

# Water en vis door de Afsluitdijk

## Deel 1

### Evaluatie van onderzoek 1992-1994

Dr. G.M. Janssen (RIKZ)  
ir. G.D. Butijn (RWS-Flevoland)  
drs. E.L. Enserink (RWS-NH)  
Dr. P.J.F. de Graaf ((RWS-NN)  
ir. T. van Heuvel (RIKZ)  
ing. W. Riesenkamp (RWS-NN)  
ing. M. van Wieringen (RWS-NH)

Rapport RIKZ-95.018

april 1995

## Samenvatting

---

### INLEIDING

In 1988 werd een groot aantal zieke botten nabij de spuilsluizen in de Afsluitdijk waargenomen (Vethaak, 1990). Bovendien werd in de 3e Nota Waterhuishouding opgemerkt dat de oorspronkelijke zout/zoet gradiënt van de IJssel via de Zuiderzee naar de Waddenzee sinds de aanleg van de Afsluitdijk had plaats gemaakt voor een abrupte overgang tussen zoet IJsselmeerwater en zout Waddenzeewater.

De mogelijkheid werd gesuggereerd dat door de afwezigheid van een geleidelijke overgang van zoet naar zout niet alleen de aanwezigheid van huidzweren bij bot werd bevorderd, maar dat bovendien oorspronkelijke estuariene ecosysteemprocessen en soorten zijn verdwenen.

Ten aanzien van de bovengeschetste problematiek bleken er nog onvoldoende aanknopingspunten om reeds tot maatregelen over te gaan. Het project BRAK werd gestart om het beleid tav de zout/zoet-problematiek te vertalen naar concrete voorstellen voor maatregelen.

### DOELSTELLING

De doelstelling van het project BRAK werd in 1991 geformuleerd als:

I: Het in kaart brengen van de wijze waarop momenteel de menging van zoet IJsselmeerwater met het zoute Noordzeewater in de westelijke Waddenzee plaats vindt.

II Aangeven van de wijze waarop in de toekomst de menging verbeterd kan worden.

Om de tweede doelstelling nader uit te werken was het nodig te formuleren wat onder "verbeterd" kan worden verstaan.

Drie aspecten werden van belang geacht:

- 1 Het verzorgen van een geleidelijker overgang tussen IJsselmeer en Waddenzee op basis van de verdwenen oorspronkelijke gradiënt ten tijde van de Zuiderzee ("*fysisch-chemische doelstelling*").
- 2 Het formuleren van randvoorwaarden vanuit de huidzwerenproblematiek aan het spuibeheer en het spuistelsysteem in de Afsluitdijk ("*biologische doelstelling*").
- 3 Het formuleren van randvoorwaarden vanuit het oorspronkelijke estuarien ecosysteem, zoals dat voor de aanleg van de Afsluitdijk bestond ("*ecologische doelstelling*").

### REALISATIE

Gericht op het in kaart brengen van de wijze waarop de menging van het IJsselmeerwater met het Noordzeewater in de Waddenzee plaats vindt heeft het RIKZ aan het ICIM verzocht statistisch onderzoek te verrichten naar de samenhang tussen debieten op verschillende locaties, te weten: OIst (IJssel), Lobith (RIJN), Den Oever en Kornwerderzand (Afsluitsijk) enerzijds en de saliniteiten op zes plaatsen in de Waddenzee anderzijds.

Dit onderdeel, waarover medio 1993 werd gerapporteerd (Koster et al., 1993), vormt de basis voor de waterbewegingsmodellering waarmee de menging van het zoete water in de Waddenzee kan worden beschreven. Deze modelberekeningen worden in 1995 uitgevoerd door RIKZ (WAQUAmodel met kuststrookschematisatie).

#### *Fysisch-chemische doelstelling*

Momenteel ontbreekt een duidelijke fysisch-chemische doelstelling tav een geleidelijke saliniteitsgradiënt in de westelijke Waddenzee. De randvoorwaarden voor een dergelijke gradiënt worden primair gezocht in de biologische en ecologische doelstellingen. Wel kan men zeggen dat een geleidelijker overgang meer lijkt op de oorspronkelijke situatie van voor de aanleg van de Afsluitdijk dan de huidige abrupte overgang.

Met behulp van het kuststrookmodel van RIKZ zullen in 1995 de effecten van wijziging van het spuibeheer, aanpassing in de Afsluitdijk en/of inrichting van het voorland aan de Waddenzeezijde of aan de IJsselmeerzijde van de Afsluitdijk op de menging van zoet water met het Waddenzeewater worden beschreven.

De verandering in zoutgehalte heeft zich vooral in het huidige IJsselmeer voorgedaan. In de westelijke Waddenzee ter plaatse van de huidige Afsluitdijk was de saliniteit ongeveer even hoog als vóór de afsluiting.

#### *Biologische doelstelling*

In de afgelopen jaren is in verschillende beleids- en beheersnota's van de overheid getracht invulling te geven aan een biologische doelstelling voor de Waddenzee, oa Waddenactieplan (1990) en PKB-Waddenzee (1993). Grote aantallen zieke vissen (niet zelden tot 50% van de gevangen bot), zoals waargenomen aan de Waddenzeezijde van de Afsluitdijk passen zeker niet in die doelstelling.

De hoge percentages huidzweren bij botten werden toegeschreven aan een complex van veroorzakende factoren waarvan de meest aannemelijke zijn:

- 1 Onvoldoende mogelijkheid om vanuit de Waddenzee het IJsselmeer in te trekken in combinatie met een leeftijdsafhankelijke endocriene neiging om zoet water op te zoeken ("visintrek-belemmering")
- 2 Als gevolg van intrekbelemmering zijn er grote aantallen en daardoor hoge populatiedichtheid van botten voor de spuisluizen.
- 3 Verhoogde infectiekans met pathogene bacteriën in een omgeving met te veel voedingsstoffen voor algen (eutrofiëring) in combinatie met hoge populatiedichtheid bot.
- 4 Ondervoeding door voedseltekorten
- 5 Osmotische stress door een sterke fluctuatie zoet/zout ("osmotische stress").

Aan de aspecten van eutrofiëring en microverontreiniging is vooralsnog in dit project geen aandacht geschonken aangezien het vigerende beleid reeds voorziet in een belangrijke reductie van beide typen verontreinigingen. De studie naar de osmotische stress in relatie tot huidzweren kon tot op heden nog niet worden uitgevoerd door experimentele problemen met

## Inhoudsopgave

---

	Samenvatting	3
	INTERMEZZO I: Visziekten bij bot	8
<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>9</b>
1.1	Doelstelling	9
	INTERMEZZO II: Spulbeheer bij Den Oever en Kornwerderzand	11
<b>2</b>	<b>Menging IJsselmeerwater met Waddenzeeewater</b>	<b>15</b>
2.1	Inleiding	15
2.2	Doelstelling van de statistische analyse	15
2.3	De beschikbare gegevens	15
2.4	Belangrijkste resultaten/conclusies	16
2.5	Aanbevelingen voor vervolg:	20
	INTERMEZZO III: Biologie van de bot	22
<b>3</b>	<b>Optimalisatie spulbeheer op basis van ecosysteemdoelstellingen</b>	<b>27</b>
3.1	Uitwerking fysisch-chemische aspecten	27
3.2	Uitwerking biologische aspecten	29
3.2.1	Inleiding	29
3.2.2	Sonar-onderzoek	29
3.3	Uitwerking ecologische aspecten	35
<b>4</b>	<b>Conclusies</b>	<b>37</b>
<b>5</b>	<b>Literatuur</b>	<b>39</b>
5.1	Deelrapporten Projekt BRAK	41

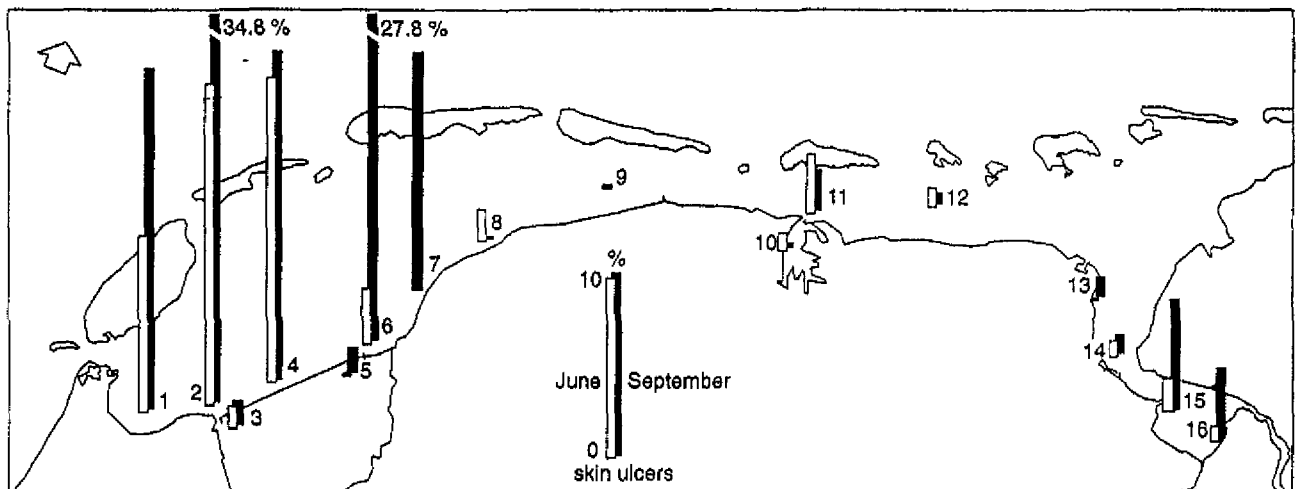
## INTERMEZZO I: VISZIEKTEN BIJ BOT

In 1988 is door het Rijksinstituut voor Kust en Zee in samenwerking met de beheersdirecties van Rijkswaterstaat een inventariserend onderzoek verricht naar de aanwezigheid van visziekten in de Waddenzee (Vethaak, 1990). Dit gebeurde naar aanleiding van de regelmatige vangst door sport- en beroepsvissers van grote hoeveelheden bot met huidaanandoeningen in de Waddenzee bij de spuisluisen van Den Oever.

Op 18 verschillende locaties in de Waddenzee en aangrenzende binnenwateren (IJsselmeer en Lauwersmeer) werden vissen in juni en september bemonsterd. Het bleek dat vooral het percentage huidzweren, een bacteriële huidaanandoening, bij bot in de Waddenzee erg hoog is in vergelijking tot de Hollandse kust. Andere aanandoeningen komen slechts iets vaker of even vaak voor bij bot in de Waddenzee in vergelijking met het Hollandse kustwater.

Figuur Intermezzo I.1.

Percentage botten (als gestandaardiseerd percentage botten van het vrouwelijke geslacht in de lengteklasse 20-40) met huidzweren (naar Vethaak 1990).



De locaties waar huidzweren in de hoogste percentages voorkomen zijn in de buurt van spuisluisen (zie figuur Intermezzo I.1).

De meest aannemelijke oorzaken voor in hoge mate optreden van huidzweren zijn: het spuien van zoetwater en de hiermee samenhangende zout-zoet schommelingen, het gebrek aan voedsel voor bot en de belemmering van migratie van vis door toedoen van de spuisluisen. Verder is geconstateerd dat de bot zich waarschijnlijk concentreert in de nabijheid van spuisluisen, en dat de hogere populatiedichtheid kan leiden tot een snellere besmetting dan elders.

# 1 Inleiding

---

In 1988 werd een groot aantal zieke botten nabij de spuisluisen in de Afsluitdijk waargenomen. In de tweede plaats werd bij de voorbereiding van de 3e Nota Waterhuishouding opgemerkt dat de oorspronkelijke zout/zoet gradiënt van de IJssel via de Zuiderzee naar de Waddenzee sinds de aanleg van de Afsluitdijk had plaats gemaakt voor een abrupte overgang tussen zoet IJsselmeerwater en zout Waddenzeewater. De mogelijkheid werd gesuggereerd dat door de afwezigheid van een geleidelijke overgang van zoet naar zout niet alleen de aanwezigheid van huidzweren bij bot werd bevorderd, maar dat bovendien oorspronkelijke estuariene ecosysteemprocessen en soorten zijn verdwenen.

