

# Nederlands Instituut voor Visserij Onderzoek (RIVO) BV

Postbus 68  
1970 AB IJmuiden  
Tel.: 0255 564646  
Fax.: 0255 564644  
Internet: postkamer@rivo.dlo.nl

Postbus 77  
4400 AB Yerseke  
Tel.: 0113 572781  
Fax.: 0113 573477

## RIVO Rapport

Nummer: C004/04

## Beschikbaarheid spiering als voedsel voor vogels in het IJsselmeer

Dr. J.J. de Leeuw & mw. drs. I.Y.M. Tulp

Opdrachtgever: Ministerie van Landbouw Natuur en Voedselkwaliteit  
T.a.v. dr. ir. A.J. Rothuis  
Postbus 20401  
2500 EK 's-Gravenhage

Project nummer: 3201238001

Contract nummer: LNV bestek 5a

Akkoord: E. Jagtman  
Hoofd afdeling Biologie & Ecologie

Handtekening: \_\_\_\_\_

Datum: Januari 2004

Aantal exemplaren: 25  
Aantal pagina's: 37  
Aantal tabellen: 2  
Aantal figuren: 22

In verband met de  
verzelfstandiging van de  
Stichting DLO, waartoe tevens  
RIVO behoort, maken wij sinds 1  
juni 1999 geen deel meer uit van  
het Ministerie van Landbouw,  
Natuurbeheer en Visserij. Wij zijn  
geregistreerd in het  
Handelsregister Amsterdam  
nr. 34135929  
BTW nr. NL 808932184B09.

De Directie van het RIVO is niet aansprakelijk voor gevolgschade, alsmede voor schade welke voortvloeit uit toepassingen van de resultaten van werkzaamheden of andere gegevens verkregen van het RIVO; opdrachtgever vrijwaart het RIVO van aanspraken van derden in verband met deze toepassing.

Dit rapport is vervaardigd op verzoek van de opdrachtgever hierboven aangegeven en is zijn eigendom. Niets van dit rapport mag weergegeven en/of gepubliceerd worden, gefotokopieerd of op enige andere manier zonder schriftelijke toestemming van de opdrachtgever.

# Inhoudsopgave

Inhoudsopgave .....	2
1. Samenvatting .....	3
2. Inleiding.....	4
2.1 Achtergrond .....	4
2.2 Vraagstelling.....	5
2.3 Zwarte stern als modelsoort .....	7
3. Materiaal en methoden .....	9
3.1 Analyse historische datasets visstandbemonsteringen.....	9
3.2 PISCATOR simulaties .....	9
3.3 Analyse historische datasets van maandelijks aantallen spieringgetende vogels en de spieringindex .....	9
3.4 Visbemonstering met stramienkor .....	10
3.4.1 Bemonstering op verschillende dieptes augustus 2002 .....	10
3.4.2 Sonar .....	11
3.4.3 Bemonstering op verschillende dieptes augustus 2003 .....	11
3.4.4 Tellingen zwarte sterns augustus 2003 .....	12
4. Resultaten .....	13
4.1 Analyse van factoren die variatie in hoeveelheid spiering bepalen .....	13
4.3.1 Draagkracht.....	13
4.3.2 Effecten van visserij op paaipopulatie .....	15
4.3.3 Analyse historische datasets van aantallen spieringgetende vogels.....	16
4.2 Simulaties met PISCATOR .....	18
4.3 Bemonstering op verschillende dieptes met stramienkor .....	21
4.1.2 Ruimtelijke verspreiding augustus 2003 .....	26
4.4 Verticale verspreiding van spiering met sonar .....	29
4.4.1 Verticale bundel .....	29
5. Discussie .....	32
5.1 Factoren die de hoeveelheid spiering bepalen .....	32
5.2 Bereikbaarheid spiering: helpt baars zwarte sterns? .....	33
5.3 Zwarte sterns afhankelijk van spieringstand? .....	34
5.4 Gebruik sonar voor het meten van verticale verspreidingspatronen.....	34
5.5 Hoeveel spiering is wenselijk? .....	35
6. Conclusies .....	35
7. Dankwoord.....	36
8. Literatuur .....	37

# 1. Samenvatting

In opdracht van het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Voedselkwaliteit is in 2002-2003 in het bestek "Voedselaanbod voor vogels" (5a) onderzoek uitgevoerd dat bij kan dragen aan de maatschappelijke acceptatie van een verdeling van de beschikbare vis en schelpdieren over de vraag voor menselijke consumptie en de behoefte van vogels. Dit rapport behandelt de vraag hoe in het IJsselmeer de beschikbaarheid van spiering als voedsel voor vogels, in het bijzonder de zwarte stern, wordt bepaald en welke rol de visserij op spiering, baars- en snoekbaars daarin speelt. De beschikbaarheid van spiering voor vogels is een functie van de hoeveelheid spiering en de bereikbaarheid van spiering: met name meeuwen en sterns kunnen alleen de spiering in de bovenste waterlaag benutten.

Aan de hand van langjarige gegevensreeksen zijn interacties onderzocht tussen de hoeveelheden vogels, vis en visserij. Scenariostudies met behulp van het simulatiemodel PISCATOR zijn uitgevoerd om inzicht te krijgen in effecten van veranderingen in de visserij op visbestanden. Uit simulaties blijkt dat bij sterke verlaging van de visserijdruk op baars en snoekbaars, de dichtheid spiering enigszins afneemt door een vergrote predatiedruk van baarzen op spiering. Het is niet duidelijk of daarmee netto ook de beschikbare fractie spiering voor vogels dan verandert. Sterns en andere vogels consumeren slechts een kleine fractie van het totale bestand. De hoeveelheid spiering die bereikbaar is in de bovenste centimeters van de waterkolom is daarbij cruciaal, niet het totale visbestand.

Door bemonsteringen van de visstand in augustus 2002 en augustus 2003 is bekeken hoe de ruimtelijke verdeling van spiering, sterns en baars en snoekbaars (als predatoren van spiering) samenhangt. De veldbemonsteringen laten zien dat sterns foerageren op plekken met voldoende spieringen aan het oppervlak die vanuit ondiepe duikvluchten kunnen worden gevangen. Op deze plekken werden ook relatief veel piscivore baarzen en snoekbaarzen aangetroffen die mogelijk mede ervoor zorgen dat spiering naar het oppervlak wordt gejaagd binnen bereik van de sterns. Door de zeer slechte spieringstand in de zomer van 2003 kon deze hypothese echter onvoldoende worden onderbouwd.

Met behulp van sonar is een pilot studie uitgevoerd om te testen of daarmee de bereikbaarheid (via verticale verspreidingspatronen) van spiering over de waterkolom kan worden geanalyseerd. De interactie tussen het gedrag van spiering en jagende baars en snoekbaars en het effect daarvan op de bereikbaarheid van spiering voor vogels blijkt het beste te kunnen worden onderzocht met behulp van sonar met een horizontale bundel in een permanente opstelling.

Visserij beïnvloedt dus de hoeveelheid vis in zekere mate, maar het is nog niet duidelijk of daarmee de beschikbare fractie spiering verandert. De vraag blijft of een groot aandeel baars en snoekbaars die spiering naar het oppervlak jaagt, de verminderde hoeveelheid spiering als gevolg van predatie door baars en snoekbaars compenseert. Dat zou onderzocht moeten worden met een intensiever bemonsteringsprogramma waarin voldoende variatie in locale dichtheden en over de tijd (veranderingen in omstandigheden) meetbaar is. Voor een integrale visie op het visstand- en visserijbeheer van het IJsselmeer is het van belang de interacties tussen de verschillende typen visserijen en de vertaling van hoeveelheid spiering naar beschikbare hoeveelheid spiering beter te kennen. Ook is een beter begrip wenselijk van de schommelingen in het spieringbestand (onder meer als gevolg van warme zomers) in verband met de beschermde status die verschillende soorten spieringgetende vogels genieten en ten behoeve van het kwantificeren van streefbeeld en maatlat in het kader van de Europese Kaderrichtlijn Water.

## 2. Inleiding

### 2.1 Achtergrond

Spiering speelt een centrale rol in de voedselketen van het IJsselmeer. Het is de belangrijkste planktoneter, de belangrijkste prooi van (jonge) baars en snoekbaars en tal van watervogels, met name sterns, meeuwen, futen, zaagbekken en jonge aalscholvers. Bovendien is het een belangrijke bron van inkomsten voor de beroepsvisserij.

Spiering in het IJsselmeer en Markermeer bestaat voor het overgrote deel uit een standpopulatie die zich als eenjarige voortplant. Het aantal eenjarige spieringen is na de paaiperiode (maart) klein ten opzichte van de nieuwe generatie. In de loop van de zomer neemt door de groei van jonge spiering de betekenis van het nieuwe bestand spiering als voedselbron voor baars, snoekbaars en vogels toe.

Het spieringbestand wordt in de loop van het seizoen door verschillende consumenten benut. In de (na)zomer zijn het vooral kokmeeuwen en zwarte sterns die de grote hoeveelheden spiering benutten als energiebron in de periode van rui en doortrek (tabel 2.1). Wat later zijn het vooral futen. In de winter zijn overwinterende zaagbekken de belangrijkste predatoren onder de vogels. In het late voorjaar tenslotte benutten aalscholvers de restanten van de eenjarige spiering terwijl de nieuwe generatie zich al begint te ontwikkelen (in andere seizoenen wordt ook spiering gegeten maar meestal in bescheiden mate ten opzichte van andere spieringeters).

Baars en snoekbaars zijn roofvissen die ook grotendeels van spiering leven; in de zomermaanden is hun stofwisseling, groei en consumptie het hoogst maar ook in de winter wordt nog spiering gegeten.

Spiering wordt intensief bevestig met fuiken tijdens de paaiperiode in het vroege voorjaar, wanneer de spiering massaal naar de kust trekt. Meer dan 70% van de biomassa kan dan worden geoogst (Mous *et al.* 2003). Het spieringbestand is verder indirect afhankelijk van de extreem intensieve visserij met staand want op baars en snoekbaars, de belangrijkste predatoren van spiering.

Tabel 2.1. Gemiddelde jaarlijkse consumptie van spiering door vogels, roofvis (baars en snoekbaars) en visserij (Buijse *et al.* 1993, Mous *et al.* 2003).

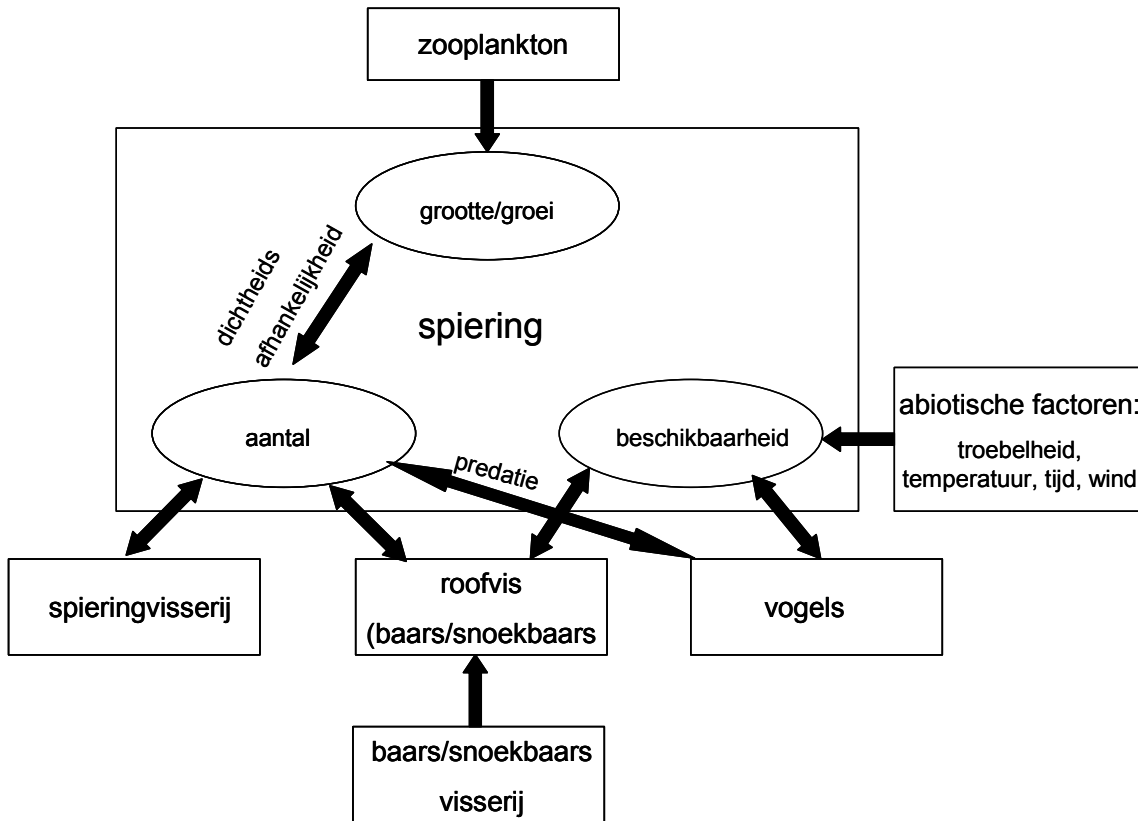
	<b>Periode</b>	<b>Consumptie (kg.ha<sup>-1</sup>.jr<sup>-1</sup>)</b>
<i>vogels</i>		
Kokmeeuw	(na)zomer	8.1
Zwarte stern	(na)zomer	1.1
Fuut	nazomer	4.6
Grote zaagbek	winter	2.7
Middelste zaagbek	winter	0.3
Nonnetje	winter	0.9
Aalscholver	laat voorjaar	1.7
<i>Vogels totaal</i>		<b>50</b>
<i>roofvis</i>		
Baars en snoekbaars	zomer (winter)	<b>35</b>
<i>visserij</i>		
Spieringvisserij	einde winter	<b>12</b>

## 2.2 Vraagstelling

De vraag in dit onderzoek is in hoeverre visserij de voedselbeschikbaarheid van spiering voor vogels beïnvloedt en of er sprake zou moeten zijn van voedselreservering.

De koppeling tussen de gewenste hoeveelheid spiering en de visserijinspanning berust op een complexe interactie tussen twee visserijen. Enerzijds de directe visserij op spiering in het voorjaar (sterke visserij verhoogt de druk op het spieringbestand) en anderzijds indirect het effect van visserij op baars en snoekbaars, twee belangrijke predatoren van spiering (intensieve visserij verlaagt de druk op het spieringbestand). Daarnaast speelt de bijvangst van jonge baars en snoekbaars in de fuikvisserij op aal mogelijk een rol.

Analyses en modellering van historische gegevens kunnen worden gebruikt om inzicht te krijgen in factoren die verantwoordelijk zijn voor biomassaveranderingen van spiering. Met het door Rijkswaterstaat ontwikkelde simulatieprogramma PISCATOR kan een redelijke schatting worden gemaakt van effecten van visserijinspanning (zowel spiering- als baars/snoekbaarsvisserij) op de hoeveelheid spiering. In het PISCATOR-model wordt echter beperkt rekening gehouden met processen die door variatie in dichtheid worden gereguleerd zoals voedselbeperking. De belangrijkste ontbrekende schakel is de vertaling van de (verandering in) hoeveelheid spiering naar de beschikbare hoeveelheid spiering voor verschillende groepen watervogels. Daarvoor moet worden bepaald welke fractie van de aanwezige hoeveelheid spiering ook daadwerkelijk bereikbaar is als voedselbron voor vogels.



Figuur 2.1. Predatoren van spiering en factoren die van invloed zijn op aantal, beschikbaarheid, grootte en groei van spiering.

De benadering van de voedselsituatie is analoog aan die in de Waddenzee waar niet elk schelpdier geschikt is voor consumptie door steltlopers of eidereenden, maar waar de beschikbaarheid van schelpdieren afhangt van ingraafdiepte (kunnen ze erbij), grootte (kan de schelp wel ingeslikt worden) en conditie (weegt de moeite van zoeken en opeten op tegen de energie die het oplevert) van schelpdieren. Zo is slechts een zeer beperkt deel van de totale hoeveelheid schelpdieren daadwerkelijk geschikt voor consumptie. De beschikbaarheid van spiering wordt op een vergelijkbare manier bepaald. Alle factoren die indirect of direct invloed hebben op de beschikbaarheid van spiering zijn weergegeven in figuur 2.1.

