

# **De effecten van mechanische kokkelvisserij op de benthische macrofauna en hun habitat**

**Eindverslag EVA II (Evaluatie Schelpdiervisserij tweede fase)**

**Deelproject C1/3**

**M.F. Leopold<sup>1)</sup>**

**E.M. Dijkman<sup>1)</sup>**

**J.S.M. Cremer<sup>1)</sup>**

**A. Meijboom<sup>1)</sup>**

**P.W. Goedhart<sup>2)</sup>**

<sup>1)</sup> Alterra, Texel

<sup>2)</sup> Biometris, Wageningen

**Alterra-rapport 955**

**Alterra, Wageningen, 2004**

## REFERAAT

Leopold, M.F., E.M. Dijkman, J.S.M. Cremer, A. Meijboom & P.W. Goedhart, 2004. *De effecten van mechanische kokkelvisserij op de benthische macrofauna en hun habitat; Eindverslag EVA II (Evaluatie Schelpdiervisserij tweede fase. Deelproject C1/3*. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 955. 146 blz.; 37 fig.; 43 tab.; 61 ref.

Dit rapport beschrijft de resultaten van onderzoek aan de effecten van mechanische kokkelvisserij op kokkelbanken in de Nederlandse Waddenzee. Veldwerk werd verricht in het voorjaar van 1999 en het voorjaar van 2000, op 139 verschillende kokkelbanken, verspreid over de hele Nederlandse Waddenzee. Een deel van deze banken lag in de zogenaamde gesloten gebieden (voor schelpdiervisserij), waardoor er een vergelijking kon worden gemaakt tussen deze gebieden en de rest van de Waddenzee, waar schelpdiervisserij was toegestaan, waarbij steeds gecorrigeerd werd voor verschillen in sediment en droogtij van de banken. De kokkels zelf bleken een invloed te hebben op andere wadorganismen. Hiermee rekening houdend met behulp van speciaal voor dit probleem ontwikkelde statistische toetsmethoden, bleek de mechanische kokkelvisserij van op allerlei wadorganismen. Dichtheden aan kokkels, mosselen en nonnetjes waren vaak verlaagd op beviste kokkelbanken en die van sommige wormen verhoogd. De mate van effect verschilde echter aanzienlijk tussen jaren en er kon geen effect van kokkelvisserij op het sediment worden aangetoond. Een nulmeting, die de vergelijking tussen open en gesloten gebieden veel scherper had kunnen toetsen, kon niet worden uitgevoerd omdat dit onderzoek pas plaatsvond nadat er al een jaar gevisd was na de relevante broedval, en er sowieso een hele historie van visserij was in de Waddenzee. Een strict experimentele aanpak was wetenschappelijk verkiesbaar geweest, maar was in praktijk niet mogelijk op de schaal van de hele Waddenzee.

Trefwoorden: Waddenzee kokkelvisserij sediment kokkel *Cerastoderma edule* Nonnetje *Macoma balthica* Wadpier *Arenicola marina* Zeeduizendpoot *Nereis diversicolor* bodemfauna effecten

ISSN 1566-7197

Dit rapport kunt u bestellen door € 29,- over te maken op banknummer 36 70 54 612 ten name van Alterra, Wageningen, onder vermelding van Alterra-rapport 955. Dit bedrag is inclusief BTW en verzendkosten.

© 2004 Alterra

Postbus 47; 6700 AA Wageningen; Nederland

Tel.: (0317) 474700; fax: (0317) 419000; e-mail: [info.alterra@wur.nl](mailto:info.alterra@wur.nl)

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Alterra.

Alterra aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

# Inhoud

Samenvatting	7
1 Inleiding	11
1.1 Achtergrond	11
1.2 Vraagstelling	14
1.3 Waar wordt wel en niet gevestigd?	15
1.4 Gesloten gebieden	16
1.5 De kokkelvisserij	19
2 Aanpak van het onderzoek	21
2.1 Onderzoeksopzet	21
2.2 Uitgangssituatie	22
2.3 Onderzoekslocaties	23
2.4 Verschillen tussen de kokkelbanken onderling	26
2.5 Veldwerk	28
2.6 Strategie van het bemonsteren van de banken	34
2.7 Uitzoekwerk aan boord	36
2.8 Labwerk	37
2.9 Extra verzameld, maar niet uitgezocht materiaal	38
2.10 Extra verzamelde abiotische gegevens	39
2.11 Database structuur en analyse strategie	39
2.12 Kokkelvisserij en bemonstering van kokkelbanken	41
2.13 Toetsing hypothese in een vereenvoudigde situatie: de theorie	42
3 Statistische analyse	47
3.1 Algemene opmerkingen betreffende de analyse en het basismodel	47
3.2 Toetsing en schatting van een voor selectie gecorrigeerd bevissingseffect	51
3.3 Statistische analyse van de 2000 gegevens op puntniveau	52
3.4 Statistische analyse van de 2000 gegevens op bankniveau (verzamelmonsters)	53
3.5 Statistische analyse van de 2001 gegevens op puntniveau	54
3.6 Statistische analyse van de 2001 gegevens op bankniveau (verzamelmonsters)	55
4 Resultaten	57
4.1 Visserij intensiteit in 1998-2000	57
4.2 Vaarsnelheden tijdens het vissen	60
4.3 Analyse van de bevissingsmaat	61
4.3.1 Bevissing op puntniveau	62
4.3.2 Bevissing op bankniveau	64
4.4 Analyse gegevens op puntniveau voor de bemonstering van het jaar 2000	67
4.4.1 Aantallen driejarige kokkels in 2000	67
4.4.2 Aantallen één en tweejarige kokkels in 2000	68

4.4.3	Aantallen kokerwormen in 2000	68
4.4.4	Aantallen wadpieren in 2000	72
4.4.5	Aantallen mosselkluities in 2000	74
4.5	Analyse gegevens op bankniveau (verzamelmonsters) voor het jaar 2000	75
4.5.1	Per bank gemiddeld aantal kokkels in 2000	76
4.5.2	Aantallen wapenwormen in 2000	76
4.5.3	Aantallen Kleine 'tarra'wormen in 2000	78
4.5.4	Aantallen nonnetjes in 2000	80
4.5.5	Aantallen zeeduizendpoten ( <i>Nereis diversicolor</i> ) in 2000	81
4.5.6	Hoeveelheden tarra in de wadbodem in 2000	81
4.5.7	Hoeveelheden kokerworm-kokers in de wadbodem in 2000	85
4.6	Analyse gegevens voor de bemonstering van het jaar 2001	86
4.6.1	Analyse gegevens op puntniveau voor de bemonstering van het jaar 2001	87
4.6.2	Kokkels in 2001 en bevissing in 1998, 1999 en 2000	87
4.6.3	Aantallen kokerwormen in 2001	89
4.6.4	Aantallen wadpieren in 2001	90
4.6.5	Aantal mosselkluities in 2001	92
4.7	Analyse gegevens op bankniveau (verzamelmonsters) voor het jaar 2001	94
4.7.1	Per bank gemiddeld aantal kokkels in 2001	94
4.7.2	Aantallen wapenwormen in 2001	95
4.7.3	Aantallen Kleine 'tarra'wormen in 2001	96
4.7.4	Aantallen nonnetjes in 2001	97
4.7.5	Aantallen zeeduizendpoten ( <i>Nereis diversicolor</i> ) in 2001	98
4.7.6	Hoeveelheden tarra in de wadbodem in 2001	100
4.7.7	Hoeveelheden kokerworm-kokers in de wadbodem in 2001	103
4.8	Extra analyse nonnetjes: lengtes en leeftijden	104
4.8.1	Nonnetjes-2000	107
4.8.2	Nonnetjes-2001	109
4.9	De resultaten samengevat	112
5	Discussie	113
6	Dankwoord	123
	Literatuur	125