In de 3e Nota Waterhuishouding (1989) werd, mede op basis van streef-beelden voor de toekomst, het waterbeleid voor de komende jaren geformuleerd. In de Regionota Waddenzee (1992) wordt beschreven op welke wijze het beleid kan worden omgezet in maatregelen. In de 3e Nota Waterhuishouding wordt onder meer gesuggereerd te komen tot geleidelijke zoet-zoutovergangen tussen rivieren en de kustwateren en vispassages bij stuwen en sluisen onder meer om het Nederlandse stroomgebied van de Rijn passeerbaar te maken voor vissen.

Twee typen maatregelen worden in de Regionota Waddenzee voor nader onderzoek gesuggereerd: aanpassing van het spuuregime van de sluisen in de Afsluitdijk en constructieve oplossingen zoals de aanleg van een mengbekken achter een doorlaatbare dam.

Ten aanzien van de bovengeschetste problematiek bleken er nog onvoldoende aanknopingspunten om reeds tot maatregelen over te gaan. Het project BRAK werd gestart om het beleid tav de zout/zoet-problematiek te vertalen naar concrete voorstellen voor maatregelen.

## 1.1 Doelstelling

De doelstelling van het project BRAK werd in 1991 geformuleerd als:

I: Het in kaart brengen van de wijze waarop momenteel de menging van zoet IJsselmeerwater met het zoute Noordzeewater in de westelijke Waddenzee plaats vindt.

II *Op welke wijze kan in de toekomst de menging verbeterd worden vanuit het perspectief van een ecologische doelstelling voor de Waddenzee, zoals die in de 3e Nota Waterhuishouding en de PKB-Waddenzee is beschreven.*

Om de tweede doelstelling nader uit te werken was het nodig te formuleren wat onder "verbeterd" kan worden verstaan.

Drie aspecten werden van belang geacht:

*1 fysisch-chemische aspecten*

Het verzorgen van een geleidelijker overgang tussen IJsselmeer en Waddenzee op basis van de verdwenen oorspronkelijke gradiënt ten tijde van de Zuiderzee .

*2 biologische aspecten*

Het formuleren van randvoorwaarden vanuit de huidzwerenproblematiek van platvis aan het spulbeheer en het spuisysteem in de Afsluitdijk.

*3 ecologische doelstelling*

Het formuleren van randvoorwaarden vanuit het oorspronkelijke estuariene ecosysteem, zoals dat voor de aanleg van de Afsluitdijk bestond.

Zowel bij de omschrijving als bij de uitwerking van het project BRAK zijn de overige plannen voor beleid en beheer van het Afsluitdijkgebied van belang. Onderzoek naar de doortrek (on)mogelijkheden voor botten van de Waddenzee naar het IJsselmeer werd afgestemd op het onderzoek naar de verbetering van de doortrek door zalmachtigen door de RWS directie Flevoland dat in samenwerking met de Organisatie voor Verbetering van de Binnenvisserij wordt uitgevoerd. Bij het uiteindelijke advies over de optimalisatie van het spulbeheer met betrekking tot het bereiken van een ecologische doelstelling is het onderzoek naar inrichtings mogelijkheden van het gehele Afsluitdijkgebied van belang.

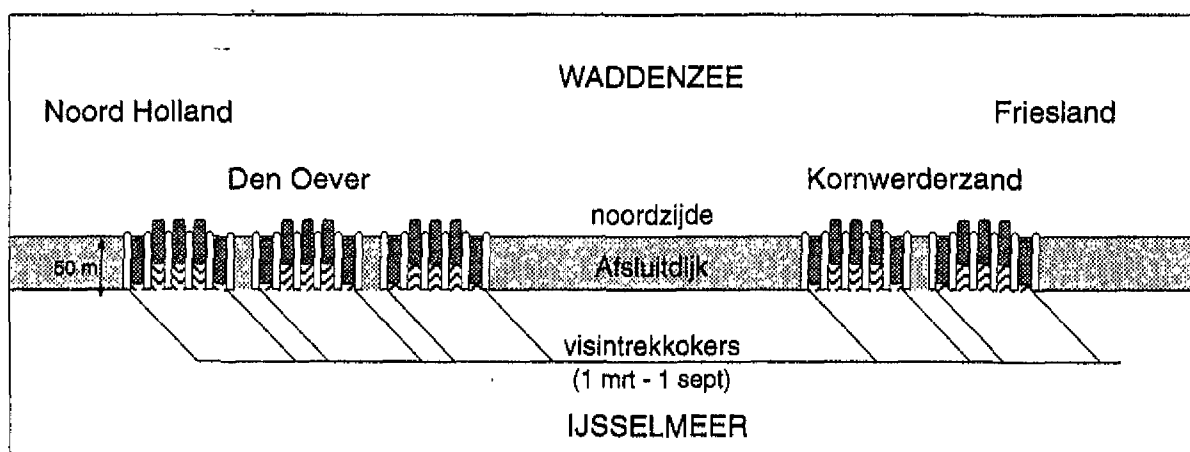
## INTERMEZZO II: SPUIBEHEER BIJ DEN OEVER EN KORNERWERDERZAND

De spuisluisen in de Afsluitdijk bij Den Oever en Kornwerderzand liggen tussen IJsselmeer en Waddenzee. Het winterstreefpeil op het IJsselmeer (ingesteld begin oktober) is NAP-0,40 m en het zomerstreefpeil (ingesteld begin april) NAP-0,20 m. Op de Waddenzee komt in ca. 12,5 uur een maal laag- en hoog water voor. Hoog water is ca. N.A.P.+0,80 m, laag water is ca. N.A.P.-0,80 m. Aanzienlijke afwijkingen van deze waterstanden (tot in de grootte-orde van 1 meter) zijn mogelijk als gevolg van windsnelheid en de windrichting.

Bij Den Oever zijn 3 groepen van 5 kokers en bij Kornwerderzand 2 groepen van 5 kokers. Een koker is 12 m breed en de drempel ligt op NAP-4,40 m. Totaal zijn er dus 25 kokers (Figuur Intermezzo II.1).

Aan de noord- en aan de zuidzijde van elke koker zit een schuif waarmee de koker kan worden afgesloten. De schuiven aan de noordzijde zijn in principe altijd geopend.

Figuur Intermezzo II.1.



Het allergrootste deel van het waterbezwaar van IJsselmeer/Markermeer en daarmee in open verbinding staande meren, wordt via genoemde sluisen onder natuurlijk verval geloosd op de Waddenzee. Het aantal te openen schuiven in de kokers van de spuisluisen is afhankelijk van het waterbezwaar.

Onder "normale" omstandigheden worden in de periode van 1 maart tot 1 september bij laag water op de Waddenzee de zuidelijke schuiven van de kokers die gebruikt worden voor visintrek, ca. 0,50 m geopend. Deze kokers zijn aangegeven in fig.1. Bij zeer droge omstandigheden, kleine IJsselafvoer en nagenoeg geen neerslag zal ook het aantal te openen schuiven van de visintrekkokers worden verminderd. Gedurende een periode met veel neerslag en/of een grote IJsselafvoer kan het noodzakelijk zijn



de schuiven van de kokers gebruikt voor visintrek volledig te openen om een te hoog IJsselmeerpeil te voorkomen.

Er zijn 4 situaties mogelijk (zie figuur Intermezzo II.2.) afhankelijk van de hoeveelheid water dat moet worden afgevoerd. In alle situaties zijn de noordelijke schuiven in de spuikokers volledig opgetrokken.

situatie 1: bij laag water op de Waddenzee gaan de zuidelikeschuiven van alle visintrekkokers 0,50 m open.

situatie 2: bij laag water op de Waddenzee gaan de zuidelijke schuiven van alle visintrekkokers 0,50 m open en de zuidelijke schuiven van de overige kokers worden volledig geopend.

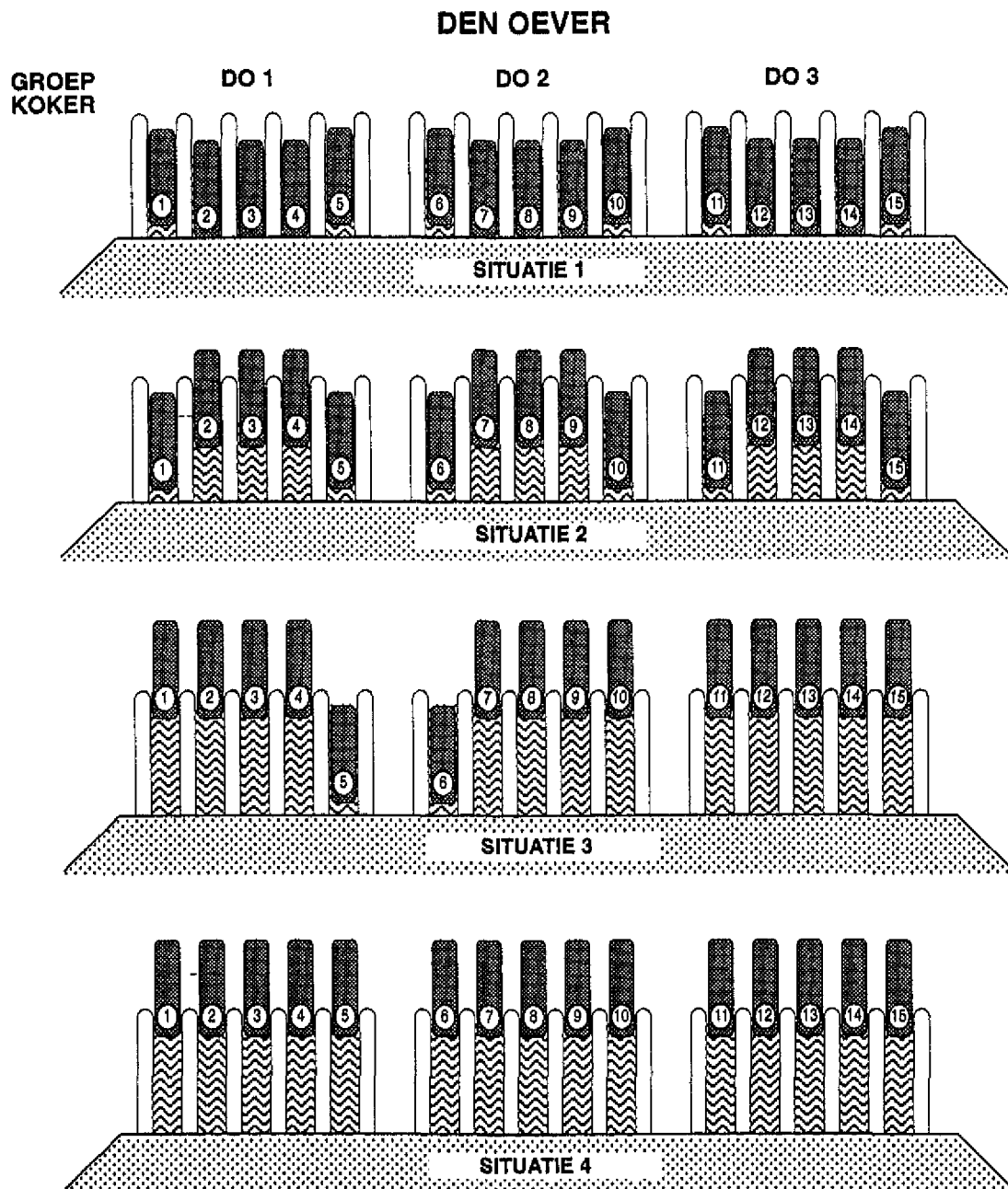
situatie 3: bij laag water op de Waddenzee gaan de zuidelijke schuiven van slechts enkele visintrekkokers 0,50 m open.

situatie 4: bij laag water op de Waddenzee gaan de zuidelijk schuiven van alle kokers maximaal open. Visintrek is dan nagenoeg onmogelijk vanwege de grote stroomsnelheid in de kokers.

Schuiven worden pas getrokken zodra het Waddenzeepeil 0,10 meter lager is dan het IJsselmeerpeil. Ook worden de schuiven gesloten zodra het peilverschil minder wordt dan 0,10 meter; dit om zoutindringing te voorkomen.

.....  
**Figuur Intermezzo II.2.**

4 alternatieve spuilsituaties. Deze alternatieven gelden zowel voor Den Oever als voor Kornwerderzand. Zie voor verklaring tekst op pagina 16.