De vertaling van dichtheid naar beschikbaarheid berust vooral op de verdeling van spiering over de waterkolom (verticale verdeling). Meeuwen en sterns kunnen uitsluitend spiering uit de bovenste waterlaag opduiken. Futen, aalscholvers en zaagbekken kunnen spiering opduiken uit diepere waterlagen. De verticale verspreiding van spiering varieert echter sterk met de troebelheid van het water (veroorzaakt door algen, slibopwerveling bij wind, e.d.) en vertoont daarnaast een duidelijk dagpatroon (Piersma *et al.* 1988, Mous 2000). Midden op de dag zitten ze het diepst in de waterkolom en in de schemer en het donker komen ze meer verspreid over de hele waterkolom voor tot vlak onder het oppervlak. In helder water houden ze zich dieper op dan in troebel water. Op die manier proberen de spieringen waarschijnlijk de kans om gepredeerd te worden te minimaliseren: alle vogelsoorten die het op spiering gemunt hebben zijn oogjagers en hebben gunstige lichtomstandigheden nodig om de spiering te kunnen lokaliseren. Ook de horizontale verspreiding varieert enorm. Van dag tot dag kunnen er grote verschuivingen optreden en het voorkomen van scholen lijkt slecht voorspelbaar (Mous 2000, Dekker & de Leeuw 2001). Daarnaast is de seizoensdynamiek van spieringbestanden van belang: door het seizoen variëren de aantallen en biomassa sterk. In het IJsselmeer plant spiering zich doorgaans na één jaar voort en slechts een zeer kleine fractie wordt ouder dan één jaar. De spiering die overblijft na de intensieve voorjaarsvisserij plant zich in maart voort en

de hoeveelheid jonge spiering in de zomer is vermoedelijk sterk dichtheidsafhankelijk: de beschikbaarheid van zooplankton lijkt beperkend te kunnen zijn voor groei en overleving (Mous 2000, de Leeuw 2001). Dat heeft belangrijke consequenties voor de hoeveelheid beschikbare spiering voor vogels. Bovendien hangt die dichtheidsafhankelijke dynamiek samen met de hoeveelheid andere (jonge) vis, waaronder jonge baars, die als alternatieve voedselbron voor vogels kan dienen en met het visserijbeheer van spiering, baars en snoekbaars. Behalve de spieringvisserij heeft ook de baars- en snoekbaarsvisserij een rol in het systeem. Met onder andere spiering als prooi zijn baars en snoekbaars belangrijke predatoren en veranderingen in de roofvisstand kunnen dus doorwerken op de spieringstand.

In reguliere monitoringsprogramma's van het RIVO in het IJsselmeergebied wordt jaarlijks een index voor spieringaantallen in de herfst bepaald. Deze gegevens voorzien niet in inzicht in de seizoensdynamiek van bestanden, noch in de verticale verdeling van spiering over de waterkolom. Op basis van deze data is een vertaling van de spieringindex naar voedselbeschikbaarheid voor verschillende soorten vogels dus niet mogelijk.

Om de beschikbaarheid van spiering voor vogels te kunnen bepalen ontbreekt op dit moment dus (voldoende) kennis over:

1. variatie in verticale verspreiding van spiering over de waterkolom gedurende het seizoen en variabele condities van troebelheid.

2. dynamiek van bestanden (dichtheidsafhankelijke groei en sterfte, zowel binnen de spieringpopulatie als tussen populaties spiering, jonge baars e.a. en visserijeffecten).

Om inzicht in deze processen te krijgen zou een volwaardig monsterprogramma nodig zijn waarin de seizoensdynamiek gevolgd wordt door jaarrond spiering te bemonsteren, gekoppeld aan methodieken om variatie in verticale verspreiding in kaart te brengen. Deze gegevens zouden de input kunnen leveren bij een modelmatige benadering van de relatie tussen spieringdynamiek en voedselbeschikbaarheid voor vogels. Een dergelijk programma zou echter erg kostbaar zijn. Om een start te maken met het analyseren van dit complexe samenspel is binnen dit onderzoek middels een verkennende studie onderzocht wat de potenties hiervan zouden zijn. Daarbij is aandacht besteed aan de volgende onderwerpen:

1. Een pilotstudy naar de bepaling van de verticale verspreiding van spiering in het IJsselmeer. Daarbij is gebruik gemaakt van sonarapparatuur en bemonsteringen met een stramienkor.

2. Een analyse van historische datasets van maandelijks aantallen spieringgetende vogels en de spieringindex.

3. Het effect van de visserijinspanning van spiering- en baars/snoekbaarsvisserij op biomassa spiering. Deze vraag is onderzocht met behulp van simulatie van effecten van visserijinspanning in PISCATOR.

4. Een analyse van dichtheidsafhankelijke groei en sterfte

5. In overleg met de opdrachtgever vaststellen op basis van beschikbare kennis en gegevens welke hoeveelheid spiering als wenselijk moet worden gezien.

## 2.3 Zwarte stern als modelsoort

Bij de pilotstudie naar de beschikbaarheid van spiering via de verticale verspreiding hebben we ons geconcentreerd op de situatie in de zomer voor ruiende zwarte sterns. Weliswaar zijn zwarte sterns niet de grootste spieringconsumenten op jaarbasis, maar zwarte sterns genieten een hoge beschermingsstatus door hun sterke afhankelijkheid van de voedselsituatie in het IJsselmeer. Verder zijn ze een goede modelsoort voor de groep vogels die alleen vis uit de bovenste waterlagen kunnen benutten. Bovendien zijn ze in een korte periode van het jaar zeer talrijk aanwezig (de meest abundante spieringeter in augustus).

Elk najaar doen grote aantallen ruiende zwarte sterns op weg vanuit hun broedgebieden in Noord- en Oost-Europa het IJsselmeergebied aan (Schouten 1982). Binnen een week of drie voltooien ze hier hun lichaamsrui en een deel van de handpenrui en vetten ze op voor de trek

naar hun Afrikaanse overwinteringsgebieden (Olsen & Larsson 1994, van der Winden 2003). Omdat alternatieve gebieden ontbreken is het IJsselmeergebied in deze fase van de trek essentieel voor een groot deel van de Europese broedpopulatie zwarte sterns. De belangrijkste voedselbron in die periode is jonge spiering. Daarnaast kan ook andere jonge vis zoals jonge baars als prooi dienen.



## 3. Materiaal en methoden

### 3.1 Analyse historische datasets visstandbemonsteringen

Aan de hand van tijdseries van visstandbemonsteringen en visserijgegevens is gekeken in hoeverre schommelingen in de hoeveelheid spiering veroorzaakt kunnen worden door de hoeveelheid roofvis (baars en snoekbaars >10 cm) en visserijstatistieken. Jaarlijks wordt in het IJsselmeer en Markermeer in het najaar de visstand bemonsterd met de grote kuil en electrokor (zie Deerenberg et al. 2003 voor gebruikte methode en meest recente rapportage). In het kader van dit project zijn gegevens uit de periode 1976-1999 gebruikt om de relatie proovis-spiering te analyseren. Deze bemonsteringen worden iets later uitgevoerd (oktober) dan de periode die voor zwarte sterns het belangrijkste is (augustus).

### 3.2 PISCATOR simulaties

Veranderingen in de hoeveelheid spiering in relatie tot visserijbeheer zijn gesimuleerd met behulp van het model PISCATOR. Een beschrijving van het model wordt gegeven in Lammens (1999) en van Nes (2002). Met behulp van PISCATOR is het mogelijk om ontwikkelingen in de visgemeenschap te simuleren in verschillende scenario's. De effecten van de verandering in visserijinspanning van spiering/baars- en snoekbaarsvisserij op de biomassa van zowel spiering als baars/snoekbaars kan hiermee voorspeld worden.

Simulaties zijn uitgevoerd voor de volgende situaties:

- a. Reductie van de fuikvisserij met 75% ten opzichte van huidige situatie (effect bijvangst jonge baars en snoekbaars).
- b. Reductie van de staande netten met 75% (effect vangst piscivore baars en snoekbaars).
- c. Spiering visserij constant gehouden met alleen natuurlijke variatie spieringstand (effect van 'natuurlijke' bestandsschommelingen).

### 3.3 Analyse historische datasets van maandelijks aantallen spieringgetende vogels en de spieringindex

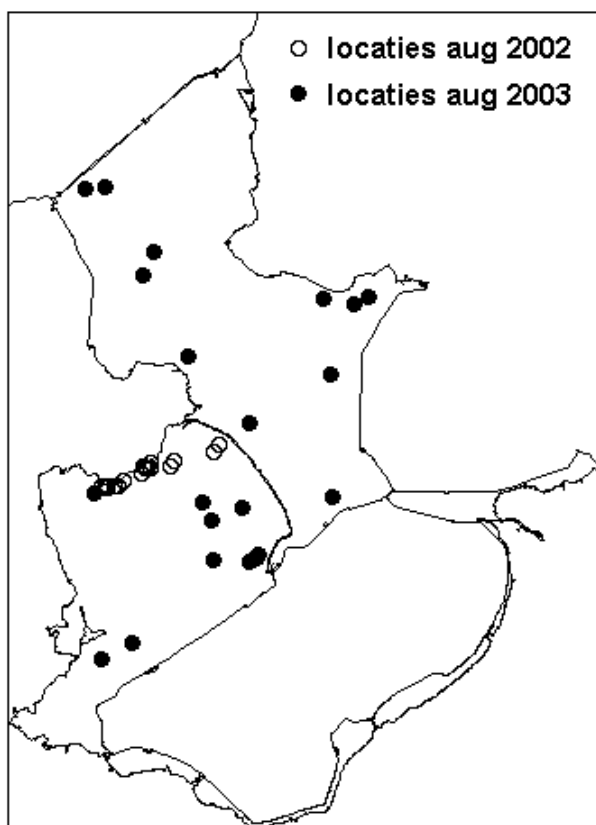
De telgegevens van watervogels in het IJsselmeer en Markermeer zijn afkomstig van het RIZA. Vanaf 1980 worden er maandelijks vliegtuigtellingen uitgevoerd. Voor de analyses zijn aantallen vogels omgerekend naar aantallen vogeldagen: het aantal vogels dat in een maand geteld is vermenigvuldigd met het aantal dagen van die maand. Het aantal vogeldagen is een maat die zich rechtstreeks verhoudt tot de voedselconsumptie. Daarnaast wordt in de nazomer tweewekelijks de slaaptrek van zwarte sterns geregistreerd bij Vatrop. Voor zover deze gegevens gepubliceerd zijn (1980-1984 en 1989-1995 en 2000) zijn ze gebruikt voor het schatten van aantallen vogeldagen (Schobben *et al.* 1995, Schouten 1982, van der Winden & Schobben 2000).

### 3.4 Visbemonstering met stramienkor

Om de bereikbaarheid van spiering voor sterns te kunnen bepalen, is de relatie tussen aanwezigheid van zwarte sterns, spiering en (piscivore) baars en snoekbaars onderzocht aan de hand van bemonsteringen in het IJsselmeergebied in augustus 2002 en 2003.

#### 3.4.1 Bemonstering op verschillende dieptes augustus 2002

Op 27 en 28 augustus 2002 zijn bemonsteringen uitgevoerd met de stramienkor (3m boom) vanaf het onderzoeksschip 'de Stern'. Locaties die bemonsterd zijn liggen allemaal aan de noordkant van het Markermeer (voor monsterlocaties zie fig. 3.1). Dit gebied is gekozen vanwege de relatief luwe ligging bij noordenwind, de windrichting op beide bemonsteringsdagen. Met name voor de metingen met de sonarapparatuur is een rustig wateroppervlak belangrijk om de ruis veroorzaakt door golfslag te minimaliseren.



Figuur 3.1 Monsterlocaties in het Markermeer op 27 en 28 augustus 2002 en 11 t/m 14 augustus 2003.

In totaal zijn er 13 gecombineerde trekken (duur 10 minuten, waarbij grofweg 1 km bevist werd) uitgevoerd, waarbij telkens per locatie een oppervlakte trek is gecombineerd met een bodemtrek (7 op 27 augustus en 6 op 28 augustus). Eén gebied (ten westen van Appelhoek) is op beide dagen bemonsterd.

Daarnaast is er een trek uitgevoerd in de spuikom van de sluisen bij Enkhuizen. Bij de keuze van locaties is vooral rekening gehouden met het voorkomen van foeragerende zwarte sterns en/of meeuwen. Een kwadrant, 500 m uit de kust bij Appelhoek is op beide dagen bevist toen er respectievelijke veel en geen sterns foerageerden. Per monsterlocatie is trekduur, trek lengte,

diepte, zichtdiepte (Secchischijf) en watertemperatuur bepaald. Vangsten zijn omgerekend naar aantal/uur. Tevens werd er een schatting gemaakt van het aantal aanwezige (foeragerende) zwarte sterns in de wijde omgeving (zover zichtbaar met verrekijker). Gedurende de bemonsteringsperiode was het relatief helder water (Secchi doorzicht 1.3-1.5 m).

Bij baars en snoekbaars werd op basis van de lengteverdeling onderscheid gemaakt tussen proovis (< 10 cm) en piscivore baars en snoekbaars (>10 cm) (Rabaey 2000, de Leeuw *et al.* 2001).

### 3.4.2 Sonar

Naast bemonsteringen van de bovenste (onder de oppervlakte) en onderste waterlaag (boven de bodem) werd op 27 en 28 augustus 2002 ook geëxperimenteerd met het bepalen van de verticale verspreiding van over de hele waterkolom met behulp van sonar. Hiervoor werden hydro-akoestische gegevens verzameld met behulp van een echolood in het noordelijk Markermeer (hoek Enkhuizen, Hoornse Hop, Trintelhaven) op een plek waar grote hoeveelheden zwarte sterns wezen op de aanwezigheid van spiering. Er werd een aluminium boot van 7 meter met een 4 takt 80 PK buitenboordmotor gebruikt (standaard OVB). De koers snelheid was 2 km/uur. Akoestische apparatuur bestond uit een Simrad EK60 echolood met een 200 kHz splitbeam transducer. De transducer werd voor de boeg opgehangen in een zogenaamde "pen and tilt" boom. De aldus bevestigde transducer bevond zich ongeveer 40 cm onder water en kon 180° draaien: verticaal naar beneden, aan beide kanten van de boot, vlak onder het wateroppervlak en alle standen daartussen. Er werden verschillende configuraties getest. De belangrijkste settings waren: Input power: 400/1000 W; Verticaal TVG functie: 20 logR; ; Horizontaal TVG functie: 40 logR; Drempelwaarde: -70 (horizontaal) en -80 (verticaal). Op 27 augustus stond er een noordoostelijke wind, kracht 5-6 Beaufort, waardoor alleen verticaal getest kon worden. Op 28 augustus werd vroeg in de ochtend onder vrijwel windloze omstandigheden getest.

Deze metingen liepen grotendeels parallel met waarnemingen van foeragerende zwarte sterns vastgelegd vanaf de Stern, en bemonsteringen met stramienkor over de bodem en aan het oppervlak op dezelfde locaties.

### 3.4.3 Bemonstering op verschillende dieptes augustus 2003

Op basis van de ervaringen met bemonsteringen met stramienkor en sonar in 2002 is van 11-15 augustus 2003 opnieuw bemonsterd in het IJsselmeer en Markermeer met het doel om de relatie tussen jagende baars, de aanwezigheid van spiering en de beschikbaarheid van spiering voor sterns nader te kwantificeren. Daarbij werd geen sonar ingezet, maar alleen met stramienkor gevist in combinaties van bodem- en oppervlaktetrekken (analoog aan de methode gebruikt in 2002). In augustus 2003 bleek echter het spieringbestand uitzonderlijk laag (historisch minimum) en was het aantal zwarte sterns aanzienlijk lager dan andere jaren. Zoekend naar concentraties spiering en sterns werden gestandaardiseerd tellingen van sterns verricht (zie 3.4.4) en regelmatig visbemonsteringen uitgevoerd waardoor een gedetailleerd ruimtelijk beeld werd verkregen van de aanwezige spiering, baars en foerageermogelijkheden voor sterns. Daarbij werd in een week tijd uiteindelijk bijna het hele IJsselmeer en Markermeer gebiedsdekkend bekeken en zijn zowel op plekken met sterns als zonder sterns visbemonsteringen uitgevoerd (fig. 3.1).