## ***Bijlagen***

1	Groepering van punten in de beviste banken	129
2	Evaluatie van het (concept) rapport door de EVA-2 Auditcommissie	133



## Samenvatting

Van alle soorten visserij die in de Waddenzee worden uitgeoefend, is de kokkelvisserij het meest wijd verspreid. Sinds 1993 is de kokkelvisserij gesloten op circa 25% van de droogvallende wadplaten; de rest van de Waddenzee is in principe open voor deze visserij. Met kokkelvisserij gaat bodemomwoeling gepaard, die kort na de visserij goed zichtbaar is, en vaak nog maanden daarna zichtbaar blijft. De vrees bestaat, dat er meer dan visuele schade aan het wad ontstaat door deze visserij. Naast kokkels zouden ook allerlei andere wadorganismen door deze visserij worden beïnvloed, zou de structuur van de wadbodem veranderen en zouden de mogelijkheden voor schelpdieren om zich opnieuw, via broedval op het wad te vestigen, achteruit gaan (Piersma & Koolhaas, 1997; Piersma et al., 2001). Hoewel de kokkelvisserij in termen van direct contact met de wadbodem, jaarlijks slechts een gering gedeelte van de Waddenzee bevist (circa 4%), wordt een veel groter deel van de aanwezige kokkelbanken bevist (in slechts zo'n 12% van de Waddenzee komen op enig moment kokkelbanken voor). Daarbij wordt, omdat kokkels gemiddeld slechts een keer in de drie of vier jaar een goede jaarklasse produceren, bij een efficiënte manier van vissen, in opeenvolgende jaren steeds ergens anders gevestigd, zodat vaak ruim voor de volgende goede broedval het merendeel van de aanwezige kokkelbanken zijn bevist en er uitputting van de kokkelstand optreedt (Beukema et al., 1991).

Vanaf 1993 was er wel een restrictief beleid ten opzichte van de kokkelvisserij, dat rekening hield met de voedselbehoefte van scholeksters en eidereenden, maar alle andere wadorganismen en de wadbodem zelf hadden hierin geen plaats. Ondanks de voedselreservering vertonen de aantallen scholeksters en eidereenden in de Waddenzee een dalende lijn en dit geldt ook voor twee andere schelpdiereters, de Kanoet en de Zilvermeeuw (Leopold et al., 2004). Nu de Waddenzee onder de EU Vogel- en Habitatrichtlijn is gekomen (terwijl het gebied ook al onder een reeks van nationale natuurbeschermingsregelingen valt), is de vraag aan de orde welke *impact* de mechanische kokkelvisserij heeft op het hele systeem van de Waddenzee, dus niet alleen op de kokkel en de kokkel-etende wadvogels. Eerder is dit onderwerp ook al aan de orde geweest, in de reeds genoemde studies van Piersma et al., en in minder groot opgezette studies van de Vlas (1982), RIN (1987), Hiddink (2003) en Ens et al. (2003). Al deze studies hebben echter gemeen, dat ze beperkt zijn tot een gering aantal studieplots. In dit EVA II onderzoek worden nu de effecten van kokkelvisserij over de volle breedte van de Waddenzee onderzocht. Effecten op sediment worden primair onderzocht in deelrapport G over de bodem (Zwarts, 2003); de doorwerking naar de vogels wordt onderzocht in een ander deelrapport: C2 – Habitatvogels (Leopold et al., 2004); de effecten van het voedselreserveringsbeleid op scholeksters en eidereenden in de Waddenzee wordt behandeld in deelrapporten B1 en B2 (Rappoldt et al., 2003; Ens & Kats, 2003); het verloop van de ligging en grootte van de kokkelvoorraden en de ontwikkelingen in de kokkelvisserij worden behandeld in deelrapporten H2 en A1 (Kamermans et al., 2003a en 2003b).

In dit onderzoek zijn de effecten van kokkelvisserij onderzocht op een groot aantal verschillende kokkelbanken (139), verspreid over de hele Waddenzee, over alle mogelijke sedimenten en andere fysische parameters en binnen zowel de gebieden die open zijn voor kokkelvisserij, als in de zogenaamde 'gesloten gebieden'. Dit gaf de mogelijkheid om verschillen tussen de open en gesloten gebieden te onderzoeken en binnen de open gebieden, de effecten bij verschillende visserij-intensiteit en daarbij te corrigeren voor verschillende sedimenten. Er kon in een relatief homogene situatie gewerkt worden. De opeenvolgende, strenge winters van 1995/96 en van 1996/97 hadden de wadplaten ontdaan van de toen levende kokkels, waardoor er geen visserij was in 1996 en in 1997. In 1998 was er wel weer kokkelvisserij, maar nog vooral op sublittorale voorkomens waar de groei van de kokkels relatief goed geweest was. Na 1998 was er weer grootschalige kokkelvisserij op de platen, en dit herhaalde zich in 2000. Voor dit EVA-2 onderzoek werd in de (voor)jaren 2000 en 2001 veldwerk uitgevoerd. Het onderzoek werd beperkt tot kokkelbanken die waren ontstaan in 1997 (als zodanig aangemerkt door de kokkelvisserij zelf bij hun inventarisatie in 1998) op droogvallend wad. Er was een dominante jaarklasse aan kokkels (die van 1997), waardoor het kokkelbestand relatief uniform was want de broedvallen van 1998 tot 2000 hadden weinig nieuwe aanwas opgeleverd. Op de 139 kokkelbanken werden sediment en biota bemonsterd op een van te voren bepaald aantal punten (aantal afhankelijk van de grootte van de bank), waarvan ook de ligging van te voren was bepaald. Alle punten werden in beide jaren van veldonderzoek bemonsterd om de twee jaren optimaal te kunnen vergelijken. Om 139 kokkelbanken op vele verschillende aspecten te kunnen bemonsteren binnen een redelijke tijd, was de inzet van veel mensen en middelen nodig. In beide jaren werden circa 25 veldmedewerkers ingezet die konden werken vanaf 7 verschillende schepen. De PO Kokkels stelde de ruwe (geanonimiseerde) *Black Box* gegevens beschikbaar voor de jaren 1998, 1999 en 2000. Hierdoor kon in detail worden nagegaan hoe zwaar de bevissing was geweest sinds de broedval van 1997, rond ieder monsterpunt (n=1904) voor dit onderzoek).

Primair werden kokkelbanken vergeleken met een verschillende historie van visserij. Op dit niveau, van banken, werd sediment en het meeste benthos en het sediment bemonsterd (mengmonsters per bank). Het voorkomen van de meer algemene en wijd verspreide soorten werd geanalyseerd: kokkels, nonnetjes, wapenvormen, zeeduizendpoten en kleine wormen. Van het sediment werd op bankniveau de mediane korrelgrootte en de hoeveelheid 'tarra' in het sediment (schelp- en ander materiaal groter dan 1 mm) onderzocht. Op het niveau van individuele monsterpunten werd aanvullend onderzocht: de aantallen kokkels, wadpieren (hoopjes), kokerwormen (aantal zichtbare kokers) en mosselen. Uit bestaande datasets (Rijkswaterstaat) werd per punt informatie over sediment en droogligtijd bij de analyses gebruikt.

De statistische analyse van de verkregen gegevens wordt aanzienlijk bemoeilijkt doordat waarnemingen, bijvoorbeeld aantallen kokerwormen, gecorreleerd kunnen zijn met aantallen kokkels. Kokkels kunnen immers in concurrentie leven met andere wadorganismen, of deze juist faciliteren. Bij een positieve correlatie hebben banken met veel kokkels ook veel kokerwormen; bij een negatieve correlatie, zoals bijvoorbeeld gevonden voor de wadpier, zitten er juist minder wormen op rijke

kokkelbanken. Het probleem hierbij is dat de aantallen kokkels voor de bevissing gecorreleerd waren met een veelheid aan andere biota, maar ook met de kans op bevissing en met de mate van bevissing. De bevissing kan dus behalve de kokkels, ook andere zaken beïnvloeden. Een nulmeting, die dit probleem adequaat had kunnen aanpakken, kon echter niet meer worden uitgevoerd omdat dit onderzoek pas plaatsvond nadat er al een jaar van bevissing was geweest na de relevante broedval, en er sowieso een hele historie van visserij was in de Waddenzee. Een alternatieve aanpak was in theorie mogelijk geweest, maar in praktijk niet. Voor een meer gedegen studie was het namelijk nodig geweest om óf in de gesloten gebieden grootschalig experimenteel te gaan vissen, na een gedegen nulmeting (onacceptabel voor de natuurbescherming), óf eerst de visserij overal net zo lang te sluiten (en dan pas onderzoek uit te voeren) totdat we er zeker van konden zijn dat volledig herstel had plaatsgevonden (onacceptabel voor de visserij).