## 2 Menging IJsselmeerwater met Waddenzeeewater

---

### 2.1 Inleiding

De fluctuaties in het zoutgehalte in de westelijke waddenzee zijn een gevolg van de aanvoer van zoetwater via de spuisluizen bij Den Oever, Kornwerderzand en een aanvoer van Rijnwater dat langs de Hollandse kust via het Marsdiep binnenkomt. De rivier de Rijn is de hoofdbron. Omdat grote zoutmeetcampagnes in de laatste 15 jaar niet uitgevoerd zijn, is gebruik gemaakt van RWS-meetgegevens om vast te stellen hoe het zoutgehalte fluctueert in de tijd. De meetgegevens zijn afkomstig van een 6-tal lokaties van het monitorings meetnet in de Westelijke Waddenzee.

### 2.2 Doelstelling van de statistische analyse

- \* Het bepalen van relaties tussen zoutgehalte waarnemingen onderling, om zo gevoel te krijgen voor de zoutverdelingen over de Waddenzee gedurende de seizoenen.
- \* Een statistische relatie vaststellen (als die er is) tussen de zoutwaarnemingen op de diverse lokaties en de zoetwateraanvoer. Dit zegt iets over het menggedrag in het gebied.
- \* Het overzichtelijk maken van beschikbare empirische gegevens om later modelmatige resultaten te kunnen beoordelen/toetsen.

### 2.3 De beschikbare gegevens

Allereerst is geïnventariseerd welke gegevens met betrekking tot de zoetwateraanvoer en het zoutgehalte beschikbaar zijn. Daarbij is eigenlijk alleen gekeken naar de systematische waarnemingen, die opgeslagen worden in de RWS databases, en niet naar projectmetingen.

De zoutgehalten worden een keer per maand vastgesteld op basis van watermonsters, die op de diverse lokaties genomen worden. De fase van het getij waarin het monster genomen is, en in welke mate het gehalte representatief is voor de vertikaal zijn niet bekend. De meetlokaties zijn weergegeven in figuur 2.1.

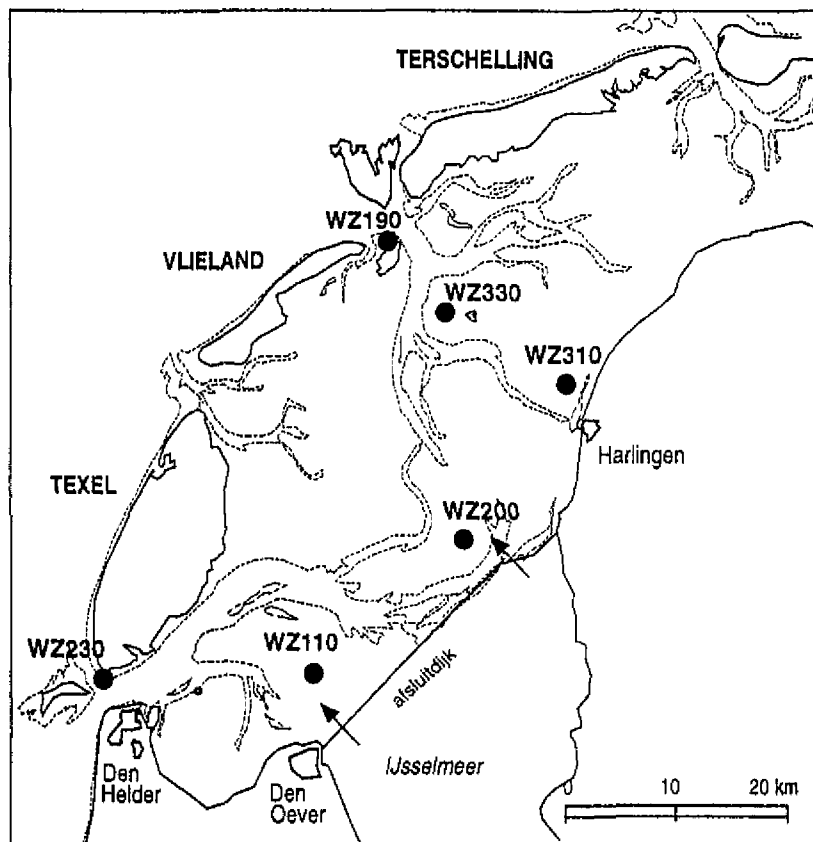
De debieten van Rijn en IJssel zijn zogenaamde daggemiddelde debieten uitgedrukt in m<sup>3</sup>/sec. Ook de spuidebieten bij Den Oever en Kornwerderzand zijn op deze manier opgeslagen. Men moet echter bedenken dat dit

(achteraf) berekende waarden zijn op basis van de gemeten waterstandsverschillen en het aantal groepen met schuiven dat opengestaan heeft gedurende de spuiperiode.

Voor de debietgegevens is gebruikgemaakt van de navolgende perioden per locatie:

Rijn	: 1970-1991
IJssel	: 1981-1991
Den Oever	: 1970-1991
Kornwerderzand	: 1970-1991

Figuur 2.1.  
Saliniteits meetpunten uit het monitoringprogramma in de westelijke Waddenzee.

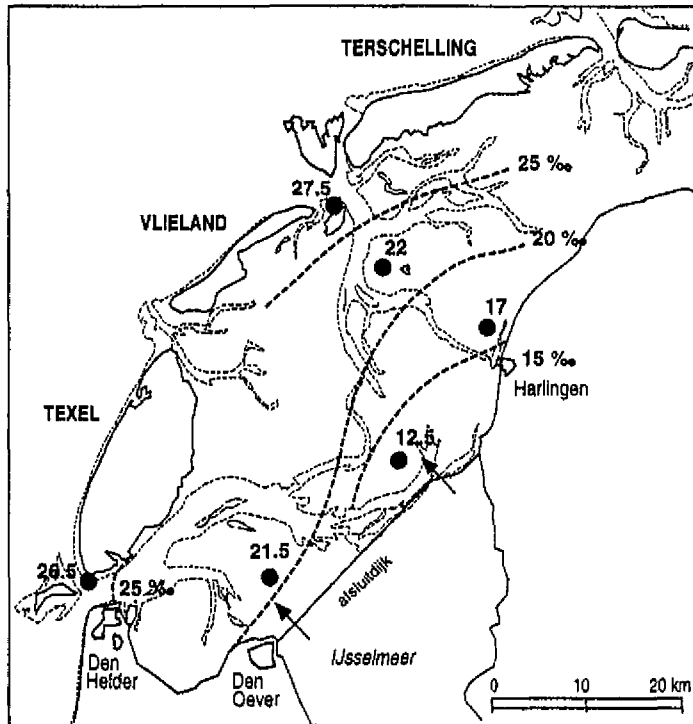


#### 2.4 Belangrijkste resultaten/conclusies

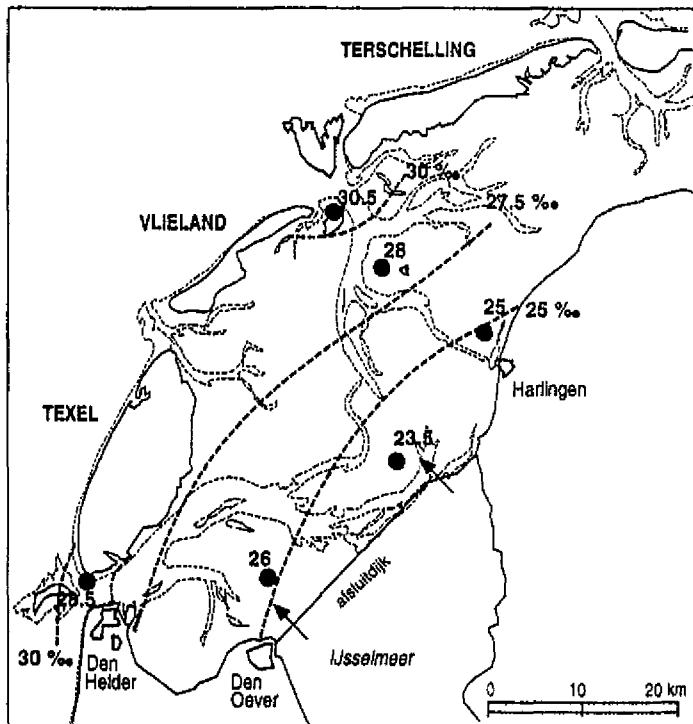
\* Zoals al eerder gemeld is het aantal zoutgehaltegegevens beperkt. De waarnemingen zijn gesorteerd naar de maand van het jaar. Uit de maandgemiddelden kunnen we globaal vaststellen dat alle lokaties een jaarcyclus kennen, waarbij de lokaties nabij de afsluitdijk een grotere variatie kennen in het zoutgehalte dan de lokaties tussen de eilanden. De sterkste veran

dering wordt waargenomen op lokatie WZ200 nabij Kornwerderzand tūsen maart en mei; toename 10 promille. In de figuren 2.2 en 2.3 zijn voor zowel de winterperiode (veel spuiwater) als de zomerperiode zoutgehalte verdelingen getekend, op basis van maandgemiddelden voor de 6 lokaties. De isolijnen zijn getekend mede aan de hand van de kaarten van Zimmerman J.T.F. (1976).

.....  
Figuur 2.2.  
Isolijnen saliniteit in de winterperiode.



.....  
Figuur 2.3.  
Isolijnen saliniteit in de zomerperiode.



\* De debietreeksen zijn op periodiciteit onderzocht (jaarcyclus) door de dagdebieten te sorteren naar dagnummer (1-365), en de gemiddelden te bepalen. Met name bij de rivierdebieten vinden we minimale afvoer rond september/oktober terwijl de minimale spuiafvoer vanaf het IJsselmeer in de periode augustus/september ligt. Dit houdt verband met de zoetwater-bronfuncties van het IJsselmeer voor zijn naaste omgeving.

Omdat de belangrijkste bron voor het spuiwater van het IJsselmeer, de IJssel is, is onderzocht hoe dit debiet samenhangt met het Rijndebiet. Hoewel de IJssel zich op een natuurlijke wijze afsplitst van de Rijn volgt uit de debietgegevens geen constante verhouding. Dit wordt veroorzaakt door het gebruik van de stuwen bij Hagestein en Driel wanneer het Rijndebiet tussen de 1400 en 2000 m<sup>3</sup>/s ligt. Boven de 2000 m<sup>3</sup>/s ligt de verhouding op gemiddeld 0,16 \* Q-Rijn.

De verhouding tussen de spuidebieten bij Den Oever en Kornwerderzand is 1,46 (tabel 2.1).

Tabel 2.1.  
Debietgegevens

Q-lokatie	Rijn	IJssel (Olst)	Den Oever	Kornwerderzand
Periode	1970-1991	1981-1991	1970-1991	1970-1991
gem debiet winter: j/f	3200 m <sup>3</sup> /s	550 m <sup>3</sup> /s	500 m <sup>3</sup> /s	350 m <sup>3</sup> /s
winterpiek	7000 m <sup>3</sup> /s	1100 m <sup>3</sup> /s	1400 m <sup>3</sup> /s	900 m <sup>3</sup> /s
gem debiet zomer j/a/s	2000 m <sup>3</sup> /s	350 m <sup>3</sup> /s	175 m <sup>3</sup> /s	75 m <sup>3</sup> /s
zomerpiek	3100 m <sup>3</sup> /s	700 m <sup>3</sup> /s	600 m <sup>3</sup> /s	500 m <sup>3</sup> /s
statistiek	Q-rijn	0,16*Q-rijn	1,46*Q-kornwz	Q-kornwz

Dit houdt grotendeels verband met het aantal spuisluizen. Den Oever: 15 en Kornwerderzand : 10. Het spuibedrijf kan met name tijdens de zomer in sterke mate zelf bepalen waar en wanneer (dag/nacht) gespuid moet worden. In de wintermaanden moet meestal maximaal gespuid worden.

