

All rights reserved

Internal reports are not to be reprinted or cited, it is only allowed by consent of the Netherlands Institute For Sea Research.

printed by  texel

EEN MODEL VOOR DE SCHATTING VAN DE WATERMASSA MET HOOGWATER OP DE PLATEN VAN HET BALGZAND

door

H.W. VAN DER VEER

INHOUD

Summary en Samenvatting	00
1. Inleiding	00
2. Materiaal en methoden	00
3. Resultaten	00
4. Discussie	00
5. Literatuur	00

SUMMARY

This report describes the influence of wind stress on the water-level with high water on the Balgzand, a tidal flat area in the western Wadden Sea. Up to BF 2 no influence of windstress is detectable. From BF 3 on wind blowing from the sector ENE to SSW results in a decreased water-level, while for the remaining sector an increased level is observed. With the aid of the real observed high water-level of the nearby situated station "Den Helder" and the prevailing wind regime, an accurate prediction of expected water-levels on different locations on the Balgzand is possible. With some characteristics of the Balgzand area an estimate of the total watermass covering the area with high water can be made.

SAMENVATTING

In dit onderzoek wordt aan de hand van peilschaal registraties de invloed van het windregiem op de waterstand met hoogwater op de platen van het Balgzand beschreven.

Windsterkten tot BF 2 hebben geen invloed op de waterstand. Een hogere windsterkte komende uit de sector ONO tot WZW zorgt voor een verlaagde waterstand, terwijl wind uit de resterende sectoren een verhoging betekent. Het blijkt mogelijk om uitgaande van de werkelijke hoogwaterstand van het nabijgelegen "Den Helder" met behulp van het windregiem een nauwkeurige schatting te geven van de te verwachten waterstanden op het Balgzand. Hieruit kan vrij eenvoudig een goede schatting van de watermassa op het gebied met hoogwater gemaakt worden.

1. INLEIDING

Een belangrijk opgroeigebied voor jonge schol (*Pleuronectes platessa* L.) wordt gevormd door het Balgzand, een getijdengebied in de westelijke Waddenzee (KUIPERS, 1977). Recentelijk is een onderzoek gestart naar de sterfte onder de vanuit de Noordzee de Waddenzee binnentrekkende larven tijdens en direct na hun vestiging op het Balgzand.

Een van de problemen die hierbij optreden is dat om tot zo nauwkeurig mogelijke mortaliteitsberekeningen te komen, uitgaande van de hoeveelheid pelagiaal binnentrekkende schollarven, een schatting gemaakt moet worden van de hieruit resulterende vestiging van larven op de platen. Dit betekent dat een concentratieverschil van larven per m^3 tussen vloed en eb omgerekend moet worden naar een vestiging per m^2 . Hiervoor zijn schattingen nodig van de watermassa per getij met ieder hoogwater (HW) op de platen van het Balgzand, zodat hieruit een gemiddelde waterdiepte bepaald kan worden.

Alhoewel van een nabijgelegen station, "Den Helder", dagelijkse voorspellingen aanwezig zijn van de te verwachten waterhoogte (ANON., 1979), zijn deze in de praktijk niet bruikbaar door de te grote afwijkingen die kunnen optreden door o.a. stuwing van Noordzee water en wind invloeden. Om deze redenen is in 1980 gestart met directe waarnemingen op het Balgzand, met als doel hieruit de invloed van wind richting en sterkte op de grootte van de watermassa op het Balgzand te kwantificeren.

Dit verslag geeft de resultaten weer van de vanaf 1980 tot 1982 uitgevoerde waarnemingen omtrend de waterhoogten op het Balgzand en beschrijft de hieruit bepaalde relaties om tot een nauwkeurige voorspelling van de te verwachten watermassa te komen.

Dankzegging.—Dank is verschuldigd aan de medewerkers van Rijkswaterstaat Studiedienst Hoorn voor het plaatsen en het bijhouden van de zelf registrerende peilschalen. De werkelijke hoogwaterstanden voor het station Den Helder zijn verstrekt door Rijkswaterstaat Directie Waterhuishouding en Waterbeweging te Den Haag en de windgegevens door het Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut te De Bilt. Deze onderzoeken werden gedeeltelijk gesteund door de Stichting voor Biologisch Onderzoek (BION), die wordt gesubsidieerd door de Nederlandse Organisatie voor Zuiver Wetenschappelijk Onderzoek (ZWO).