Op 11 augustus is eerst het noordelijk deel van het IJsselmeer afgezocht, waar een kleine concentratie van enkele honderden zwarte sterns werd gevonden in de buurt van de Afsluitdijk (ter hoogste van Breezanddijk. Op 12 augustus hebben we de geulsystemen in het noordelijk IJsselmeer gevolgd naar het zuiden en zijn daarna het Markermeer opgegaan. Hierbij hebben we een route evenwijdig aan de kust richting Marken en het IJmeer gevolgd, maar zijn we geen concentraties zwarte sterns tegengekomen. Op 13 augustus deden de enige concentraties zich voor aan de oostkant van het Markermeer, tegen de Houtribdijk aan.

De volgende dag is het zuidelijk deel van het IJsselmeer afgezocht en werd de tocht vervolgd langs de oostkant van het IJsselmeer tot aan de Steile Bank, waar een grote concentratie zwarte sterns aanwezig was. In totaal zijn 20 gecombineerde trekken (over de bodem en aan het oppervlakte) en twee extra oppervlaktetrekken uitgevoerd.

#### 3.4.4 Tellingen zwarte sterns augustus 2003

Zwarte sterns en visdieven werden geteld volgens de ESAS (European Seabirds at Sea) methode (Camphuysen & Garthe 2001). Dit is een internationaal gebruikte en geaccepteerde methode om dichtheden van zeevogels vast te stellen door tellingen vanaf varende schepen. Rekening houdend met de snelheid van het schip worden vogels op regelmatige intervallen geteld in een vast gebied. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen foeragerende en pleisterende vogels.

Daarnaast is tijdens elke bemonstering een inschatting gemaakt van de groepsgrootte van foeragerende zwarte sterns. De resultaten van deze tellingen zijn gebruikt in analyses van verbanden tussen aanwezige hoeveelheid sterns en dichtheden spiering en roofvis.

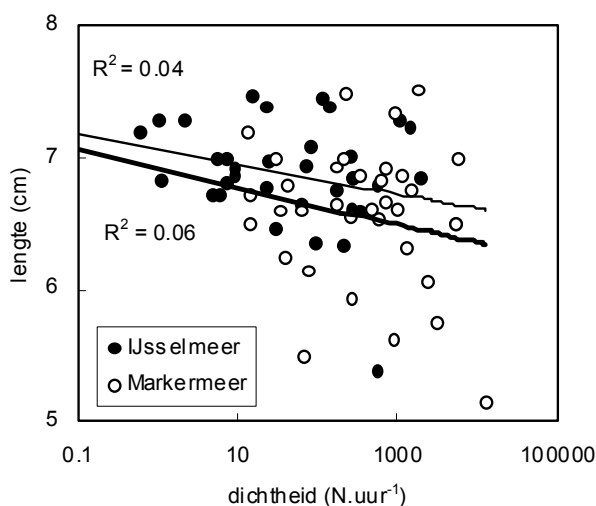
## 4. Resultaten

### 4.1 Analyse van factoren die variatie in hoeveelheid spiering bepalen

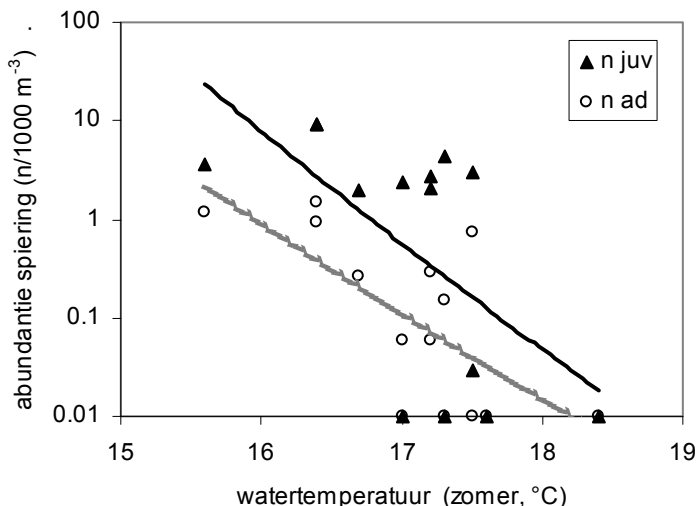
De spieringstand varieert sterk van jaar tot jaar met een ordegrrootte van een factor 10 tussen spieringrijke en spieringarme jaren (o.a. Mous *et al.* 2003). Als het gaat om voedselbeschikbaarheid van spiering voor vogels speelt deze variatie tussen rijke en arme jaren mogelijk een belangrijke rol. Achtereenvolgens wordt aan de hand van tijdseries besproken in hoeverre deze variatie een natuurlijke dynamiek volgt, wat de rol van piscivore baars en snoekbaars en de spieringvisserij is en in hoeverre er aanwijzingen zijn dat de aantallen spieringgetende vogels afhankelijk zijn van de variatie in hoeveelheden spiering.

#### 4.3.1 Draagkracht

De hoeveelheid spiering in de zomer wordt vermoedelijk beïnvloed door dichtheidsafhankelijke processen: de voedselbeschikbaarheid (zoöplankton) is beperkend voor groei en overleving. Dit uit zich in jaren met hoge dichtheden spiering wanneer voedselgebrek kan optreden en de groei achter kan blijven, gemeten aan de lichaamslengte aan het eind van het eerste groeiseizoen (fig. 4.1). Omdat de hoeveelheid zoöplankton in de loop van de zomer afneemt, ontstaat er voedselgebrek en neemt de conditie van spiering af (Mous *et al.* 2003). De jaarlijkse variatie in groei en hoeveelheid spiering is echter erg groot en de vraag blijft in hoeverre de aantallen ook worden gereguleerd door andere factoren dan draagkracht alleen. Bovendien hangt die dichtheidsafhankelijke dynamiek samen met de hoeveelheid andere zoöplanktonetende (jonge) vis, waaronder jonge baars die als alternatieve voedselbron voor vogels kan dienen, en met het visserijbeheer van spiering, baars en snoekbaars. Temperatuur speelt vervolgens ook een belangrijke rol: bij hoge temperaturen gedijt spiering slecht zoals blijkt uit onderzoek in de Gironde(Frankrijk) waar de hoeveelheid spiering sterk afhankelijk is van de gemiddelde zomertemperatuur. Bij met name juveniele spiering laten warme zomers een dramatisch effect zien (Pronier & Rochard 1998; fig. 4.2). Dit blijkt ook uit de bijzonder slechte spieringstand na de langdurig warme zomer van 2003 in het IJsselmeergebied met watertemperaturen ver boven de 20°C.

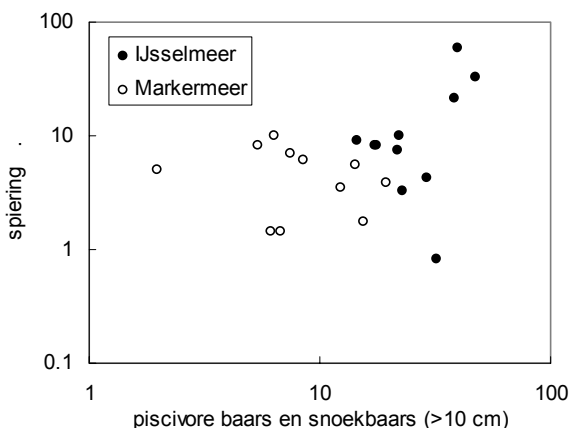


Figuur 4.1. De gemiddelde lengte aan het eind van een groeiseizoen in relatie tot de abundantie van spiering in het najaar (gemiddeld aantal per jaar in de periode 1970-2000).



Figuur 4.2. Abundantie van spiering in respectievelijk het eerste groeiseizoen (juv) en tweede groeiseizoen (van juveniele naar adulte stadium) in de rivier de Gironde, Frankrijk, in relatie tot de gemiddelde watertemperatuur in de zomer (naar gegevens van Pronier & Rochard 1998).

Naast voedsel en temperatuur is de hoeveelheid roofvis een factor die van invloed is op de hoeveelheid spiering. Er bestaat geen duidelijk verband tussen de aantallen spieringen in het najaar en de hoeveelheid piscivore baars en snoekbaars (lengte >10 cm, fig. 4.3). Vermoedelijk is dit het gevolg van een samenspel van twee processen: baars en snoekbaars oefenen een predatiedruk uit op spiering waardoor bij grote hoeveelheden roofvis het spieringbestand sterker onder druk staat. In jaren met veel spiering echter kan de stand baars en snoekbaars (vooral de jonge predatoren) daarvan profiteren en heeft daardoor mogelijk zelfs een hogere overleving. Het nettoresultaat van beide processen is dan moeilijk voorspelbaar en uit zich niet in een duidelijk patroon.



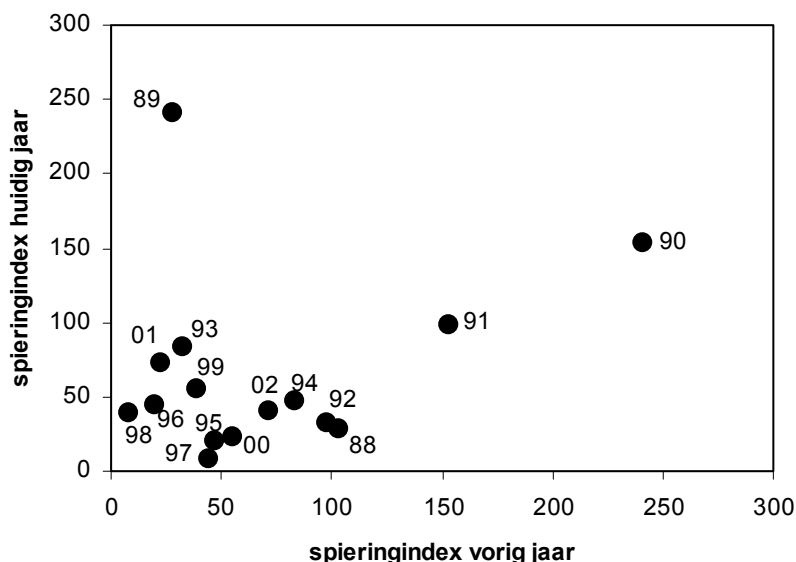
Figuur 4.3. Relatie tussen de gemiddelde jaarlijkse hoeveelheid spiering in het najaar (cpue, gewicht) en de hoeveelheid piscivore baars en snoekbaars in het najaar in de periode 1989-1999.

De jaarlijkse variatie is vervolgens ook groot doordat er geen populatie-dynamische terugkoppelingen bij spiering (die zich na 1 jaar voortplant) lijken op te treden. Dat wil zeggen dat veranderingen in de spieringstand in een bepaald jaar nauwelijks lijken door te werken op de spieringstand in het daarop volgende jaar (fig. 4.4). Zo komt bijvoorbeeld de extreem goede spieringstand in 1989 voort uit een matige spieringstand van het jaar daarvoor. De twee jaren

daarop waren overigens ook relatief sterke spieringjaren (1990, 1991). Na het redelijk goede spieringjaar 2002 bleek in 2003 de populatie volledig in te storten.

Het is de vraag of de spieringstand direct na deze klap zich kan herstellen in 2004. De overige jaren van het afgelopen decennium laten een min of meer random opeenvolging zien.

Het ontbreken van een duidelijk verband tussen de spieringstand van jaar op jaar (het aantal rekruten van een bepaald jaar is tevens de potentiële paaipopulatie voor het volgende seizoen) suggereert dat binnen de huidige variatie in de jaarlijkse spieringstand een *stock-recruitment* koppeling ontbreekt, en de paaipopulatie doorgaans dus niet beperkend is voor de reproductie. Het is echter de vraag of dat ook geldt voor de extreem slechte situatie die zich in 2003 voordeed.



Figuur 4.4. Relatie spieringstand (jaar aangegeven met label, staat voor huidig jaar) en spieringstand in het voorafgaande seizoen.

Voedsel, temperatuur, predatie en dichtheidsafhankelijke terugkoppelingseffecten (groei, recruterings) zorgen ervoor dat de spieringstand varieert, maar moeilijk voorspelbaar is. Complexe multivariate statistische analyses waren niet mogelijk binnen dit bestek, maar zouden een beter licht op dit samenspel van factoren kunnen werpen.

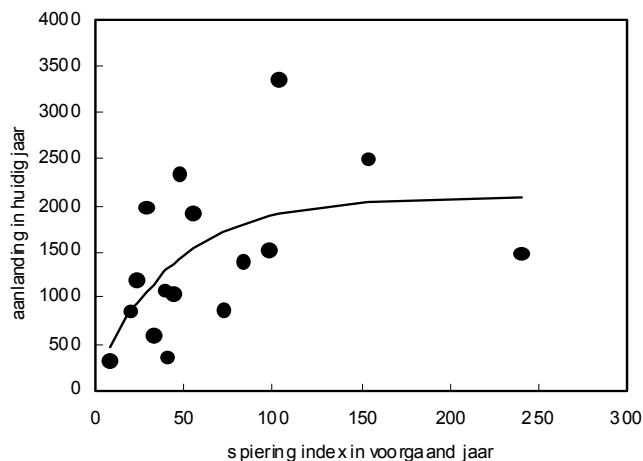
#### 4.3.2 Effecten van visserij op paaipopulatie

Spieringvisserij, zoals uitgevoerd in de afgelopen jaren, heeft vermoedelijk geen grote effecten op de toekomstige spieringstand. De visserij vindt plaats op paaierende spiering dus op het moment dat een nieuwe generatie tot stand komt. Deze nieuwe generatie begint zich vanaf het voorjaar te ontwikkelen en vormt in zomer, najaar en winter het voedsel voor vogels en roofvissen. De spieringstand in een bepaald jaar blijkt volgens een statistisch model (loglineaire regressie) niet afhankelijk van de spieringstand in het voorafgaande jaar (Figuur 4.4) en ook niet van de mate van visserij (aanlanding) in dat jaar. Er zijn dus geen aanwijzingen dat de paaistand zou worden bedreigd door visserij, hoewel in extreme situaties van een zeer lage spieringstand (zoals in 2003) daar geen uitspraak over kan worden gedaan, omdat zo'n situatie zich in de periode waarover gegevens beschikbaar zijn zich nog niet heeft voorgedaan. Het is niet bekend hoe groot de minimale paaipopulatie moet zijn om het voortbestaan van spiering te waarborgen.

De bemonsteringsgegevens in het najaar kunnen worden vergeleken met de aanvoercijfers in het daarop volgende voorjaar. In de afgelopen 16 jaar blijkt de schatting van de spieringstand in

het najaar een redelijk goede voorspeller van de spieringvangst in het daaropvolgende voorjaar (figuur 4.5).

De aanvoer wordt echter niet alleen bepaald door de hoeveelheid spiering in het voorafgaande najaar, maar ook door (variatie in) wintersterfte, vangbaarheid in het voorjaar en de marktvraag. Deze laatste factor is de oorzaak van het afplatten van de curve in figuur 4.5.