Bij gebrek aan een goede nulmeting moest er speciale statistiek ontwikkeld worden om het probleem aan te pakken, waarbij enerzijds gebruik gemaakt werd van de relatie tussen aantallen kokkels en andere biota in de (als maagdelijk beschouwde) gesloten gebieden en anderzijds van de relatie tussen de hoeveelheid visserij en dezelfde biota in de open gebieden. Hierbij werden een aantal aannames gemaakt, waarvan de belangrijkste waren dat de open en gesloten gebieden niet van elkaar verschilden, behalve dat in het ene wel, en in het andere niet werd gevisst, en dat er een vaste verhouding was tussen de hoeveelheid kokkels en de hoeveelheid visserij (zie paragraaf 3.2), zodat aantallen kokkels in de gesloten gebieden equivalent waren met de hoeveelheid visserij in de open gebieden. Er werden nu twee relaties (effecten) bepaald: die van de dichtheid aan kokkels op de te toetsen grootte (bijvoorbeeld: dichtheid aan kokerwormen) in de gesloten gebieden ( $\kappa$ ) en die van de hoeveelheid visserij op dezelfde te toetsen grootte ( $\beta$ ) in de open gebieden. Nagegaan werd of de ontworpen toetsingsgrootte  $\theta$ , met  $\theta = \beta / \kappa$  voor de betreffende grootte afweek van de werkelijke waarde van  $\theta$ , die bepaald werd als de 'vaste' hoeveelheid bevissing  $B$  per hoeveelheid kokkels  $K$ , dus van  $B/K$ , waarbij  $B/K$  voor zowel 2000 als voor 2001 apart werd bepaald op grond van de beschikbare data (zie paragrafen 4.4.3 en 4.6). Bij alle analyses wordt steeds gecorrigeerd voor de omgevingsparameters mediane korrelgrootte (van het sediment) en droogtij. In paragraaf 4.4.3 wordt de hele statistische procedure uitgebreid uitgelegd.

Naast de verwachte effecten van visserij op kokkels in de open gebieden werden er vele effecten van de kokkelvisserij gevonden op andere organismen. De grootte van deze effecten verschilde echter vaak per soort bodemdier en tussen jaren (van bevissing). Op kokkelbanken waarop in het eerste jaar na de broedval werd gevisst (in 1998) waren er negatieve effecten op de aantallen nonnetjes en kleine wormpjes, terwijl visserij in latere jaren dit effect niet hadden. Effecten op kokkels en mosselkluitjes waren negatief in alle jaren van bevissing, terwijl er geen effecten waren van de visserij op wapenwormen. Positieve effecten waren er op de aantallen wadpijpen en zeeduizendpoten en mogelijk op de aantallen kokerwormen (alleen van de visserij van 1998 en 1999 samen, gemeten in 2001). In die gevallen waarvoor geen visserijeffect kon worden aangetoond waren er aanwijzingen dat de open gebieden in

zijn algemeenheid minder kokerwormen en wadpieren en meer mosselkluitjes bevatten. Of dit echter lange termijn effecten van visserij zijn, of structurele, gebiedsgerelateerde verschillen, of toevalligheden, valt niet goed na te gaan. De gevonden effecten zijn samengevat in tabel 43.

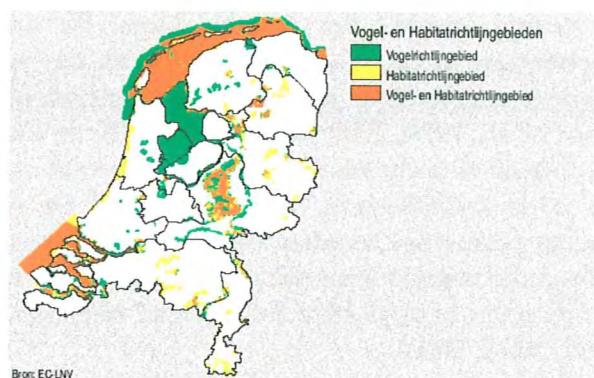
In de bodem worden geen aanwijzingen gevonden voor ernstige 'omspitting' door visserij, waardoor dieper gelegen schelpen(resten) lagen naar boven zouden worden gewoeld om daar langdurig de sedimentkarakteristieken te beïnvloeden. Er zijn geen significante verschillen in beide jaren in de hoeveelheden 'tarra' (van verschillende grofheid) tussen de open en gesloten gebieden, noch is er een visserij effect.

Al met al komt er een beeld naar voren van verandering, waarbij de schelpdieren: kokkel, mossel en nonnetje in meer of mindere mate te lijden hebben onder kokkelvisserij, en waarbij enkele belangrijke wormensoorten lijken te profiteren van diezelfde kokkelvisserij. Een probleem bij het laatste is, dat er weliswaar vaak positieve visserijeffecten (positief in statistische zin: meer wormen dan verwacht bij toenemende visserij) op de aantallen wormen gevonden werden, maar dat in het algemeen, de dichtheden wormen juist relatief laag waren in de open gebieden. Dit maakt de interpretatie lastig, maar het is onmiskenbaar, dat er vele neveneffecten zijn van kokkelvisserij, op andere soorten bodemdieren dan de kokkel zelf.

# 1 Inleiding

## 1.1 Achtergrond

De Waddenzee is een natuurgebied van internationaal belang, waarin ook wordt gevist. De Waddenzee is beschermd door de Vogel- en Habitatrichtlijn, het Verdrag van Ramsar, de Trilaterale Waddenzee Conferenties, het Structuurschema Groene Ruimte (SGR), de Natuurbeschermingswet, de Flora & Faunawet en de Planologische Kern Beslissing (PKB) Waddenzee. De Waddenzee is het grootste aangewezen, aaneengesloten natuurgebied van Nederland, dat bovendien nog direct grenst aan twee andere grote aquatische natuurgebieden: de Noordzeekustzone benoorden de Wadden en het IJsselmeer (fig. 1).



*Figuur 1 De Waddenzee is zowel aangewezen als Vogel- als Habitatrichtlijn gebied, met uitzondering van enkele grote vaarwegen, en de Eems, die alleen onder de Vogelrichtlijn vallen (Natuurvcompendium, 2003; Milieu- en Natuurplanbureau/CBS, 2003).*

Het gebied heeft een bijzondere kwaliteit als knooppunt van trekwegen voor allerlei wadvogels, die jaarlijks heen- en weer trekken tussen ondermeer hoog-noordelijke broedgebieden van Groenland tot Siberië, en allerlei Europese estuaria, waarvan de Waddenzee de grootste is, en verder zuidelijk gelegen wadgebieden.

In de PKB Waddenzee is expliciet het voorzorgsprincipe als leidraad voor het beheer van dit bijzondere gebied opgenomen. Letterlijk stelt deze:

*“Wanneer op basis van de best beschikbare informatie bij de afweging sprake blijkt te zijn van duidelijke twijfel over het achterwege blijven van mogelijke belangrijke negatieve gevolgen voor het ecosysteem, dan zal het voordeel van de twijfel in de richting van het behoud van de Waddenzee gaan.”*

Toegespitst op het onderwerp van deze studie, de mechanische kokkelvisserij, betekent dit dat visserij beperkt moet worden (niet: gesloten, daarvoor is de frase ‘in de richting van’ te vaag) als niet vaststaat dat deze de natuur niet overduidelijk schaadt. Eventuele schade moet, gezien de formulering, groot en duidelijk zichtbaar zijn, terwijl er ook discussie kan ontstaan over wat de ‘best beschikbare informatie’ is.

