit feit is als een afdoende contrôle te beschouwen op het juist trekken van de lijnen EC bij de gemeten verticaalkrommen.

Naast de snelheden en richtingen is nog berekend het gemiddelde tijdstip ten opzichte van H.W. van den maximum vloedstroom en van den maximum ebstroom.

Meetpunten	max.vloed vóór H.W.	max. eb na H.W.
Meet-punten Staat	22 min	384 min
Alle meetpunten uitgez. 25, 36 en 37	23 "	364 "

Over het algemeen was de afwijking van het tijdstip van den maximum vloed ten opzichte van H.W. zeer gering, doch kwam de ebstroom tot één uur vroeger of later dan gemiddeld voor. Verklaarbaar is dit overigens wel, daar de vloed zeer krachtig doch kort van duur is, daarentegen de eb zwak en van langen duur, zoodat in het tweede geval windinvloeden grooter zijn. Bovendien vertoont de verticale getijlijn te IJmuiden zeer sterk varierende vormen voor het gedeelte beneden den middenstand (12 cm - N.A.P. optreden van een agger, dubbel laagwater), welke variaties ook bij den ebstroom optreden.

Gra-



Graphisch is de phaseverschuiving weergegeven in fig.5, waar de getijlijn en de gemiddelde stroomsnelheidskromme ten opzichte van eenzelfde tijdas zijn weergegeven. Opgemerkt zij hierbij nog, dat de tijdstippen van kentering ook sterk kunnen variëren. Deze komen in de grafiek voor tusschen het 3e en 4e maanuur en tusschen het 9e en 10emaanuur. In het bijzonder de kentering van vloed naar eb vertoont volgens de metingen groote variaties, waar haast even vaak tijdens het derde maanuur vloedstroom als ebstroom gemeten werd.

Nader zal nog op de gevolgen van de phaseverschuiving van verticaal en horizontaal getij op de stroomingsverschijnselen in den havenmond teruggekomen worden in hoofdstuk IX.

#### § 4. Reststroom.

Aan de hand van de in de vorige paragraaf gevonden gemiddelde snelheidskromme werd onder in acht name van de variaties in de waterstanden voor een vak van 1000 m breedte een doorstroming van een hoeveelheid vloedwater berekend van 122.660.000 m<sup>3</sup> en een hoeveelheid ebwater van 102.126.000 m<sup>3</sup>.

Voor dezen gemiddelden toestand was dus een vloedoverschot van 20.534.000 m<sup>3</sup> aanwezig.

Bij een waterdiepte van gemiddeld 14.34<sup>5</sup> m onder den middenstand geeft dit een reststroom van 0.032 m/sec of 1430 m/getij.

Wel is dit cijfer laag vergeleken met gegevens van andere punten der Nederlandsche kust, doch de orde van grootte klopt wel goed, zooals blijkt uit onderstaande gegevens over de vloeddriften van de oppervlaktestroommen bij de lichtscheepen, berekend door J.P. van der Stok:

Noordhinder	2.24 cm/sec
Schouwenbank	4.92 cm/sec
Maas	6.20 cm/sec
Haaks	7.00 cm/sec
Terschellingerbank	5.84 cm/sec.

Uit planimetratie der oppervlaktesnelheidskromme (fig.6) werd een vloedweg berekend van 10.746 km en een ebweg van 9.051 km. Hieruit wordt dus een drift in noordelijke richting gevonden van 3.57 cm/sec of van 1.695 km per getij, dus iets grooter dan voor de gemiddelde strooming.

Voor den stroom op 0.15 m boven den bodem (fig.6) werd gevonden een vloedweg van 3.800 km en een ebweg van 3.2 km, dus een vloedoverschot van 0.6 km per getij of 1.34 cm/sec.

#### § 5. Maanuurkaarten.

De resultaten der stroommetingen zijn vereenigd op "maanuurkaarten". Deze kaarten geven dus de strooming weer op een geheel aantal maanuren (1 maanuur = 1 u. 02 min.) na het tijdstip van H.W. te IJmuiden. Alle gemeten snelheden zijn met behulp van de reduc-

tie-



tiegrafiek (hoofdstuk III, § 2) herleid tot snelheden voor een normaal getijverschil te IJmuiden.

Op de bijlagen II 0 t/m 11 komen de overzichten van de strooming in het geheele meetgebied voor. Daarnaast is op de bijlagen III 0 t/m 11 op grotere schaal de strooming in en buiten de haven weergegeven.

De gereduceerde snelheden werden door pijlen in richting en grootte weergegeven; naast iederen pijl zijn vermeld de oppervlaktesnelheid, de gemiddelde snelheid over de verticaal en de snelheid op 0.15 m boven den bodem.

Op de bijlagen III zijn bovendien nog de uit de stroomdrijvingen afgeleide snelheden voor 2 m, 6 m en 10 m diepte door pijlen aangegeven.

De stroombanen zijn getrokken aan de hand van de gemeten richtingen, terwijl bovendien nog een globale profielberekening werd uitgevoerd.

Naast de meetpunten zijn aangegeven de zoutgehalten van het oppervlaktewater. Rondom den havenmond is geschetst het, door het uit de haven stroomende zoete water ingenomen, oppervlak. De grenzen van dit oppervlak vertoonen een sterke rafeling, onder invloed van de voortdurende uitwisseling van zoet en zout oppervlaktewater.

Op de bijlagen III zijn voorts de gemeten zandgehalten op 0.10 m boven den bodem geteekend.

#### Tijdstip van H.W. te IJmuiden.

##### Bijlage II<sup>o</sup>:

In het beschouwde stroomingsgebied heerscht vloed. Ongeveer 22 min. tevoren heeft de vloed de maximale snelheid bereikt. De gemiddelde strooming bedraagt over het algemeen ca. 60 cm/sec; kleinere snelheden komen voor ten zuiden van de haven nabij het strand, waar de gemiddelde snelheid ca 50 cm/sec. bedraagt. Rond de havenhoofden worden de stroombanen sterk afgebogen. Deze invloed blijft merkbaar tot op een afstand van ongeveer 1000 m van den havenmond. De afbuiging gaat tot op een afstand van  $\pm 500$  m gepaard met een snelheidsvermeerdering.

In de, voor de scheepvaart zoo belangrijke, lichtenlijn van de haven bedraagt de gemiddelde snelheid ca 63 cm/sec. tot op 800 m afstand van de havenhoofden, waarna de snelheid toeneemt tot 70 cm/sec. op 200 m afstand en 95 cm/sec. op 100 m afstand. Daarna vindt een groote snelheidsvermindering plaats tot op  $\pm 50$  m afstand, waar slechts uitwisselingsstromen van zout en zoet water met snelheden van  $\pm 40$  cm/sec. voorkomen.

Het havenbassin is gevuld. De vulstroom is tevoren de haven binnen gekomen langs de binnenzijde van het noorderhoofd. In de haven is daardoor een sterk neerende waterbeweging ontstaan, die op het beschouwde tijdstip van H.W. nog blijft voortduren.

Ten noorden van de haven is ook een neer aanwezig, welke gevormd is na het sterkst van den vloed.

Bijlage II<sup>o</sup>:

De algemeene opmerkingen over de stroomingen gelden ook hier. De gemiddelde stroomingen worden voorgesteld door de zwarte getrokken lijnen. De gekleurde lijnen geven de afwijkingen van de gemiddelde strooming weer van het water op verschillende diepten.

De stroomdrijvingen vonden plaats in de periode van doorspoeling van het Noordzeekanaal met IJsselmeewater, zoodat, door het voortdurend spuien te IJmuiden, de buitenhaven water van een lager zoutgehalte bevatte, dan onder normale omstandigheden het geval is. Dit lage zoutgehalte is de oorzaak van de op de teekening weergegeven uitstrooming van het zoetere water tot zes meter diepte toe. Het oppervlaktewater verspreidt zich het verst naar buiten. Echter wordt ook de strooming op 2 m diepte nog zeer aanzienlijk beïnvloed.

Het water, dat achter het zuiderhoofd vandaan stroomt, wordt door het uit de haven stroomende water op 2 m diepte ver zeewaarts gedreven.

Vertoont de strooming op 6 m diepte een ongeveer met de gemiddelde strooming overeenkomend beeld, het diepere water stroomt veel dichter langs de havenhoofden. Op 10 m diepte raakt de stroom zelfs aan een tot buiten de haven reikenden neerstream.

In de diepe kom voor de haven komen slechts zeer geringe zandverplaatsingen voor. Aanzienlijker is dit transport ten noorden van de haven, waar de bodem vrij steil vanuit bovengenoemde kom naar boven helt. Te verwachten is dit ook, daar het water over korten afstand vrij groote profielsveranderingen moet ondergaan.

1 Maanuur na H.W.Bijlage II<sup>1</sup>:

De vloedstroom is verder afgenomen in snelheid tot een gemiddelde van 50 cm/sec.

Het vallen van het water brengt uitstrooming van water uit de haven teweeg. Hierbij treedt in de haven, nabij het noorderhoofd, een eenigermate neerende waterbeweging op. De vermindering van de stroomsnelheid brengt een meer westwaartsche verspreiding van het zoete oppervlaktewater met zich mede.

Het water achter het noorderhavenhoofd neert nog voortdurend.

De gemiddelde snelheid in de lichtenlijn neemt van 50 cm/sec. op 300 m afstand van den havenmond toe tot 65 cm/sec. op 200 m afstand.

Bijlage III<sup>1</sup>:

Het water op 2 m diepte stroomt volgens zwak gekromde stroombanen den havenmond uit, waarbij de stroomsnelheden aan de zuidzijde iets hooger zijn dan aan de noordzijde. Dicht langs den havenmond stroomt het water op 6 m diepte volgens sterk gekromde stroombanen, hetgeen in nog sterkere mate geldt voor het water op 10 m diepte.

De vermindering der vloedstroom heeft een zeer grooten invloed op het zandtransport, dat nu slechts zeer gering is, in overeenstemming met de geringe snelheden van het bodemwater.