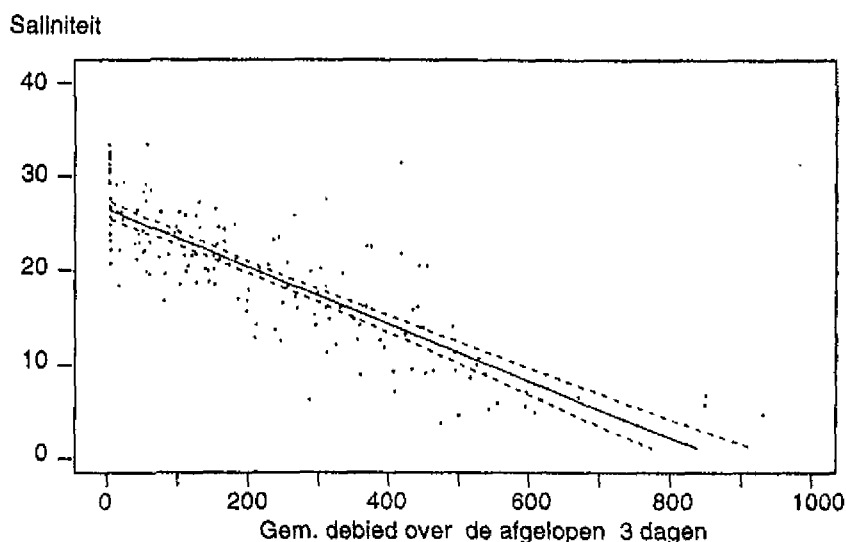
Ook met behulp van singuliere spectrum analyse zijn de spuidebietreeksen onderzocht. Hiermee kan onderzocht worden welke cyclische verschijnselen zich voordoen in de tijd. Naast de jaarcyclus worden ook een lange cyclus van ca. 20 jaar en 4jaar, en een korte cyclus van 2/3 jaar in



het signaal gevonden. Duidelijke verklaringen hiervoor zijn momenteel niet te geven.

\* Na de analyse van de twee soorten gegevens is gezocht naar een statistische relatie tussen de zoutwaarnemingen en de hoeveelheid water die in de periode voorafgaand aan de waarneming gespuld is. Deze relatie kan iets zeggen over de mengprocessen die zich afspelen in de Westelijke Waddenzee. Wanneer bijvoorbeeld na maart het spuidebiet bij Kornwerderzand afneemt zien we dat het zoutgehalte toeneemt. Het zoute zeewater dat onder invloed van het getij beweegt wordt minder verdund. Ter plaatse van de meetlocatie (WZ200) wordt bijvoorbeeld al tussen 3 en 5 dagen een significante verandering waargenomen als het spuidebiet wijzigt. De relatie tussen saliniteit en gemiddeld debiet over 3 opeenvolgende dagen is weergegeven in figuur 2.4.

**Figuur 2.4.**  
Relatie tussen saliniteit op meetlocatie WZ200 en de debieten (gemiddelde waarde van 3 opeenvolgende dagen) bij Kornwerderzand. De regressielijn en het 95% betrouwbaarheidsinterval is eveneens weergegeven.



## 2.5 Aanbevelingen voor vervolg:

- \* Zoet/zout schommelingen zijn op basis van waarnemingen slechts op maandschaal vast te stellen. Echter door gebruik te maken van de relatie spuidebiet - waarneming kan een kleinere tijdschaal bereikt worden.
- \* WAQUA-berekeningen zullen moeten uitgevoerd worden om de zout gradient over het hele gebied in detail vast te stellen. In de eerste plaats wordt daarmee een beter inzicht verkregen in het effect van spuien. In de tweede plaats kunnen vervolgens simulaties worden uitgevoerd ten behoeve van de bepaling van

de invloed van wijzigingen in het spuiregim. De zes meetlokalities kunnen als ijkpunt gebruikt worden. Belangrijk is dat met berekeningen gevoel gekregen wordt voor de zomer/winter cyclus over het gehele gebied. Daarnaast is het gewenst om in de nabijheid van de spuisluisen de zoet/zout schommelingen te simuleren op minuten schaal. Interessant is daarbij of de nieuwe methode van spuien t.b.v. visintrek merkbare verschillen in de zoutverdeling veroorzaakt.

\* Voor een gedetailleerde WAQUA-berekening is het nodig om ook in detail het spuien te simuleren. Dat wil zeggen dat binnen een WAQUA-model de spuirandvoorwaarden/spuidebieten voor ieder tijdstap van 2-10 minuten bekend moeten zijn. WAQUA 3D berekeningen zijn pas belangrijk wanneer ook uit Insitu metingen blijkt dat buiten de spuikom een verticale zoutgradient blijft gehandhaafd.

### INTERMEZZO III: BIOLOGIE VAN DE BOT

De biologie van bot (*Platichthys flesus*) in de Noordzee en het Nederlandse kust- en binnenwater speelt een prominente rol bij het formuleren van randvoorwaarden voor een meer geleidelijke zout-zoet-overgang via de Afsluitdijk.

Voor deze beschrijving is o.a. gebruik gemaakt van gegevens uit het rapport Ecologisch Profiel Vissen (RWS, 1989).

#### 1. Voorkomen

De bot is een platvissoort die voorkomt in het kustgebied van de noord-oostelijke Atlantische Oceaan, de Noord- en Oostzee (Nijssen en de Groot, 1987). Er worden drie ondersoorten onderscheiden, waarvan *P. flesus flesus* langs de Noordzee kust voorkomt. Bot is bij uitstek een euryhaliene, zoutminnende, soort. Het grootste deel van de bot leeft in het ondiepe kustgebied met name in estuaria en riviermondingen, waarbij een aantal dieren tot ver in het zoete water kan doordringen. Die situatie deed zich ook voor in de voormalige Zuiderzee. In het noorden van het verspreidingsgebied dringt bot in sterkere mate in het zoete water door dan in het zuidelijke deel van het verspreidingsgebied (Muus, 1978)

In de Zuiderzee kwamen botten veelvuldig voor, er was een renderende visserij op bot.

Na de afsluiting van de Zuiderzee neemt de aanvoer uit het IJsselmeer sterk af en daalt van 1270 ton in 1932 tot 50 ton in 1936. Ook de totale aanvoer uit Waddenzee en IJsselmeer is aan het eind van de jaren dertig lager dan in de jaren twintig voor de afsluiting van de Zuiderzee.

In hoeverre de afsluiting van de Zuiderzee ook invloed heeft gehad op de aangrenzende Waddenzee is onduidelijk. De lagere aanvoercijfers uit de Waddenzee en IJsselmeer na de afsluiting geven hiervoor mogelijk een indicatie.

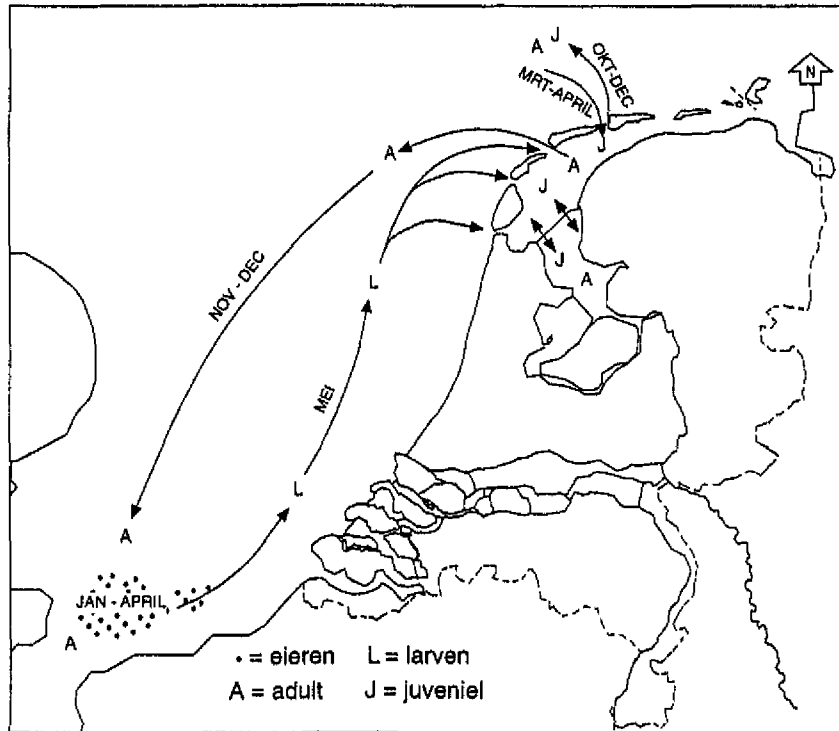
#### 2. Voortplanting

In het najaar (oktober-november) trekt de bot weg uit de binnenwateren en estuaria en verzamelt zich in de kustzone. Juveniele (onvolwassen) botten overwinteren daar, terwijl de adulte (geslachtsrijpe) exemplaren zich over grote afstanden naar hun paaigronden verplaatsen. Hierbij maken zij gebruik van de getijdestromen. Merkproeven hebben aangetoond dat in de paaiperiode botten die in de westelijke Waddenzee en de voormalige Zuiderzee waren gemerkt, teruggemeld werden uit de zuidelijke Noordzee en uit het oostelijke deel van het Kanaal (Redeke, 1908).

De voortplanting vindt plaats in zee. De paaigebieden worden gekenmerkt door een diepte van 25-40 meter en in de Noordzee een zoutgehalte van 32-34 g/kg. Bij zoutgehaltes onder de 10 g/kg zakken de eieren naar de bodem en zijn onderhevig aan hogere sterfte. Er bestaat onenigheid in de literatuur over de vraag of er botpopulaties bestaan die in zoet of brak water kunnen voortplanten.

De waargenomen en vermoedelijke paaigebieden van bot staan aangegeven in Figuur Intermezzo III.1. Bot die in de zomer in de Nederlandse wateren voorkomt, paait in een gebied van de Franse Kanaalkust tot de zuidelijke Noordzee. De paaigebieden benoorden de Waddeneilanden worden waarschijnlijk voornamelijk door botten afkomstig uit de Duits-Deense Waddenzee en het kustgebied van Jutland bezocht.

**Figuur Intermezzo III.1.**  
De verspreiding van bot in verschillende levensstadia gedurende het jaar in Noordzee, Waddenzee en IJsselmeer.



Na de voortplanting trekken de botten terug naar hun voedselgebieden in de estuaria en riviermondingen. Uit merkexperimenten blijkt dat botten in het zoute water een sterke "plaatstrouw" ten aanzien van hun voedselgronden vertonen, dat wil zeggen dat ze na het paaien weer hun oorspronkelijke voedselgebieden opzoeken. De migraties naar andere gebieden lijken meer uitzondering dan regel te zijn (Redeke, 1908; de Veen, 1971). De mannetjes verlaten de paaigronden als laatsten (Vethaak, ongep. geg.).

De paaitijd in de zuidelijke Noordzee loopt van eind Januari tot in April. De vrouwtjes zijn geslachtsrijp in hun derde of vierde jaar. Net als bij alle andere platvissen, is het ei van de bot lichter dan zoutwater, zodat wanneer het ei vrijkomt dit in principe naar het oppervlak stijgt. De turbulentie tengevolge van de wind zorgt ervoor dat de eieren doorgaans over de gehele waterkolom voorkomen. Afhankelijk van de temperatuur komen de larven na 6-11 dagen uit het ei (Aurich, 1942).

De pelagische eieren en larven worden door de reststroom getransporteerd langs de Nederlandse kust. Pelagische botlarven verschijnen in het plankton van de westelijke Waddenzee van begin april tot begin mei. Gemetamorfoseerde larven van bot verschijnen in het Marsdiep vooral in mei. De larven vestigen zich na de gedaantewisseling in de ondiepe kustwateren van de Zeeuwse en Zuidhollandse estuaria en de Waddenzee. De eerste gevestigde botjes zijn hier niet eerder dan half mei aangetroffen, met maximale dichtheden in Juni (30-267 per 1000 m<sup>2</sup>; Van de Veer en Groenewold, 1987). Het is aannemelijk dat jonge botjes na de metamorfose actief het zoete water opzoeken. Mogelijk wordt gebruik gemaakt van dichtheidsonderstromingen.