De SGR hanteert een 'nee, tenzij' principe (Raad voor het Landelijk Gebied, RLG, 1998): Een ingreep kan niet plaats vinden tenzij aangetoond wordt dat de doelstellingen ten aanzien van de natuur niet worden aangetast. Indien ondanks een serieuze inspanning, niet kan worden aangetoond dat de ingreep geen schade met zich meebrengt, gaat de ingreep niet door.

Cruciaal in deze formulering is het woord 'ingreep'. Nieuwe activiteiten (*ingrepen*), zoals de voorgenomen gasboringen, zijn hiermee geweerd. In hoeverre visserij als een ingreep moet worden gezien, is onduidelijk. De visserij wordt gezien als een *bestaande activiteit*, die onder voorwaarden moet kunnen blijven voortduren in de Waddenzee. In de SGR staat dan ook:

*"Primair wordt een beleid voorgestaan van verweving van visserij-activiteiten en natuur".*

Er worden echter bij herhaling vragen gesteld over de schade die de visserij met zich meebrengt voor de Waddenzee. De visserij onttrekt per definitie biota, die het voedsel vormen van een aantal vogelsoorten in de Waddenzee, en doet dit op grootschalige wijze. Bij een aantal van deze vogelsoorten is recent voedselgebrek en massasterfte geconstateerd (Camphuysen et al., 1996, 2002; Ens et al., 2002), en alle schelpdier-etende wadvogels nemen de laatste jaren in aantal af (van Roomen et al., 2002; Leopold et al., 2004). Daarbij is de kokkelvisserij bodemberoerend en er bestaat ook de vrees, dat deze de bodem permanent zouden kunnen beschadigen, waardoor het hele systeem, dus niet alleen die vogelsoorten die in directe competitie leven met de visserij, voor vele jaren achtereen of zelfs blijvend, negatief beïnvloed zou kunnen worden (Piersma et al., 2001, NRC, 2003).

Bij dit alles kan de volgende kanttekening worden geplaatst. Een activiteit is *bestaand* in een natuurgebied, als deze op het moment van aanwijzen van het betreffende natuurgebied al plaatsvond. Dit geldt ontegenzeggelijk voor alle grote visserijen in de Waddenzee, inclusief de kokkelvisserij. Echter, de Vogelrichtlijn dateert van 1979, en Nederland heeft tot januari 2000 gewacht met de implementatie, in de vorm van het aanwijzen van de hele Waddenzee Vogelrichtlijngebied. In de tussentijd maakte de schelpdiervisserij een ontwikkeling door van voortgaande mechanisatie, schaalvergroting en van steeds effectievere inventarisatie- en vangstmethoden (Dijkema, 1997, Ens, 2003). In 1990 heeft dit, samen met het tijdelijk, maar vrij langdurig uitblijven van verjonging van de beviste mossel- en kokkelbestanden, geleid tot het verdwijnen van de droogvallende mosselbanken en een uitputting van de kokkelvoorraden. Vervolgens werden negatieve trends in de aantallen van schelpdier-etende wadvogels geconstateerd (Piersma & Koolhaas, 1997; Spaans, 1998; Smit et al., 2000; Camphuysen et al., 2002; Ens et al., 2002; van Roomen et al., 2002) en kwam er een maatschappelijke discussie op gang over de effecten van de schelpdiervisserij op de natuurwaarden van de Waddenzee. Er is twijfel aan de onschadelijkheid van de schelpdiervisserij, die echter vanwege haar status van 'bestaand' (in 2000) heeft mogen blijven plaatsvinden.

Zorgen over de gevolgen van de schelpdiervisserij voor de voedselvoorziening van Eider en Scholekster hebben geleid tot een nieuw beleid voor de schelpdiervisserij,

dat werd vastgelegd in de Structuurnota Zee- en Kustvisserij (LNV, 1993). Dit nieuwe beleid reserveert voedsel voor deze vogels en er zijn nog allerlei aanvullende restricties aan deze visserij gesteld, waarvan de sluiting van circa 25% van het oppervlak aan wadplaten voor de schelpdiervisserij de meest in het oog springende is. Piersma & Koolhaas (1997) en Piersma et al. (2001) kwamen vervolgens echter met de kritiek, dat de effecten van de schelpdiervisserij niet beperkt zijn tot een verminderd voedselaanbod voor Eiders en Scholeksters, maar dat alle andere bodemdieren én alle andere wadvogels ook te lijden zouden kunnen hebben van de bodemomwoeling die gepaard gaat met kokkelvisserij. Het herhaaldelijk omzetten van de bodem in grote delen van de Waddenzee zou leiden tot een veranderde bodemstructuur en een verlies aan slib, tot sterfte onder allerlei bodemdieren en tot problemen bij de broedval van onder meer de schelpdieren.

De effecten van dit nieuwe beleid zijn twee maal op verzoek van de overheid geëvalueerd. Een eerste evaluatie vond plaats op het moment dat zowel de visserij als het onderzoek gehinderd werd door strenge winters, en daaruit voortvloeiend, massale sterfte van kokkels, lage voedselvoorraden voor de vogels en daardoor een reserveringsbeleid, uitwerkend in een zeer lage visserijdruk (LNV, 1998). Er werd daarom besloten tot een tweede evaluatie (EVA-2; onder andere dit rapport). Een tweede advies werd in 1998 ingewonnen van de Raad voor het Landelijk Gebied (RLG, 1998). De belangrijkste conclusie ten aanzien van de mechanische kokkelvisserij was dat deze te ver is door-ontwikkeld; de Raad acht deze visserij een groot risico. Daarnaast geeft de Raad een heldere visie op wat vissers en natuurbeschermers scheidt. De vissers stellen dat zij de hen opgelegde maatregelen naar behoren uitvoeren, terwijl de natuurbeschermers blijven aanvoeren dat de gestelde beleidsdoelen niet bereikt worden. Cruciaal in dit meningsverschil is de aanname (van overheid en vissers) dat de genomen maatregelen en hun strikte uitvoering voldoende zijn om de gestelde doelen ook binnen een redelijke termijn te halen. In het geval dat de doelen niet gehaald worden, ondanks het gevoerde beleid, zijn er twee mogelijkheden:

1. het pakket van maatregelen schiet te kort of is op een verkeerd of ongeschikt effect van de visserij gericht, en heeft dus aanpassing of uitbreiding, of
2. de veranderingen worden niet door de visserij veroorzaakt, waardoor het beleid grotendeels irrelevant is, want de maatregelen betreffen een activiteit die van geen of ongeschikt belang is voor het behalen van de gestelde doelen. Hierbij geldt echter wel, dat de visserij een autonome ontwikkeling kan versterken of juist verzwakken en in dat geval kan toch beleid ten aanzien van de visserij wenselijk zijn.

Om in een dergelijke situatie het beleid te kunnen evalueren, dan wel bij te stellen zodat de doelen wel gehaald worden, is het zaak om vast te stellen of de geconstateerde trends met betrekking tot de beleidsdoelen samenhangen met het onderwerp van het beleid, de schelpdiervisserij. De beleidsdoelen voor de Waddenzee hangen zowel samen met het habitat als met de vogels van de Waddenzee. Deze studie tracht na te gaan of het habitat en de bijbehorende bodemfauna van de Waddenzee verandert of is veranderd onder invloed van de mechanische kokkelvisserij. Een belangrijk onderdeel van het habitat van de bodemdieren die op en in de



droogvallende platen leven is de samenstelling van het sediment. Dat wordt onderzocht in deelrapport G over de bodem (Zwarts, 2003). De doorwerking naar de vogels wordt onderzocht in een ander deelrapport: C2 – Habitatvogels (Leopold et al., 2004). De effecten van het voedselreserveringsbeleid op Scholeksters en Eidereenden in de Waddenzee wordt behandeld in deelrapporten B1 en B2 (Rappoldt et al., 2003; Ens & Kats, 2003); het verloop van de ligging en grootte van de kokkelvoorraden en de ontwikkelingen in de kokkelvisserij worden behandeld in deelrapporten H2 en A1 (Kamermans et al., 2003a en 2003b).