## 2 Maanuren na H.W.

Bijlage II<sup>2</sup>: De snelheid van den vloedstroom is nu teruggelopen tot gemiddeld 37 cm/sec. De uitstroaming uit de haven verloopt regelmatig, ook op grootere diepten en heeft een meer westelijke richting dan op het vorige maanuur. Het zoete oppervlaktewater komt westelijker voor.

De westelijke top van de neer achter het noorderhoofd is eenigszins verplaatst naar het uiteinde van het noorderhoofd.

De richting van den stroom in de meetpunten bij den havenmond is, onder invloed van de uitstroaming uit de haven, meer naar het westen gedraaid.

In de lichtenlijn komen gemiddelde snelheden van ongeveer 40 cm/sec. voor, toenemende op 200 m afstand van den havenmond tot 50 cm/sec.

Bijlage III<sup>2</sup>: Vergeliken met de strooming tijdens het le maanuur blijkt ook hier de afname van den vloedstroom en de daaruit voortvloeiende westelijker gerichte uitstroaming van het water uit de haven, in het bijzonder voor het oppervlaktewater en het water op 2 m diepte. De neerende waterbeweging op 6 m diepte in den havenmond blijkt vrijwel verdwenen te zijn, doch voor de 10 m diepte nog voort te duren. De toegenomen uitstroaming van zoet water brengt achter het noorderhoofd een zwakke zoute onderstrooming teweeg, die zich echter niet tot den havenmond voortzet.

Zeer gering zijn de verplaatsingen van zand door de afname van de stroomsnelheden bij den bodem.

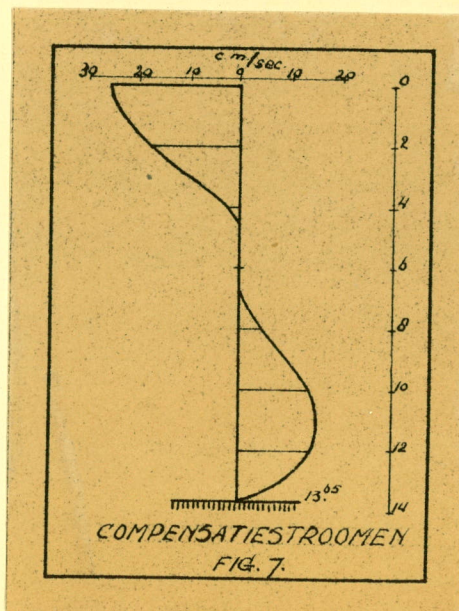
## 3 Maanuren na H.W.

Bijlage II<sup>3</sup>: Gemiddeld valt op dit tijdstip ongeveer de kentering van vloed naar eb. Zoals reeds in § 3 werd opgemerkt, komt deze kentering zoowel vroeger als later dan het beschouwde tijdstip voor, hetgeen ook blijkt uit de stroomrichtingen in de verschillende meetpunten, welke zoowel vloedstroom als ebstroom aangeven.

De uitstroaming uit de haven vindt vrijwel evenwijdig aan de havenas plaats, waarbij het water zich buiten den havenmond waaiervormig verspreidt.

De grootste snelheden komen voor bij de verplaatsingen van het zoete oppervlaktewater. Enkele malen werd na een zeer sterke spuing buiten den havenmond een stroomverticaal waargenomen van het in fig. 7 weergegeven type, waarbij oppervlakte- en bodemstroom tegengesteld gericht waren en een reststroom = 0 opleverden.

Dit



Dit was dus een geval van volledige compensatiestrooming. De neerstreaming achter het noorderhavenhoofd is overgegaan in een naar het westen gerichte strooming.

Bijlage III<sup>3</sup>: De hierboven besproken toestand van kentering van den stroom van vloed naar eb geeft bij de uitstrooming uit de haven bij het oppervlaktewater een sterkere spreiding dan bij het diepe water, dat vrijwel evenwijdig aan de havenas uitstroomt.

De waargenomen zandgehalten zijn iets grooter dan op grond van de voorgekomen zeer lage bodemsnelheden te verwachten zou zijn, doch dit moet een gevolg zijn van het gieren van het schip tijdens de waarnemingen.

Veranderingen in den koers van het schip over 20° in enkele minuten komen dan ook geregeld voor.

De zeer geringe stroomsnelheden doen het schip onder invloed van den wind sterker gieren dan normaal, waardoor bij het plaatsen van de zandgchaltmeter op den bodem, zand opgewerveld wordt, dat door de geringe bodemsnelheden niet weer weggespoeld kan worden.

Ten aanzien van het zandtransport moet het product van zandgehalte en bodemsnelheid in aanmerking genomen worden, zoodat dus toch nog van een gering transport gesproken kan worden.

#### 4 Maanuren na H.W.

Bijlage II<sup>4</sup>: In het geheele stroomingsgebied komt ebstroom voor. De stroomsnelheden bedragen gemiddeld 20 cm/sec. en zijn dus nog zeer klein.

De uitstrooming uit de haven, die nog steeds voortduurt, vindt nu met grootere snelheden bij het noorderhoofd en kleinere snelheden bij het zuiderhoofd plaats.

Het uitstroomende water stroomt dicht langs de zuidzijde van het zuiderhoofd met zeer geringe snelheid.

De grootste stroomsnelheden worden weer aangetroffen in de lichtenlijn op ongeveer 200 m vóór den havenmond, tot waarden van 50 cm toe.

Bijlage III<sup>4</sup>: Zooals ook tijdens den vloedstroom reeds opgemerkt werd, stroomt het oppervlaktewater uit de haven meer zeewaarts dan het dieptewater, waar dan het ebwater, dat achter het noorderhoofd vandaan komt, bij aansluit. De stroombanen van het diepe water liggen over het algemeen dichter rondom den havenmond, waarbij op te merken valt, dat op 10 m het water in den havenmond vaak neert in de richting, tegengesteld aan de richting van de wijzers van een uurwerk. Er doen zich echter ook gevallen voor, in het bijzonder bij het spuien, dat langs het noorderhoofd het diepe water naar buiten trekt en om den kop van het zuiderhoofd een diepwaterstroom de haven binnenkomt.

De zandtransporten zijn zeer gering, evenals op het tweede maanuur het geval was. Dit wijst er bovendien op, dat de tijdens het derde maanuur waargenomen grootere zandgehalten, ondanks geringere snelheden, geweten dienen te worden aan bijzondere omstandigheden, i.c. gieren van het schip tijdens de waarneming.

5 Maanuren na H.W.

Bijlage II<sup>5</sup>: De gemiddelde ebsnelheden zijn toegenomen tot ca. 38 cm/sec, terwijl voor den havenmond de gemiddelde snelheid 60 cm/sec. bedraagt.

Ten gevolge van de snelheidstoename stroomt het water uit de haven ook niet meer zoo ver naar buiten.

Bijlage III<sup>5</sup>: Behoudens de snelheidstoename is de algemeene stroomingstoestand vrijwel gelijk aan die tijdens het 4e maanuur; ook nu stroomt het oppervlaktewater uit de haven het sterkst naar buiten, terwijl op 10 m dezelfde neerende waterbeweging in den havenmond te constateeren is.

Het verloop der stroombanen achter het zuiderhoofd is echter veranderden wel in dien zin, dat de stroombanen niet meer zoo nauw aansluiten bij het havenhoofd, waardoor over een groote oppervlakte zeer zwak stroomend water ontstaat, dat eenigen tijd later zal gaan neeren.

De zandverplaatsingen zijn practisch gelijk gebleven aan die tijdens het 4e maanuur.

6 Maanuren na H.W.

Bijlage II<sup>6</sup>: De ebstroom bezit een gemiddelde snelheid van ca. 45 cm/sec., terwijl voor den havenmond de maximum snelheid ca. 55 cm/sec. bedraagt op 200 m afstand, mede ten gevolge van de verminderde uitstrooming uit de haven, waar een profielsverruiming aan gepaard gaat. Achter het zuiderhoofd is nu een neer gevormd.

Bijlage III<sup>6</sup>: De snelheidstoename is, sinds het 5e maanuur zeer gering geweest, hetgeen ook tot uitdrukking komt in de geringe veranderingen van de stroomrichtingen. De belangrijkste wijziging betreft het optreden van de neer achter het zuiderhavenhoofd.

Het zandtransport is nog iets toegenomen en zal ongeveer een half uur later een maximale waarde bereiken, gelijktijdig met het optreden van den maximum ebstroom. Wel blijken de verschillen in zandgehalte tijdens vloedstroom en ebstroom dus aanzienlijk te zijn.

7 Maanuren na H.W.

Bijlage II<sup>7</sup>: Na ruim 30 minuten tevoren een grootste snelheid van ongeveer 50 cm/sec. bereikt te hebben, is de ebstroom nu afgenomen tot ongeveer 43 cm/sec. Nog slechts zeer weinig water stroomt uit de haven, behalve tijdens spuien; dan verlaat naast den ledigingsstroom nog een spuistroom de haven, vooral aan de oppervlakte, door een lager zoutgehalte van het Noordzeekanaalwater. In deze periode kan dan, ondanks een afname van den ledigingsstroom, een uitbreiding van het oppervlak van het zoete water buiten den havenmond voorkomen. Overigens is de waterbeweging gelijkvormig aan die tijdens het 6e maanuur

Bijlage III<sup>7</sup> : De afname van de strooming uit de haven veroorzaakt geen aanzienlijke veranderingen in de stroomrichtingen; t.o.v. den toestand tijdens het 6e maanuur slechts zijn de snelheden iets kleiner. De neer achter het zuiderhoofd is iets meer naar het westen uitgebreid. De zandverplaatsingen blijven gering.

### 8 Maanuren na H.W.

Bijlage II<sup>8</sup> : Gemiddeld is nu de laagste waterstand bereikt, zoodat geen uitstrooming uit de haven meer plaats vindt, behalve tijdens spuiingen. Dan wordt immers water op de buitenhaven gebracht, hetgeen dus af moet stroomen. De afstrooming zal dan voornamelijk aan de oppervlakte plaats vinden. Niet alle spuiwater wordt echter tijdens een spuiing direct naar zee gevoerd, doch een zeer aanzienlijk gedeelte verspreidt zich over de havenoppervlakte, zoodat het zoete water ook later nog invloed op de stroomingsverschijnselen in den havenmond uitoefent.