2. MATERIAAL EN METHODEN

Fig. 1 geeft de ligging van het Balgzand aan in de westelijke Waddenzee. Op een vijftal posities zijn in respectievelijk 1980, 1981 en 1982 gedurende kortere of langere tijd zelf registrerende peilschalen geplaatst. Tabel 1 geeft een overzicht van de meetperioden voor de verschillende locaties.

Met behulp van de werkelijke waterstand met HW van het nabijgelegen station "Den Helder" en de windgegevens van het dichtbijzijnde station "De Hors" op Texel zijn alle

TABEL 1

Overzicht van de perioden waarin waterhoogte metingen zijn verricht op de verschillende locaties.

	<i>Balgzand geul-noord (1)</i>	<i>Balgzand geul-zuid (2)</i>	<i>Malzwin (3)</i>	<i>Amsteldiep midden (4)</i>	<i>Amsteldiep zuid (5)</i>
1980	14/3-15/5	15/2-15/5	14/3-15/5	13/3-25/4	15/2-15/5
1981	—	27/2-15/5	27/2-28/4	—	25/2- 7/4
1982	—	12/2- 8/5	5/3-15/5	11/2-15/5	—

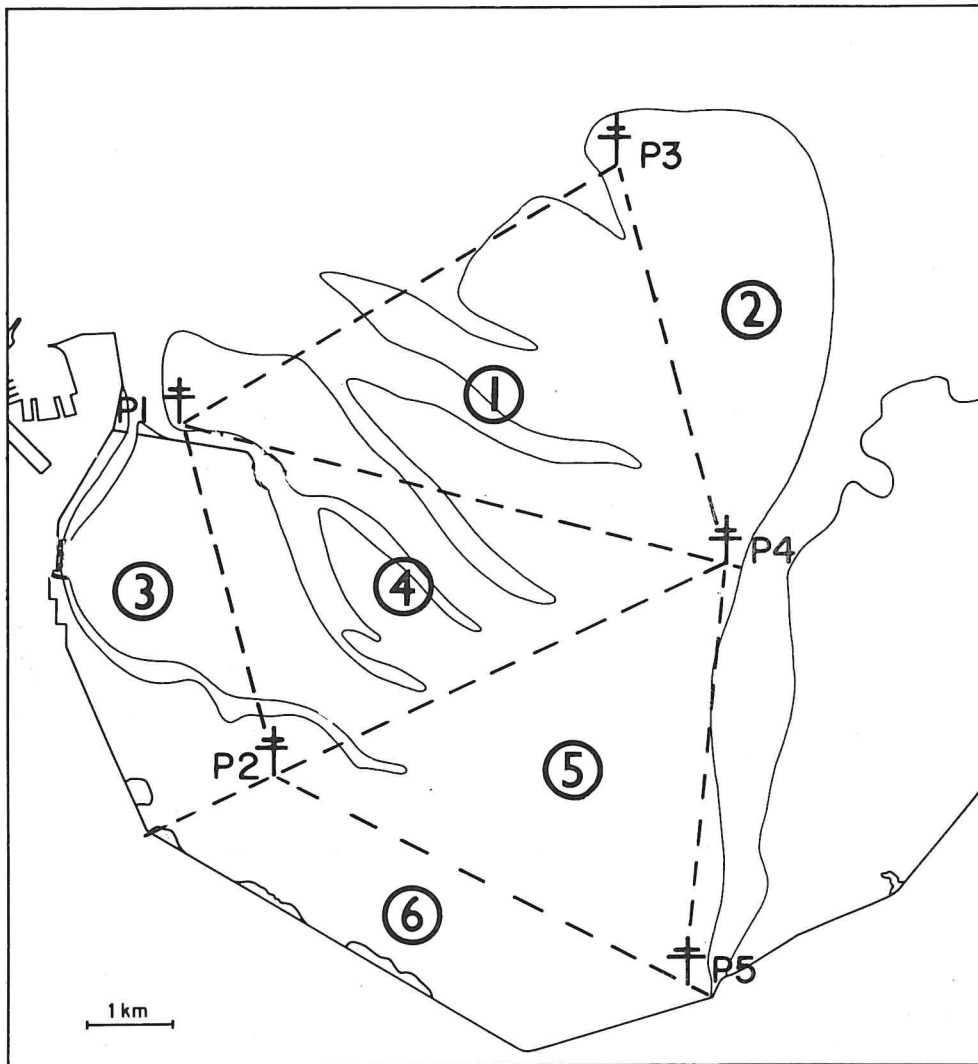


Fig. 1. Het Balgzand, met daarin aangegeven de posities van de zelfregistrerende peilschalen. P1 = Balgzand geul-noord, P2 = Balgzand geul-zuid, P3 = Malzwin, P4 = Amsteldiep midden, P5 = Amsteldiep zuid. Omcirkelde nummers verwijzen naar de verschillende deelgebieden.

peilschaal gegevens georderd naar windrichting en windsterkte. Hieruit zijn vervolgens de afwijkingen in waterhoogte onder invloed van de windsituatie voor de verschillende locaties bepaald.

Uitgaande van deze waterhoogte kan de totale watermassa met hoogwater op het Balgzand bepaald worden. Hiertoe is het Balgzand in een zestal deelgebieden opgesplitst, zoals in Fig. 1 aangegeven. Wanneer aangenomen wordt dat het verschil in waterhoogte tussen

twee peilschalen lineair verloopt, kan voor de 3 driehoekige gebieden die door de peilschalen worden ingesloten de inhoud bepaald worden volgens:

$$\text{Inh} = O \cdot \frac{((P_1 + P_2 + P_3) + L)}{3} \text{ (m}^3\text{)} \quad (1)$$

waarin O = oppervlakte van het platengebied in m²; P₁, P₂ etc. = peilschaal hoogtes ten opzichte van NAP in m; L = de gemiddelde hoogteligging van het ingesloten platengebied ten opzichte van NAP in m. Voor de 3 buiten de peilschaal vallende gebieden is de inhoud geschat volgens:

$$\text{Inh} = O \cdot \frac{((P_1 + P_2) + L)}{2} \quad (2)$$

Het oppervlak evenals de gemiddelde hoogteligging ten opzichte van NAP voor de verschillende gebieden is bepaald aan de hand van een recente lodingskaart van het Balgzand uit 1981.

3. RESULTATEN

Fig. 2 geeft een indruk van de afwijkingen die optreden in waterstand met HW tussen de voor Den Helder voorspelde en de werkelijk optredende standen. Deze afwijkingen worden grotendeels bepaald door invloeden vanaf de Noordzee.

Om ondanks deze grote fluctuaties in waterhoogten de locale invloed van windrichting en sterkte te kunnen bepalen op het Balgzand, zijn niet de absolute waarden gebruikt maar de verschillen in waterhoogte ten opzichte van de hoogwaterstand te Den Helder. Dit biedt de mogelijkheid tot vergelijking van in absolute waterhoogte sterk verschillende dagen met een zelfde weertype.

Alle waarnemingen zijn ingedeeld per windkracht voor sectoren per 30° wat betreft windrichting, uitgezonderd alle dagen met windkracht 0, 1 of 2 BF. Deze zijn samengevoegd, omdat tot BF 2 geen windinvloed op de waterstand gevonden wordt. Tabel 2 geeft voor de verschillende meetpalen de gemiddelde afwijking in waterhoogte ten opzichte van de hoogte te Den Helder zonder enige windinvloed. Voor de verschillende windsterktes en richtin-

TABEL 2

Gemiddelde afwijking in waterhoogte (cm) voor de verschillende peilschalen zonder windinvloed, gerelateerd aan hoogwater te Den Helder.