## 1.2 Vraagstelling

In de voorliggende studie worden de effecten van de mechanische kokkelvisserij onderzocht, onder de volgende **(H-nul) hypothese**:

**“Mechanische kokkelvisserij verandert alleen het locale beviste kokkelbestand, en niet ook het andere bodemleven of de bodem zelf”.** Hierbij wordt onder bodemleven verstaan: macrobenthische tweekleppige schelpdieren en wormen en onder ‘bodem’: de korrelgrootteverdeling, uitgedrukt als mediane korrelgrootte, alsmede de aanwezigheid van schelpresten en ander grof materiaal in de bovenste bodemlaag.

De alternatieve hypothese is, dat de mechanische kokkelvisserij behalve kokkels, ook andere bodemdieren beïnvloedt, hetzij door directe sterfte, hetzij door veranderde concurrentieverhoudingen binnen de bodemdierengemeenschap, hetzij doordat door het omwoelen van de bodem, dat nu eenmaal gepaard gaat met deze visserij, de jaarlijkse rekrutering van bodemdieren verandert. In een veranderd sediment (verzand, ontslibt of vergroft) kunnen direct of indirect (via rekrutering) verschuivingen optreden in de evenwichten die tussen de verschillende soorten bodemdieren en zou er bijvoorbeeld een verschuiving kunnen optreden van schelpdieren als dominante groep naar de wormen (‘vervorming’, conform Reise, 1982). Als gevolg hiervan zouden schelpdier etende organismen, met name sommige soorten wadvogels een nadeel kunnen ondervinden. Ze worden bij hun voedselzoeken gehinderd door een verminderd voedselaanbod, en/of door een veranderde bodemstructuur, waar ze niet optimaal op zijn aangepast. Volgens deze alternatieve hypothese is het centrale probleem dus van het oorzaak-gevolg of zelfs van een cascade type: kokkelvisserij geeft verandering en deze verandering zou een aantal stappen kunnen doorwerken, tot en met vogels, die niet zelf in de bodem leven of direct in aanraking komen met de vistuigen.

De vraag is nu of deze hypothesen getoetst kunnen worden, en zo ja, hoe dat dan moet gebeuren. We maken hierbij enkele opmerkingen vooraf:

- Ons EVA-2 onderzoek omvat twee veldwerkseizoenen en een generatie kokkels die leefde van 1997 tot en met 2001 (of nog langer daarna, maar dit doet voor het onderzoek niet ter zake). Uit dit onderzoek kunnen voor de langere termijn alleen conclusies getrokken worden door de huidige toestand binnen de thans gesloten gebieden te vergelijken met die in de open gebleven gebieden. Een groot



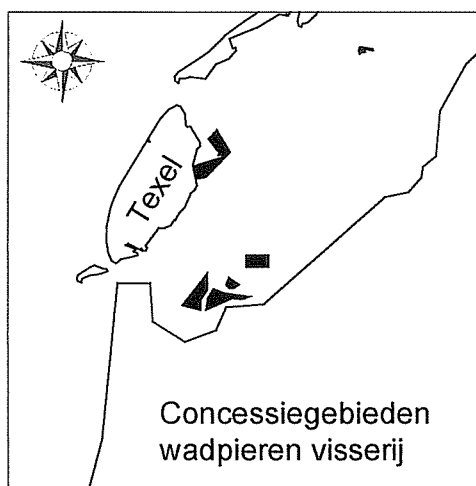
probleem hierbij is echter dat er geen nulstudie gedaan kon worden, waardoor de uitgangssituatie binnen de thans gesloten en open gebieden in feite niet bekend is.

- Als hersteltijden relatief kort zijn (korter dan de tijdsspanne die verliep tussen visserij in de herfst en bemonstering in het volgende voorjaar, wordt in dit onderzoek geen effect gevonden, terwijl er wel een effect zou kunnen zijn, zoals een depletie van sommige bodemdieren in de weken of maanden na de visserij. Dit zou dan wel degelijk kunnen leiden tot een veranderde mogelijkheid tot foerageren van bijvoorbeeld steltlopers, in een kwetsbare periode, namelijk de winter. Zo zouden kleine wormen snel een bevist gebied kunnen koloniseren om daar een tijdlang na de bevissing relatief talrijk voor te komen. Als deze wormpjes echter ten tijde van de EVA II bemonstering in het volgende voorjaar (april/mei) alweer verdwenen zijn (door predatie of doordat het sediment weer hersteld is), wordt in deze studie geen effect gevonden.
- Eventuele conclusies gelden slechts voor de specifieke periode 1997–2001. De kenmerken van de onderzoeksperiode zijn nogal bijzonder. In een vrijwel maagdelijke situatie heeft in 1997 een relatief uitbundige broedval van kokkels plaatsgevonden. In de jaren daarna was er veel minder broedval. Veronderstel bijvoorbeeld dat kokkels en wadpieren in concurrentie leven. Als op een in 1998 beviste plek alle kokkels worden weggevisst, dan krijgen wadpieren de kans om zich daar te vestigen. Kokkels zullen zich daar dan niet makkelijk kunnen hebben hervestigen, mede omdat er in het algemeen weinig kokkelbroedval was vanaf 1998. Een eventueel hoger aantal wadpieren in 2001 op de beviste plekken, kan dan mede veroorzaakt worden door het ontbreken van de weggevisste kokkels, én van vervangende broedval vanaf 1997.

De nulhypothese moet dan wellicht ook nader gepreciseerd worden, bijvoorbeeld als volgt. In de specifieke onderzoeksperiode 1997–2001 is er geen effect van kokkelvisserij op het benthos en op de samenstelling van het sediment. De hypothese is hier, zoals gebruikelijk in de statistiek, geformuleerd in termen van geen effect.

### **1.3 Waar wordt wel en niet gevisst?**

De studie is specifiek gericht op de mechanische kokkelvisserij, zoals die plaatsvindt op de droogvallende wadplaten van de Waddenzee. In de Waddenzee wordt echter ook op diverse andere manieren gevisst. Er is visserij op rond- en platvis, garnalen, mosselen en wadpieren. Vooral de visserijen op mosselzaad en wadpieren zijn sterk bodemberoerend en interfereren daarmee mogelijk met dit onderzoek. Mosselzaadvisserij vindt tegenwoordig echter vooral plaats in de permanent onder water gelegen delen van de Waddenzee (dus buiten bereik van onze studie) en heeft sinds de sluiting van 1993 slechts in één jaar (najaar 1994) plaatsgevonden op droogvallende wadplaten in de open gebieden. De mechanische visserij op wadpieren is relatief kleinschalig in de ruimte, en wordt alleen uitgeoefend op het Balgzand, het Wieringer Wad en op het wad ten oosten van Texel (fig. 2). Hier kan het met het huidige onderzoek hebben geïnterfereerd, maar op maximaal een kokkelbank per deelgebied.



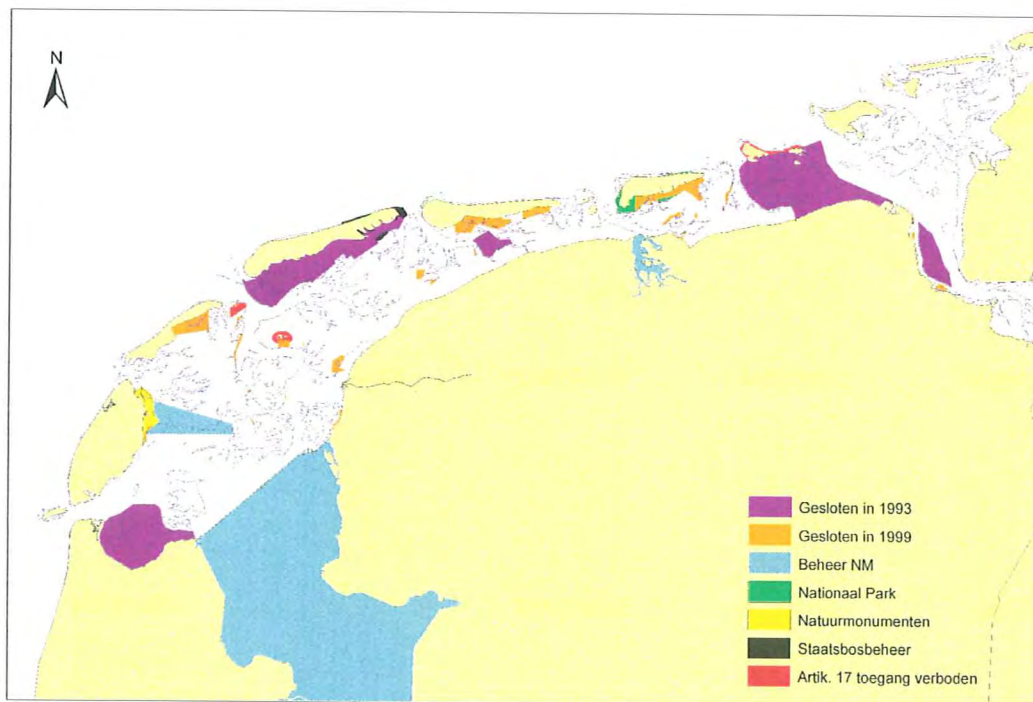
*Figuur 2. Plaatsen waar met gespecialiseerde schepen op wadpieren wordt gevisd. Figuur overgenomen uit Leopold (2002). De concessiegebieden liggen op het Balgzand, een voor de (bodemberoerende) schelpdiervisserij gesloten gebied, het Wieringer Wad en op het wad ten oosten van Texel.*