De gemiddelde stroomsnelheid bedraagt ca 35 cm/sec. Nabij het strand ten zuiden van de haven zijn de stroomsnelheden aanzienlijk lager, gemiddeld ongeveer 20 cm/sec. Evenmin als tijdens het 7e maanuur is een toename van de snelheid nabij den havenmond te constateeren.

Bijlage III<sup>8</sup> : Zooals hierboven reeds werd vermeld, is het tijdstip van L.W. bereikt, zoodat op grond daarvan géén strooming in den havenmond te verwachten is. De aanwezigheid van water met een laag zoutgehalte veroorzaakt echter een uitstrooming van zoet water aan de oppervlakte, welke gecompenseerd wordt door het naar binnen stroomen van water op 6 m en grotere diepten.

Het hangt er van af, of er gespuid wordt of niet, of een onvolledige dan wel een volledige compensatie der stroomingen optreedt. De uitstrooming van oppervlaktewater veroorzaakt groote verschillen in de strooming van het water buiten den havenmond op verschillende diepten.

De zandverplaatsingen zijn ook hier weer gering, behoudens in punt 40, waar evenals tijdens den vloed grotere zandgehalten waargenomen werden.

### 9 Maanuren na H.W.

Bijlage II<sup>9</sup> : De ebstroom is nu verminderd tot 20 cm/sec. In meerdere meetpunten treden reeds kenteringsstroomen op, welke wijzen op variaties in het tijdstip van kentering van eb naar vloed. Toch is over het algemeen tijdens het 9e maanuur de eb nog de uitgesproken stroomrichting. Het water rijst, zij het zeer langzaam, reeds een uur, zoodat een vulstroom de haven langs het zuiderhoofd binnentrekt.

Ten zuiden van de haven blijft het water nog steeds in neerrende beweging.

Bijlage III<sup>9</sup> : Langs het zuiderhoofd trekt een vulstroom de haven binnen. Tevens treedt hierbij voor het diepe

water aan de binnenzijde van het Noorderhoofd een neer op, terwijl het water tot zes meter diepte uittrekt, als gevolg van een merkbare verlaging van het zoutgehalte door het spuien.

De vulstroom is sterker dan met de normale getijrijzing overeenkomt en wel tot een bedrag, gelijk aan de uitgestroomde hoeveelheid zoet water.

Het oppervlaktewater stroomt verder naar zee dan tijdens het 8e maanuur in verband met de vermindering der stroomsnelheden.

Het zandtransport blijft over het algemeen klein.

#### 10 Maanuren na H.W.

Bijlage II<sup>10</sup>: Een zwakke vloedstroom begint naar het noorden te trekken met een gemiddelde snelheid van 20 cm/sec. Betrekkelijk groot zijn de variaties van de snelheden in de verschillende meetpunten. Dit is in sterke mate afhankelijk van het tijdstip, waarop de kentering voorgekomen is.

De rijzing van het water vindt nog niet zeer snel plaats. De vulstroom treedt de haven nu langs de binnenzijde van het noorderhoofd binnen, waarbij tevens een neer gevormd wordt langs de binnenzijde van het zuiderhoofd.

Bijlage III<sup>10</sup>: De tijdens het vorige maanuur geconstateerde uitstroaming van zoet water is zeer sterk verminderd en vindt nu nog slechts plaats in het zuidelijk deel van den havenmond tot 2 m diepte, terwijl in het noordelijk deel het oppervlaktewater teruggedrongen wordt door den binnenkomenden vulstroom. Volgens sterk gekromde stroombanen dringt het vloedwater de haven binnen. Tevens wordt hierbij het water nabij het zuiderhavenhoofd in neerende beweging gebracht.

Het water, dat de haven vult, is afkomstig uit een stroombaan, welke tot op 100 à 150 m afstand van het zuiderhoofd, aan de zuidzijde, daaraan evenwijdig verloopt en dus water bevat, dat zeer dicht langs het strand gestroomd heeft en wel in het bijzonder het diepere water uit die stroombaan, daar het oppervlaktewater door het oppervlaktewater, dat uit de haven stroomt, naar zee gevoerd wordt.

Het zandtransport is, dank zij de kleine snelheden nog zeer gering.

#### 11 Maanuren na H.W.

Bijlage II<sup>11</sup>: Bijzonder sterk is de stroom toegenomen in een uur tijd tot een gemiddelde snelheid van 55 cm/sec. terwijl in het bijzonder vóór den havenmond groote snelheden voorkomen. In de lichtenlijn neemt de snelheid van een gemiddelde van ca 55 cm/sec tot op 900 m toe tot snelheden van ruim 75 cm/sec op 300 m en 100 cm/sec op 100 m afstand van den havenmond.

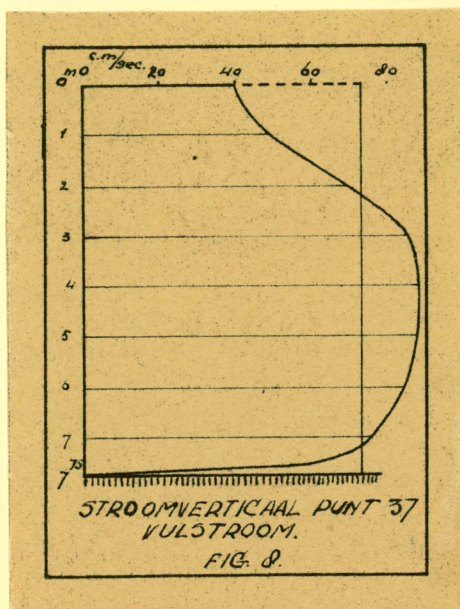
De vulling van de haven gaat nu met zeer groote stroomsnelheden gepaard, waarbij het water langs het

noor-

noorderhavenhoofd de haven binnendringt, daarbij de neerstreaming bij het zuiderhoofd aandrijvend en zich voortzettend voorbij de monden van de buitentoeleidingskanalen.

Bijlage III<sup>11</sup>. De vulling van de haven vindt ongeveer met een maximale capaciteit plaats (de raaklijn aan de getijlijn maakt den grootsten hoek met de tijdas).

Karakteristiek voor den toestand tijdens een periode met veel spuiingen is het feit, dat geen toestrooming plaats vindt van water tot 2 m diepte toe, terwijl zelfs op 4 m diepte de snelheden aanzienlijk kleiner zijn dan op 6 m diepte. Dit wordt weergegeven door de stroomverticaal ter plaatse van den vulstroom, voorgesteld in fig. 8.



Uitstreaming van oppervlaktewater vindt slechts in zeer beperkte mate tot 2 m diepte plaats langs den kop van het zuidelijk havenhoofd.

Het water, dat de haven binnendringt beschrijft een grooten boog langs de monden van de buitentoeleidingskanalen en vormt het begin van den grooten neerstream, welke nog een uur later in de haven aanwezig zal zijn.

Van belang voor de scheepvaart is het feit, dat in den havenmond een noordelijke dwarsstreaming heerscht, voor den mond der kanalen echter een zuidelijke, welke ook nog groote snelheid bezit.

Na het 11e maanuur neemt de vulstroom spoedig in sterkte af om na een uur volledig te verdwijnen.

Het zandtransport buiten den havenmond is toegenomen, doch blijft onder normale weersomstandigheden nog betrekkelijk gering.

Naar aanleiding van de maanuurkaarten kan ten aanzien van de stroomen het volgende opgemerkt worden:

1. de invloed van de havenhoofden op de stroomrichtingen is tot 1 à 1.5 km buiten den havenmond merkbaar;
2. de snelheden voor den havenmond zijn tijdens den vloed tot 100 % groter dan de normale zeestroomingen; tijdens de eb bedraagt deze snelheidsvermeerdering ± 30 %;
3. de aanwezigheid van water met een laag zoutgehalte in de haven ten gevolge van spuiingen veroorzaakt groote afwijkingen in de stroomrichtingen op verschillende hoogte in het gebied rond den havenmond. Hierbij stroomt het oppervlaktewater steeds het meest naar het westen;
4. tijdens den vloed ontwikkelt zich na enkele uren ten noorden van de haven een neer; hetzelfde is het geval ten zuiden van de haven tijdens de eb;
5. gedurende een periode van sterke spuiingen wordt de haven voor een zeer belangrijk deel gevuld met water van grootere diepten.



IV. Zandtransport.

De waarnemingen van het zandtransport en het zandgehalte gaven vrijwel algemeen zeer lage waarden voor het zandtransport. Het belangrijkste was dit nog nabij den havenmond, zooals blijkt uit de op bijlagen IV en V weergegeven zandgehalten tijdens de maximum vloed- en ebstroom. Ook in de punten, die het dichtst bij de kust gelegen zijn, komen iets hogere zandgehalten voor.

Het hogere zandgehalte in de meetpunten vóór den havenmond is ook te verwachten, daar de bodemsnelheden in dit gebied aanzienlijk grooter zijn, dan in verder van de haven gelegen punten.

Aan de hand van de waarnemingen van zandgehalte en bodemsnelheden is voor drie raaien het zandtransport voor een vakbreedte van 1 km berekend.

Gekozen zijn een raai op 3.5 km ten zuiden van de haven, de havenas en een raai 4 km ten noorden van de haven. De resultaten der berekening zijn vereenigd in onderstaanden staat. Het zandtransport van elke raai is een gemiddelde van de waarden voor 5 meetpunten.

Raai	Vloedtransport m <sup>3</sup> /km per	Ebtransport per getij	Resttransport in m <sup>3</sup> /km per getij	Transport per jaar in m <sup>3</sup> /km.
1	16	3	13	9.500
2	246	169	77	56.000
3.	55	14	41	30.000

Opvallend is het groote verschil in transport tijdens vloed en eb in raai 2 met dat van de beide andere raaien; betrekkelijk gering is daarentegen het verschil in effectief transport tusschen de drie raaien.