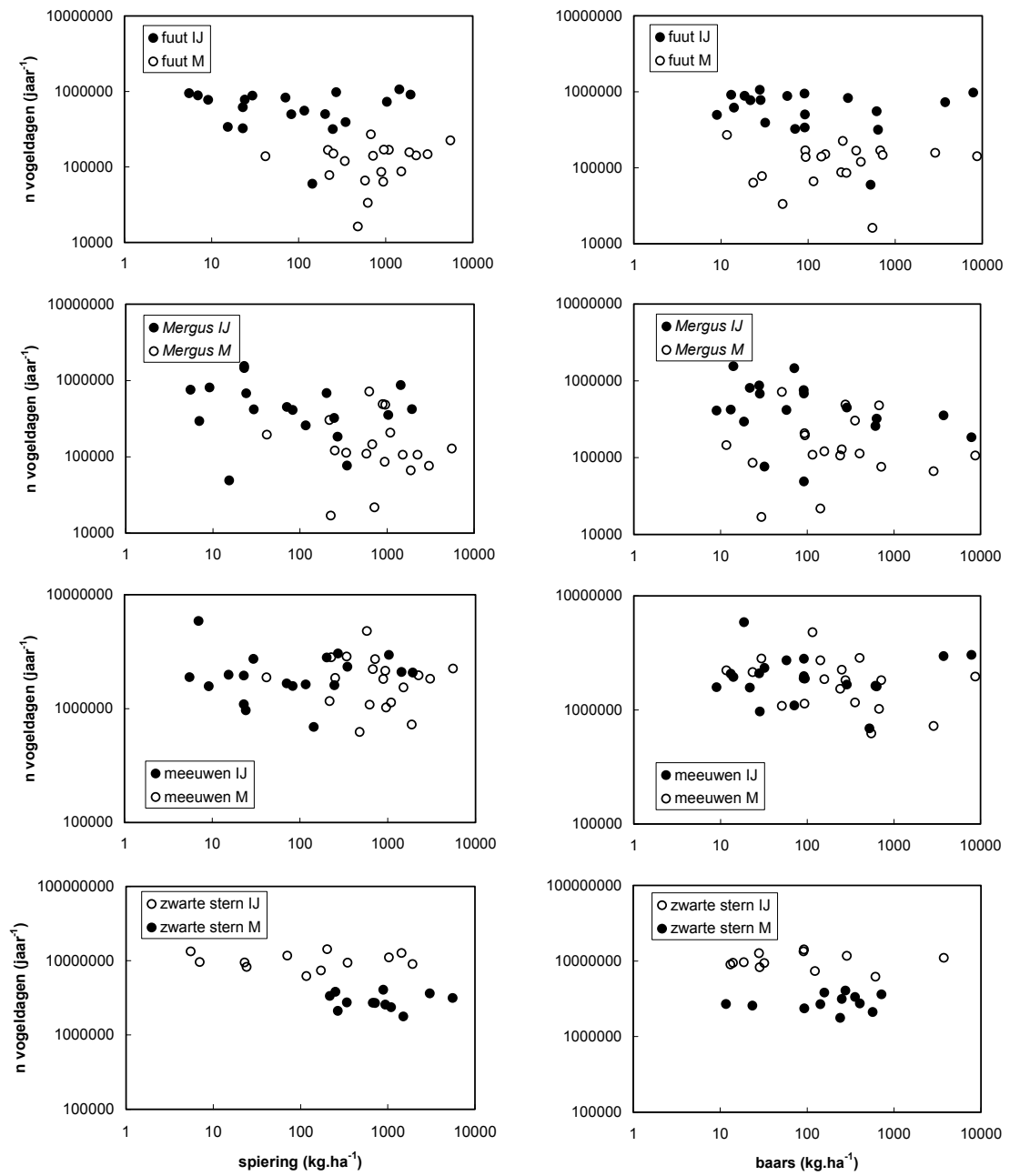
Figuur 4.5. De relatie tussen aanlanding van spiering uit spieringfuikvisserij in het voorjaar (in tonnen) en de spieringindex (in kg/uur vissen) vastgesteld op basis van bemonsteringen met de grote kuil in het voorafgaande najaar (1989-2002).

#### 4.3.3 Analyse historische datasets van aantallen spieringgetende vogels

Het IJsselmeergebied wordt jaarlijks door diverse soorten vogels in verschillende perioden van het jaar gebruikt als rui-, doortrek- of overwinteringsgebied. Van de soorten die vooral op spiering foerageren zijn de zomer en herfst belangrijk voor zwarte sterns, visdieven, meeuwen en futen. In de winter is het gebied vooral van belang voor zaagbekken. Na kokmeeuwen zijn zwarte sterns en futen getalsmatig de grootste spieringconsumenten.

Voor alle spieringgetende vogelsoorten geldt dat er feitelijk geen verband bestaat tussen het aantal vogels dat van het IJsselmeer en Markermeer gebruik maakt (uitgedrukt in vogeldagen) en de hoeveelheid spiering en baars (fig. 4.6). (N.B. in augustus 2003 werden overigens zeer weinig zwarte sterns waargenomen in vergelijking met andere jaren; mededeling H. Schobben). De vogelaantallen lijken veel constanter dan de hoeveelheden spiering en baars die in het najaar werden vastgesteld. Analooq aan (het ontbreken van) de relatie tussen piscivore baars en snoekbaars en de hoeveelheid spiering, is het aantal vogeldagen niet duidelijk gerelateerd aan de hoeveelheid vis. Het ontbreken van een dergelijke relatie wil niet zeggen dat de aantallen vogels niet afhankelijk zijn van de visstand. Ten eerste is de spieringstand aan het eind van het groeiseizoen (najaar) de resultante van de spieringproductie en -consumptie, die dus wel degelijk gerelateerd kunnen zijn met aantallen vogels. Spieringproductie is echter zeer moeilijk te meten (zie Mous 2000). Bovendien laat de hoeveelheid spiering zich niet direct vertalen naar beschikbare hoeveelheid spiering voor vogels als daar de variatie in bereikbaarheid van spiering niet in meegenomen is.





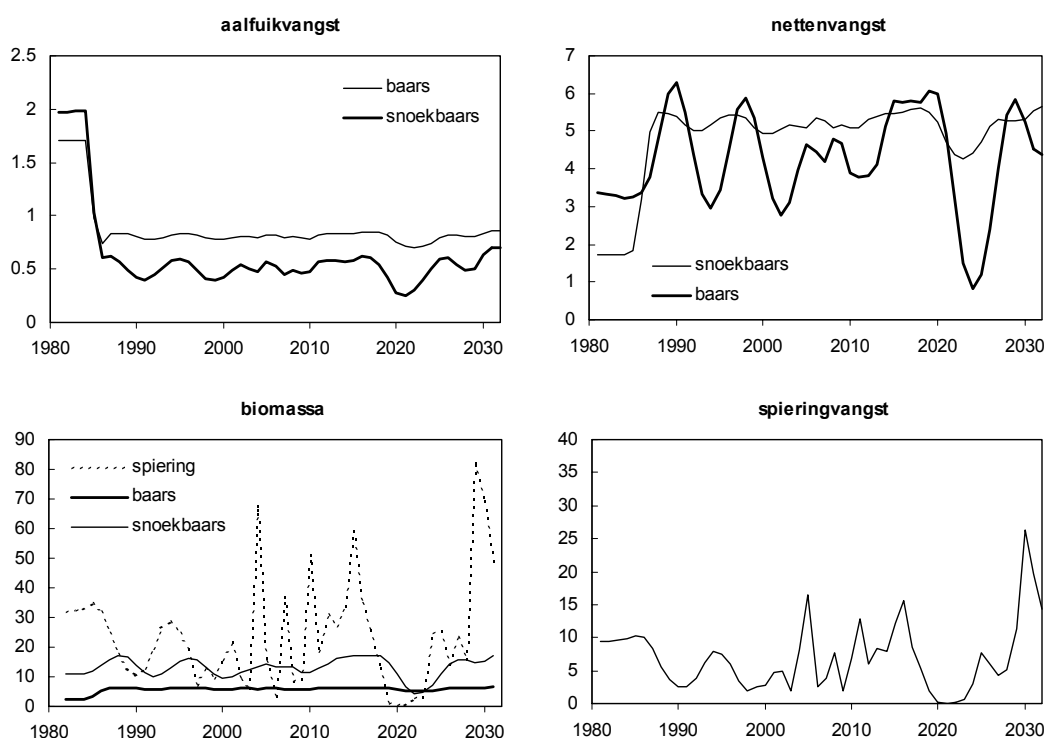
Figuur 4.6. Relatie tussen aantal vogeldagen van visetende vogels op het IJsselmeer (IJ) en Markermeer (M) en de dichtheid spiering (links) en baars (rechts).

## 4.2 Simulaties met PISCATOR

De effecten van visserijbeheer op de hoeveelheid spiering is gesimuleerd voor 3 scenario's die respectievelijk betrekking hebben op de recruitering van piscivore baars en snoekbaars (via bijvangst in de aalfuikvisserij), in de overleving van piscivore baars en snoekbaars in de nettvisserij, en de natuurlijke schommelingen in de spieringstand en spieringvisserij.

### a. reductie van de fuikvisserij met 75%

In aalfuiken vindt veel bijvangst plaats van jonge baars en snoekbaars. Als deze sterfte niet zou optreden, zou een groter aantal baars en snoekbaars de gelegenheid krijgen op te groeien en dit zou naar verwachting de vangst van de visserij sterk kunnen vergroten. Daarom is het van belang na te gaan wat er zou gebeuren met de spiering- en baars/snoekbaarsstand als de aalfuikvisserij (en dus de bijvangst) beperkt zou worden. In de simulatie is in 1985 het aantal aalfuiken gereduceerd met 75%. Dit scenario resulteert in een initiële toename in de baars- en snoekbaarsstand en een afname in spiering (fig. 4.7): de toegenomen overleving van piscivoren legt een grotere druk op het spieringbestand. Deze toename ligt echter lager dan verwacht op grond van de gesimuleerde reductie in aantal aalfuiken.



Figuur 4.7. Verandering in de aalfuikvangst ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , linksboven), de netvangst ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , rechtsboven), de spieringvangst ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , rechtsonder) en de biomassa ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , linksonder) van baars, snoekbaars en spiering bij reductie van de aalfuikvisserij met 75% in 1985.

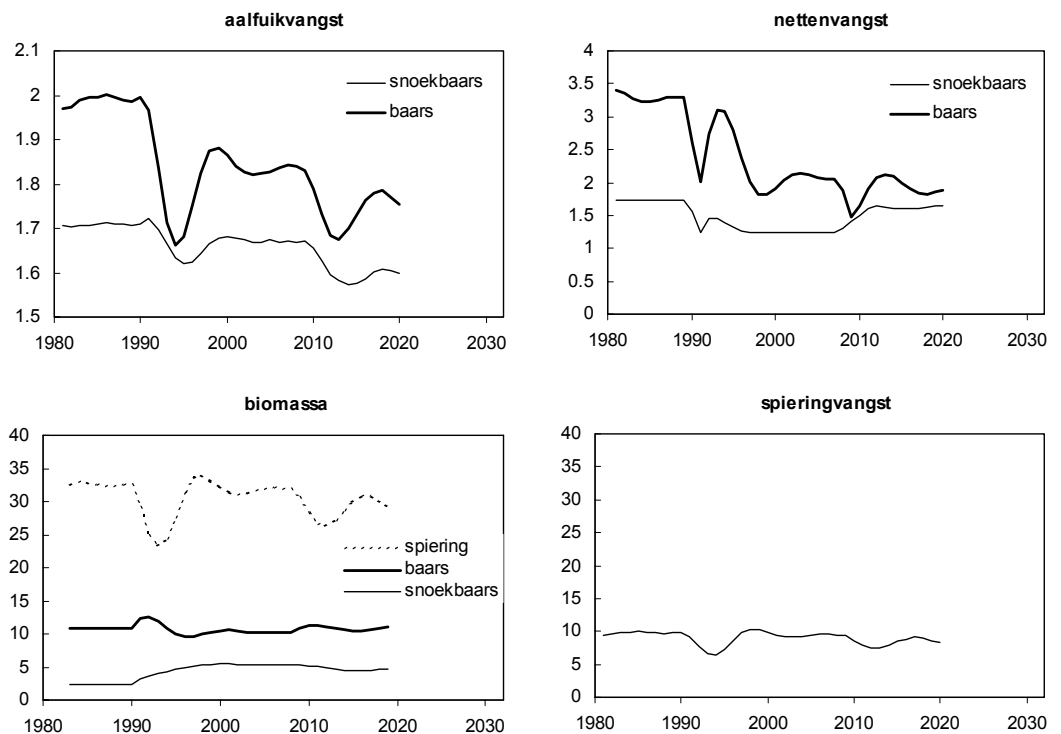
Compenserende processen, zoals toegenomen natuurlijke sterfte van de jonge schubvis, zijn hier debet aan. Na de aanvankelijke toename vertonen spiering en baars een sterk dynamisch patroon. Voor baars is dat waarschijnlijk het gevolg van een cyclisch terugkoppelingsproces met spiering, de belangrijkste prooi van baars, en kannibalisme op jonge baars in jaren met een lage spieringstand, zoals bijvoorbeeld massaal werd waargenomen in 2003. Ondanks de verhoogde predatiedruk blijven pieken in spieringstand zich voordoen.

De opbrengst van de nettenvisserij komt als geheel op een hoger niveau uit en stabiliseert hier voor snoekbaars. De opbrengst van baars en spiering vertoont hierna sterke schommelingen.

b. reductie van de staande netten met 75% en verandering maaswijdte

Een andere manier om de vangst van baars en snoekbaars te veranderen is door het aanpassen van de nettenvisserij. In de gebruikte simulatie is zowel het aantal netten gereduceerd (met 75%) als de maaswijdte aangepast. Wanneer de maaswijdte vergroot wordt, wordt grotere snoekbaars gevangen en minder baars omdat de meeste baars te klein blijft om in netten met grotere maaswijdte gevangen te worden. In de simulatie is in 1990 het aantal netten met 75% verminderd en is in 2010 een deel van de 100 mm netten vervangen door 120 en 140 mm netten.

De reductie in aantal netten in 1990 resulteert in een toename van het aantal snoekbaars terwijl de baarsstand gelijk blijft (fig. 4.8). Na een tijdelijke afname in spiering stabiliseert de stand weer op het oude niveau. De aanpassing in maaswijdte van het resterende aantal netten heeft weinig effect op de stand van spiering, baars en snoekbaars. In reactie op de reductie in aantal netten in 1990 neemt de vangst van zowel baars als snoekbaars sterk af, waarna de vangst stabiliseert op een lager niveau. De aanpassing in maaswijdte in 2010 heeft een geringe afname in baarsvangst en een toename in snoekbaarsvangst tot gevolg. Op de spieringvangst hebben beide aanpassingen nagenoeg geen effect.

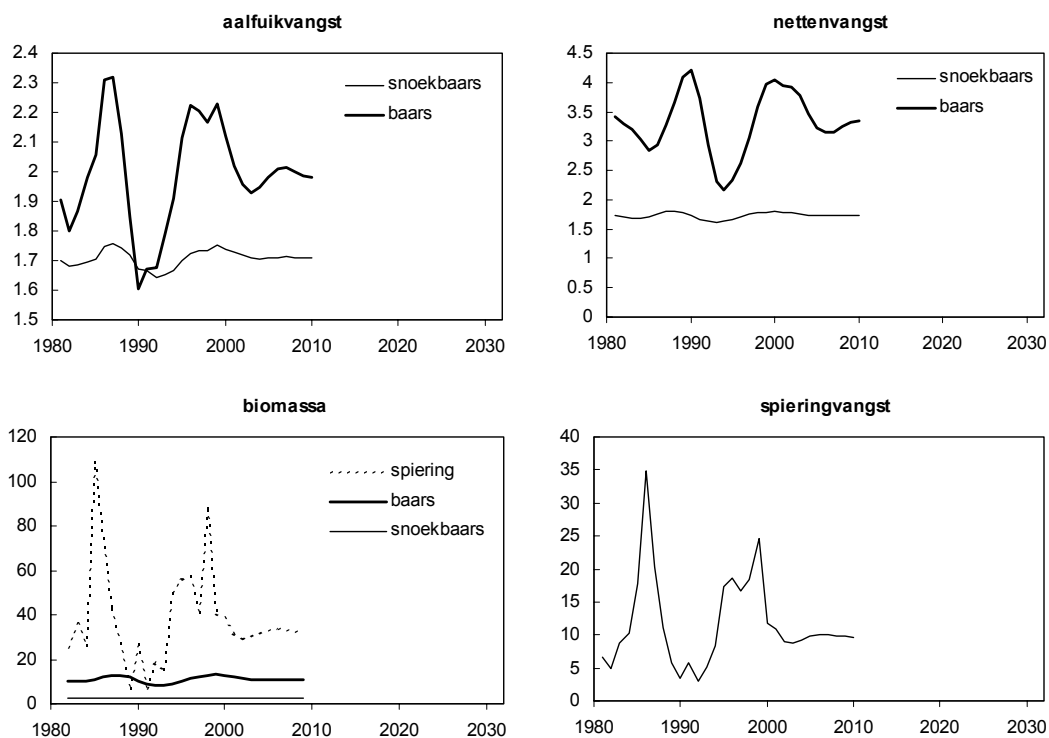


Figuur 4.8. Verandering in de aalfuikvangst ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , linksboven), de netvangst ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , rechtsboven), de spieringvangst ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , rechtsonder) en de biomassa ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , linksonder) van baars, snoekbaars en spiering bij reductie van de nettenvisserij van 75% (in 1990) en een maasgrootte aanpassing (2010).

c. spieringvisserij constant gehouden met natuurlijke variatie van de spieringstand

In dit scenario is uitgegaan van alleen natuurlijk variatie van de spieringstand. Hiermee is het mogelijk vast te stellen of bij natuurlijke variatie alleen de spieringstand door de spieringvisserij in gevaar komt. In dit scenario blijft de biomassa van baars en snoekbaars constant (fig. 4.9).