<i>Locatie</i>	<i>Afwijking (cm)</i>
Den Helder	0.0
Balgzand geul-noord	+ 0.5
Balgzand geul-zuid	+ 6.0
Malzwin	+ 3.5
Amsteldiep midden	+ 6.0
Amsteldiep zuid	+ 8.0

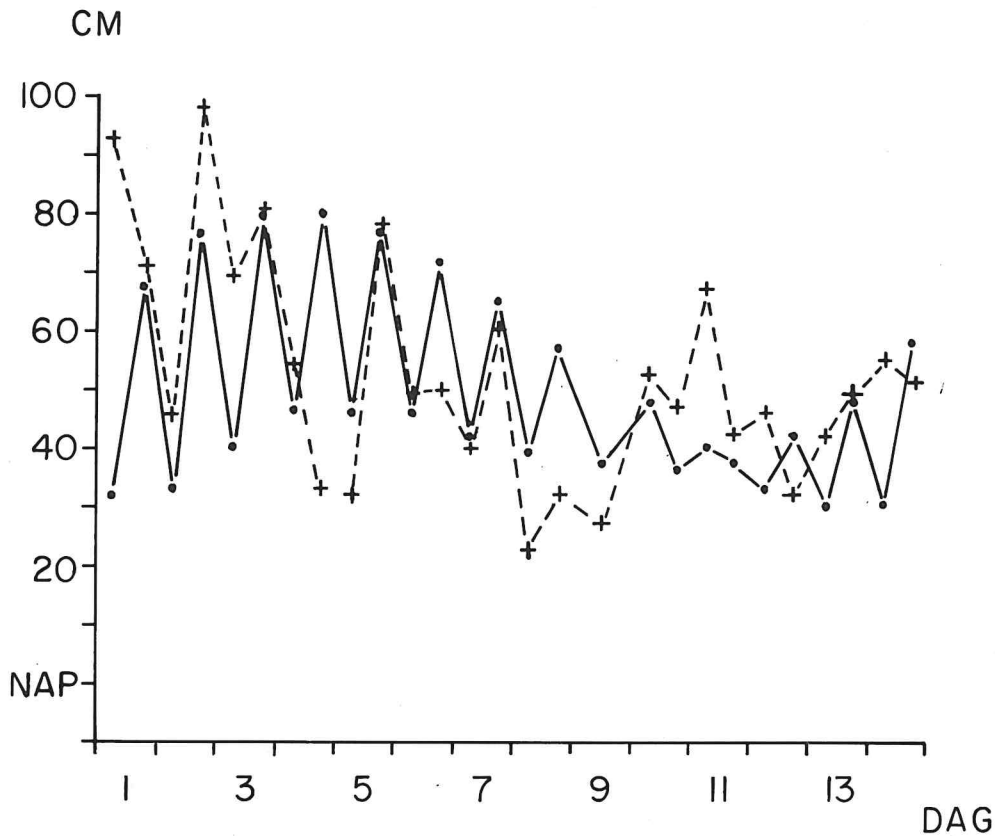


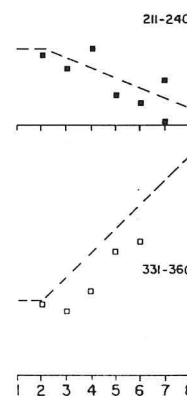
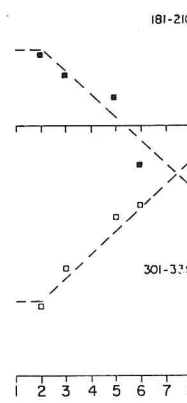
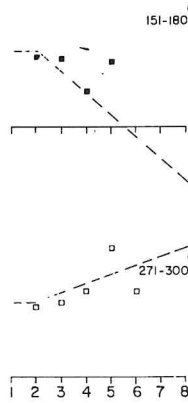
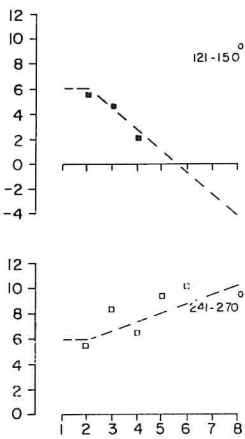
Fig. 2. Waterhoogten te Den Helder in februari 1980 zoals voorspeld volgens de getijtafel (—) en zoals werkelijk waargenomen (---).