Het relatief groote zandtransport in de kom voor den havenmond wordt veroorzaakt door het optreden van de grootere snelheden onder invloed van de aanwezigheid der havendammen. De grootere snelheden verzekeren in deze kom de aanwezigheid van een grootere diepte, dan het omringende gebied bezit. Dit blijkt ook uit de peilgegevens. Hierop zal in hoofdstuk X nader teruggekomen worden.

Ter weerszijden van den havenmond wordt jaarlijks rond 400.000 m<sup>3</sup> zand gezogen. Op grond van de zandgehaltemetingen is een dergelijk zandtransport niet te verwachten, doch zeer waarschijnlijk wordt dit veroorzaakt door de stranddrift.

## V. Slibgehalte.

Ofschoon het aantal slibgehaltebepalingen nog niet groot genoeg is, om een volledig beeld van het voorkomen van slib in het zeewater te verschaffen, kunnen de verichte metingen toch een inzicht geven in de aanslibbing van de haven.

De slibgehaltecijfers, welke op de bijlagen II en III aangegeven zijn, wijzen op groote variaties in het slibgehalte.

Zoo is voor punt 26 het slibgehalte het laagst na de kentering van vloed naar eb (150 mgr/liter) om daarna regelmatig te stijgen tot het tijdstip van L.W. (570 mgr/liter); dan treedt bij het doorkomen van den vloed een sterke stijging op tot een waarde van 1780 mgr/liter tijdens het 11e maanuur.

Bijzonder scherp steken tegen deze slibconcentraties de waarden van iets verder zeewaarts gelegen punten af. Daar komen slibgehalten van ruim 100 mgr voor.

Het verschil in slibgehalte blijkt ook duidelijk uit het verschil in kleur van het water nabij de kust en verder in zee. Dit verschijnsel, zij het in veel sterkere mate, komt ook voor langs de Belgische kust, waar tot afstanden van 5 km uit de kust het water geelachtig van kleur is, om daarna spoedig zeer helder en doorzichtig te worden.

De waarneming van het hooge slibgehalte nabij het zuiderhavenhoofd tijdens den vloed is het gevolg van een zeer slibhoudende strooming, welke langs dat havenhoofd waar te nemen is.

Tijdens de eb is eveneens een slibhoudende stroom waar te nemen langs het noorderhoofd. De verklaring hiervoor schijnt gezocht te moeten worden in de aanwezigheid van de neeren, welke tijdens eb en vloed resp. achter het zuiderhoofd en het noorderhoofd aanwezig zijn.

De betrekkelijk geringe snelheden van deze neeren maken een afzetting van slib mogelijk, behalve natuurlijk bij sterken zeegang. Na het kenteren van den stroom zal het afgezette slib weer weggevoerd worden. Bij een onderzoek van den bodem van het gebied ten zuiden van de haven werden tijdens de eb inderdaad slibafzettingen aangetroffen, welke na het optreden van den vloed verdwenen waren.

De strooming van het diepe water vindt, zowel tijdens de eb als tijdens den vloed, volgens stroombanen plaats, welke zeer nauw bij de havenhoofden aansluiten. Te verwachten is, dat het slib, dat uit het eene gebied weggevoerd wordt, gedeeltelijk door het water meegevoerd zal worden naar het andere gebied en daar bezinken. Voor zoover dit niet het geval is, kan de zeer geringe reststroom van het bodemwater oorzaak zijn, dat zeer slibhoudend water nog gedurende langeren tijd weer in de nabijheid van de haven komt.

Voor de aanslibbing in de haven is in het bijzonder de afzetting achter het zuiderhoofd van belang, daar tijdens de komvulling de vulstroom uit dit gebied afkomstig is.

Uiteraard is te verwachten, dat gedurende perioden met weinig zeegang de aanslibbing in de haven het sterkst zou plaats vinden. Deze onderstelling wordt gesteund door het feit, dat dan inderdaad veel meer slib in het water ten noorden en ten zuiden van de haven voorkomt.

VI. Slibonderzoekingen.

Een aanvang werd gemaakt met het onderzoek van het slib, waarbij in de eerste plaats bepaald werden het watergehalte en de verhouding van anorganische en organische bestanddeelen van het slib. De bepalingen werden verricht in het Zoölogisch Station te den Helder, onder leiding van Dr. J. Verwey.

Onderzocht zijn monsters uit de bovenste deelen der in de haven voorkomende sliblaag. Het is de bedoeling bovendien het onderzoek uit te strekken tot monsters uit diepere lagen en afkomstig van op den zeebodem afgezet slib, terwijl ook de baggerspecie nader onderzocht zal worden.

De watergehaltebepaling werd uitgevoerd door weging en verhitting tot 110° C. Het gewichtsverlies van het monster na verhitting gaf het watergehalte en dus ook de hoeveelheid vaste stof in gewichtsprocenten. Monsters, waarvan het watergehalte bepaald was, werden uitgedroogd, totdat geen gewichtsvermindering meer geconstateerd werd. Het gewichtsverlies na het gloeien gaf het organische bestanddeel der vaste stof weer. Er bleek echter een correctie toegepast te moeten worden, voor het percentage organische stof, daar tijdens het gloeien uit het zeewater afkomstige zouten verdampen. Uit een aantal controlebepalingen werd berekend, dat van het totaal in een slibmonster aanwezige zout, de helft verdampt. Toen deze correctie echter ingevoerd werd ontstonden er groote verschillen in de cijfers voor het gewichtspercentage organische stof, welke deden twifelen aan de juistheid der verdampingsproeven. Deze proeven worden daarom herhaald, doch de uitkomsten hiervan zijn nog niet bekend.

Het werkelijke percentage organische stof zal liggen tusschen de twee waarden, welke daarvoor in onderstaanden staat gegeven zijn. Het eerste cijfer stelt het percentage organische stof zonder zoutcorrectie, het tweede met zoutcorrectie voor. Alle waarden zijn uitgedrukt in gewichtsprocenten.

## Slibonderzoekingen.

Monster	Water- + gehalte	Vaste + stof	Organische stof + a	Organische stof + b	Diepte on- der slibopp.
Punt I.					
1	78.95	21.05	17.95	13.75	15
2	85.60	14.40	18.60	11.35	2.5
3	77.90	22.10	17.95	13.95	17.5
4	79.50	20.50	17.90	13.40	7.5
5	76.65	23.35	19.85	16.35	22.5
6	79.15	20.85	20.30	16.60	10
7	75.20	24.80	17.60	14.25	25

+ Alle waarden zijn uitgedrukt in gewichtsprocenten.

a % organische stof zonder zoutverlies

b % organische stof na aftrek van berekend zoutverlies.

Punt

Monster	Water- + gehalte	Vaste + stof	Organische stof + a	Organische stof + b	Diepte on- der slibopp.
Punt II.					
8	79.80	20.20	19.15	14.85	2.5
9	77.40	22.60	18.10	14.40	17.5
10	79.00	21.00	18.00	13.80	2.5
11	76.30	23.70	16.85	13.05	17.5
Punt III.					
12	82.20	17.80	17.10	11.85	2.5
13	79.55	20.45	21.95	17.70	17.5
14	72.75	27.25	14.90	11.70	2.5
15	63.55	36.45	11.60	9.50	17.5
16	78.50	21.50	17.80	13.70	7.5
17	74.25	25.75	17.05	13.75	22.5
18	69.05	31.95	13.30	10.75	0
Punt IV.					
19	85.20	14.80	19.70	13.00	2.5
20	81.80	18.20	19.00	13.90	12.5
21	84.50	15.50	20.35	14.00	2.5
22	78.15	21.85	16.35	13.80	12.5
23	80.95	19.05	18.25	13.10	7.5
24	78.80	21.20	17.85	13.70	12.5
25	78.65	21.35	18.10	14.00	22.5
26	77.70	22.30	17.50	13.90	12.5
27	77.95	22.05	17.70	13.65	20
28	79.40	20.60	18.30	14.00	30
Punt V.					
29	92.20	8.80	19.25	2.82	12.5
30	80.55	19.45	15.65	10.85	17.5
31	76.15	23.85	14.00	10.05	27.5
32	85.65	14.35	18.70	11.75	12.5
33	77.45	22.55	15.10	11.05	20
34	61.60	38.30	11.25	9.30	32.5
35	90.00	10.00	19.60	7.45	12.5
36	79.55	20.45	15.30	10.60	20
37	72.90	27.10	14.30	11.00	32.5
Punt VI.					
38	86.55	13.45	17.75	9.75	2.5
39	87.85	12.15	19.60	10.65	7.5
40	91.05	8.95	18.05	3.35	22.5
41	91.00	9.00	17.70	4.25	7.5
42	86.10	13.90	18.65	11.20	17.5
43	83.70	12.30	18.70	12.80	27.5
44	81.10	19.90	18.20	13.35	22.5
45	84.20	16.80	19.00	12.75	12.5
46	79.65	20.35	18.70	14.30	32.5

In fig. 9 zijn de plaatsen aangegeven, waar de onderzochte monsters verzameld werden. In de bovenste sliblagen blijken de watergehalten te varieeren van 90 % tot 60 % en dus de percentages vaste stof van 10 % tot 40 %.

Het

Het watergehalte neemt af bij toename der diepte onder de sliboppervlakte, hetgeen ook te verwachten is. Het pas afgezette slib zal eerst na langeren tijd een dichtere structuur verkrijgen. Hierbij kan nog opgemerkt worden, dat in het water zwevend slib en voor zoover dit bij IJmuiden gevonden werd, op den zandbodem afgezet slib, grijsgeel van kleur zijn, evenals de zeer dunne bovenste sliblaag in de buitenhaven, doch dat daarentegen de rest van de sliblaag in de buitenhaven zwart gekleurd is. De overgang van kleur na afzetting van het slib is waarschijnlijk een gevolg van reductie, daar zwart slib, na blootstelling aan de lucht, weer grijsgeel wordt.

Onderzocht werd nog het watergehalte van zeer vast, door een baggermolen naar boven gebracht slib; dit bleek 57 % te bedragen.