De garnalenvisserij is, in vergelijking met de mossel, kokkel en pierenvisserij, slechts licht bodemberoerend. Hier staat tegenover dat deze visserij als enige vrijwel geheel vrij van door de overheid opgelegde ruimtelijke beperkingen is. Garnalenvissers mogen alleen niet op de mosselpercelen vissen en niet met wekkerkettingen in de voor de schelpdiervisserij gesloten gebieden, ingesteld in 1993 en 1999 (maar dus wel zonder). Garnalenvissers (circa 90 vergunningen; RLG, 1998) vissen echter vooral in geulen en prielen en minder op de platen die relevant zijn voor deze studie (omvang visserij op de platen is onbekend). Andere vormen van bodemberoerende activiteiten zijn nog: het handmatig vissen op kokkels, het droogvallen van schepen op wadplaten en met (te) weinig water over wadplaten varen (beroeps- en pleziervaart) en wadlopen. Met deze activiteiten is geen rekening gehouden bij dit onderzoek.

## 1.4 Gesloten gebieden

Juist vanwege de veronderstelde grootschalige effecten van de schelpdiervisserij in het algemeen (mossel en kokkelvisserij) op bodem(leven), wadvogels en het herstel van bepaalde ecotopen (zeegrasvelden en mosselbanken), zijn in 1993 delen van de Waddenzee permanent gesloten voor deze visserijen (fig. 3); daarnaast zijn in de voor schelpdiervisserij open gebieden nog delen van het wad gereserveerd voor de handmatige kokkelvisserij en wordt er ook niet op kokkels gevisd op platen waar veel mosselzaad is gevallen, en ook niet op locaties waarvan bekend is dat er zeegras voorkomt. Enkele grote organisaties (Natuurmonumenten, Staatsbosbeheer) hebben of claimen zeggenschap over stukken wad, die deels wel, maar deels ook niet overlappen met de in 1993 beschermde gebieden en deze organisaties staan geen schelpdiervisserij toe. Tenslotte geldt er een 'algemeen verboden toegang' voor Griend, inclusief een kleine straal rond het eigenlijke eiland, en voor de Richel (zeer hoge wadplaat met belangrijke zeehondenligplaatsen). Dergelijke 'Artikel 17 gebieden' liggen ook elders in de Waddenzee, maar steeds binnen de contouren van de in 1993 beschermde gebieden, en deze leveren dus geen extra beperkingen op

voor de schelpdiervissers, wel waren ze mede bepalend voor de aanwijzing van bepaalde delen van het wad als gesloten gebied in 1993. De status van enkele gebieden is betwist, dan wel onduidelijk. Zo heeft Natuurmonumenten ten oosten van Texel een klein stuk wad in eigendom, aansluitend op haar vrijwel terrestrische terrein De Schorren en visserij is hier niet toegestaan. Daarnaast claimt Natuurmonumenten het beheer van een veel groter wadplatengebied, dat hier weer verder oostelijk op aansluit. Kokkelvissers accepteren wel het eigendomsrecht van het kleinere deel, maar niet van het grotere 'beheersgebied'. Ten zuiden van Schiermonnikoog heeft het wad de status van Nationaal Park, maar de delen die niet overlappen met de in 1993 beschermde gebieden zijn open voor de mechanische kokkelvisserij. In 1999 zijn er verschillende grotere en kleinere aanvullende stukjes wad gesloten voor de mossel- en de kokkelvisserij, omdat ze kansrijk zouden zijn voor de hernieuwde ontwikkeling van mosselbanken. Enkele van deze gebiedjes bleken ook zeer rijk aan kokkels te zijn (Kamermans et al., 2003a) en in 2002/3 werden sommige van deze gebieden, waaronder het Posthuiswad onder Vlieland (fig. 4) weer opengesteld voor de mechanische kokkelvisserij, omdat er in de rest van het open gebied te weinig meer te vissen viel, en omdat zich hier (nog) geen mosselbanken hadden gevestigd. Tenslotte is er onduidelijkheid over de status van het Nederlandse deel van de Eems, inclusief het wadplatencomplex De Hond/De Paap. Van dit deel van de Waddenzee is niet duidelijk of het bij Nederland of bij Duitsland hoort.



*Figuur 3. Beschermde gebieden in de Waddenzee. Meest relevant zijn de relatief grote, hier paars gekleurde gebieden: gesloten voor de schelpdiervisserij in 1993. Aanvullend hierop werden de oranje gebieden gesloten voor de schelpdiervisserij in 1999. Ook gesloten zijn: de Artikel 17 gebieden, waarvan alleen een gebiedje rond Griend, en de (voor visserij te hoog gelegen) Richel niet overlappen met de in 1993 gesloten gebieden, het eigendom van Natuurmonumenten ten oosten van Texel (geel) en van SBB ten oosten van Terschelling (zwart). In de groene (Nationaal Park) en licht blauwe gebieden (Natuurmonumenten), gelegen bij Schiermonnikoog en Texel mag wel worden gevisst.*





*Figuur 4. Zichtbare sporen van kokkelvisserij op het Posthuiswad ten zuiden van Vlieland (eiland boven in de foto's zichtbaar), circa een maand nadat hier op kokkels werd gevist in een van de in 1999 gesloten, maar in 2002 weer opengestelde gebieden. Foto's: Martin de Jong, Alterra, 28 februari 2003.*

## 1.5 De kokkelvisserij

Kokkelvisserij hebben geen vaste 'stekken' in de Waddenzee. Eenmaal weggeviste kokkels keren niet snel terug: het duurt tot minimaal één groeiseizoen na de volgende broedval, voordat een intensief beviste kokkelbank opnieuw bevestigd kan worden. Hierdoor zijn eenmaal beviste plekken soms jaren nadien niet meer lucratief en verplaatst de kokkelvisserij zich zowel binnen het seizoen, als tussen opeenvolgende seizoenen bij uitblijven van een nieuwe broedval, geleidelijk over het wad. Sterke jaarklassen ontstaan meestal niet vaker dan eens in de drie tot vijf jaar, waarna door natuurlijke en visserijsterfte deze sterke jaarklasse geleidelijk uitgeput raakt. Een nieuwe jaarklasse kokkels kan op locaties waar de groei van de jonge kokkels buitengewoon goed is, al na een jaar worden bevestigd. Zo was de laatste sterke jaarklasse kokkels de broedval van 1997, waarop in 1998 in de westelijke Waddenzee al met succes werd gevestigd (fig. 16a). In volgende jaren verplaatst de visserij zich dan geleidelijk naar steeds hogere wadplaten, waar de groei minder goed is, maar waar door een langere verlopen tijd sinds de broedval, toch op een zeker moment kokkels van 'commerciële grootte' opgevestigd kunnen worden. Bij gebrek aan hernieuwde, massale broedval, worden dus in de loop van drie tot vijf volgende jaren steeds andere delen van de onbeschermde delen van de Waddenzee bevestigd (zie ook: Kamermans et al., 2003b; Zwarts et al., 2003). Jaarlijks wordt circa 4% van de platen in de Waddenzee bevestigd en bij een gemiddeld areaal aan kokkelbanken van circa 12% is het merendeel van de kokkelbanken in de open gebieden enkele jaren na de broedval ook daadwerkelijk bevestigd (Kamermans et al., 2003c). In het algemeen zijn gebieden met veel kokkels ook meer dan gemiddeld rijk aan ander bodemleven. Hierdoor vindt de visserij vooral plaats op plekken die niet alleen rijk zijn aan kokkels ('kokkelbanken') maar die daarnaast ook rijk zijn aan ander bodemleven en die dus van relatief groot belang zijn voor de wadvogels, zowel de soorten die kokkels eten als de soorten die van andere bodemdieren leven (Zwarts et al., 2003).