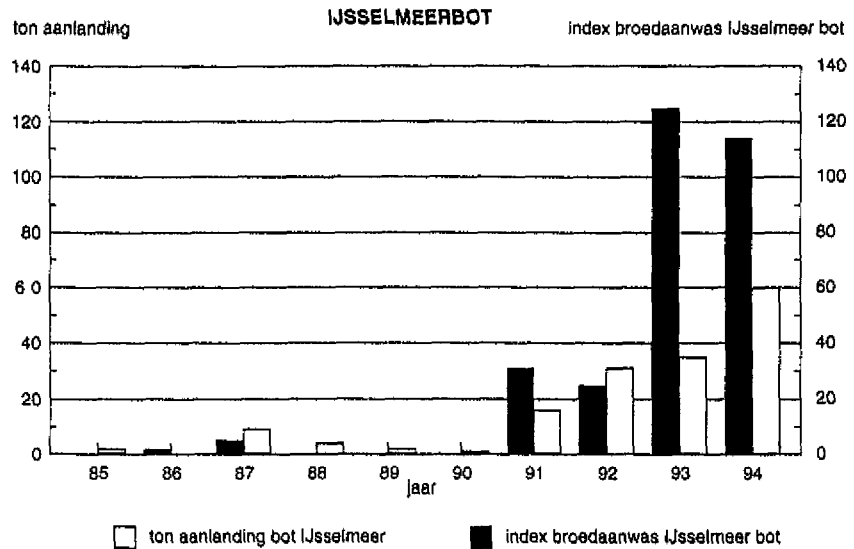
Wat betreft het intrekmechanisme is het waarschijnlijk dat botlarven, evenals schollarven, zich met de vloedstroom de estuaria in laten voeren. Tijdens het eb getijde zoeken de botlarven de bodem op om te voorkomen dat ze weer terug naar zee worden gespoeld.

Uit bestandsopnamen van bot in het IJsselmeer blijkt dat zowel jonge als oudere botten in het IJsselmeer voorkomen. Sinds 1991 is er een sterke toename van jonge bot (0-groep). Bovendien is er een sterke toename in de hoeveelheid bot dat vanuit het IJsselmeer wordt aangeland (zie figuur Intermezzo III.2), hetgeen eveneens wijst op een sterke toename van volwassen bot.

Het is nog onbekend hoe de botlarven de sluizen van bijvoorbeeld het IJsselmeer of de Haringvliet passeren. In het zoete water lijken geen voldoende stromingen te bestaan die voor het transport van de larven en jonge botjes kunnen zorgen, zodat we moeten aannemen dat de dieren zich actief zwemmend over de zoetwatermassa's verspreiden.

De sterke toename in aantallen botten sinds 1992 kan waarschijnlijk worden toegeschreven aan intrekbevorderende maatregelen sinds 1991 bij Den Oever en Kornwerderzand (zie Hoofdstuk 3.2).

Figuur Intermezzo III.2.



### 3. Voedsel

Zoals bij bijna alle vissoorten verandert de plaats in het voedselweb met het groter worden van de vis. In de Waddenzee eet O-groep bot (30-50 mm) voornamelijk kreeftachtigen en wormen (Copepoda, Copepoda, Oligochaeta en Polychaeta); iets groter O-groep voegt hieraan nog tweekleppigen toe; volwassen bot eet tweekleppigen (complete *Macoma*, *Mytilus*), wormen (*Polychaeta*) en kreeftachtigen (*Carcinus*, *Crangon*). Voor het zoete water worden de volgende voedselorganismen genoemd: waterinsekten, tweekleppigen en kreeftachtigen (Beaumont en Mann, 1984).

### 4. Kinderkamers

De opgroeigebieden van O-groep bot kenmerken zich door een laag zoutgehalte, een slibachtige bodem en een zeer geringe diepte (5 meter tot enkele centimeters). Belangrijke opgroeigebieden komen voor in het binnenste deel van de Waddenzee langs de afsluitdijk en Friese kust, de Eems Dollard, de Zeeuwse estuaria en Zuidhollandse benedenrivieren.

De betekenis van het zoete water voor O- en 1-groep bot komt naar voren in de bestandsopnames die in het zoete water zijn uitgevoerd. Deze tonen aan dat bot voornamelijk voorkomt in de wateren die relatief dicht bij verbindingen met de open zee liggen, zoals IJsselmeer, Haringvliet en Hollands Diep. In wateren die verder van zee af liggen nemen de vangsten sterk af. Vergelijking van de lengte frekwentieverdelingen van botpopulaties in het zoete water en de estuaria of kustgebieden geeft aan dat het zoete water voornamelijk door de jongste leeftijdsgroepen (0-, 1- en 2-groep) wordt gebruikt.

Uit een globale berekening met betrekking tot botjes uit Haringvliet blijkt dat de totale productie van O- en 1-groep bot in het zoete water aanzienlijk hoger is dan in de estuaria. Verder is uit waarnemingen in de estuaria

bekend dat de O-groep bot daar vooral in brakke en slikkige gebieden voorkomt, alhoewel de waarneming, dat O-groep bot ook in het zoute water opgroeit, betekent dat zoetwater op zich geen essentiële levensvoorwaarde is.

#### *5. Migratie*

Juveniele botten verlaten in november-december hun ondiepe habitats en migreren dan naar enigszins dieper water. In het voorjaar (maart-april) keren de botjes weer terug naar de estuaria. Het is niet bekend of juveniele bot, die in het zoete water (bv IJsselmeer) opgroeit, in de winter de estuaria of kustzone intrekt.

Adulte botten (>20cm) komen algemeen in de estuaria en in de ondiepe kustzone voor. De aantallen volwassen bot in het zoete water zijn vele malen lager dan in het kustgebied, alhoewel er meldingen bekend zijn van grote botten die ver stroom opwaarts zijn waargenomen. Het bijna volledig ontbreken van bot groter dan 25 cm in het zoete water geeft aan dat bot na het voor de eerste maal deelnemen aan de voortplanting niet meer terugkeert naar de opgroeigebieden in het zoetewater maar in de estuaria en de kustgebieden achterblijft.

Het bovengeschetste beeld voor de Nederlandse bot populaties komt overeen met de situatie in een zoet water populatie in Wales (Johnston, 1981). Eenmaal volwassen bleek de bot niet weer opnieuw de rivier op te trekken.

#### *6. Aktiviteit*

Uit verschillende experimentele onderzoeken blijkt dat bot met name overdag fourageert en dan weinig zwemaktiviteit vertoont (Bregnballe, 1961), terwijl gedurende de nacht de zwemaktiviteit sterk toeneemt (Verheyen & de Groot, 1967).

## 3 Optimalisatie spuibeheer

### *Optimalisatie spuibeheer op basis van ecosysteendoelstellingen*

Om zicht te krijgen onder hetgeen onder optimalisatie van de menging van IJsselmeerwater met Waddenzeeewater kan worden verstaan is het noodzakelijk zowel ecosysteem doelstellingen als doelstellingen vanuit het spuibeheer, als middel om de waterstand in het IJsselmeer te reguleren, te formuleren.

In dit rapport wordt uitsluitend over optimalisatie vanuit de ecosysteendoelstellingen geschreven.

We onderscheiden een 3-tal doelstellingen:

- 1 een *fysisch-chemische doelstelling* geformuleerd in fysisch-chemische parameters, vooral saliniteit;
- 2 een *biologische doelstelling* toegespitst op soorten organismen en ongewenste verschijnselen bij organismen, vooral huidzweren bij botten;
- 3 een *ecologische doelstelling* beschreven in termen van soorten-diversiteit en ecologische processen, vooral aan de hand van macrofauna en macroalgen.

### 3.1 Uitwerking fysisch-chemische aspecten

Momenteel ontbreekt een duidelijke *fysisch-chemische doelstelling* tav een geleidelijke saliniteitsgradiënt in de westelijke Waddenzee. De randvoorwaarden voor een dergelijke gradiënt worden primair gezocht in de biologische en ecologische doelstellingen. Wel kan men zeggen dat een geleidelijker overgang meer lijkt op de oorspronkelijke situatie van voor de aanleg van de Afsluitdijk dan de huidige abrupte overgang.

In figuur 3.1.1. wordt een voorbeeld van de verdeling van de saliniteit in de Zuiderzee en Waddenzee weergegeven zoals die in 1925, vóór de afsluiting, bestond. In figuur 3.1.2. worden isolijnen van saliniteit weergegeven voor een situatie in 1970, dus na de aanleg van de Afsluitdijk.

De grote verandering in saliniteit heeft zich dus voorgedaan in het huidige IJsselmeer, niet in de huidige Waddenzee. Toch is door de aanleg van de Afsluitdijk een voor estuaria typische brakwaterzone, met de organismen die daarbij horen, verdwenen. In discussies over doelstellingen voor de Waddenzee en het IJsselmeer dienen doelstellingen met betrekking tot brakwaterzones expliciet te worden meegenomen.

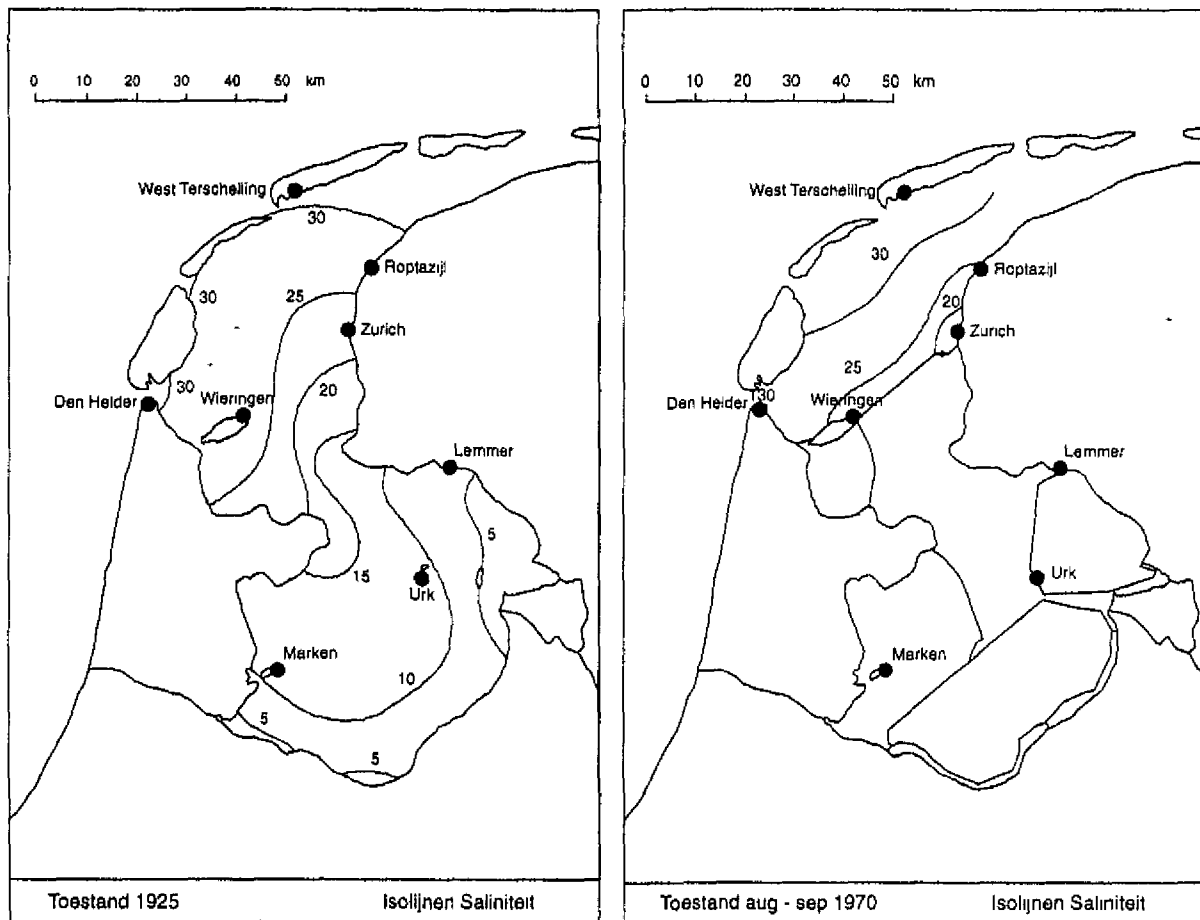
Uit een studie naar de mogelijkheden ter vermindering van de aanvoer van voedingsstoffen vanuit het IJsselmeer naar de Waddenzee met behulp van zoete en zoute helofytenfilters (Leendertse et al., 1993) kwam de goede mogelijkheid van herstel van de geleidelijke zout-zoet overgang met



behulp van een overgangsgebied van zoetwater naar zoutwater planten naar voren.  
Het vraagstuk van de mogelijkheden tot herinrichting van het Afsluitdijkgebied is geen onderdeel van dit project, maar verdient aandacht in een afzonderlijk project.

Figuur 3.1.1. en 3.1.2.

Isolijnen saliniteit Waddenzee/Zuiderzee en Waddenzee/IJsselmeer.