De spiering-biomassa en -vangst vertonen een sterke variatie. De baars- en snoekbaarsbiomassa en -vangst schommelen gedempt mee met de variatie in de spieringstand, hoewel omgekeerd niet duidelijk is in hoeverre de hoeveelheden piscivore baars en snoekbaars de schommelingen in de spieringstand versterken of dempen.



Figuur 4.9. Verandering in de aalfuikvangst ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , linksboven), de netvangst ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , rechtsboven), de spieringvangst ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , rechtsonder) en de biomassa ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , linksonder) van baars, snoekbaars en spiering bij een natuurlijke variatie van de spieringstand.

De 3 scenario's laten zien dat veranderingen in visserijbeheer weinig effect lijken te hebben op de gemiddelde hoeveelheid spiering en dat schommelingen in het spieringbestand blijkbaar grotendeels onvoorspelbaar optreden. Zowel de analyses van tijdreeksen van bemonsteringsgegevens als de simulaties met PISCATOR laten zien dat mogelijke effecten van visserijbeheer op de beschikbare hoeveelheid spiering voor vogels dus niet zonder meer teruggevonden worden in effecten op de hoeveelheid spiering ('de spieringstand'). Daarom moeten mogelijke effecten van visserijbeheer veeleer gezocht worden in de bereikbaarheid van spiering.

### 4.3 Bemonstering op verschillende dieptes met stramienkor

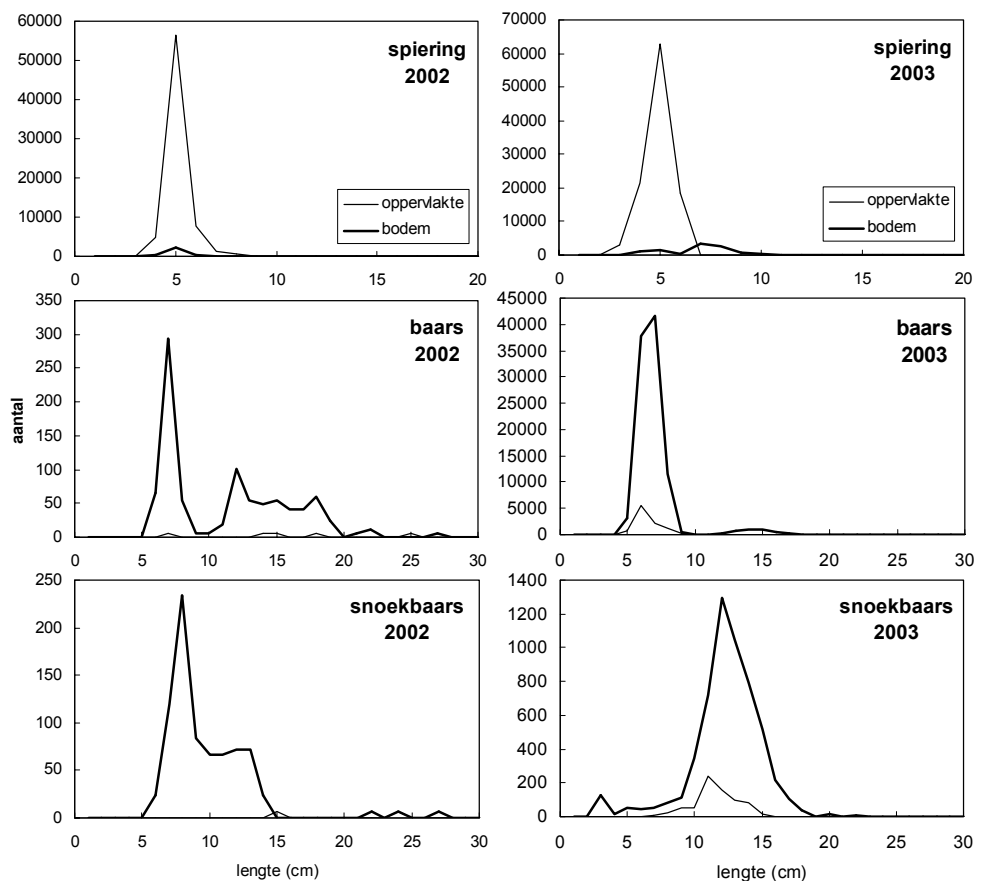
Om inzicht te krijgen in de bereikbaarheid van spiering voor vogels zijn bemonsteringen uitgevoerd om de verdeling van spiering over de waterkolom in beeld te krijgen.

Paarsgewijs zijn trekken met een stramienkor uitgevoerd onder het wateroppervlak en boven de bodem in gebieden waar concentraties spiering en/of sterns waren. In de meeste gecombineerde trekken werd spiering vooral aangetroffen in de oppervlaktetrekken (tabel 4.1, fig. 4.10). Dat bij een doorzicht van 1.3-1.5 m (2002) nog massaal spieringen in de bovenste waterlaag werden aangetroffen, was verrassend, omdat spiering de neiging vertoont zich overdag bij de bodem op te houden, met name bij heldere condities (Mous 2000). In 2003 waren de gevangen aantallen spieringen gemiddeld hoger dan in 2002, mogelijk door het verschil in doorzicht (0.6 m in 2003). Pos kwam bijna uitsluitend voor in de bodemtrekken en is daarmee geen interessante prooi voor zwarte sterns. Van de piscivoren werden baars en snoekbaars (beide soorten worden piscivoor bij een lengte van gemiddeld >10 cm) vooral gevangen in de bodemtrekken. In 2003 waren er aanzienlijk meer piscivore snoekbaarzen vergeleken met 2002, terwijl 0-plus baarsjes in 2003 veel talrijker waren dan in 2002 (Fig. 4.10).

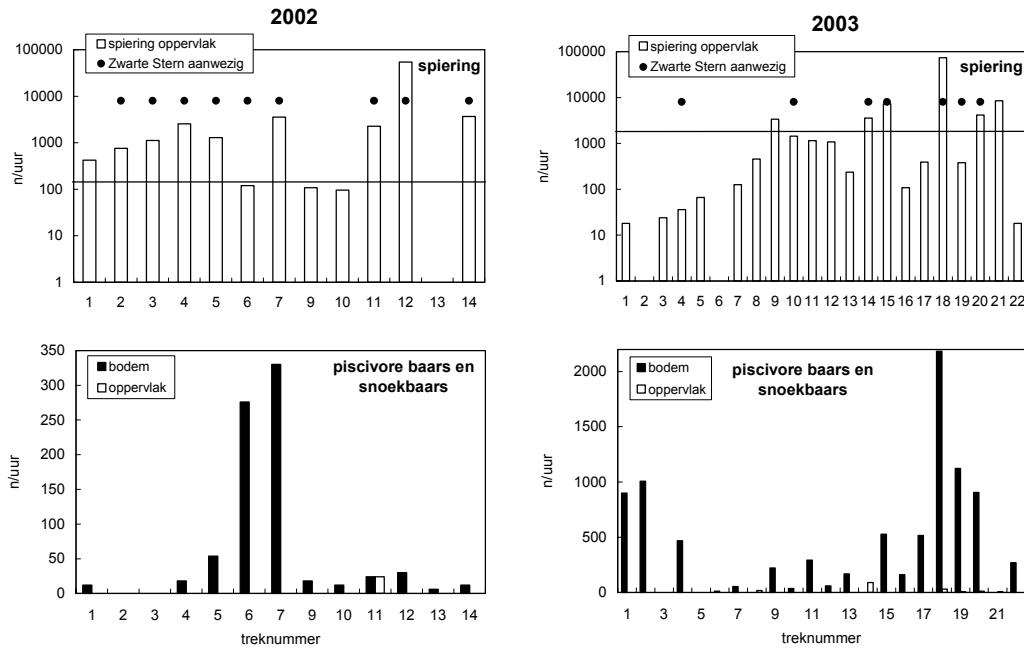
Tabel 4.1 Vangsten (gemiddeld aantal/uur) in paarsgewijze bodem- en oppervlaktetrekken met de stramienkor in 2002 en 2003, op locaties met en zonder zwarte sterns.

jaar	soort	bodem trekken		oppervlakte trekken	
		<i>zwarte stern</i> <i>afwezig</i>	<i>zwarte stern</i> <i>aanwezig</i>	<i>zwarte stern</i> <i>afwezig</i>	<i>zwarte stern</i> <i>aanwezig</i>
2002	<i>aantal trekken</i>	4	9	4	9
	aal	0	6	0	0
	alver	0	6	6	6
	baars	7	18	0	6
	blankvoorn	8	7	0	6
	brasem	0	6	0	0
	kolblei	0	6	18	6
	pos	8	93	0	9
	snoekbaars	18	28	6	6
	spiering	6	25	17	440
2003	<i>aantal trekken</i>	15	7	15	7
	aal	8	5	0	0
	baars	717	396	163	183
	blankvoorn	14	18	18	24
	bot	9	25	0	0
	brasem	7	619	9	0
	driedoornige stekelbaars	0	0	6	0
	pos	2228	5026	21	2049
	snoekbaars	31	77	10	39
	spiering	54	17	73	647

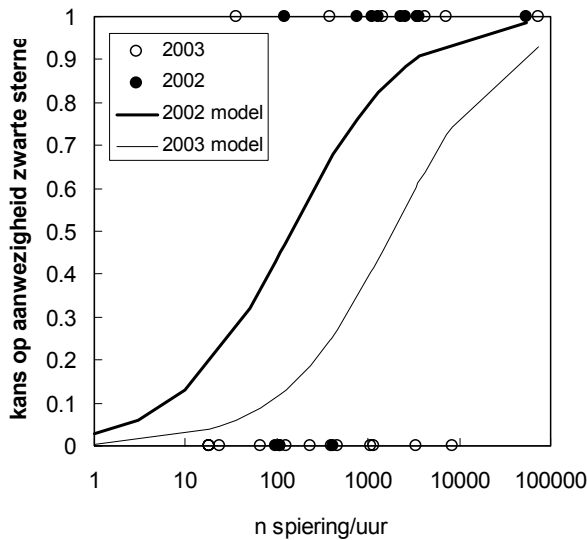
Zwarte sterns waren foeragerend aanwezig tijdens 9 van de 13 gecombineerde trekken in 2002 en in 7 van de 22 trekken in 2003 (tabel 4.1). De aantallen zwarte sterns per locatie varieerden tussen 0 en 4000. Opvallend was dat de sterns vooral foeragerend aanwezig waren in die gevallen dat de dichtheid spieringen in oppervlaktetrekken voldoende hoog was (fig. 4.11). Met een logistische regressie werd de kans geanalyseerd dat foeragerende zwarte sterns aanwezig waren in relatie tot de dichtheid spiering in de oppervlaktetrek. Met dit regressiemodel is berekend dat boven een soort grenswaarde van ca. 146 (2002) en 1875 (2003) aan het oppervlak gevangen spieringen/uur de kans op het aantreffen van sterns groter dan 0.5 was (fig. 4.12). Dit verschil tussen de twee jaren is mogelijk verklaarbaar door het verschil in doorzicht (1.3-1.5 m in 2002 en 0.6 m in 2003) en daardoor vangbaarheid van spiering (Mous 2000, Dekker & de Leeuw 2001). N.B. de gemiddeld hogere vangsten in 2003, ondanks de zeer slechte spieringstand, zijn het resultaat van lokaal spieringrijke plekken, en dus zeker niet representatief voor de gemiddelde situatie in het IJsselmeergebied. Drie gecombineerde trekken zijn gemaakt tijdens de schemering/in het donker in 2002 (trek 5-7). Met name de aantallen baars waren in deze trekken aanzienlijk hoger dan in de trekken die overdag gemaakt zijn (fig. 4.1). Het is mogelijk dat baars in de schemer beter vangbaar is omdat het net dan minder zichtbaar is ten opzichte van overdag (ontsnappingskans groter, zeker bij de relatief heldere omstandigheden met zicht van meer dan 1-1.5 m). Ook is het mogelijk dat in de schemer meer wordt gejaagd door baars en deze daardoor beter vangbaar is.



Figuur 4.10. Lengte-frequentieverdelingen van spiering, baars en snoekbaars in paarsgewijze oppervlakte- en bodemtrekken in 2002 (links) en 2003 (rechts).



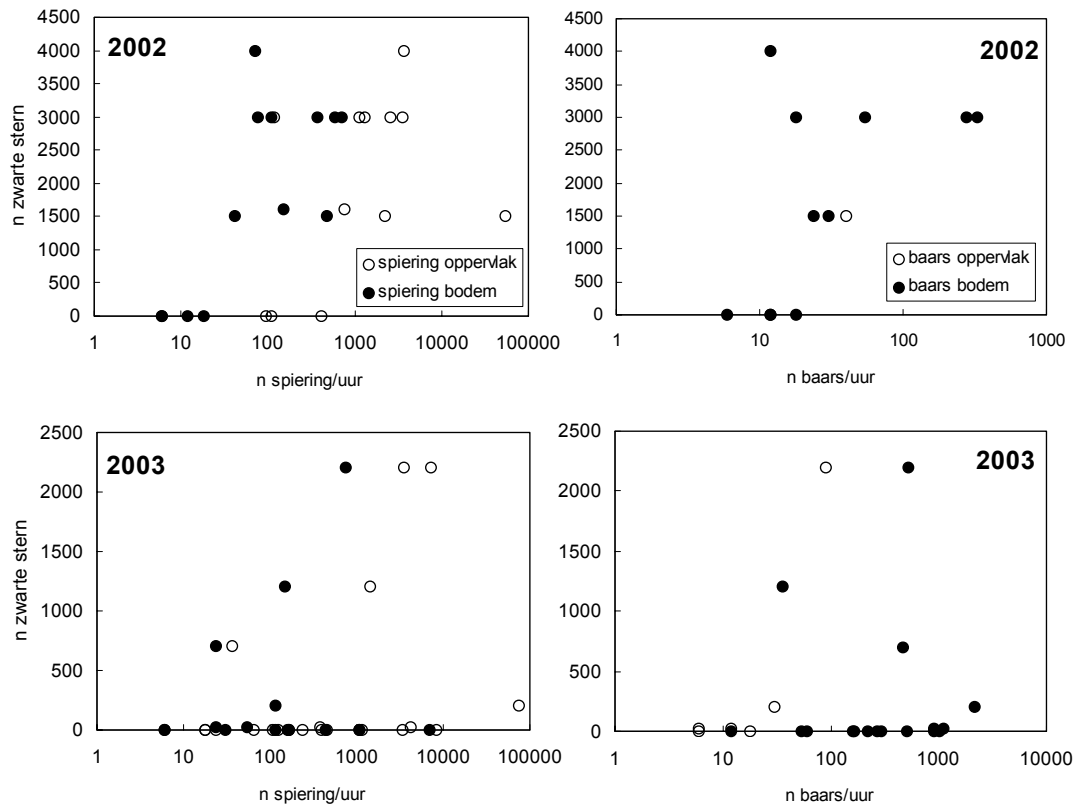
Figuur 4.11. Aantal spiering (boven) en piscivore baars en snoekbaars (onder) per uur in de verschillende trekken in 2002 (links) en 2003 (rechts) voor de bodem- en de oppervlaktetrekken apart (alleen log-schaal voor spiering). Tevens is in de bovenste figuren aangegeven op welke locaties zich zwarte sterns bevonden (stippen) en drempelwaarden van dichtheden spiering waarboven de kans op het aantreffen van zwarte sterns groter is dan 0.5 (zie fig. 4.12). Trekken 5-7 in 2002 vonden plaats in het schemerdonker.