gen geeft Fig. 3 de waargenomen afwijkingen weer. In een aantal gevallen is door het ontbreken van voldoende waarnemingen de gemiddelde afwijking geschat a.h.v. de windinvloed op omliggende windsectoren of lagere windsterktes. De op deze wijze uiteindelijk verkregen gemiddelde waarden voor alle combinaties van windrichting en sterkte staan weergegeven in Tabel 3. De aanwezige trend is voor alle peilschalen identiek. Voor de windsector van 0 tot ongeveer 70° een stuwing, vanaf 70° tot 120° een oplopende verlaging die voortduurt tot ongeveer 240°. Vanaf deze sector een steeds groter wordende stuwing tot 360°.

Om met behulp van deze peilschaal gegevens tot een schatting van de watermassa met hoogwater te komen zijn een aantal karakteristieken nodig van de door de peilschalen ingesloten dan wel omsloten gebieden. Deze zijn aan de hand van een recente lodingskaart van Rijkswaterstaat Studiedienst Hoorn uit 1981 bepaald en staan gegeven in Tabel 4.

De totale watermassa op het Balgzand wordt vervolgens bepaald door sommatie van de verschillende deelgebieden. Een schatting kan verkregen worden door uit te gaan van de te verwachten waterhoogte aan de hand van de werkelijke stand te Den Helder en deze te cor-





P4

BF

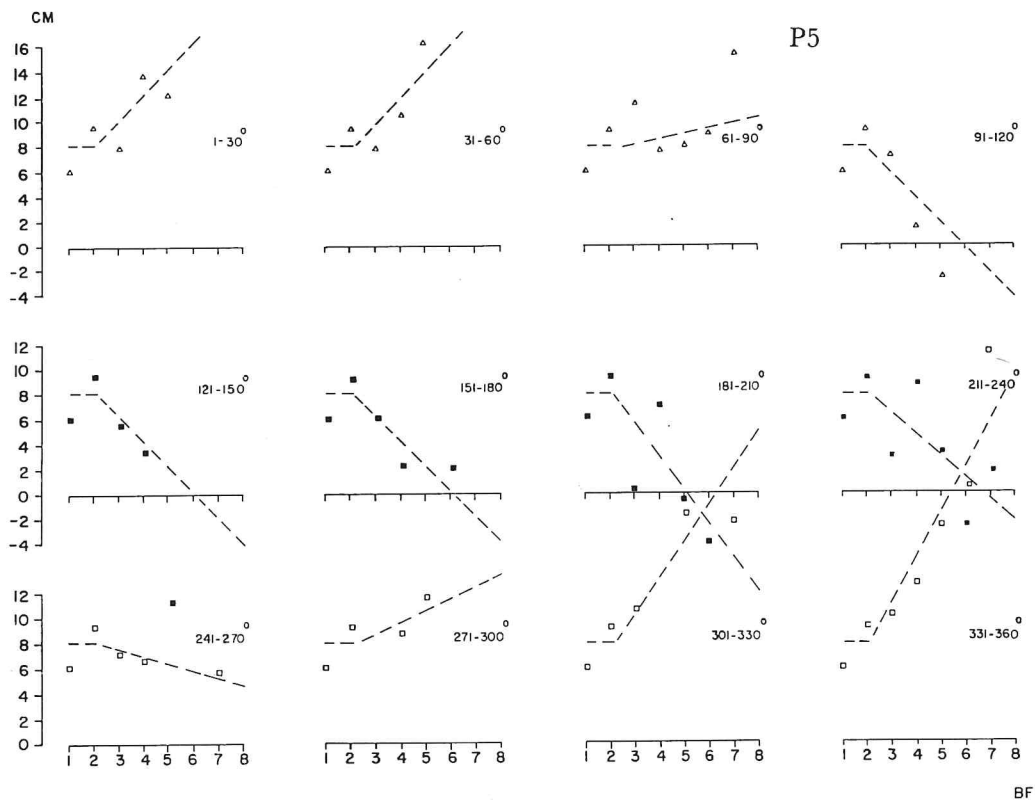


Fig. 3. Gemiddelde afwijkingen in waterhoogte ten opzichte van "Den Helder" (cm) voor de verschillende peilschalen, in afhankelijkheid van windrichting en windsterkte. P1 = Balgzand geul-noord, P2 = Balgzand geul-zuid, P3 = Malzwin, P4 = Amsteldiep midden, P5 = Amsteldiep zuid.