## 3.2 Uitwerking biologische aspecten

### 3.2.1 Inleiding

Door de aanleg van waterstaatkundige werken, zoals de Afsluitdijk met de bijbehorende spui- en schutsluizen, zijn barrières ontstaan voor migrerende organismen (o.a. vissen). Tevens is de natuurlijke zoet/zout-gradiënt en daarmee het typische brakwatermilieu verdwenen.

Gebleken is dat bot gevangen in de nabijheid van spuilocaties in met name de westelijke Waddenzee in verhoogde mate ziekteverschijnselen vertonen in vergelijking met bot gevangen op andere locaties in de Waddenzee. Verondersteld wordt dat er een meervoudig oorzakelijk verband is tussen visziekten enerzijds en microverontreinigingen, eutrofiering, een teveel aan bacteriën en plotselinge sterke saliniteitsschommelingen ten gevolge van lozing van IJsselmeerwater anderzijds. Beperking van migratiemogelijkheden kan mogelijk eveneens leiden tot stress en daarmee bijdragen aan de ontwikkeling van visziekten.

In de uitwerking van de biologische doelstelling is ervoor gekozen om het aspect van de rol die mogelijke migratiebelemmering speelt bij het in hoge mate voorkomen van huidzweren bij bot vooral aandacht te geven.

### 3.2.2 Sonar-onderzoek

#### *Pilot-study Texel*

De Organisatie ter Verbetering van de Binnenvisserij (OVV) is gevraagd de mogelijkheden te onderzoeken om de intrek van bot (*Platichthys flesus*) van Waddenzee naar IJsselmeer via de spuisluizen in de Afsluitdijk met sonarapparatuur te registreren. Hiertoe is eind 1992 een oriënterend onderzoek uitgevoerd in twee betonnen (wad)bakken van het IBN-DLO op Texel. In een bak werden circa 200 botten uitgezet met een lengte variërend van 14,3 tot 42,7 cm. In de tweede bak bevonden zich 45 regenboogforellen (*Oncorhynchus mykiss*). De bewegingen van de vissen werden geregistreerd m.b.v. onder water geplaatste sonar-apparatuur.

Het principe van sonar is dat via het uitzenden en ontvangen van door objecten teruggekaatst geluid informatie wordt verkregen over die objecten in een bepaald veld. Het systeem bestaat uit een aantal componenten, elk met een specifieke functie. Voor het onderhavige onderzoek is gebruik gemaakt van zgn. 'dual-beam-transducers'. Dit type transducer bestaat uit een luidspreker en twee microfoons met verschillende gevoeligheid. Hiermee is het mogelijk om zowel de plaats van een object t.o.v. de akoestische as te bepalen en de signaalsterkte te relateren aan de grootte van het object. Voor details zie Kemper & Dijkstra (1992).

Uit de pilot-study is gebleken dat platvis, zoals bot, met sonar is waar te nemen en dat bovendien de bewegingsrichting van de vis t.o.v. de geluidsbron kan worden vastgesteld. De uit de sonargegevens verkregen lengte/frequentie-verdeling vertoont qua range en totaalbeeld duidelijk overeenkomst met de gemeten lengte/frequentie-verdeling.

De gehele range bleek echter naar kleinere waarden verschoven t.o.v. de daadwerkelijk gemeten waarden. Helaas bleek het niet mogelijk om criteria te vinden waarmee in het met sonar verkregen beeld ('echogram') onderscheid gemaakt zou kunnen worden tussen benthische vis (bot) en pelagische vis (regenboogforel).

#### *Sonaronderzoek naar de zoetwatermigratie van bot.*

Doel van dit onderzoek was na te gaan in hoeverre de spuisluizen in de Afsluitdijk bij Den Oever een barrière vormen voor naar het IJsselmeer trekkende bot. Migratie via de schutsluis is buiten beschouwing gebleven, aangezien deze route voor migrerende vis niet aantrekkelijk geacht wordt gezien de beperkte hoeveelheid water die via de schutsluis wordt afgevoerd.

Het veldonderzoek is toegespitst op de volgende vragen:

1. Vindt in- en uittrek van bot via spuisluizen in Den Oever plaats?
2. In welke periode van de dag of nacht vindt deze in- en uittrek plaats?
3. Is er een relatie tussen in- en uittrek van bot en het gevoerde spui-regime?
4. Wat is de lengte/frequentieverdeling van de passerende botten?
5. Welke relatie kan worden gelegd tussen de met sonar waargenomen vis en vis gevangen in de omgeving van het spuicomplex?

Voor een volledig inzicht in de barrièrewerking voor migrerende vis van de Afsluitdijk en bijbehorende sluisen is daarnaast een aantal aanvullende vragen geformuleerd. Deze zijn noodgedwongen onbeantwoord gebleven, omdat het hiervoor noodzakelijke onderzoek destijds niet uitvoerbaar bleek voor de OVB, dan wel niet het gewenste resultaat opleverde. Dit geldt met name voor de visbemonsteringen met pelagische kuil en bodemkuil ter bepaling van de soortensamenstelling en de relatieve aantallen vis in de omgeving van het spuicomplex.

#### Uitvoering

Het veldonderzoek is uitgevoerd bij Den Oever in de periode april-mei 1993, omdat in deze periode de meeste intrek van bot verwacht werd. Vanwege praktische redenen werd het onderzoek beperkt tot sonarmetingen (24-uur per dag) in één koker van het spuicomplex waarvan de bediening was ingesteld op visintrek (zie verder). De sonar-apparatuur werd zodanig opgesteld dat vissen die over de bodem de spui-koker in- of uitzwommen, zoals bot, geregistreerd konden worden. Daarnaast zijn gegevens verzameld over botvangsten in fuiken van enkele beroepsvissers ter plaatse om lengteklassen van fuikvangsten te kunnen vergelijken met die bepaald aan de hand van sonarwaarnemingen.

## Resultaten

### *Intrek en uitspoeling*

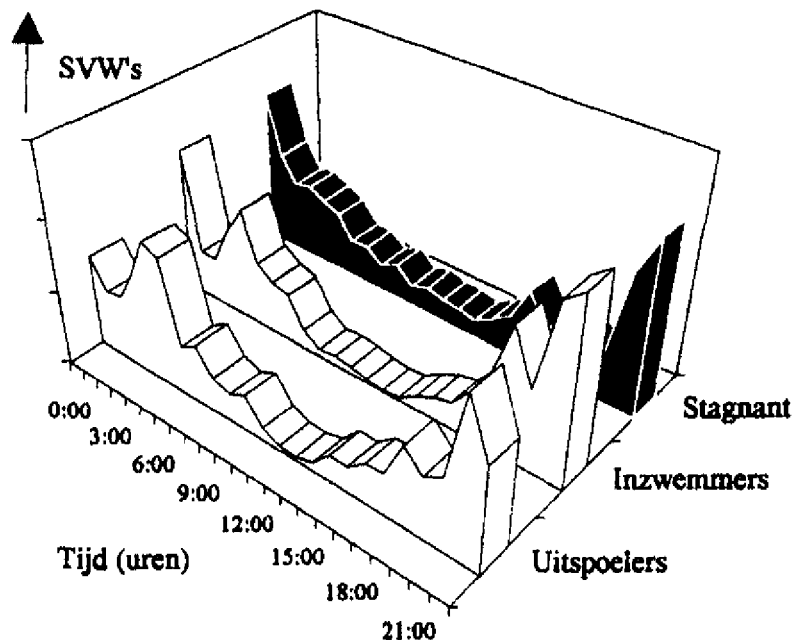
Uit de sonarregistraties blijkt dat vissen via de spuikoker van Waddenzee naar IJsselmeer trekken en dat vissen in omgekeerde richting worden uitgespoeld. Intrekkende vissen konden individueel waargenomen worden. Dit bleek *niet mogelijk voor uitgespoelde vis, omdat in die situatie sterke schoolvorming optrad*. Het aantal dieren dat netto het IJsselmeer intrekt is afhankelijk van het aantal keer dat spuisituatie 1 werd ingesteld.

### *Intrek in relatie tot moment van de dag*

Er blijkt een duidelijke dagelijkse ritmiek in de geregistreerde aantallen vissen (Fig. 3.2.1).

**Figuur 3.2.1.**

De verdeling over de dag van alle sonarviswaarnemingen (SVW's) aan de bot die de spuisluis ingaan in de richting van het IJsselmeer (inzwemmers) en die richting Waddenzee gaan (uitspoelers). Tenslotte is in zwart weergegeven de sonarwaarnemingen bij de situatie waarin niet werd gespuid (stagnant) en de sluisdeuren gesloten waren (naar Kemper 1993).



Globaal gesproken vinden gemiddeld over de 28 aanééngesloten onderzoeksdagen de meeste vispassages plaats tussen zes uur 's avonds en zes uur 's morgens. Dit geldt zowel voor intrekkende vis ('inzwemmers') als voor uitgespoelde vis ('uitspoelers'). Dit laatste is waarschijnlijk een gevolg van het feit dat vis in de nachtelijke uren het meest actief is (zie Intermezzo III) en het open water opzoekt om te fourageren. Komen deze vissen in de nabijheid van de spuien dan zullen ze onbedoeld worden uitgespoeld. Deze verhoogde nachtelijke activiteit in de nabijheid van de spuisluisen bleek uit sonarwaarnemingen gedurende perioden waarin niet gespuid werd (stagnant water).

*Intrek in relatie tot spuiregime*

In het onderzoek werden twee typen, mede op visintrek gerichte, spuiregime onderscheiden:

situatie 1 : gedurende elke laagwaterperiode worden de deuren van de buitenste kokers van elke groep circa 0,5m geheven ter bevordering van visintrek. De overige kokers blijven gesloten.

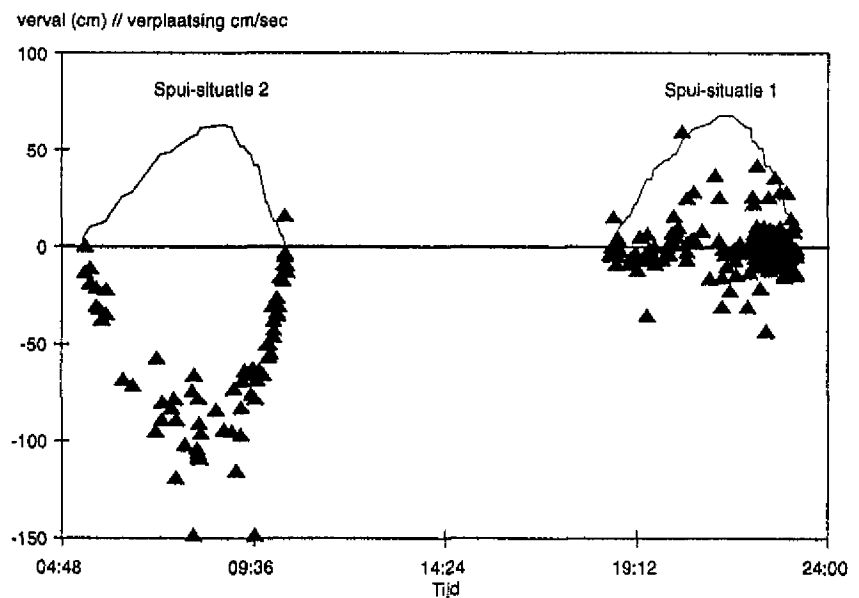
situatie 2 : de buitenste kokers worden beperkt geopend, zoals bij situaties 1. De deuren van de tussenliggende kokers worden al dan niet volledig geheven ten behoeve van de peilbeheersing in het IJsselmeer.

De resultaten zijn weergegeven in figuur 3.2.2.

Elke driehoek stelt een vis voor waarbij de verplaatsingssnelheid (Y-as) is uitgezet tegen de tijd (X-as). Is de verplaatsingssnelheid positief dan betreft het een intrekkende vis. Een negatieve waarde duidt op een vis die uitgespoeld wordt. De getrokken lijn geeft het verval aan tussen IJsselmeer en Waddenzee en is tevens een aanduiding voor de perioden waarin de spuikekers geopend waren. Uit de figuur blijkt dat de meeste vis tijdens spuisituatie 1 intrekt. De intrek is enigszins geconcentreerd aan het begin en aan het einde van de spuiperiode wanneer het verval nog gering is. Naast intrek is er ook uitspoeling van vis. Dit laatste treedt met name op tijdens spuisituatie 2. Gezien de opstelling van de sonar is het waarschijnlijk dat de vis via koker 2, d.w.z. de volledig geopende koker, wordt uitgespoeld. Inzwempogingen tijdens spuiregime II concentreren zich met name tijdens opkomend tij (niet geïllustreerd).