Wordt voor het percentage vaste stof een waarde van 45 % aangehouden voor het materiaal, dat gebaggerd wordt (dit bedrag werd bij eenige onderzochte monsters gevonden), dan is dus per m<sup>3</sup> afgezet slib aanwezig 0.610 ton vaste stof, als voor het s.g. der vaste stof 2.4 (resultaat van onderzoek van gebaggerd slib) aangehouden wordt en 0.745 ton water. Jaarlijks zou dus naar zee vervoerd worden 610.000 ton vaste stof en 745.000 ton water bij een aangenomen grondverzet van rond 1.000.000 m<sup>3</sup>.

De percentages organische stof (zonder zoutcorrectie) wijken zeer weinig af van een gemiddelde waarde van ca 18 %. Zeer hoog zijn deze waarden in vergelijking met een gemiddelde van 5 % voor slib, afkomstig van de slikken bij de haven van den Helder.

Nader zal nog te onderzoeken zijn, of het hoge percentage organische stof veroorzaakt wordt door het afsterven van plankton uit het Noordzeekanaal, dat tijdens spuingen op de buitenhaven gebracht wordt.

Een andere mogelijkheid is een versterkte afsterving van het plankton in zee, onder invloed van de loozing van zoet water uit de buitenhaven, waardoor een betrekkelijk belangrijke verlaging van het zoutgehalte van het oppervlaktewater over een groot gebied bereikt wordt.

Een gedeelte van het afgezette organische slib zal door rotting verdwijnen. Gedurende de zomermaanden blijkt dan ook in de buitenhaven een aanzienlijke gasontwikkeling op te treden.

De vermindering van het percentage organische stof door rotting zal een vermindering van het watergehalte veroorzaken.

VII.

610  
24  
245  
122  
1464  
745  
2209

1.355

de nummer  
niet 2

## VII. Zoutgehaltebepalingen.

De waarnemingen van het zoutgehalte van het oppervlaktewater zijn weergegeven op de maanuurkaarten, terwijl daarbij, mede aan de hand van gegevens van stroombanen, geteekend is het gebied met zoutgehalten, lager dan 18 o/oo, voor zoover dit afkomstig is uit de haven.

Het zoutgehalte in de verschillende meetpunten aan de oppervlakte, wisselt in verband met de heerschende strooming. Tijdens den vloed zijn de gehalten aan den zuidkant hooger dan aan den noordkant, terwijl het zoutgehalte tijdens de eb aan de zuidzijde van de haven daalt. Tijdens de kentering van vloed naar eb verspreidt het oppervlaktewater zich regelmatig rond den havenmond naar alle zijden, waartoe het leegloopen van de haven tevens medewerkt.

Het zoutgehalte van het bodemwater wijkt voor de ver van de kust gelegen punten zeer weinig af van een gemiddelde van ca 22 o/oo.

Opmerkelijk laag bleek daarentegen het zoutgehalte van het bodemwater van de meer nabij de kust gelegen punten te zijn en wel in het bijzonder in de punten 7, 8 en 12. De diepte van deze meetpunten bedraagt resp. ca 8, 8 en 10 m - N.A.P. In punt 7 bereikt het zoutgehalte geen hooger waarde dan 18<sup>5</sup> o/oo en bedraagt gemiddeld ca 18 o/oo. In punt 8 zijn deze bedragen resp. 21<sup>5</sup> o/oo en ca 19 o/oo, in punt 12 resp. 19<sup>5</sup> o/oo en ca 17 o/oo.

Van invloed van de spuingen op het zoutgehalte op zoo groote diepte is hier waarschijnlijk geen sprake, daar de punten op grooten afstand ten zuiden van de haven liggen en in verband met de drift in noordelijke richting geen water van vorige spuingen aanwezig kan zijn. Trouwens nabij den havenmond komen op overeenkomstige diepten zelfs tijdens spuien hogere zoutgehalten voor. Aannemelijk lijkt het, het lage zoutgehalte toe te schrijven aan een afstroming van zoet water uit de duinen. Meerdere gegevens zullen echter deze onderstelling nog moeten steunen. Een tweede vraag sluit hierbij aan, n.l. bestaat er verband tusschen een afstroming van zoet water en een versneld afsterven van het plankton onder invloed van de verlaging van het zoutgehalte van het zeewater langs de kust. Indien een dergelijk verband aanwezig is, dan zou daarmee tevens het voorkomen van slibhoudend water langs de kust, althans gedeeltelijk, te verklaren zijn.

VIII.

VIII. Bodemonderzoek.

Het resultaat van het onderzoek der bodemoppervlakte door monsternamen is vastgelegd in bijlage VI.

De bodemoppervlakte buiten de haven bleek overal te bestaan uit zand, hier en daar vermengd met schelpen of schelpgruis. De gemiddelde korrelgrootte van de onderzochte zandmonsters varieerde van circa 100  $\mu$  tot circa 220  $\mu$ . Het grovere zand komt over het algemeen verder van de kust voor en onderscheidt zich door een geelachtige kleur van het meer grijsachtige, fijnere zand, dat bij de kust en de haven aangetroffen wordt. Het grijze zand is verontreinigd met slib, het gele daarentegen is practisch geheel vrij van slib. Een enkele maal werd bij de kust een zeer dunne laag geel zand waargenomen als afdekking van het grijze zand.

Dit gele zand wordt tijdens stormen naar het strand gevoerd. De invloed van de golven reikt dan nog wel tot groote diepten. Dit blijkt ook uit de aanwezigheid van talrijke levende schelpen op het strand na een storm. Deze weekdieren leven over het algemeen in dieper water en worden bij stormachtig weer dus nog vervoerd.

Op enkele plaatsen voor den havenmond werd grover zand gevonden. In dit gebied zijn de bodemsnelheden het grootst, zoodat hier bij het grootere zandtransport een uitzeven van de kleinste korrels te verwachten is.

Op de bodemkaart is ook aangegeven, waar op het zand een afdekking van slib aangetroffen werd. Ten zuiden van de haven bleek een groot gebied tijdens de eb voorzien te zijn van een sliblaag, terwijl tijdens den vloed daar practisch geen slib gevonden werd.

Op de bijlage is de toestand van den bodem weergegeven, zooals deze tijdens de eb gevonden werd.

Aan de hand van de gevonden dikten van de sliblaag is de verspreiding van de sliblaag aangegeven. Ten noorden van de haven is tijdens den vloed eveneens een afzetting van slib te verwachten. Deze afzetting zal tijdens den ebstroom het slibgehalte van het water verhoogen; dit is bij het noorderhoofd dan ook zeer goed waar te nemen.

In den havenmond bestaat de bodem uit zand, dat onvermengd voorkomt tot ongeveer 200 m binnen den mond nabij het noorderhoofd. Het binnenkomen van den vloedstroom in dit gebied gaat gepaard met groote bodemsnelheden, welke zand de haven binnen brengen. Binnen den havenmond wordt deze snelheid geleidelijk kleiner door het grooter beschikbaar doorstromingsprofiel, zoodat dan zandafzetting mogelijk wordt.

Ook verderop wordt nog zand aangetroffen, echter vermengd met slib. De getijrijzing, welke de vulling en dus den vulstroom van de haven bepaalt, kan zeer sterk variëren, zoodat ook te verwachten is, dat er een gebied is, dat tijdens sterke stroomingen en stormen aanzandt en onder andere omstandigheden aanslibt. Verder binnenwaarts in de haven bevindt zich vrijwel uitsluitend een dikke sliblaag op den bodem. Tijdens het baggeren kan men plaatselijk nog wel eens zandafzettingen

in

in den vorm van zandlenzen aantreffen. Zoo komen deze voor tusschen de lage dammen van het zuidelijk toeleidingskanaal. Het zand is daar afkomstig van het strand en met zuidelijke winden over den dam getransporteerd.

De kleilaag, welke op  $\pm 18$  m - N.A.P. voorkomt, werd in het onderzochte gebied nergens aan de oppervlakte aangetroffen.

Ook door de onderzoekingen met de "Oceaan" wordt dit voor grootere afstanden van de kust bevestigd. De zeer vlakke zeebodem, welke bij de kust aangetroffen wordt, zet zich voort tot een afstand van ca 20 km, waar de eerste zandgolven, loodrecht op de stroomrichting aangetroffen worden.



IX. Vulling en Lediging van de Haven.

Na het tijdstip van H.W. begint de uitstrooming uit de haven, welke voortduurt, totdat het L.W. bereikt is en de haven daarna weer vol stroomt. In overeenstemming met de tijdsverloopen van H.W. tot L.W. en van L.W. tot H.W. stroomt de haven gemiddeld in 8 uur leeg en in 4 u. 25 min. weer vol. De vulling van de haven verloopt dus haast tweemaal zoo snel als het leegstromen. Bij een gemiddelde getijrijzing van 1.61 m en een havenoppervlak van 250 ha bedraagt de komberging 4.000.000 m<sup>3</sup>.

Zouden zoowel het vullen van de haven als het leegstromen regelmatig verlopen, dan zouden de gemiddelde capaciteiten van de stroomen resp. 250 m<sup>3</sup>/sec. en 140 m<sup>3</sup>/sec. bedragen.

Het gemiddelde profiel van den havenmond - N.A.P. bedraagt rond 2800 m<sup>2</sup>, zoodat een gemiddelde vullings- resp. ledigingsstroom zou optreden van  $\frac{250}{3000}$  m/sec =

$\frac{140}{2600}$  m/sec. = 0.06 m/sec, corresponderende met een gemiddelde getijrijzing van 0.6 cm/min. en een gemiddelde getijdaling van 0.33 cm/min.

Tijdens normaal tij komen tijdelijk groote getijrijzingen en dalingen voor gedurende langeren tijd.

De getijrijzing tijdens een normaal tij bedraagt ruim een uur 0.92 cm/min, overeenkomende met een vulling van ongeveer 380 m<sup>3</sup>/sec. Voor de getijdaling zijn deze bedragen 0.60 cm/min. en 250 m<sup>3</sup>/sec; bovendien kan door het spuien de afvoer nog vergroot worden tot ca 400 m<sup>3</sup>/sec.