Figuur 4.12. Logistisch model dat de kans op de aanwezigheid van foeragerende zwarte sterns in relatie tot de dichtheid spiering aan het wateroppervlak beschrijft. De kans op sterns is groter dan 0.5 bij dichtheden van resp. minimaal 146 en 1875 spiering (zie bovenste panelen in fig. 4.11).

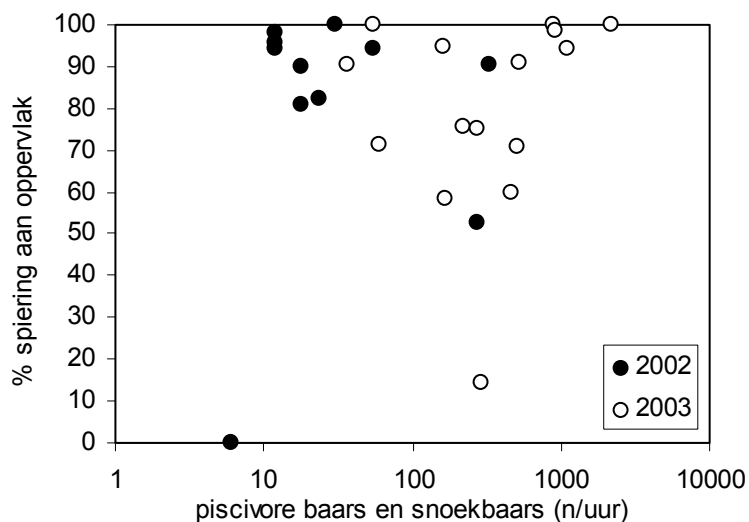


De aantallen foeragerende zwarte sterns zijn heel globaal geschat. Toch lijkt er behalve een drempelwaarde van spieringdichtheid, waarboven zwarte sterns al of niet (foeragerend) worden aangetroffen, ook een numeriek verband te zijn met de aantallen spiering, met name in de oppervlaktetrekken (fig. 4.13). Ook de aanwezigheid van baars en snoekbaars hangt samen met de aantallen zwarte sterns. Deze effecten zijn vooral zichtbaar voor de gegevens uit 2002. In 2003 zijn op erg weinig plekken zwarte sterns aangetroffen. De situaties waar zwarte sterns (foeragerend) aanwezig waren kwamen in 2003 vooral bij hogere dichtheden spiering en roofvis voor. Omgekeerd kwamen er echter ook situaties voor waar hoge dichtheden spiering niet gepaard gingen met foeragerende zwarte sterns.



Figuur 4.13. Aantallen foeragerende zwarte sterns in relatie tot de dichtheid spiering (links) en de dichtheid baars (rechts) voor bodem- en oppervlaktetrekken afzonderlijk in 2002 (boven) en 2003 (onder).

De vraag is of baars en snoekbaars niet alleen op spieringconcentraties afkomen, maar ook van invloed zijn op de verspreiding van spiering over de waterkolom en de spiering actief naar het oppervlak jagen. Het percentage spiering dat aan het oppervlak wordt gevangen (ten opzichte van de hoeveelheid die paarsgewijs in de oppervlakte- en bodemtrekken werd aangetroffen) houdt nauwelijks verband met de hoeveelheid piscivore baars en snoekbaars, hoewel bij grote hoeveelheden gevangen baars en snoekbaars vrijwel alle spiering altijd aan het oppervlak werd aangetroffen (fig. 4.14). Het feit dat op bijna alle spieringrijke plekken ook baars en snoekbaars werd aangetroffen (fig. 4.11) maakt het moeilijk om uit deze gegevens te bepalen of het voorkomen van spiering aan het oppervlak wordt versterkt door (jagende) piscivoren.



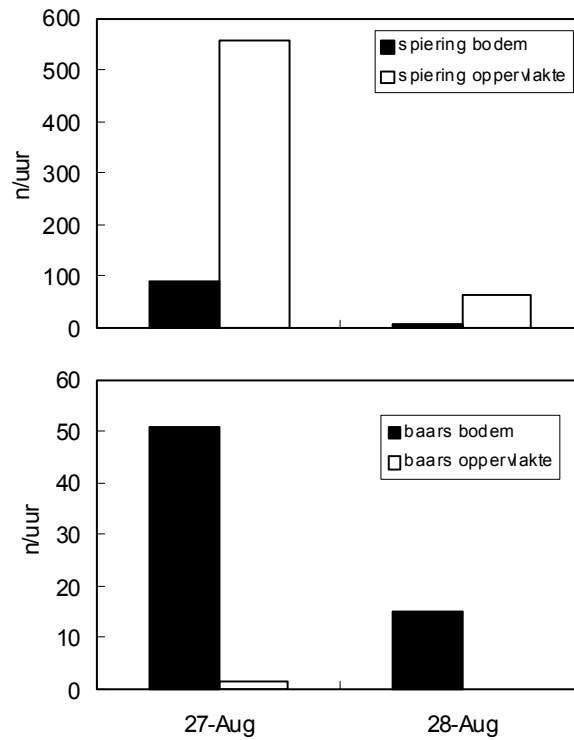
Figuur 4.14. Percentage spiering in de oppervlaktetrekken in relatie tot de dichtheid piscivore baars en snoekbaars (bodem + oppervlaktetrekken).

Onderstaand voorbeeld illustreert hoe geclusterd in ruimte en tijd spiering-concentraties zich voor kunnen doen. Een van de plekken die op 27 augustus 2002 bemonsterd is (een gebied ten zuiden van Appelhoek ten zuidoosten van Hoorn, ca. 500 m uit de kust) is ook op 28 augustus 2002 bemonsterd. Op 27 augustus foerageerde hier een grote groep zwarte sterns (ca. 3000) en werd er aan het eind van de middag tot in de avond (17.00-22.00) bemonsterd (trekken 4 t/m 7). Op 28 augustus waren er geen foeragerende zwarte sterns aanwezig en werd gemonsterd tussen 15.00 en 16.00 (trek 9 en 10). Overeenkomstig de grote aantallen sterns op 27 augustus werden er aan de oppervlakte grote aantallen spiering gevangen gepaard gaand met grote aantallen baars en pos. Op 28 augustus waren de aantallen van zowel spiering, pos als baars aanzienlijk kleiner (fig. 4.6). Behalve een sterk verband tussen de aanwezigheid van spiering, roofvis en sterns, laat dit voorbeeld ook zien dat het optreden van dergelijke concentraties vogels en vissen van dag tot dag sterk kan wisselen en voor visetende watervogels dus een in zekere mate onvoorspelbare voedselbron vormt.

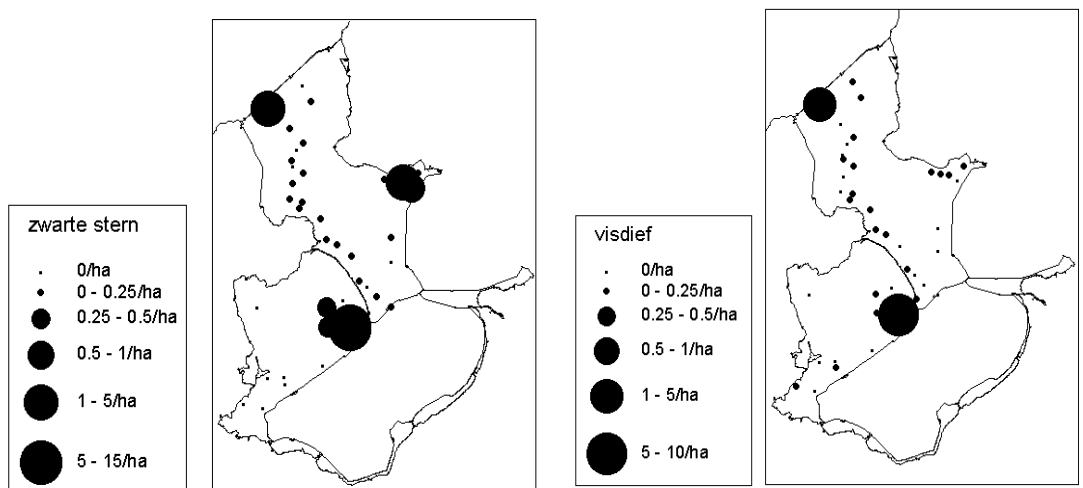
#### 4.1.2 Ruimtelijke verspreiding augustus 2003

De mate van voorspelbaarheid van spiering is in augustus 2003 verder onderzocht door de horizontale verspreiding van spiering en sterns nader te bekijken en na te gaan of en waar zich concentraties spiering voordeden en of deze ook benut werden door zwarte sterns. In augustus 2003 was de spieringstand echter bijzonder laag (historisch minimum in de periode 1970-2003 zoals later werd bevestigd in de routinematige najaarssurveys). Met behulp van het echolood werden signalen van de aanwezigheid van scholen vis gecheckt en werd bemonsterd op plekken waar vis aanwezig was. Daarmee geven de bemonsteringen geen representatief beeld over het meer: daar waar geen vis in de waterkolom werd gesignaleerd is niet (of slechts een enkele keer) bemonsterd.

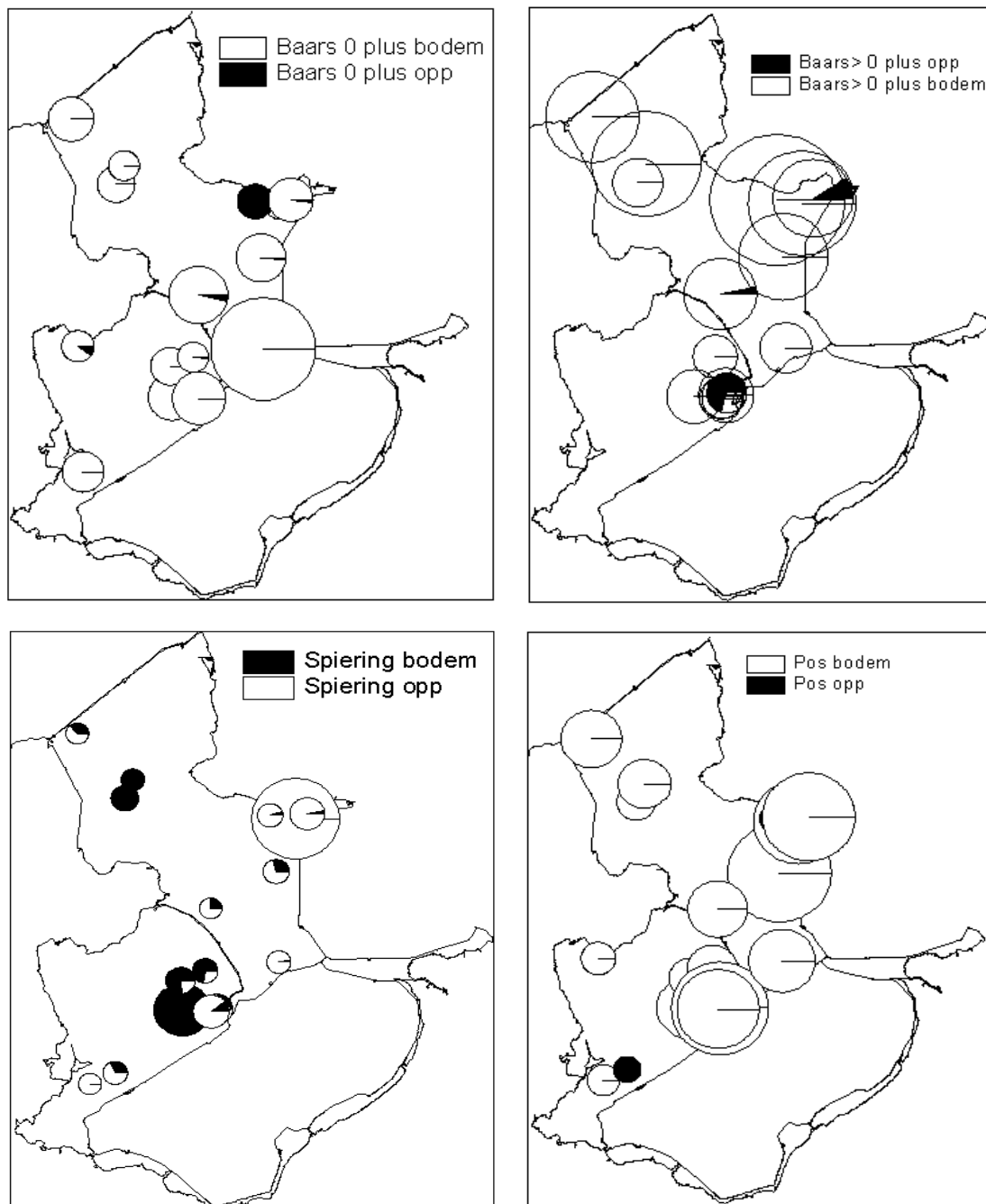
Regelmatig werden (foeragerende) vogels geteld. Opmerkelijk is dat sterns sterk geclusterd werden waargenomen: in het noordelijk IJsselmeer (nabij Breezand 700) en westelijk Markermeer (nabij de Houtrib 2200) werden grotere aantallen zwarte sterns en visdieven aangetroffen, ten zuiden van de Friese kust grote aantallen zwarte sterns (ca. 1000, fig. 4.16). Op deze plekken werden ook relatief grote aantallen spieringen vastgesteld, waarbij ook grote fracties in de oppervlaktetrekken werden waargenomen (fig. 4.17). Bovendien werden bij de Houtrib en de Friese kust relatief veel piscivore baarzen (>0 plus) in de oppervlaktetrekken waargenomen. Dit bevestigt het beeld van augustus 2002 dat sterns foerageren op locaties met veel spiering aan het oppervlak in aanwezigheid van piscivore baars (al of niet aan het oppervlak).



Figuur 4.15. Aantal spiering en baars op 27 en 28 augustus 2002 op dezelfde locatie (Appelhoek). Op 27 augustus was hier wel een groep van 3000 zwarte sterns aanwezig, op 28 augustus niet.



Figuur 4.16. Verspreiding van zwarte stern en visdief in augustus 2003 op basis van tellingen vanaf de Stern.



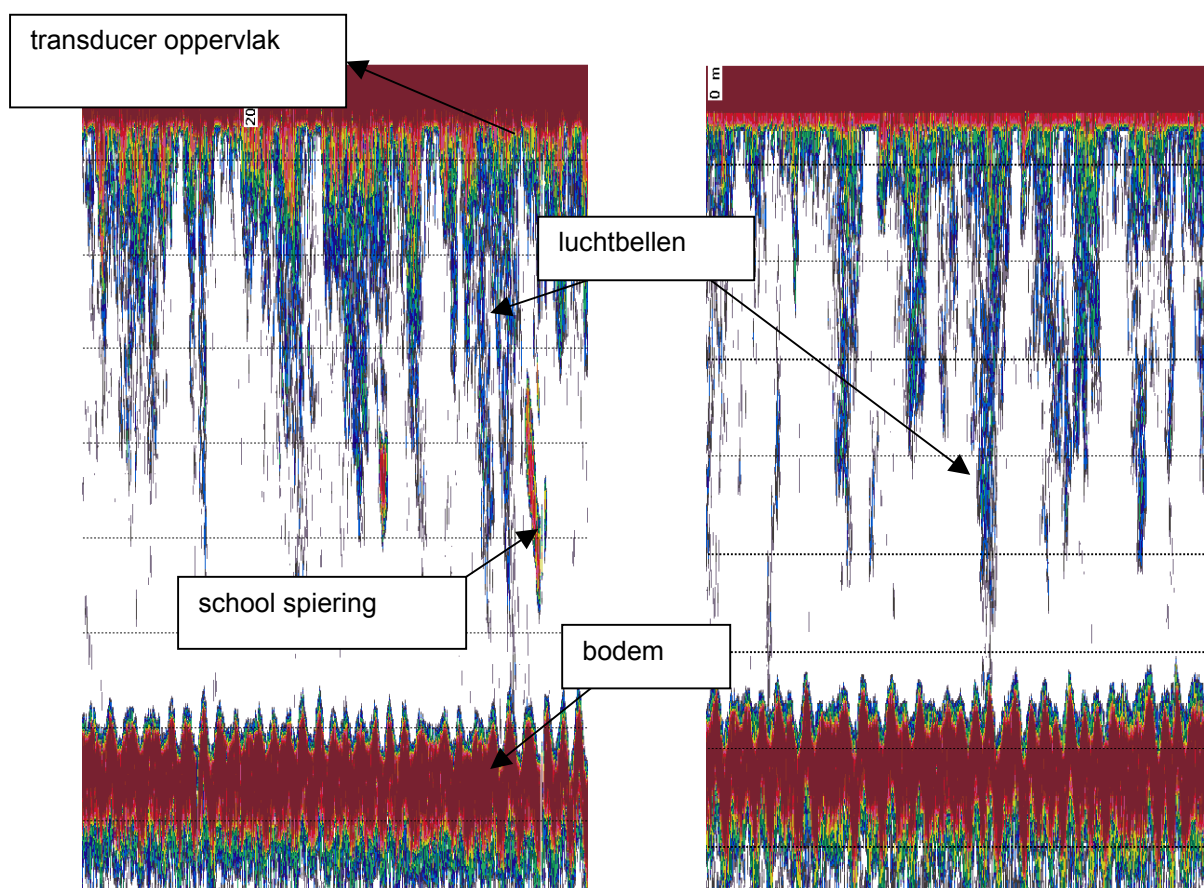
Figuur 4.17. Verspreiding van baars (0 plus en psivore baars > 0 plus), spiering en pos in augustus 2003 en de relatieve verticale verspreiding (fracties in oppervlakte en bodemtrekken in taartdiagrammen, grootte van symbolen geeft de relatieve dichtheid aan).