**Figuur 3.2.2.**

Verplaatsingssnelheid van alle vis op 13 mei uitgezet tegen de tijd. De twee curves geven het verval tussen IJsselmeer en Waddenzee weer. 's Ochtends is spuisituatie 2 (spuiregime II) toegepast. 's Avonds spuisituatie 1 (spuiregime I). (naar Kemper 1993).



*Lengtefrequentie-verdeling*

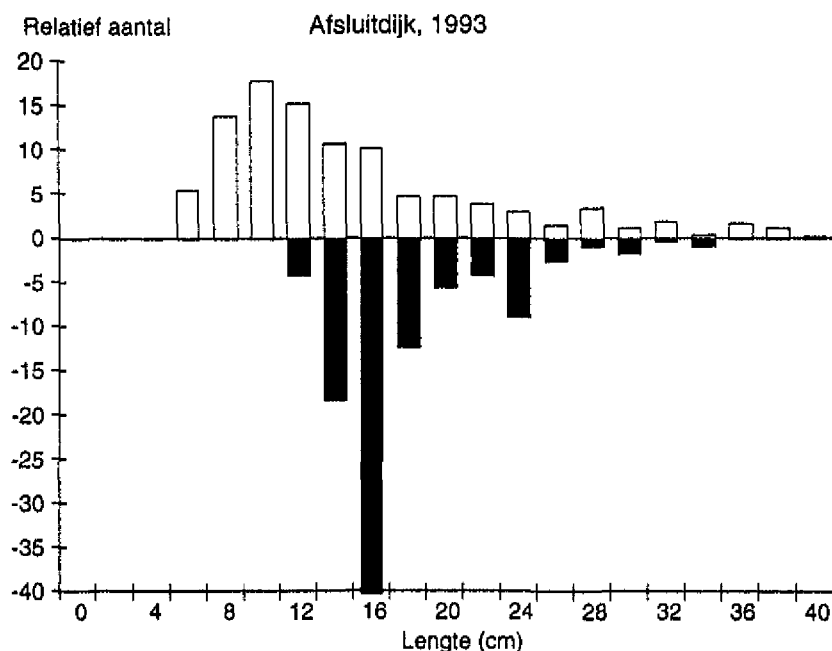
De lengtefrequentieverdeling van bot afkomstig uit fuiken aan de Waddenzee-zijde verschilt duidelijk van de verdeling van bot uit fuiken aan de IJsselmeerzijde van de spui. Aangenomen wordt dat de aan IJsselmeer gevangen exemplaren vanuit zee zijn binngetrokken.

De lengte van de met sonar geregistreeerde vis varieert van 4 cm tot bijna 50 cm. In de lengteklasse tot 25 cm is er weinig variatie gedurende de onderzoeksperiode. Voor de grotere lengteklassen is enig verloop waarneembaar. De intrek van grotere vis lijkt min of meer samen te hangen met spuisituatie 2. Gezien het beperkte aantal in vergelijking met de kleinere lengteklassen en de samenhang met spuisituatie 2, betreft het waarschijnlijk geen intrekende bot maar uitgespoelde exemplaren van grotere soorten, zoals snoekbaars, baars en brasem, die terugkeren naar het zoete water.

Hoewel dit niet met zekerheid kan worden gesteld, wordt aangenomen dat de sonarwaarnemingen van visbewegingen naar alle waarschijnlijkheid intrekende botten betreffen. Hierbij speelt de redelijke overeenkomst van de lengtefrequentie-verdeling van de sonargegevens met die van de fuikvangsten een belangrijke rol (Fig. 3.2.3).

**Figuur 3.2.3.**

Lengtefrequentieverdeling van vis zoals met sonar waargenomen (boven:  $n=1205$ ) en uit de fuikvangsten uit het IJsselmeer (onder:  $n=258$ ) is bepaald (naar Kemper 1993).

*Kwantificering visintrek*

Voor het kwantificeren van de visintrek bleek de opstelling niet optimaal. Geschat wordt dat in de gehele onderzoeksperiode van 28 dagen circa 4000 vissen via koker 1 zijn ingetrokken. Indien intrek via kokers met volledig geheven deuren buiten beschouwing wordt gelaten en de kans op

intrek via de overige kokers met beperkt geheven deuren gelijk wordt gesteld, dan zouden voor het gehele spuicomplex bij Den Oever ongeveer 24.000 vissen zijn ingetrokken.

Het is onbekend welk percentage van de totale botpopulatie dit is. Het aantal botten dat potentieel zou willen intrekken is onbekend. Daarmee kan de vraag of er sprake is van een substantiële intrek mogelijkheid dan wel belemmering niet worden beantwoord.

#### Conclusies

1. In de periode dat spuisituatie 1 wordt toegepast kan worden aangenomen dat het spuicomplex bij Den Oever géén barrière vormt voor naar binnen trekkende bot. Tijdens toepassen van spuisituatie 2 zijn de intrekmogelijkheden beperkt. Inzwemmers zijn afhankelijk van de perioden met gering verval. Opkomend tij wordt daarbij het best benut.
2. De belangrijkste perioden van visintrek liggen tussen 6 uur 's avonds en 6 uur 's ochtends. Deze periode van verhoogde activiteit geldt eveneens voor vis die naar zee uitspoelt.
3. Geschat wordt dat er gedurende de gehele onderzoeksperiode (zes weken) minimaal 24.000 botten bij Den Oever naar binnen zijn getrokken. De sonaropstelling bleek niet optimaal om een nauwkeurige schatting te maken. Het is overigens onbekend hoeveel van de ingetrokken botten onmiddeld weer tot de grote aantallen uitspoelers behoorden.
4. Met sonar werd een aanzienlijke uitspoeling van vis geregistreerd vanuit het IJsselmeer naar de Waddenzee.
5. Er bleek een redelijke overeenkomst te bestaan tussen de met sonar waargenomen lengteklassen van naar binnen zwemmende vis en de bot die aan de IJsselmeerzijde in de fuiken werd aangetroffen.

Hoewel veel kennis werd opgedaan in bovenstaand onderzoek is een aantal vragen onbeantwoord gebleven die wel essentieel zijn voor het totaal begrip. De vragen zijn:

- Wat is de verhouding tussen aantallen in- en uittrekkende individuen?
- Zijn er botten aan de Waddenzeezijde van het spuicomplex die pogingen ondernemen om naar het IJsselmeer te trekken maar daar niet in slagen?
- Welk percentage van 'potentiële intrekkers' passeert daadwerkelijk het spuicomplex?
- Is dit percentage afhankelijk van spuikenmerken zoals debiet, stroomsnelheid ed.?

- Zijn succesvolle en niet-succesvolle individuen van elkaar te onderscheiden, bijvoorbeeld in grootte?
- Zijn er botten aan de Waddenzeezijde van het spuicomplex die geen pogingen ondernemen om naar het IJsselmeer te trekken?
- Zo ja, zijn dergelijke individuen te onderscheiden (bijvoorbeeld in grootte) van exemplaren die wel intrekpogingen ondernemen?
- Welke factoren spelen een rol bij het 'intrek-succes' van vis, in het bijzonder bot?
- Is er een relatie tussen intrek(succes) van bot en dat van andere vissoorten?

### 3.3 Uitwerking ecologische aspecten

Het formuleren van een ecologische doelstelling voor de Waddenzee is van belang om te kunnen beoordelen in welke mate aanpassingen in het spui-beheer kunnen bijdragen aan het bereiken van zo'n doelstelling. Bij de poging invulling te geven aan de ecologische doelstelling is vooral aandacht besteed aan soorten organismen die niet eenvoudig kunnen meebewegen met veranderende saliniteit, maar meer naar de "vastzittende" macroalgen en macrofauna (de Bruin, 1993).

De in estuaria optredende saliniteitsfluctuaties kunnen in het algemeen een breed scala aan ingrijpende fysiologische effecten hebben op organismen. Voor macro-algen en macrozoöbenthos uiteten de gevolgen hiervan zich vaak in een reductie van de grootte en veranderingen in vorm en kleur. Ook treedt veelal een remming op van de fotosynthese en de voortplanting. Juveniele stadia zijn overwegend het kwetsbaarst voor optredende saliniteitsfluctuaties. Al deze effecten resulteren in een bepaalde zonerings in het voorkomen van organismen in het estuarium. De diversiteit aan macro-algen en macrozoöbenthos neemt in de richting van de zoetwaterbron in de regel sterk af, waarbij een minimum wordt bereikt bij een saliniteit tussen 0,5 en 8 ‰. Mogelijk wordt deze teruggang in belangrijke mate veroorzaakt door andere factoren dan een saliniteitsverlaging, namelijk afname van geschikt substraat, een toenemende troebelheid en, bij de overgang van zout naar zoet, grote veranderingen in de chemische samenstelling van het water. Alhoewel vrij veel bekend is over de zouttolerantie van de betreffende organismen, is naar de tolerantie van macro-algen en macrozoöbenthos voor kortstondige saliniteitsfluctuaties vrijwel geen onderzoek gedaan.

De voltooiing van de Afsluitdijk in 1932 leidde tot verschillende veranderingen in het leefmilieu van organismen. Het brakwatermilieu van de Zuiderzee is verdwenen. In de huidige westelijke Waddenzee is niet veel veranderd in saliniteitsverdeling. De saliniteitsgradiënt tussen IJsselmeer en westelijke Waddenzee is veel steiler geworden en bovendien minder stabiel. Vooral in het gebied nabij de spuisluisen zijn de saliniteitsfluctuaties



sterk toegenomen. De veranderingen in de saliniteit in de westelijke Waddenzee zijn beperkt gebleven waardoor ook een vrij geringe verandering in de soortensamenstelling van macro-algen en macrozoöbenthos in de westelijke Waddenzee is opgetreden. De effecten van de verandering in saliniteit zijn bovendien nog een extra gering van wege de volgende redenen:

- De meeste soorten in estuaria bezitten van nature een zeer brede tolerantie voor veranderingen in de saliniteit.
- Door de sterke verkleining van het gebied is de invloed van de Noordzee relatief veel groter geworden, waardoor er een snelle en goede menging optreedt tussen het zoete spuiwater en het zoute Noordzeewater. De kritische saliniteiten voor organismen blijven waarschijnlijk beperkt tot een klein gebied in de directie omgeving van de sluzen.
- Saliniteitsveranderingen in estuaria blijken op en in de bodem minder extreem en van kortere duur te zijn dan in het water aan de oppervlakte. Dagelijkse fluctuaties worden niet, en seizoensfluctuaties worden wel gevolgd door het interstitieel water. Dit is gunstig voor met name macrozoöbenthos.
- Een groot deel van het macrozoöbenthos is in staat korte perioden met ongunstige saliniteiten te overleven door zich van de buitenwereld af te sluiten. De niet vastzittende dieren die vrij in het water kunnen bewegen zijn in staat fluctuaties in ruimte en tijd te vermijden door te migreren.

Voor het beperkte aantal soorten waar wel veranderingen in het voorkomen zijn geconstateerd, is een directe relatie met veranderingen in de saliniteit niet te leggen. Zo is de belasting van de westelijke Waddenzee met nutriënten en microverontreinigingen sterk toegenomen. Ook de hydrografie is na de aanleg van de Afsluitdijk flink gewijzigd, met als mogelijk gevolg de opgetreden vertroebeling in de westelijke Waddenzee. Deze vertroebeling en (mede daardoor) het verdwijnen van de subliitorale zee-grasvelden lijkt voor het verdwijnen van een aantal soorten de primaire oorzaak te zijn geweest. Het verlies van de wulk en de oester voor het gebied zijn vermoedelijk vooral het gevolg geweest van overbevissing en de invloed van microverontreinigingen.

Concluderend heeft de aanleg van de Afsluitdijk wel wijzigingen in de saliniteit teweeggebracht, maar is het voorkomen van macro-algen en macrozoöbenthos in de westelijke Waddenzee ten gevolge van die saliniteitswijzigingen niet in belangrijke mate veranderd. Naar de invloed van de spuisluizen op het voorkomen van macro-algen en macrozoöbenthos in de directe omgeving zal nog gericht onderzoek moeten worden gedaan. Vooralsnog echter lijkt er ten behoeve van de macro-algenflora en macrozoöbenthosfauna van de westelijke Waddenzee geen noodzaak te zijn tot aanpassingen aan het spuisysteem van de Afsluitdijk.