rigeren voor de windinvloed volgens Tabel 3. In Tabel 5 staan voor maart 1980 de water-massa gegeven, berekend met behulp van de werkelijke peilschaalgegevens en geschat met behulp van de gemiddelde afwijkingen. De optredende verschillen tussen beide berekeningen laten zien dat de berekende afwijkingen nauwkeurig genoeg zijn om te gebruiken voor die dagen waarop geen gegevens van een bepaalde peilschaal voorhanden zijn (zie Tabel 1.).

TABEL 3

Berekende gemiddelde afwijkingen in waterhoogte ten opzichte van "Den Helder" voor verschillende windsterktes per windrichting van 30 graden.

BF	Windrichting											
	0-30	31-60	61-90	91-120	121-150	151-180	181-210	211-270	241-270	271-300	301-330	331-360
Balgzand geul-noord												
1	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
2	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
3	0.5	0.0	-0.2	-0.3	-0.1	-0.1	-0.1	0.5	0.5	0.6	0.9	1.1
4	0.5	-0.6	-0.9	-1.3	-0.8	-0.8	-0.7	0.5	0.5	0.8	1.2	1.7
5	0.5	-1.2	-1.6	-2.3	-1.5	-1.5	-1.3	0.5	0.5	0.9	1.5	2.2
6	0.5	-1.8	-2.3	-3.3	-2.2	-2.2	-1.9	0.5	0.5	1.1	1.9	2.8
7	0.5	-2.4	-3.0	-4.3	-2.9	-2.9	-2.5	0.5	0.5	1.2	2.2	3.5
8	0.5	-3.0	-3.7	-5.3	-3.5	-3.5	-3.1	0.5	0.5	1.4	2.6	4.1
Balgzand geul-zuid												
1	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
2	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
3	9.0	7.5	6.0	3.7	3.7	3.9	3.6	4.3	5.5	6.2	7.7	8.4
4	12.0	9.0	6.0	1.4	1.4	1.8	1.2	2.6	5.0	6.4	9.4	10.8
5	15.0	10.5	6.0	-0.9	-0.9	-0.3	-1.2	0.9	4.5	6.6	11.1	13.2
6	18.0	12.0	6.0	-3.2	-3.2	-2.4	-3.6	-0.8	4.0	6.8	12.8	15.6
7	21.0	13.5	6.0	-5.5	-5.5	-4.5	-6.0	-2.5	3.5	7.0	14.5	18.0
8	24.0	15.0	6.0	-7.8	-7.8	-6.6	-8.4	-4.2	3.0	7.2	16.2	20.4
Malzwin												
1	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
2	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
3	4.1	3.5	2.9	2.8	2.6	2.8	2.8	3.1	3.8	4.4	4.4	4.1
4	4.7	3.5	2.3	2.0	1.7	2.1	2.1	2.6	4.2	5.3	5.3	4.7
5	5.3	3.5	1.7	1.3	0.8	1.4	1.4	2.2	4.5	6.2	6.2	5.3
6	5.9	3.5	1.1	0.5	-0.1	0.7	0.7	1.7	4.9	7.1	7.1	5.9
7	6.5	3.5	0.3	-0.3	-1.0	0.0	0.0	1.3	5.2	8.0	8.0	6.5
8	7.2	3.5	-0.1	-1.1	-1.9	-0.7	-0.7	0.8	5.6	8.9	8.9	7.1
Amsteldiep midden												
1	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
2	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
3	7.7	6.3	6.0	5.0	4.3	4.3	4.3	5.3	6.7	6.8	7.8	8.0
4	9.4	6.6	6.0	4.0	2.6	2.6	2.6	4.6	7.4	7.6	9.6	10.0
5	11.1	6.9	6.0	3.0	0.9	0.9	0.9	3.9	8.1	8.4	11.4	12.0
6	12.8	7.2	6.0	2.0	-0.8	-0.8	-0.8	3.2	8.8	9.2	13.2	14.0
7	14.5	7.5	6.0	1.0	-2.5	-2.5	-2.5	2.5	9.5	10.0	15.0	16.0
8	16.2	7.8	6.0	0.0	-4.2	-4.2	-4.2	1.8	10.2	10.8	16.8	18.0
Amsteldiep zuid												
1	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0
2	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0
3	10.0	10.4	8.4	6.0	6.0	6.0	5.3	6.3	7.5	10.0	10.8	11.6
4	12.0	12.8	8.8	4.0	4.0	4.0	2.6	4.6	6.9	11.0	13.6	15.2
5	14.0	15.2	9.2	2.0	2.0	2.0	-0.1	2.9	6.4	12.0	16.4	18.8
6	16.0	17.6	9.6	0.0	0.0	0.0	-2.8	1.2	5.8	13.0	19.2	22.4
7	18.0	20.0	10.0	-2.0	-2.0	-2.0	-5.5	-0.5	5.3	14.0	22.0	26.0
8	20.0	22.4	10.4	-4.0	-4.0	-4.0	-8.2	-2.2	4.7	15.0	24.8	29.6