## 4.4 Verticale verspreiding van spiering met sonar

Op 27 en augustus is de verticale verspreiding van spiering onderzocht met behulp van sonar waarbij respectievelijk echowaarnemingen met een verticale bundel en een horizontale bundel werden uitgevoerd.

### 4.4.1 Verticale bundel

Figuur 4.18 geeft een typisch beeld van het echogram wanneer de transducer verticaal naar beneden gericht is. De diepte onder de transducer tot aan de bodem was ongeveer 3.5 m. Het is goed te zien dat er luchtballen worden geregistreerd in het grootste deel van de waterkolom. Het getoonde plaatje is afkomstig van een koers met de wind in de rug: met wind tegen is de hele kolom gevuld met luchtballen. De scholen spiering zijn goed te onderscheiden (rood). Ze bevinden zich op ca. 2.5 m onder het wateroppervlak. Alle waargenomen scholen bevonden zich in een zone tussen de 1.5 en de 4 m onder het wateroppervlak.



Figuur 4.18. Echogram wanneer de transducer loodrecht naar beneden is gericht, onder slechte waarneemomstandigheden (5 beaufort) bij een diepte van 3.5 m. 20logR presentatie. Links met scholen spiering, rechts is geen vis te zien.  
*4.4.2 Horizontale bundel*

Figuur 4.19 laat een echogram zien wanneer de transducer ca. 20° ten opzichte van het wateroppervlak horizontaal gericht is bij een waterdiepte van ongeveer 3.5 m (ca. 3.15 m onder de transducer). De bodem is slechts wazig te zien doordat de geluidsbundel de bodem schuin raakt. De gebruikelijke ruis als gevolg van reflecties van de hoofdbundel en de

zogenaamde “sidelobes” aan het oppervlak en de bodem is beperkt doordat de omstandigheden zeer goed waren. Er zijn individuele vissen te zien (de pieken in de TS-verdeling liggen rond de -70 en -50 dB).

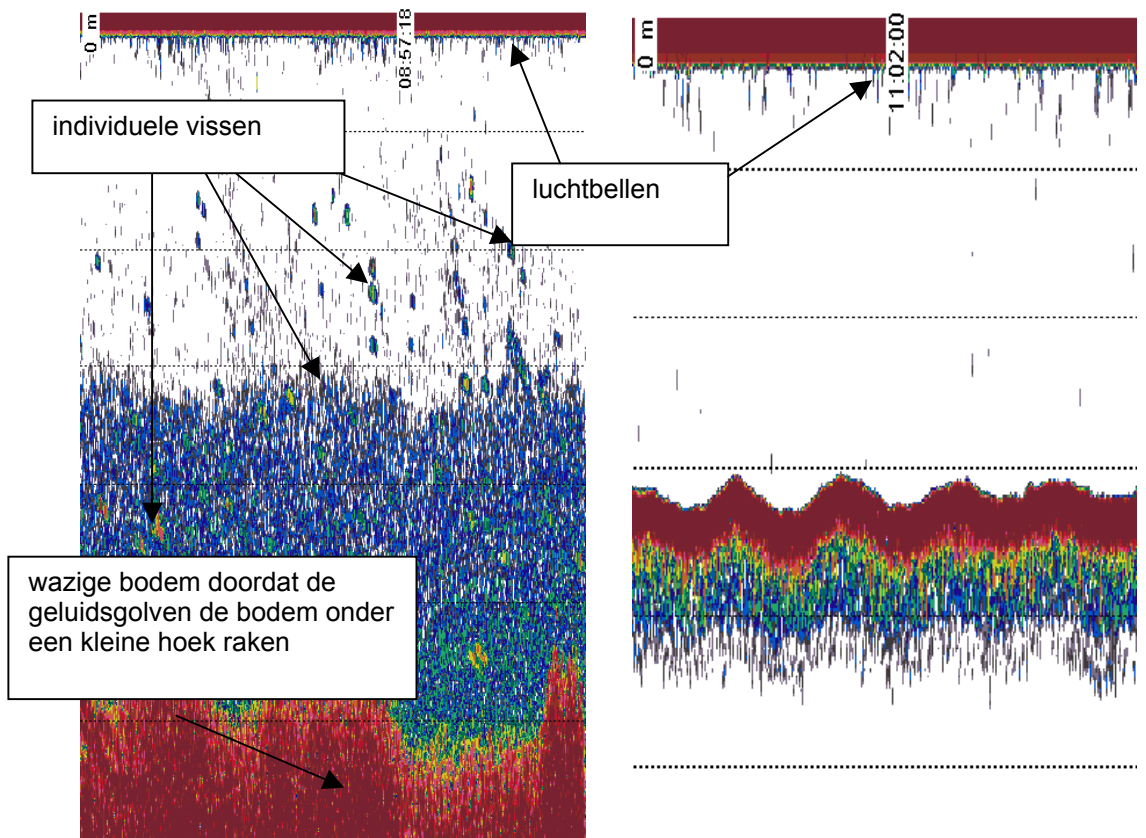
De echogrammen afkomstig van de opstelling waarbij de transducer naar beneden gericht is, geven aan dat scholen van spiering goed worden waargenomen. Dit kan betekenen dat men een bestandsschatting zou kunnen maken door middel van zogenaamde echo-integratie<sup>1</sup>, ondanks het feit dat de geluidsbundel in ondiep water erg smal is (ca. 12 cm op 1 m en 36 cm op 3 meter). Hierbij moet worden bedacht dat de getoonde opname gemaakt werd op een plek waar veel zwarte sterns aan het foerageren waren. Dit duidt op de aanwezigheid van een grote voedselbron (spiering), waarbij men er ook rekening mee moet houden dat juist door het jaaggedrag van de sterns in combinatie met jagende predatoren onder water sterke schoolvorming optreedt. Het aantal waarnemingen van scholen en/of individuele vissen zal veel lager liggen wanneer willekeurig transecten worden uitgezet.

In figuur 4.10 wordt geïllustreerd dat met een horizontale bundel veel meer objecten kunnen worden waargenomen: het linker echogram (“horizontaal”: 20°) toont veel individuele vissen, terwijl op het rechter echogram (naar beneden) niets te zien is op dezelfde lokatie, twee uur later.

De methode waarbij de transducer naar beneden gericht is, is ongeschikt om de verticale verspreiding van de vis te meten. Er moet rekening mee worden gehouden dat de vis de boot ontwijkt, zijwaarts en/of naar beneden. Het overgrote deel van de scholen werd onder de 1.5 m waargenomen. Tegelijkertijd waren zwarte sterns op grote schaal aan het jagen op diezelfde vis, waarbij dus het overgrote deel buiten bereik van de sterns bleef.

---

<sup>1</sup> echo-integratie relateert de echodichtheid aan de biomassa, maar deze relatie is afhankelijk van de hoek waaronder de vis (zwemblaas) gedetecteerd wordt; deze hoek is veel variabelere in horizontale richting dan in verticale richting.



Figuur 4.19. Echogram links: beeld wanneer de transducer onder een hoek van  $20^\circ$  ten opzichte van het oppervlak is gericht. Waterdiepte ongeveer 3.5 m. Echogram beeld 40 logR presentatie. Beeld rechts is afkomstig van dezelfde lokatie met een naar beneden gerichte transducer.

## 5. Discussie

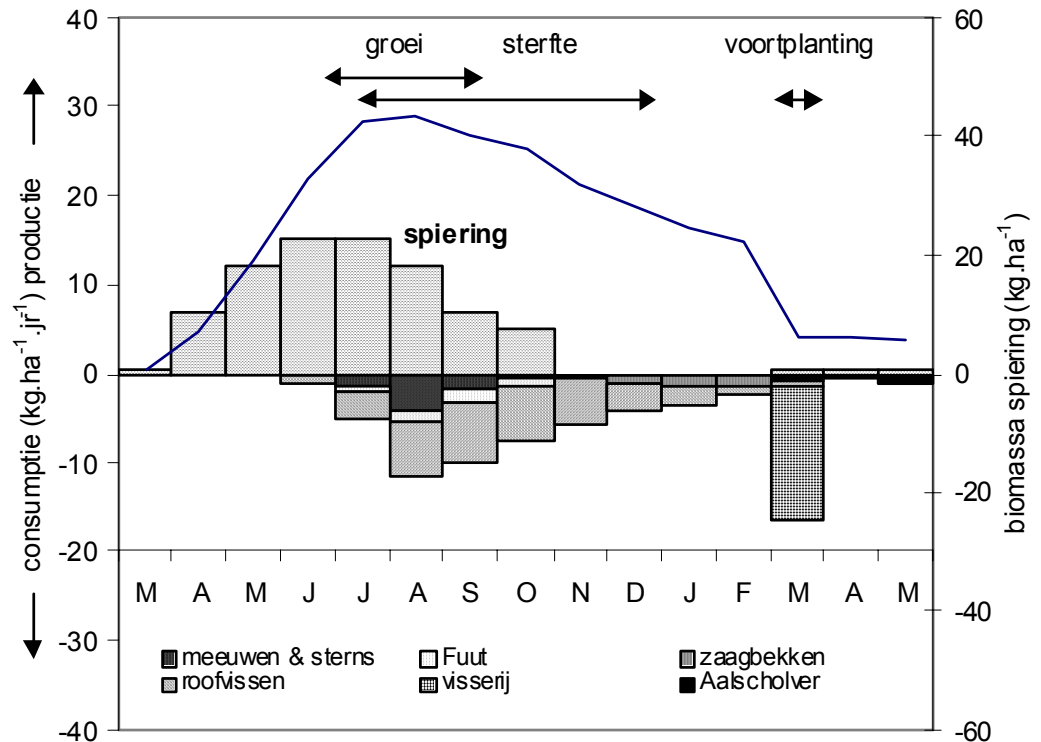
### 5.1 Factoren die de hoeveelheid spiering bepalen

In de analyses van factoren die de hoeveelheid spiering in het IJsselmeer en Markermeer bepalen, bleken factoren als predatiedruk door piscivore baars en snoekbaars, dichtheidsafhankelijke terugkoppelingsprocessen (groei en recruterings) en de relatie met aantallen spieringgetende vogels slechts een klein deel van de variatie in de spieringstand verklaren, wanneer deze factoren afzonderlijk worden bekeken. Toch hoeft dat niet te betekenen dat deze factoren van ondergeschikt belang zijn, maar dat deze zich niet simpel openbaren en waarschijnlijk in onderlinge samenhang van invloed zijn op de spieringstand. Het onderzoeken van het samenspel van factoren, waarin bijvoorbeeld troebelheid van het water, watertemperatuur, groei, aantal piscivoren, en visserij gezamenlijk in multivariate statistische analyse worden gemodelleerd, kan echter belangrijke inzichten verschaffen. Zo'n complexe analyse is tijdrovend (hoewel de benodigde gegevens in principe voorhanden zijn) en viel buiten het bestek van dit onderzoek. Het analyseren van het complex van factoren is echter belangrijk voor het genereren van de juiste input voor simulatiemodellen als PISCATOR en is cruciaal voor inzichten in het functioneren van het watersysteem.

Voor inzicht in de processen die de spieringstand bepalen, is niet zozeer de hoeveelheid spiering op een bepaald moment ('de spieringstand') van belang als wel de spieringproductie en -consumptie over een groeiseizoen. Over productiegegevens is niet zo veel bekend, maar deze kunnen uit de groei en consumptie wel gereconstrueerd worden (Mous et al. 2003). Een poging daartoe is voor een gemiddeld jaar gepresenteerd in fig. 5.1 (zie ook de Leeuw 2001). De consumptie door vogels treedt vooral op in de zomermaanden (meeuwen, sterns en futen) op het moment dat de biomassa spiering door voortplanting en groei het hoogst is. Deze vogels benutten dus de spieringpiek en omdat in die periode waarschijnlijk dichtheidsafhankelijke groei en sterfte optreden is het effect van predatie door vogels op de populatie spiering vermoedelijk zeer beperkt. In de winter nemen zaagbekken slechts een beperkt deel van de jaarlijkse spieringconsumptie voor hun rekening en bovendien in een periode dat vermoedelijk dichtheidsafhankelijke sterfte optreedt. De spieringvisserij in het vroege voorjaar kan wel 70% van de biomassa van dat moment wegvangen (Mous 2000). Voor de spieringpopulatie heeft dat normaliter weinig gevolgen: ongeacht de mate van spieringvisserij ontwikkelt zich weer een nieuwe generatie. Alleen voor aalscholvers zou er een nadeel aan de spieringvisserij van het vroege voorjaar kunnen kleven omdat zij hun kleine jongen onder andere voeden met eenjarige spieringen die niet door de visserij zijn opgevisst. Visetende watervogels en visserij zijn dus weliswaar beide afhankelijk van dezelfde voedselbron, maar lijken elkaar meestal weinig in de weg te zitten. Voor het modelleren van voedselbeschikbaarheid voor vogels is het dus van belang het samenspel van factoren die de hoeveelheid spiering bepalen in samenhang met schattingen van de variatie van productie van spiering te onderzoeken.

Een factor die bijzondere aandacht verdient is de watertemperatuur: zowel uit de literatuur als uit de constatering van de zeer slechte spieringstand in 2003 blijken warme zomers een desastreus effect te kunnen hebben op de spieringstand. Als gevolg van klimaatveranderingen is de verwachting er gemiddeld warmere zomers zullen komen dan in het verleden. Kleine verschuivingen in de richting van hogere watertemperaturen kunnen er voor zorgen dat de spieringstand decimeert en de vraag is dan ook wat dat voor de toekomst van de populatie spiering betekent. Gezien de centrale rol die spiering inneemt in het voedselweb kan de betekenis van warme zomers verstrekkend zijn voor vogels en visserij.





Figuur 5.1. Seizoensverloop van productie en consumptie (histogrammen) en de biomassa (lijn) van spiering in het IJsselmeer. Pijlen geven de belangrijkste perioden van dichtheidsafhankelijke groei, sterfte en voortplanting aan.

## 5.2 Bereikbaarheid spiering: helpt baars zwarte sterns?

De ruimtelijke en verticale verspreiding van spiering is afhankelijk van een groot aantal factoren. Het aandeel spiering dat binnen het bereik van zwarte sterns, visdieven en meeuwen (alle vogelsoorten die vissen vanuit de lucht of vanaf het wateroppervlak voorkomt), is waarschijnlijk maar een klein deel van de totale hoeveelheid spiering. Het gaat hierbij om de bovenste 0-10 cm van de waterkolom.