## 4 Conclusies

---

De conclusies op basis van het onderzoek 1992 - 1994 worden onderverdeeld in beheers-, beleids- en onderzoeksconclusies.

*Beheer :*

- \* het heffen van de spuideur op 50 cm., als visintrek bevorderende maatregel, is 's nachts het meest effectief;
- \* de combinatie 50 cm. heffen van de buitenste kokers met spuien van de binnenste kokers is niet effectief door het uitspoelen van de intrekende vissen;
- \* spuien dient zoveel mogelijk overdag plaats te vinden;

*Beleid :*

- \* vanuit ecologisch gezichtspunt is er geen noodzaak tot herstel van een geleidelijke zout/zoet overgang, tenzij men hecht aan het voorkomen van een typisch brakwatermilieu met de daarbij horende soorten;
- \* het formuleren van doelstellingen voor het IJsselmeer en de Waddenzee dient beter op elkaar te worden afgestemd, opdat het herstel van de brakwaterzone, als overgangsgebied tussen zoet- en zoutwater rondom de Afsluitdijk, beleidsmatig beter is onderbouwd;

*Onderzoek :*

- \* wat is het effect van spuien van IJsselmeer water op de fluctuaties in saliniteit in de westelijke Waddenzee (situatie 1988, 1994) met het oog op de inductie van huidzweren bij bot? (voorzien in fase 2 van het project BRAK, rapportage medio 1995);
- \* wat is het huidige percentage visziekten in de Waddenzee en IJsselmeer? (voorzien in fase 2 van het project BRAK, rapportage medio 1995);
- \* in hoeverre kan, gegeven het huidige peilbeheer van het IJsselmeer, zoveel mogelijk gespreid over het jaar worden voldaan aan de wens om overdag te spuien en 's nachts 50 cm. te heffen?;
- \* wat is het effect van een op optimale visintrek gericht spui-beheer op de saliniteitsverdeling in de westelijke Waddenzee?;
- \* wat is de populatieomvang van bot in de Waddenzee, opdat de percentuele intrekbelemmering kan worden ingeschat;
- \* veldinventarisatie van organismen in de Waddenzee in de directe invloedssfeer van de spui;

- \* heeft de aanleg van de Afsluitdijk respectievelijk de verandering in de saliniteitsprofielen geleid tot een afname in het voorkomen van trekvissoorten?

## 5 Literatuur

---

**Aurich, H.J. 1942.**

Die Verbreitung der pelagischen Fischbrut in der südlichen Nordsee während der Frühjahrsfahrten 1926-1937. Helg. Wiss. Meeresunters. 2(1-3):1-353.

**Beaumont, W.R.C. and R.H.K. Mann., 1984.**

The age, growth and diet of freshwater population of the flounder, *Platichthys flesus* (L.), in southern England. Journal Fish. Biol. 25, 607-616.

**Bregnballe, 1961.**

Plaice and flounder as consumers of microscopic bottom fauna. Meddr. Damm. Fisk.-og Havunders. N.S. 3, 133-182.

**Bruin, J. de (1993).**

Balanceren op de grens tussen zoet en zout. Rijksuniversiteit Groningen.

Derde Nota Waterhuishouding / Water voor nu en later (1989). ISSN 0921 - 7371

Ecologisch Profiel Vissen (1989).

Ministerie van Verkeer en Watersaat / RWS.

**Johnston, P.M., 1981.**

Migrations and movements of the flounder, *Platichthys flesus* (L.), affecting distribution of the species in the river Dee, North Wales. Proc. 2nd. Brit. Freshw. Fish. Conf. 1981: 129-136.

**Kemper, J.H. (1993).**

Onderzoek naar de zoetwatermigratie van bot (*Platichthys flesus*) met sonar apparatuur bij de spuisluisen in Den Oever. OVB, Nieuwegein. OVB-rapport 1993-28.

**Kemper, J.H. & M. Dijkstra (1992).**

Onderzoek naar de mogelijkheid om bot (*Platichthys flesus*) met sonar-apparatuur waar te nemen. OVB, Nieuwegein. OVB-rapport RWSF/OVB 92-34.

**Koster, J., S. Jansen, P. Helnen en Tj. van Heuvel (1993).**

De invloed van zoet waterspui op de Waddenzee. Deel I en II. ICIM/RIKZ: 1993-671.

**Leendertse, P.C., C.C. Karman & J. Rozema (1993).**

Zoete en zoute helofytenfilters langs de Afsluitdijk - een haalbaarheidsstudie. Vakgroep Oecologie en Oecotoxicologie Vrije Universiteit Amsterdam.

**Muus, B., 1978.**

Elseviers zeevissengids. Elsevier. Amsterdam. Netherlands.

Nota Waddenzee Deel 3: Kabinetsstandpunt Planologische Kernbeslissing (1993). Ministerie VROM / RPD.

**Nijssen, en S.J. de Groot, 1987.**

De vissen van Nederland Stichting Uitgeverij KNNV Nr. 43. ISBN 90-5011-006-1

**Redeke, H.C., 1908.**

Over de voortplanting en het trekken van bot. Meded. Visscherij XV, 59-62, 82-87, 97-103 en 114-119.

Regionota Waddenzee/Eems-Dollard 1992-1996 (1992). Ministerie van Verkeer en Waterstaat / RWS/ DGSM.

**Veen, de J.F., 1971.**

Bot, een sportieve vis. Visserij 24, 2, 189-197.

**Veer, van der, H.W. & A. Groenewold., 1987.**

The ecology of O-group flounder (*Platichthys flesus*) in the western Wadden Sea. ICES Biol. Ocean. Comm. L:41.

**Verheyen, H.C. en S.J. de Groot, 1967.**

Diurnal activity pattern of plaice and flounder (*Pleuronectidae*) in aquaria. Neth. J. Sea Res. 3: 315-322.

**Vethaak, A.D (1990).**

Inventariserend onderzoek naar de aanwezigheid van visziekten in de Waddenzee in 1988. RIKZ/ GWA0 90.003.

Wadden Actieplan - Discussienota (1990).

Ministerie van Verkeer en Waterstaat / RWS / DGSM.

**Zimmerman, J.T.F. (1976).**

Mixing and Flushing of Tidal Embayments in the Western Dutch Wadden-sea Part I: Distribution of Salinity and Calculation of Mixing Time Scales. Neth. J. Sea Res. 10 (2):149-191.

### 5.1 Deelrapporten Projekt BRAK

**Bruin, J. de (1993).**

Balanceren op de grens tussen zoet en zout. Rijksuniversiteit Groningen.

**Kemper, J.H. (1993).**

Onderzoek naar de zoetwatermigratie van bot (*Platichthys flesus*) met sonar apparatuur bij de spuilsuizen in Den Oever. OVB, Nieuwegein. OVB-rapport 1993-28.

**Kemper, J.H. & M. Dijkstra (1992).**

Onderzoek naar de mogelijkheid om bot (*Platichthys flesus*) met sonar-apparatuur waar te nemen. OVB, Nieuwegein. OVB-rapport RWSF/OVB 92-34.

**Koster, J., S. Jansen, P. Helten en Tj. van Heuvel (1993).**

De invloed van zoet waterspui op de Waddenzee. Deel I en II. ICIM/RIKZ: 1993-671.

**Leendertse, P.C., C.C. Karman & J. Rozema (1993).**

Zoete en zoute helofytenfilters langs de Afsluitdijk - een haalbaarheidsstudie. Vakgroep Oecologie en Oecotoxicologie Vrije Universiteit Amsterdam.



Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat

Rijksinstituut voor Kust en Zee/RIKZ

Aan  
Geadresseerde  
(volgens verzendlijst)

Contactpersoon  
dr. G.M. Janssen

Datum  
9 mei 1995

Ons kenmerk  
RIKZ/AB-95.40022

Project

BRAK

Onderwerp

Aanbieding rapport "Water en Vis door de Afsluitdijk"  
Deel I: Evaluatie van onderzoek 1992-1994.

Doorkiesnummer  
050-331366

Bijlage(n)  
1

Uw kenmerk

Geachte Mevrouw/Mijnheer,

Hierbij bied ik u aan het rapport Water en Vis door de Afsluitdijk,  
Deel I: Evaluatie van onderzoek 1992-1994.

In 1987 ontdekte het Rijksinstituut voor Kust en Zee grote aantallen zieke platvissen in de Waddenzee. Sportvisseren kwamen met berichten over botten met huidzweren. Voor het RIKZ was dit aanleiding in 1988 in de gehele Waddenzee botten te onderzoeken op de aanwezigheid van ziekten. Het probleem bleek groot. Uit het onderzoek dat, in 1989 en later, werd uitgevoerd bleek dat vooral bij de spuisluizen van Den Oever en Kornwerderzand in de Afsluitdijk soms de helft van alle botten was aangetast met huidzweren. Op basis van dat onderzoek in de Waddenzee bleken een aantal meest voor de hand liggende factoren de zweerziekte te veroorzaken: de visintrekbelemmering van de Waddenzee naar het IJsselmeer en een verhoogde infectiekans met ziekteverwekkende bacteriën door eutrofiëring. Daarnaast speelt een slechte conditie door ondervoeding en osmotische stress door sterke zoet / zout fluctuaties een rol. Aangezien het beleid van de overheid al enige jaren is gericht op een reductie van de aanvoer van teveel voedingsstoffen naar het IJsselmeer en de Waddenzee en daarin ook al goede resultaten zijn geboekt, werd onderzoek naar visintrekbelemmering door het RIKZ als meest urgent beschouwd en werd onderzocht in het project BRAK.

WH95.033

Vestiging Haren  
Postbus 207, 9750 AE Haren  
Bezoekadres Kerklaan 30

Telefoon 050-331331  
Telefax 050-340772



In 1991 werd het spuibeheer in Den Oever en Kornwerderzand op visintrek aangepast in het kader van het bieden van mogelijkheden voor allerlei soorten trekvisserij om vanuit zee de rivieren op te zwemmen en vise versa. Bepaalde schuiven in de spuikokers worden in de periode maart tot september een halve meter geopend voor zover de afvoer van IJsselmeerwater dat toelaat. Een belangrijk uitgangspunt hierbij is dat geen zoutwater het IJsselmeer indringt.

In 1993 werd door de Organisatie voor Verbetering van de Binnenvisserij, in opdracht van de beheersdirectie Noord Nederland van Rijkswaterstaat, onderzocht of deze beheersmaatregel ook daadwerkelijk een intrek van botten tot gevolg had. De methodiek van sonarviswaarnemingen moest daartoe speciaal worden aangepast. De resultaten van het onderzoek geven duidelijk aan dat botten nu het IJsselmeer kunnen intrekken. Dit resultaat werd nog bevestigd door bestandsopnamen door het Rijksinstituut voor Visserijonderzoek. Sinds 1991 is er een sterk groeiend aantal botten in het IJsselmeer waargenomen.

Op basis van deze gegevens werd de conclusie getrokken dat de belangrijkste oorzaak voor het ontstaan van de huidzweren bij botten nabij de spuisluisen in de Waddenzee sinds 1991 is weggenomen.

In 1994 werd door RIKZ opnieuw een inventarisatie van de visziekten in de Waddenzee uitgevoerd, met de verwachting dat de situatie nu is verbeterd. Binnenkort zullen de resultaten van deze inventarisatie worden beschreven in het rapport "Water en Vis door de Afsluitdijk"; Deel II.

In dit deel zal tevens worden beschreven in hoeverre optimalisatie van het spuibeheer bij Den Oever en Kornwerderzand mogelijk is gezien vanuit de problematiek van de huidzweren bij bot.

Het huidige rapport doet naast enkele aanbevelingen voor beheer ook enkele aanbevelingen van het beleid van Waddenzee en IJsselmeer. De belangrijkste aanbeveling betreft het beter op elkaar afstemmen van de afzonderlijke doelstellingen voor Waddenzee en IJsselmeer met het oog op het mogelijke herstel van een geleidelijker overgang tussen het zoete IJsselmeer en de zoute Waddenzee.

Verdere inlichtingen zijn te krijgen bij de projectleider van het onderzoek (projekt BRAK) Dr. G.M. Janssen.

Hoogachtend,

De Hoofdingineur-Directeur  
namens deze,  
Plaatsvervangend hoofd  
Afdeling Advies en Beleidsanalyse-wadden

drs. C.A. Tomson.