TABEL 4

Karakteristieken van de op het Balgzand te onderscheiden deelgebieden (zie Fig. 2).

<i>Gebied</i>	<i>Omliggende peilschalen</i>	<i>Oppervlakte (km)</i>	<i>Gemiddelde ligging t.o.v. NAP (cm)</i>
1	P1, P3, P4	7.48	- 58
2	P3, P4	4.56	- 50
3	P1, P2	8.16	- 20
4	P1, P2, P4	10.20	- 44
5	P2, P4, P5	10.80	- 35
6	P2, P5	10.86	- 6.7

TABEL 5

Hoeveelheid water ($10^6 \cdot m^3$) met hoogwater op het Balgzand gedurende de periode 15/3 t/m 24/3 1980. Berekend aan de hand van werkelijke peilschaalgegevens en geschat aan de hand van de gemiddelde afwijkingen van de peilschalen ten opzichte van Den Helder (Tabel 3).

<i>Datum</i>	<i>Hoeveelheid water ($10^6 \cdot m^3$)</i>		
	<i>werkelijk</i>	<i>geschat</i>	<i>verschil (%)</i>
15/3	25.9	25.8	- 0.3
	44.9	44.5	- 0.9
16/3	31.8	33.6	5.7
	50.2	51.3	2.2
17/3	33.5	33.6	0.3
	48.0	47.1	- 1.8
18/3	19.3	18.6	- 3.1
	25.6	21.3	- 9.0
19/3	4.5	4.9	7.9
	22.8	22.6	- 0.8
20/3	8.5	7.7	- 10.0
	37.3	35.3	- 5.3
21/3	29.4	29.2	0.5
22/3	38.6	41.3	6.9
23/3	32.1	33.5	4.2
	28.3	28.6	1.0
24/3	33.5	33.8	0.9
	35.3	34.2	- 3.1
	31.9	32.2	0.9

4. DISCUSSIE

Sinds er in 1977 een uitgebreid meetprogramma door Rijkswaterstaat en het NIOZ is uitgevoerd, zijn de waterbewegingen op het Balgzand redelijk goed bekend (zie DE BOER, 1978). Hieruit is onder andere gebleken, dat het Balgzand als een op zichzelf staand getijdengebied kan worden beschouwd, direkt afhankelijk van het verticale getij in de omgeving.

Op het Balgzand plant de getijbeweging zich komende vanuit de diepe geulen in het noordwesten voort. Dit resulteert in een tijdsverschil van maximaal 40 minuten tussen de momenten van hoogwater in het noordwesten en het zuidoosten van het Balgzand. Dit tijdsverschil is echter dermate gering dat verwacht mag worden dat binnen deze periode geen verticale getijverplaatsingen zullen optreden op het Balgzand. De hoogwaterstanden op verschillende plaatsen hoeven dus niet gecorrigeerd te worden voor tijdsverschillen maar kunnen eenvoudigweg afgelezen en onderling vergeleken worden.