Factoren die van invloed zijn op de (verticale en horizontale) verspreiding zijn licht en temperatuur en en/of afgeleiden daarvan zoals tijd van de dag, seizoen en wind (Mous 2000). In heldere omstandigheden komt spiering minder aan de oppervlakte dan wanneer het water troebel is. Ook is er een duidelijk dagpatroon in de verspreiding van spiering: 's nachts is spiering meer verspreid dan overdag en komen ze ook meer aan de oppervlakte (Piersma *et al.* 1988, Mous 2000). In troebel water kan de gemeten dichtheid spiering wel een factor 200 verschillen van de dichtheid in helder water, zowel door verplaatsing van vis van heldere plekken naar troebeler water als door verschillen in vangbaarheid. Het seizoenseffect is weinig onderzocht maar over het algemeen zit spiering in de winter dieper dan 's zomers. Doordat factoren die de verspreiding van spiering beïnvloeden van dag tot dag sterk kunnen wisselen, is de ruimtelijke verdeling ook erg variabel en moeilijk voorspelbaar. Zo bleek uit de bemonstering dat de plek waar de ene dag veel spiering zat en veel zwarte sterns aantrok, daar de volgende dag weinig meer van over was.

Naast deze abiotische factoren kan ook de verspreiding van predatoren een rol spelen bij de verspreiding van spiering. De reactie van spiering op lichtomstandigheden en doorzicht wordt

waarschijnlijk veroorzaakt doordat de kans op predatie in slechte zichtomstandigheden afneemt. In de bemonstering vonden we een verband tussen het voorkomen van baars en spiering: telkens wanneer baars in de bodemtrekken voorkwam, vingen we relatief grote aantallen spiering in de oppervlaktetrekken. Dit verband tussen het voorkomen van piscivore baars en spiering in de bovenste waterlaag heeft er waarschijnlijk mee te maken dat baars, jagend op spiering, deze naar boven drijft. Als dit zo zou werken, is baars een belangrijke factor in de beschikbaarheid van spiering voor vogels. De vraag is ook of deze relatie afhangt van troebele of helder water condities. De dataset zoals verzameld voor dit project is mede door de spieringarme zomer van 2003 te klein om deze hypothese te toetsen, maar het lijkt er dus op dat spiering van twee kanten belaagd wordt: van onder af door baars en snoekbaars en van boven af door vogels. Het feit dat we zelfs onder heldere omstandigheden spiering aan het oppervlak vingen, wijst er ook op dat ze naar boven opgejaagd worden.

Behalve dat jagende roofvissen spiering naar het oppervlak zouden kunnen jagen, is het ook mogelijk dat spiering die wegvlucht voor roofvis beter zichtbaar is voor sterns en meeuwen: bij vluchtgedrag verandert de lichaamspositie van de proovis en licht daardoor vaak kort op, terwijl proovis in rust veel moeilijker zichtbaar is. Ook kan spiering sterker gaan scholen als anti-predator gedrag. Scholen spiering zijn mogelijk beter detecteerbaar voor sterns. Uit de pilot studie bleek al dat sterns vooral worden aangetroffen bij hoge dichtheden spiering. Sterker scholingsgedrag van spiering zou dus de beschikbaarheid kunnen verhogen.

### 5.3 Zwarte sterns afhankelijk van spieringstand?

Uit de analyse van het aantal vogeldagen zwarte sterns (en andere spieringgetende vogels) op basis van maandelijkse vliegtuigtellingen en de spieringstand in het najaar blijken beide grootheden niet of nauwelijks verband met elkaar te houden. Dat wil nog niet zeggen dat vogels niet afhankelijk zijn van de hoeveelheid spiering. Voor het ontbreken van een directe relatie zijn verschillende redenen aan te wijzen. Ten eerste zijn maandelijkse vliegtuigtellingen niet zo geschikt om de benutting door vogels aan te geven: zwarte sterns zijn bijvoorbeeld vooral rond augustus massaal aanwezig, waarbij maandelijkse tellingen de schatting voor het gebruik op moeten leveren, zonder rekening te houden met het aantalsverloop in de maand augustus. Bovendien worden de tellingen overdag gehouden langs de oevers van IJsselmeer en Markermeer met slechts enkele 'lussen' het meer op terwijl sterns in concentraties op het open water foerageren en zo dus makkelijk gemist worden. Zwarte sterns zijn dus moeilijk overdag vanuit een vliegtuig voldoende goed te tellen. Zwarte sterns zijn echter gewoon 's nachts massaal te verzamelen op enkele plaatsen rond het IJsselmeergebied (Balgzand, Enkhuizen, Kinseldam, de Kreupel). De laatste jaren worden regelmatig (1-2 per week) tellingen verricht van het aantal sterns dat van zo'n slaapplek gebruik maakt, waardoor een veel preciezer beeld van het aantal vogels mogelijk is en de jaarlijkse benutting van de spiering als voedselbron op basis van deze tellingen veel beter mogelijk is. Deze gegevens worden door vrijwilligers verzameld, maar zijn op dit moment niet digitaal beschikbaar voor nadere analyse. Ze kunnen echter een belangrijk bron van informatie vormen voor nadere studie naar de betekenis van de spieringstand voor zwarte sterns.

### 5.4 Gebruik sonar voor het meten van verticale verspreidingspatronen

Voor vogels als zwarte stern blijkt dat de beschikbaarheid van spiering voor een zeer belangrijk deel wordt bepaald door omstandigheden die de spiering naar de bovenste waterlagen leiden, ofwel de verticale verspreiding over de waterkolom. In deze studie is vooral gebruik gemaakt van bemonsteringen met een stramienkor, waarmee paarsgewijs de onderste en bovenste waterlaag werd bevestigd, en sonar waarmee vrijwel de hele waterkolom kan worden waargenomen. Voordelen van de stramienkor zijn dat de bemonsteringen direct informatie leveren over de soortsaamenstelling en groottesaamenstelling van de vangst en dat de methode vrij ongevoelig is voor weersomstandigheden.

Een nadeel is echter dat de efficiëntie waarmee vis gevangen wordt afhankelijk is van de omstandigheden (o.a. doorzicht dat de zichtbaarheid van het net bepaalt) en de grootte van de vis (grote vissen kunnen gemakkelijker voor het net wegzwemmen, maar de mate waarin dat gebeurt is afhankelijk van het doorzicht en mogelijk ook het gedrag van de vis: jagende baars

temidden van een school spiering zou minder attent kunnen zijn op een naderend visnet). Gemiddeld gesproken is de vangstefficiëntie lager bij helderder water (o.a. Mous 2000, Dekker & de Leeuw 2001). Wanneer de omstandigheden gelijk zijn kunnen wel vergelijkingen gemaakt worden tussen (toevallig) visrijke of visarme plekken en de relatie met de aanwezigheid van vogels, zoals in deze studie is gedaan. Vergelijkingen tussen verschillende omstandigheden van doorzicht (bijvoorbeeld 2002 en 2003) zijn echter minder eenduidig. Ook is een bezwaar dat niet de gehele waterkolom tegelijk kan worden gescand om de verticale verspreiding te bepalen. Het gebruik van sonar kent deze bezwaren van variabel doorzicht en beperkte vangbaarheid niet. De sonarmethodiek vraagt echter om een goede technische beheersing en calibratie (standaardisatie). In de uitgevoerde pilotstudie lag de nadruk op het vergelijken van horizontaal en verticaal gerichte transducers. Een verticaal gerichte transducer bestrijkt slechts een zeer smalle bundel onder de boot (tenminste in ondiep water, d.w.z. minder dan 10 m diep), waarbij verstoringen door de boot zeer nadelig zijn om de verticale verspreiding te bepalen, en zeker voor vis die zich aan het oppervlak bevindt. Wanneer de methode wordt gehanteerd waarbij de transducer horizontaal, dwars van de boot is gericht, wordt een veel groter watervolume bestreken: bij een waterdiepte van 3 m, zou men ongeveer 20 meter kunnen overbruggen. Het maken van een bestandsschatting is dan wel moeilijker dan bij verticaal gerichte transducers, omdat er niet gebruik gemaakt kan worden van echo-integratie. Er moet gebruik gemaakt worden van een methode waarbij individuele vissen geteld worden (echo tracing), mits de vis niet teveel in scholen zwemt. Voor het bepalen van verticale verspreidingspatronen ('het gedrag van vis') in termen van bereikbaarheid van spiering voor vogels, is een horizontaal gerichte transducer in een vaste opstelling de beste oplossing. Met een vaste opstelling wordt ook de ruis van een boot (luchtbellen, golfslag, verstoring van vis) weggenomen en zijn er mogelijkheden om geautomatiseerd waarnemingen op afstand te doen. Het toepassen van deze methode vergt nog wel enige technische ontwikkelingstijd.

## 5.5 Hoeveel spiering is wenselijk?

De centrale vraag die tot dit onderzoek heeft geleid, is hoeveel spiering wenselijk is wanneer rekening gehouden zou worden met voedselreservering voor vogels. De analyses in deze studie laten zien dat spieringbestanden sterk schommelen en dat visserijbeheer daar, voor zover nu bekend, slechts een beperkte rol in speelt. Dat betekent dat ondanks de ecologisch belangrijke waarde van spiering als voedselbron voor watervogels geen richtlijnen zijn te geven voor voedselreservering. Daarbij moet worden aangemerkt dat we het systeem onvoldoende kennen om de schommelingen te begrijpen en de reikwijdte daarvan voor de verschillende visserijen en consumenten van spiering (baars, snoekbaars en vogels) in te kunnen schatten. Voor het kunnen invullen van de beschermde status van enkele soorten spieringgetende vogels moet dit als een hiaat worden beschouwd. Ook voor het kwantificeren van streefbeeld en het formuleren van een maatlat voor ecologische beoordeling in het kader van de Europese Kaderrichtlijn Water is het van belang beter inzicht te hebben in hoe de spieringstand als sleutelfactor in het voedselweb gereguleerd wordt.

## 6. Conclusies

Spiering speelt een centrale rol in het ecosysteem van het IJsselmeer, maar de (grote) variatie in de spieringstand laat zich niet eenvoudig beschrijven. Om de variatie in de hoeveelheid spiering beter te begrijpen zouden bestaande datasets geanalyseerd kunnen worden om het complex van factoren en hun interacties beter te beschrijven.

Voor een betere vertaling van de spieringstand naar de beschikbare hoeveelheid spiering voor vogels zijn nog onvoldoende gegevens voorhanden die het gedrag van spiering onder invloed van roofvis en troebelheid van het water kunnen beschrijven.

Om (verandering in) verticale verspreiding van spiering en piscivore baars en snoekbaars te bepalen in termen van (verandering in) beschikbaarheid voor sterns en meeuwen, kan het best

gebruik worden gemaakt van sonar met een horizontaal gerichte bundel vanuit een vaste opstelling. Met name de rol van jagende baars en snoekbaars op de verspreiding van baars en snoekbaars over de waterkolom verdient nadere aandacht.

De benutting van het spieringbestand door zwarte sterns kan het best worden bepaald aan de hand van slaaptrektellingen. Deze gegevens worden reeds verzameld maar zijn nog niet beschikbaar voor nadere analyses.

Simulaties met PISCATOR voorspellen dat een toename van de roofvisstand de hoeveelheid spiering weinig vermindert. Het is echter onduidelijk of en hoe de beschikbaarheid van spiering verandert bij een verandering in visserijbeheer van baars en snoekbaars.

De spieringstand schommelt van jaar tot jaar sterk. Naast veranderingen in zoöplanktonproductie door nutriënten (draagkracht van het IJsselmeer), speelt ook temperatuur een rol. Warme zomers zoals in 2003 lijken zeer ongunstig voor het spieringbestand. Onder invloed van klimaatveranderingen kan het voedselweb van het IJsselmeer drastisch veranderen met consequenties voor visserijbeheer en de voedselsituatie voor vogels.

## 7. Dankwoord

We danken Jan Kemper (OVB) en Bram Couperus (RIVO) voor het uitvoeren van sonarwaarnemingen en Eddy Lammens voor de simulaties van effecten van visserij op de visstand uitgevoerd met behulp van het programma PISCATOR. De bemanning van de Stern was zeer behulpzaam bij de bemonsteringen.

## 8. Literatuur

- Buijse, A.D. 1992. Dynamics and exploitation of unstable percid populations. PhD thesis Agricultural University Wageningen: 168 p.
- Camphuysen, C.J. & S. Garthe. 2001. Recording foraging seabirds at sea: standardized recording and coding of foraging behaviour and multi-species foraging associations. IMPRESS report 2001-001.
- Deerenberg, C., J.J. de Leeuw & R.J. de Jager 2003. Vismonitoring in het IJsselmeer en Markermeer in 2002. RIVO rapport C034/03.
- Dekker, W. 1997. Nota "Regeling Spieringvisserij IJsselmeer". RIVO, Ijmuiden
- Dekker, W. & J.J. de Leeuw, 2001. In troebel water vissen. Statistische analyse van het effect van doorzicht op bestandsschattingen. RIVO rapport C042/01.
- Dekker, W. & J.J. de Leeuw, 2003. Bird-fisheries interactions: the complexity of managing a system of predators and preys. In: Interactions between fish and birds: implications for management, ed.: Cowx, I.G., Chapter 1, p. 3-13.
- Van Eerden 1997. Patchwork. Patch use, habitat exploitation and carrying capacity for waterbirds in dutch freshwater wetlands. Van Zee tot land 65, Lelystad.
- Lammens, E.H.H.R. & Hosper, S.H. 1998. Het voedselweb van IJsselmeer en Markermeer. Trends, gradienten en stuurbaarheid. RIZA rapport 98.003, 52 p.
- Lammens, E.H.H.R. 1999. het voedselweb van IJsselmeer en Markermeer. Veldgegevens, hypothesen, modellen en scenario's. RIZA rapport 99.008, Lelystad.
- De Leeuw, J.J. & W. Dekker, 2001. Vis en visserij in het IJsselmeergebied. De Levende Natuur, 98(5): 227-230.
- De Leeuw, J.J. 2001. Interacties tussen visetende vogels en visserij: broodnijd een kwestie van dichtheidsafhankelijkheid. Limosa 74: 69-72.
- Mous P.J. 2000. Interactions between fisheries and birds in IJsselmeer, The Netherlands. Proefschrift Wageningen Univerisiteit, Wageningen.
- Mous, P.J., W. Dekker, J.J. de Leeuw, M.R. van Eerden, W.L.T. van Densen 2003. Interactions in the utilisation of small fish by piscivorous fish and birds, and the fishery in IJsselmeer. In: Interactions between fish and birds: implications for management, ed.: Cowx, I.G., Chapter 8, p. 84-118.
- Van Nes, E.H., E.H.H.R. Lammens & M. Scheffer. 2002. PISCATOR, an individual-based model to analyze the dynamics of lake fish communities. Ecological modeling 152: 261-178.
- Olssen K.M. & Larsson H. 1994. Sterns van Europa en Noord-Amerika. Dutch Birding Vogelgids 3. GMB Uitgeverij Haarlem.
- Piersma T., Lindeboom, R. & van Eerden, M.R. 1988. Foraging rhythm of Great Crested Grebes *Podiceps cristatus* adjusted to diel variations in the vertical distribution of their prey *Osmerus eperlanus* in a shallow eutrophic lake in the Netherlands. Oecologia 76: 481-486.
- Pronier, O. & E. Rochard E. 1998. Working of a smelt (*Osmerus eperlanus*, Osmeriforms Osmeridae) population located at the south limit of the species distribution area, influence of the temperature. Bulletin Francais de la Peche et de la Pisciculture 350-51: 479-497.
- Schobben, H.P.M., B. Winters & C.C. Karman. 1995. Het Balgzand als slaappleats voor ruiende Zwarte Sterns. De Graspieper 15: 159-166.
- Schouten C. 1982. Het IJsselmeergebied als ruiplaats voor de Zwarte Stern *Chlidonias niger*. RIJP-rapport 33 abw. Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders, Lelystad.
- Tulp, I. & J.J. de Leeuw 2002. Helpt de Baars de Zwarte Stern? Limosa 75: 123-126.
- Van der Winden, J. & H.P.M. Schobben. 2001. Zwarte Stern *Chlidonias niger* profiteert van nieuwe slaappleats in het IJsselmeergebied. Limosa 2001: 87-94
- Van der Winden J. 2003. The odyssey of the Black Tern *Chlidonias niger*. Migration ecology in Europe and Africa. Ardea 90: 421-435.
- Zwarts, L. 1997. Waders and their estuarine food supplies. Proefschrift, Universiteit Groningen, Groningen.