Vond de strooming centraal plaats, dan zouden de genoemde afvoeren van 380, 250 en 400 m<sup>3</sup>/sec. tusschen de havenhoofden overeenkomen met snelheden van resp. 12.5 cm/sec, 10 cm/sec. en 15 cm/sec.

De snelheidsverdeling over de verticaal is echter niet regelmatig. Tijdens de getijdaling stroomt in het bijzonder het oppervlaktewater zeer snel de haven uit, vooral wanneer veel gespuid wordt.

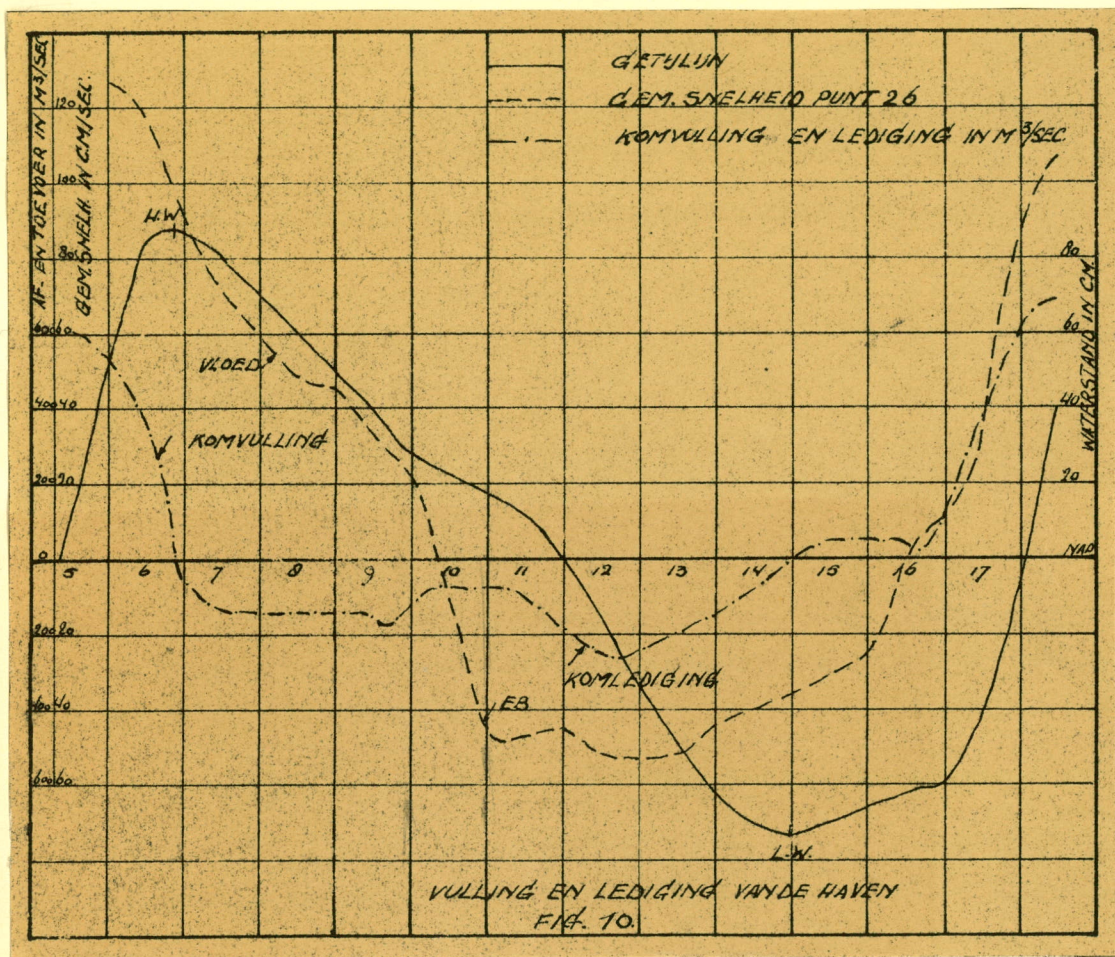
Kan tijdens de eb echter nog wel gesproken worden van een uitstrooming, evenwijdig aan de havenas, bij de vulling van de haven is dit zeker niet het geval.

De langs de haven trekkende vloedstroom heeft zoo groote snelheid, dat het vloedwater de haven langs de binnenzijde van het noorderhoofd binnenstroomt. Tevens wordt daarbij eenneer aangedreven bij het zuiderhoofd.

Bij de stroomdrijvingen bleek de vulstroom een breedte te bezitten van 120 m, terwijl het doorstromingsprofiel 1450 m<sup>2</sup> bedroeg. Na spuiingen ontstaan in dit dwarsprofiel stroomingen, zooals reeds eerder in fig. 8, hoofdstuk III § 5, aangegeven zijn, waarbij dus de grootste snelheden op grootere diepte voorkomen.

Een duidelijk beeld van de verschillen in capaciteit van de stroomen tijdens dalende en stijgende getijlijn geeft fig. 10, waar voor een dag met normale getijverschillen naast de gemiddelde stroomsnelheid in meetpunt 26, dat voor den havenmond ligt, de vullings- en ledi-

gings-



gingsstroomen, berekend uit de voorgekomen waterstandsveranderingen, zijn geteekend.

Duidelijk blijkt hier het voorkomen van den maximum vulstroom tijdens de grootste vloodsnelheden.

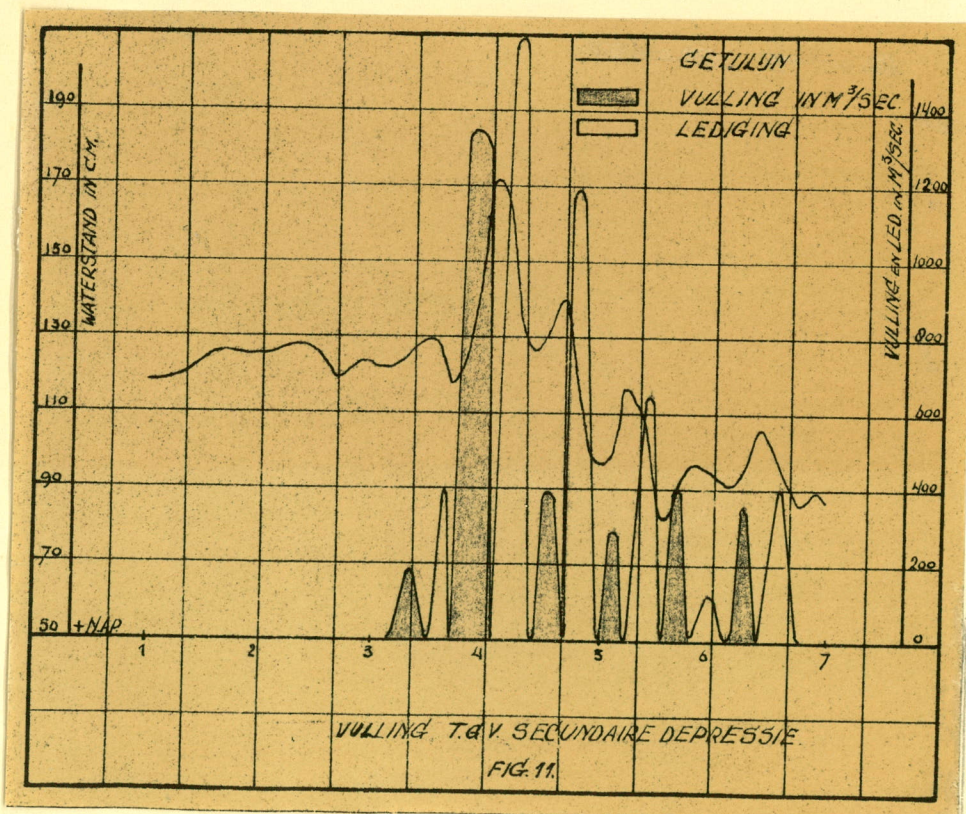
Tevens zij er hier op gewezen, dat zeer krachtige windvlagen en secundaire depressies een tijdelijke verhooging van den waterstand kunnen veroorzaken.

Hierdoor wordt ook de waterstand in de haven verhoogd, zij het wegens den korten duur der genoemde verschijnselen niet tot eenzelfde niveau als de zee rondom de haven bezit. In fig. 11 is weergegeven een tijdens den storm van 29 Januari 1937 voorgekomen waterstandsverhoging onder invloed van een stormachtigen wind.

Tevens is hierbij weergegeven de berekende vulstroom.

Sterke vulstroomen tijdens stormachtig weer zullen de aanzanding van de haven bevorderen.

X.



## X. Aanslibbing in de Haven.

Nagegaan is aan de hand van de gegevens van het onderhoudsbaggerwerk de aanslibbing in de haven. Vergelijkbaar waren slechts de gegevens vanaf 1932, in verband met de sindsdien gewijzigde indeeling van de haven in baggervakken. Uit de jaarlijks gebaggerde hoeveelheden en de gepeilde diepten was voor ieder baggervak de aanslibbing te bepalen. Op bijlage VII zijn voor ieder baggervak grafisch weergegeven de diepten, aanslibbingen en gebaggerde hoeveelheden, uitgedrukt in m.

Hieruit blijkt, dat buiten den havenmond het gebied op afstanden van meer dan 200 m van den havenmond een vrijwel constante diepte bezit, hoewel in dit gebied niet gebaggerd wordt. Zooals reeds vroeger opgemerkt werd, wordt in dit gebied de diepte onderhouden door de schurende werking der stroomen. De aanzanding blijft beperkt tot de vier vakken nabij den havenmond, waarbij vooral in de vakken G en K zeer sterke verondiepingen (in G tot 6 m en in K tot 5 m) voorkomen. Deze groote verondiepingen moeten toegeschreven worden aan de verzanding door stormen, want in 1937 bleven de aanzandingen zeer gering (vak G 1.25 m, vak K 2.44 m). De verzanding tijdens stormen zal geschieden door het volspoelen van zuigputten.