Uit de grote verschillen tussen de waterstand zoals verwacht volgens het astronomisch getij en zoals werkelijk waargenomen te Den Helder, blijkt de invloed van de Noordzee en de gehele Waddenzee op de waterbewegingen en dus waterhoogte op het Balgzand. Windinvloed op de watermassa op het Balgzand kan dan ook alleen bepaald worden aan de hand van de relatieve veranderingen die optreden ten opzichte van de situatie zonder windinvloed. Hierom zijn alle waterstanden herleid tot afwijkingen ten opzichte van de waterstand met HW te "Den Helder". Van de plaatselijke invloed van luchtdruk op het zeespiegelniveau mag verwacht worden dat deze verwaarloosbaar klein is binnen een zo klein gebied als het Balgzand van 55 km².

De verschillen in amplitude, indirect afleesbaar aan de HW standen blijken in de orde van een decimeter te liggen. In het zuidwesten (Balgzand Geul Zuid) en het zuiden (Amsteldiep Zuid) treden waterstanden op die respectievelijk 6 en 8 cm hoger zijn dan die te Den Helder zonder windinvloed. Voor het Balgzand kan dus gesteld worden, dat het dempend effect op de amplitude, ofwel de waterhoogte, van de getijgolf veroorzaakt door wrijving langs de afgelegde weg, ruimschoots gecompenseerd wordt door optredende resonantie. De invloed van het wind regiem op de waterstanden is duidelijk aantoonbaar. Het ontstane beeld is vrij grof, doordat op slecht 5 posities op het Balgzand peilschalen geplaatst zijn, en doordat voor een aantal windsituaties geen of slechts zeer weinig windwaarnemingen aanwezig waren. In het algemeen kan voor alle peilschalen gezegd worden, dat voor wind van oost-noord-oost tot aan west-zuid-west een verlaging optreedt, terwijl in de andere sectoren een verhoging waarneembaar is ten opzichte van het herleide niveau zonder windinvloed.

De op grond van alle metingen bepaalde gemiddelde afwijkingen kunnen nog verder verbeterd worden wanneer meerdere meetgegevens beschikbaar zouden zijn. Met behulp van deze schattingen van de windinvloed op de waterhoogte, kunnen redelijk nauwkeurig voorspellingen van de te verwachten waterhoogte gedaan worden. Deze kunnen dan gebruikt worden in die gevallen waarin werkelijke waarnemingen ontbreken.

Om deze reden verschilt de watermassa zoals berekent aan de hand van de werkelijke peilschaalstanden slechts in geringe mate van de hoeveelheid die uit de voorspelde HW standen volgt. Nauwkeuriger schatting van de invloed op de waterstand, betekent ook een verbetering van de schatting van de totale watermassa op het Balgzand, alhoewel de huidige schatting betrouwbaar genoeg lijkt door de gemiddelde afwijking van minder dan 5%.

Door vergroting van het aantal deelgebieden, aan de hand waarvan de totale watermassa geschat wordt, kan mogelijk de nauwkeurigheid ook verder toenemen. Het is echter de vraag of dit gezien de extra inspanning die dit vereist in verband met de plaatsing van meer peilschalen de moeite loont. Het huidige oppervlak van de deelgebieden van maximaal 10 km² is zodanig ten opzichte van het totale Balgzand, dat het aantal deelgebieden van 6 voldoende lijkt, zeker gezien het doel waarvoor dit programma opgezet is, namelijk de schatting van het aantal schollarven dat zich op het Balgzand vestigt.

7. LITERATUUR

- ANON., 1979. Getijtafels voor Nederland 1980. Staatsdrukkerij, 's-Gravenhage: 1-141.
KUIPERS, B.R., 1977. On the ecology of juvenile plaice on a tidal flat in the Wadden Sea.—Neth. J. Sea Res. **11**: 56-91.