## 2 Aanpak van het onderzoek

### 2.1 Onderzoeksopzet

Effecten-onderzoek, in dit geval naar de effecten van kokkelvisserij, kan op verschillende manieren worden opgezet.

1. Wetenschappelijk meest voor de hand ligt een aanpak, waarbij in een maagdelijk gebied, volgens aanwijzingen van de onderzoeker, experimenteel wordt gevestigd, zodat vóór, vlak na, iets langer na, en veel langer na het vissen, *random* gekozen wel en niet beviste locaties kunnen worden vergeleken. Los van de vraag of maagdelijke gebieden in de Waddenzee nog kunnen worden gevonden, en of daar dan ook gevestigd zou mogen worden, was in de huidige maatschappelijke situatie een dergelijk experiment alleen op kleine schaal, met geen of weinig replica's, en niet gespreid over de hele Waddenzee uitvoerbaar. Een dergelijk experiment is (in enkelvoud) uitgevoerd door Ens et al. (2003). In een iets andere vorm is deze lijn ook gevolgd door Hiddink (2003) die enkele onbeviste plots (*exclosures*) binnen een zwaar beviste kokkelbank onderzocht en vergeleek met de wel beviste omgeving (zie mogelijkheid 2).
2. Een tweede mogelijkheid is, om een plaats waarvan al het een en ander bekend is, na een plotselinge (niet door de onderzoeker geplande) bevissing, te blijven volgen. Deze aanpak werd gevolgd door Piersma & Koolhaas (1997), toen zij zich in hun onderzoeksgebied rond Griend plotseling geconfronteerd zagen met intensieve kokkelvisserij in 1988. Een probleem met een dergelijke aanpak is, dat slechts één, toevallige locatie gevolgd wordt, waardoor het moeilijk is te bewijzen dat een gevonden ontwikkeling ook aan de visserij is toe te schrijven, bij gebrek aan onafhankelijke blanco's (zie ook: Auditcommissie EVA-2, 2002). Voor de uiteindelijke publicatie van dit onderzoek is dan ook gezocht naar extra onderzoekslocaties buiten Griend, waardoor de hypothese dat kokkelvisserij een (groot) effect had, sterker kon worden onderbouwd (Piersma et al., 2001). Nog steeds geldt echter dat de opzet noodzakelijkerwijs niet experimenteel van aard is en last heeft van een groot aantal van de statistische problemen die later ook in dit verslag aan de orde komen.
3. Een derde manier van onderzoek is gevolgd door de Vlas (1982) en RIN (1987), waarbij de fauna binnen en buiten sporen van kokkelvisserij werd vergeleken, direct na het passeren van het vistuig. Inzicht in hersteltijden werd verkregen door enkele onderzoeksplots lang te blijven volgen, maar lange termijn effecten van steeds herhaalde visserij werd niet onderzocht en de kokkelvisserij was ten tijde van het onderzoek nog veel primitiever dan de huidige (de Vlas pers. comm.; . Auditcommissie EVA-2, 2002).

Al deze vormen van onderzoek hebben als nadeel dat ze slechts een klein deel van de Waddenzee beslaan. Alleen Piersma et al. (2001) hebben zich hier gedeeltelijk aan weten te onttrekken, door achteraf, nadat ze de veronderstelde effecten op één locatie (Griend) hadden gezien en beschreven (Piersma & Koolhaas, 1997) nog andere locaties bij hun onderzoek te betrekken. De kokkelvisserij speelt zich echter

in een veel groter gebied van de Waddenzee af, namelijk in driekwart van de Waddenzee. De Waddenzee is daarbij zeer divers én dynamisch, en grootschalige processen die al in een relatief ver verleden zijn ingezet door ondermeer de afdammingen van Lauwers- en Zuiderzee, de bodemdaling veroorzaakt door de gasboringen rond Slochteren en Ameland, alsmede meer recente grote ingrepen als zandsuppleties aan de Noordzee-kant van de Waddenzee, of de verbouwing van Griend in 1985-88, kunnen lokaal zeer verschillend doorwerken op bijvoorbeeld de zand- en slibhuishouding. Een ‘verzanding’ rond Griend kan daarom in theorie een lokaal fenomeen zijn, dat los staat van de kokkelvisserij. De omgeving van Griend is bekend om zijn grove sedimenten en grote dynamiek (de Glopper, 1967): *‘In de westelijke wadden (Waardgronden en Grienderwaard) zijn de sedimenten in het algemeen grover dan verder naar het oosten. Dit is een gevolg van de tamelijke onbeschutte ligging in de nabijheid van tamelijke diepe en uitgestrekte watervlakten, waardoor zich vrij grote golven kunnen ontwikkelen, die de afzetting van fijner materiaal belemmeren’*. Echter, hoewel de omgeving van Griend van nature zandig is, is dit gebied de laatste jaren nog zandiger (minder slikkig) geworden; mogelijk speelt de verzanding hier al vanaf de jaren 50 (Piersma & Koolhaas, 1997). Het gebied was altijd opvallend rijk aan kokkels en is vaak bevestigd. De verzanding is slechts voor een deel te verklaren aan afslag (plaatrand erosie aan de zuidrand van de Grienderwaard), maar valt wel binnen een breder patroon van verzanding van hoog-dynamische gebieden die onder invloed staan van de zeegaten in de westelijke Waddenzee (Zwarts et al., 2003). Onderzoek dat zich afspeelt in een dergelijk gebied heeft een intrinsiek risico dat de gevolgen van een autonoom proces samenvallen met veronderstelde effecten van kokkelvisserij. Om het probleem van een te kleine, a-selecte steekproef te ondervangen is daarom voor het EVA-2 onderzoek gezocht naar een Waddenzee-brede onderzoeksopzet, waarbij alle soorten sedimenten, de hele range van beschutting tegen wind en golfslag, hoogteligging zou kunnen worden meegenomen. Op deze schaal kan niet geëxperimenteerd worden; alleen ‘volgend’ onderzoek was mogelijk. Door zoveel mogelijk kokkelbanken bij het onderzoek te betrekken, werd echter wel het hele scala van omgevingsfactoren en visserijdruk bestreken, en konden ook gebieden die al enige jaren gesloten waren geweest voor kokkelvisserij worden vergeleken met gebieden die steeds voor de vissers toegankelijk waren geweest.

## 2.2 Uitgangssituatie

Het onderzoek moest worden opgezet in een situatie, waarin nog slechts de eerste versie van het onderzoek rond Griend wel beschikbaar was (onderzoek op één locatie, namelijk Griend; Piersma & Koolhaas, 1997), maar de ruimer opgezette uiteindelijke versie (Piersma et al., 2001), met data van Griend, plus Balgzand, Piet Scheve Plaat en het Groninger wad) nog niet. Bovendien moest worden ‘ingestapt’ in een situatie, waarin al jaren was gevist, maar waar de visserij-intensiteit, en de ruimtelijke verspreiding en de verspreiding van jaar op jaar, bij Alterra nog niet bekend was. Waddenzee-brede nulmetingen, of experimentele ingrepen waren beide onmogelijk: de tijd was gepasseerd voor nulmetingen en Waddenzee-breed experimenteel vissen of grootschalig, experimenteel vissen in de gesloten gebieden zou stuiten op verregaande bezwaren van praktische, financiële en juridische aard.