In de buitenhaven blijken de grootste verondiepingen voor te komen in de vakken M en Q, terwijl de aanslibbing in de vakken N en O het kleinst is. Is vrijwel overal in de haven in 1937 de aanslibbing kleiner dan in de voorgaande jaren, bij de vakken M, Q en T is dit niet het geval.

In deze vakken speelt de aanzanding de grootste rol, terwijl in de overige baggervakken slechts aanslibbing voorkomt. De afwezigheid van stormachtig weer in 1937 heeft voor de bedoelde vakken toch een zeer groote verondieping ten gevolge gehad, zoodat hieruit te besluiten zou zijn, dat de spuingen de verondieping bevorderd hebben.

Hier zij nog eens gewezen op de groote bodemsnelheden van den komvullingsstroom, welke een grootere aanzanding kunnen verklaren.

In de monden van de buitentoeleidingskanalen treden ook sterke aanslibbingen op, onder invloed van een intensieve uitwisseling van zout en zoet water, alsmede door de vulling van het achtergelegen havengebied door deze kanalen. In het overige havengebied zijn de aanslibbingen gering. Dit is verklaarbaar, daar deze havens gevuld worden met water, dat reeds de belangrijkste hoeveelheid slib verloren heeft.

In Rapport nr. 72 van het XVIe Internationaal Scheepvaartcongres te Brussel 1935 berekent Ir. J.B. Schijf de aanslibbing van de haven van IJmuiden.

Daarbij wordt uitgegaan van het gegeven, dat 1 ton afgezet slib overeenkomt met een verondieping van 1 m<sup>3</sup>.

Uit een aangenomen slibgehalte van 150 mgr/liter en een gemiddelde komvulling van 4.000.000 m<sup>3</sup>, volgt een

"mi-

"minimale slibhoeveelheid" van rond 400.000 m<sup>3</sup> per jaar.

De geloosde hoeveelheid water per jaar, gesteld op 650.10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>, geeft aanleiding tot het binnendringen van een twee tot drie maal zoo groote hoeveelheid zeewater uit diepere lagen met een slibgehalte van 250 mgr/liter, waaruit een aanslibbing van 300.000 tot 500.000 m<sup>3</sup> zou volgen. Bovendien zou dan nog een aanslibbing van enkele honderdduizenden m<sup>3</sup> aan uitwisseling in den havenmond toegeschreven moeten worden.

Bij de onderzochte slibmonsters bleek in plaats van 1 ton per m<sup>3</sup> afgezet slib slechts 0.61 ton vaste stof per m<sup>3</sup> afgezet slib aanwezig te zijn, zoodat de aanslibbing per jaar rond 610.000 m<sup>3</sup> vaste stof zou bedragen. Wordt in aanmerking genomen, dat het slib ongeveer 18 % organisch materiaal bevat, dan zou, in verband met de gedeeltelijke rotting daarvan, de aanslibbing te stellen zijn op 670.000 ton per jaar.

Wordt nu een uitwisseling van een gelijke hoeveelheid zoet spuiwater tegen een even groote hoeveelheid zeewater aangenomen, dan zou dit met een aanslibbing van 160.000 ton overeenkomen, zoodat dus 510.000 ton vaste stof door den komvullingsstroom in de haven gebracht moet worden. Daartoe zou dit water een gemiddeld slibgehalte van 190 mgr/liter moeten bezitten. Dit zal ook zeker aangenomen kunnen worden op grond van het feit, dat de waargenomen slibgehalten veel aanzienlijker zijn, al dient hieraan toegevoegd te worden, dat deze waarnemingen tijdens gunstige weersomstandigheden plaats vonden.

XI.

## XI. De invloed van spuien op de afzetting van vaste stoffen.

Reeds werd de verwachting uitgesproken, dat een vermeerdering der spuingen de verondieping der haven zou bevorderen, daar door de aanwezigheid van zoet water in de haven de vulling voornamelijk door het diepere water zou geschieden. Dit zou dan een grootere hoeveelheid vaste stof de haven binnen voeren.

Daarnaast is het de vraag of de aanwezigheid van zoet water in de haven een vermeerdering der aanslibbing veroorzaakt door uitvloeking van het slib als gevolg van een electrolytische werking bij de vermenging van zout en zoet water. Dit verschijnsel doet zich bijv. voor op de Rotterdamse Waterweg.

Toch is er een principieel verschil tusschen dit voorbeeld en het geval van de buitenhaven te IJmuiden. Immers op de Waterweg komt een slibhoudende zoetwaterstroom in aanraking met een zoutwaterstroom, terwijl te IJmuiden slibarm zoetwater in aanraking komt met slibhoudend zoutwater.

Gessner zegt over de uitvloeking van een colloïdaal systeem het volgende in zijn "Schlänmanalyse":

"Ieder deeltje van een colloïdaal dispers systeem is electrisch geladen. Wordt het systeem tusschen twee electroden gebracht, dan gaat, naar gelang van de positieve of negatieve lading van het deeltje, dit naar de kathode of anode. De electrische lading van het deeltje wordt verondersteld tot stand te komen door de aanwezigheid van een dubbele ionenschaal om het deeltje heen, waarvan de binnenste schaal vast aan het deeltje verbonden is en het deeltje zijn electrische lading geeft, terwijl de buitenste schaal bestaat uit een meer beweeglijke ionenzwerm van tegengestelde lading. Het deeltje zelf is opgebouwd volgens een roosterstructuur van atomen, welke overeenkomt met de valentie daarvan; het deeltje wordt in evenwicht gehouden door de valenties. Aan de oppervlakte van het deeltje moeten de atomen in evenwicht zijn tegen de, het deeltje omringende, vloeistof.

In die vloeistof bevinden zich ionen, die zich in het algemeen als een dubbele schaal om het deeltje afzetten. De binnenste ionenschaal wordt door die ionen gevormd, die een vaste verbinding met de atomen van het deeltje kunnen vormen, terwijl daarbuiten ionen met een tegengestelde lading voorkomen.

De electrische ladingen geven aan de deeltjes de noodige stabiliteit. Door botsingen met moleculen van de vloeistof verkeeren de deeltjes in Brownsche beweging. Ook kunnen botsingen tusschen deeltjes onderling voorkomen. Zoolang ten gevolge van de gelijksoortige electrische lading der deeltjes bij een botsing de afstootende energie grooter is dan de energie van den stoot, zullen de deeltjes niet aan elkaar kunnen kleven en blijft het systeem stabiel.

Door een verhooging van de electrolytische concentratie van de vloeistof kan echter de stabiliteit van het systeem verminderd worden, omdat daardoor de concentra-

tratie van de ionen van de buitenste ionenschaal verhoogd wordt en zodoende de potentiaal van de lading der deeltjes lager wordt.

Wordt door verhooging der electrolytische werking de lading der deeltjes kleiner, dan komt er een moment, waarop bij een botsing de energie der botsing grootter is dan de afstooting ten gevolge van de lading; de deeltjes zullen dus samenkleven, de coagulatie begint."

Coagulatie komt dus voor bij colloïdaal opgeloste stoffen. Verhooging der ionenconcentratie van de vloeistof is een voorwaarde voor het optreden van dit verschijnsel.

Onder deze voorwaarden zou bij de menging van zoet en zout water in de buitenhaven uitvlokking kunnen optreden van colloïdaal in het Noordzeekanaalwater voorkomende stoffen, doch zou geen uitvlokking van colloïden die in het zeewater aanwezig zijn, verwacht kunnen worden.

Een verhooging der ionenconcentratie van het Noordzeekanaalwater bleek bij proefnemingen geen uitvlokking te veroorzaken. Dit is wel waar te nemen bij het zeewater.

Op grond van het voorgaande zou te besluiten zijn, dat versterkt spuien geen aanleiding geeft tot vermeerdering der aanslibbing door colloïdaal uitvlokken.

XII. Samenvatting.

De resultaten der verrichte waarnemingen en de daarop gebaseerde beschouwingen kunnen als volgt worden samengevat.

1. De normale zeestroomingen bij IJmuiden bezitten een maximale snelheid van 60 cm/sec tijdens den vloed en 48 cm/sec tijdens de eb bij een normaal getijverschil.

De sterkste vloedstroom komt 20 min. vóór H.W. voor, de sterkste eb ruim 6 uur na H.W.

2. De stroomverticalen zijn te benaderen door een parabool van de  $3,5^{\circ}$  graad en dus voor te stellen door de formule:

$$v = a \sqrt{3.5 h.}$$

Deze vorm wijkt af van de normale, voor zeestroomingen gevonden, parabool van de  $5^{\circ}$  graad. Deze afwijking is te verklaren door het verschil in soortelijk gewicht van oppervlakte- en bodemwater onder invloed van het spuien te IJmuiden.

3. Tijdens de waarnemingen werd een gemiddelde drift in noordelijke richting van 3.2 cm/sec. gevonden. De drift van het oppervlaktewater was 1.7 km/getij, die van het water op 0.15 m boven den bodem 0.6 km/getij.
4. De normale zeestrooming wordt door de havenhoofden beïnvloed tot op een afstand van ongeveer 1 km vóór den havenmond. Naast veranderingen in de richtingen der stroomen treden tot een afstand van ongeveer 500 m voor den havenmond ook veranderingen in de snelheden op.
5. Tijdens den vloed zijn de snelheden dan tot 100 %, tijdens de eb tot 30 % grooter dan op ca 4 km afstand van de kust.  
Vóór den havenmond wordt door deze stroomen een diepe kom op een vrijwel constante diepte in stand gehouden.
6. Ten noorden en ten zuiden van de haven ontstaan respectievelijk tijdens vloed en eb neerstromen, welke bij kalmen zeegang afzetting van slib op den zeebodem mogelijk maken. Het bezonken slib wordt na de kenteringen uit deze gebieden door de stroomen meegevoerd. De vloedstroom voert daarbij, althans gedeeltelijk, het slib in de buitenhaven.
7. De vulling van de haven vindt ten gevolge van de phaseverschuiving van verticaal en horizontaal getij niet centraal plaats, doch door een stroom, welke met groote snelheid langs de binnenzijde van het noorderhoofd de haven binnen komt.



8. Nabij den havenmond worden de stroombanen van het water op geringere diepte, zoowel tijdens de eb als tijdens den vloed, meer naar het westen afgebogen dan die van het water op grootere diepte.

Dit verschijnsel doet zich in sterkere mate voor, als de haven, ten gevolge van spuien, gevuld is met water van een laag zoutgehalte.

9. De aanwezigheid van water met een laag zoutgehalte in de haven vermindert tijdens de rijzing van het getij de snelheid van het binnenstroomende oppervlaktewater.

De komvulling vindt dan dus in belangrijker mate door diep water plaats. Op grond van de grootere bodemsnelheden is een grooter zandtransport en dus een sterkere aanzanding te verwachten. Ook zal aangenomen kunnen worden, dat door het water van grootere diepte meer slib in de haven gebracht zal worden.

10. Een vermeerdering der spuiingen zal waarschijnlijk geen vermeerdering der aanslibbing ten gevolge van een versterkte uitvlokking veroorzaken.

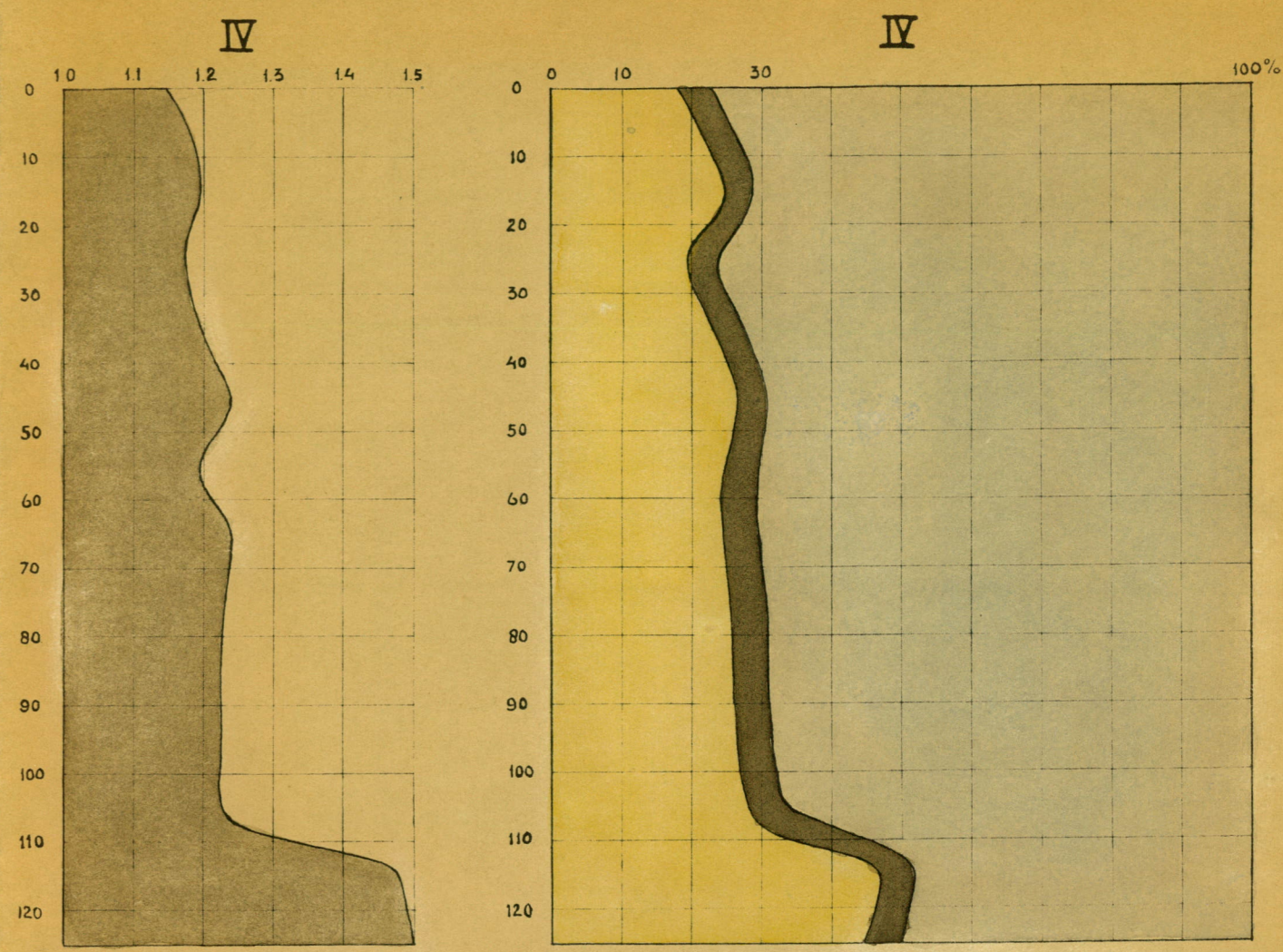
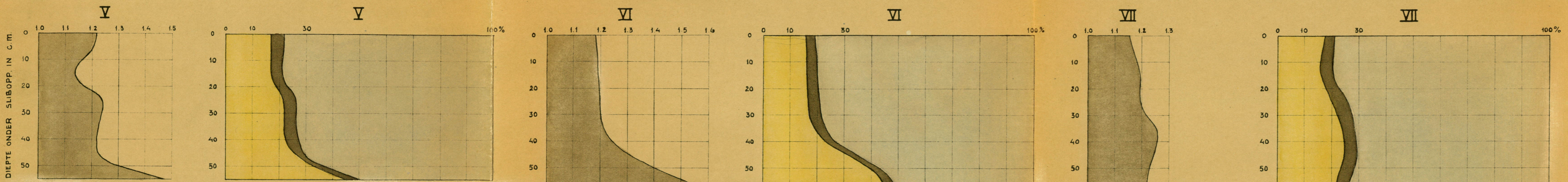
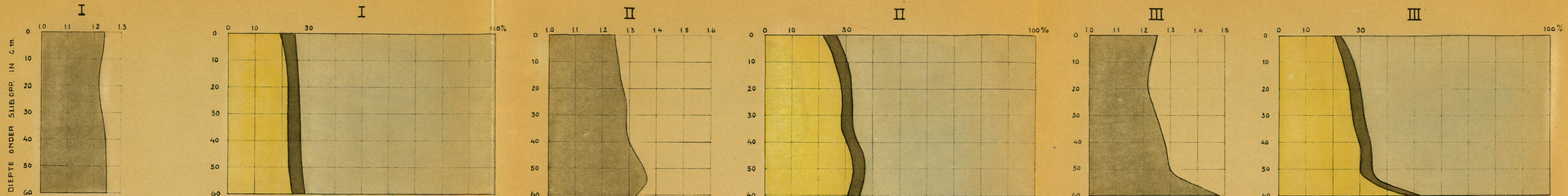
11. In het onderzochte gebied zijn de zandverplaatsingen over het algemeen gering. Het belangrijkste zandtransport komt nabij den havenmond voor onder invloed van de optredende grootere stroomsnelheden.

12. De zeebodem bleek in het onderzochte gebied aan de oppervlakte overal uit zand te bestaan.

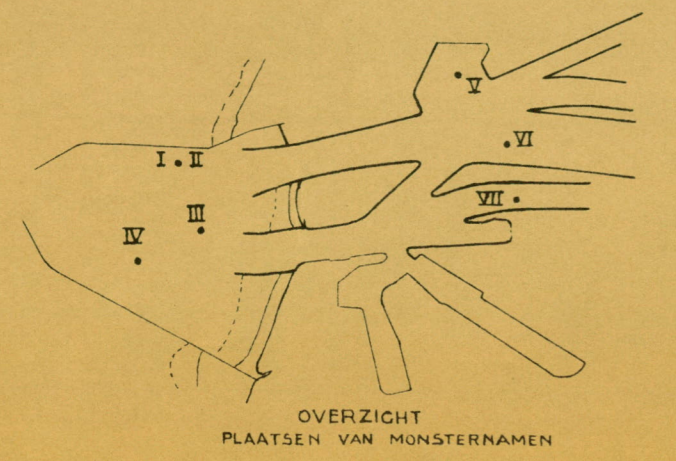
Eveneens komt in de buitenhaven nabij het noorhoofd zand aan de oppervlakte voor. Overigens wordt overal elders in de haven slib aangetroffen.

IJmuiden, 1 Maart 1938.

De Ingenieur  
van den Rijkswaterstaat,



■ SG NAT SLIB  
 ■ ANORGANISCHE STOF  
 ■ ORGANISCHE STOF  
 ■ WATER



nr: 876686

<b>RUKSWATERSTAAT</b> DIRECTIE NOORD-HOLLAND ARR. HET NOORDZEEKANAAL	<b>METINGEN</b> <b>BUITENHAVEN</b> <b>JMUIDEN</b>										
<b>SAMENSTELLING</b> <b>VAN DEN SLIBBODEM</b> <b>IN DE BUITENHAVEN</b>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="font-size: small;">GETEEK</td> <td style="font-size: small;"><i>L. J. de Vries</i></td> <td rowspan="3" style="text-align: center; vertical-align: middle; font-size: x-large;">           NO            A/4  <i>B</i> </td> </tr> <tr> <td style="font-size: small;">GEGONTR.</td> <td style="font-size: small;"><i>[Signature]</i></td> </tr> <tr> <td style="font-size: small;">GEZIEN</td> <td style="font-size: small;"><i>[Signature]</i></td> </tr> <tr> <td style="font-size: small;">DATUM</td> <td style="font-size: small;">16 - VI - '38</td> <td></td> </tr> </table>	GETEEK	<i>L. J. de Vries</i>	NO A/4 <i>B</i>	GEGONTR.	<i>[Signature]</i>	GEZIEN	<i>[Signature]</i>	DATUM	16 - VI - '38	
GETEEK	<i>L. J. de Vries</i>	NO A/4 <i>B</i>									
GEGONTR.	<i>[Signature]</i>										
GEZIEN	<i>[Signature]</i>										
DATUM	16 - VI - '38										