Een geluk bij een ongeluk was, dat de platen van de Waddenzee, bij aanvang van het onderzoek, tijdelijk relatief weinig bevestigd waren. Geheel onbeïnvloed was de Waddenzee echter niet, zelfs niet in de gesloten gebieden, doordat de kokkelvisserij al decennia lang wordt beoefend en de effecten een herstel van 10 jaar of meer zouden kunnen vergen (Piersma et al., 2001); ook de processen van verzanding en verslibbing hebben zich over perioden van tientallen jaren afgespeeld (Zwarts et al., 2003). Er kon echter gewerkt worden in een relatief ongestoorde situatie, doordat twee opeenvolgende, strenge winters, van 1995/96 van 1996/97, de wadplaten hadden ontdaan van veel van de toen levende kokkels, waardoor er geen visserij meer was. De voedselvoorraden voor schelpdier-etende wadvogels waren zowel in 1996 als in 1997 zo laag, dat het voedselreserveringsbeleid in werking trad, waardoor in deze twee jaren niet op kokkels werd gevestigd in de Waddenzee. In 1998 was er wel weer kokkelvisserij, maar nog vooral op sublittorale voorkomens waar de groei relatief goed geweest was. Deze gebieden vallen buiten het hier gerapporteerde onderzoek. Pas in 1999 was er voor het eerst weer grootschalige kokkelvisserij op de platen, en dit herhaalde zich in 2000. Voor het EVA-2 onderzoek kon in de jaren 2000 en 2001 veldwerk worden uitgevoerd. Er moest in het voorjaar gewerkt worden, omdat later in het jaar diverse Artikel 17 gebieden worden gesloten, vanwege de werp- en zoogtijd van Gewone Zeehonden in die gebieden. Een en ander betekende, dat het eerste onderzoeksjaar (voorjaar 2000) vooral te maken had met de visserij, uitgevoerd in (de herfst van) 1998 en 1999 en dat het tweede onderzoeksjaar (2001) te maken had met de cumulatieve visserij van 2000, 1999 en 1998, voorzover uitgevoerd op de platen.

### 2.3 Onderzoekslocaties

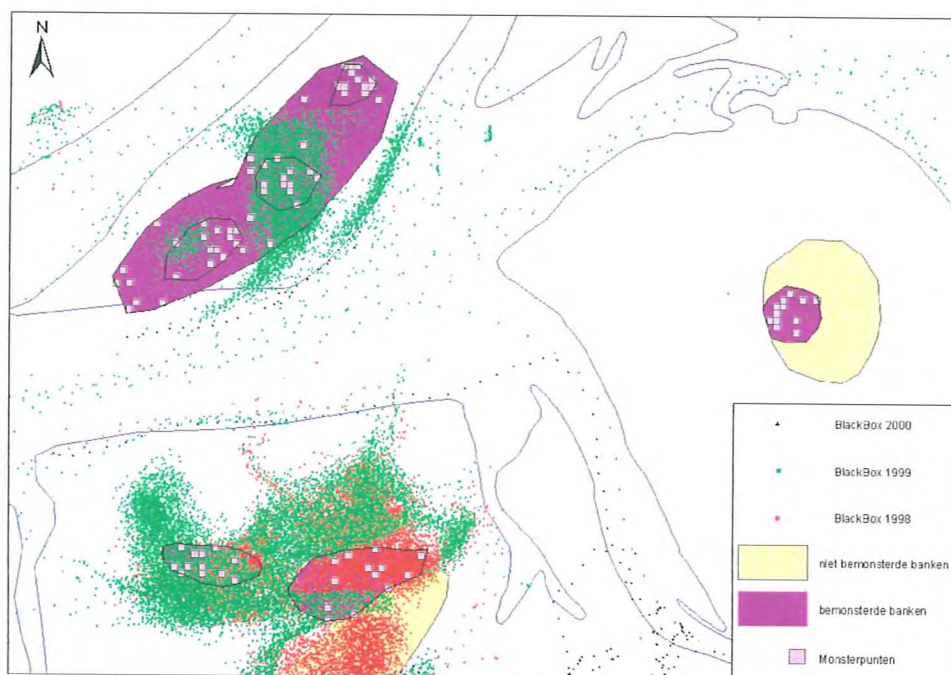
Om het bezwaar van eerdere studies, het werken op een gering aantal verschillende locaties, zo veel mogelijk te ondervangen, werd gekozen voor een aanpak waarbij zo veel mogelijk, en zo veel mogelijk verschillende locaties bij het onderzoek werden betrokken. Onder deze voorwaarde, bleven er drie mogelijkheden over:

1. een onderzoek op een groot aantal, *random* gekozen locaties in de Waddenzee;
2. een onderzoek op een groot aantal locaties op een vast, of gewogen (gestratificeerd) grid;
3. een onderzoek op een zo groot mogelijk aantal, *random* gekozen dan wel op een grid gelegen locaties binnen die delen van de Waddenzee waar zich bevestigbare kokkelvoorkomens bevonden.

Om redenen van effectieve inzet van de beschikbare middelen, is gekozen voor de laatste aanpak: een zo breed mogelijk opgezet onderzoek, op plaatsen waar kokkels in bevestigbare dichtheden (kokkelbanken) verwacht mochten worden. Hieronder vielen zowel kokkelbanken in de voor visserij open gebieden, als in voor visserij gesloten gebieden. Met deze aanpak werd geen onderzoeksinzet 'verspild' aan locaties zonder kokkels, waar ook niet gevestigd zou worden en door uitsluitend op kokkelbanken te werken, werd de heterogeniteit van het onderzoeksgebied teruggebracht, en naar verwachting, de *power* van het onderzoek vergroot. Een tweede restrictie aan het onderzoek was, dat dit werd beperkt tot droogvallende platen. Dit had logistieke

redenen omdat dan slechts één soort van onderzoeksstrategie in het veld nodig was (een bemonstering te voet), en tevens werd de heterogeniteit van het onderzoeksgebied nog verder beperkt. Daarnaast gold de bezorgdheid omtrent de effecten van de kokkelvisserij op de bodem juist de wadplaten, mogelijk omdat ook ander onderzoek zich op deze relatief makkelijk toegankelijke delen van het wad heeft geconcentreerd, en omdat de meeste vogelsoorten op de platen en, met niet in de geulen foerageren.

Bij de voorbereiding van het onderzoek was, onder andere uit de jaarlijkse RIVO kokkelsurveys, duidelijk, dat in het eerste jaar van veldwerk, 2000, de jaarklasse kokkels uit 1997 nog steeds dominant was, in aantallen en biomassa. Ná 1997 was er wel wat broedval geweest, maar dit was verwaarloosbaar weinig en de kokkelvisserij concentreerde zich dan ook vooral op de 1997-kokkels, die bij aanvang van het veldwerk in april/mei 2000 drie jaar oud waren (drie winterringen op de schelp hadden). Het viel in 1999/2000 niet te verwachten, dat het hele toenmalige bestand in de open gebieden, al in 2000 zou worden opgevist. Wél was de verwachting, dat ook in 2001 de 1997-jaarklasse nog de te bevissen jaarklasse zou zijn; alleen een zeer strenge winter zou op dit punt roet in het eten kunnen gooien, maar in dat geval zou er mogelijk in 2001 helemaal geen kokkelvisserij mogelijk zijn, op welke jaarklasse dan ook. Er van uit gaande, dat kokkels die eenmaal ergens liggen, niet of nauwelijks meer in de ruimte bewegen, werden de banken, gevormd in 1997 het onderwerp van deze studie. Dit kokkelbroed is in het voorjaar van 1998, voorafgaand aan de visserij in het najaar van datzelfde jaar, door de kokkelvisser zelf uitvoerig in kaart gebracht. De sector had er belang bij om dit zo goed mogelijk en zo volledig mogelijk te doen. Het visseizoen is relatief kort, en men wil in dat korte seizoen op de allerbeste plekken te vissen. Ook zat men in een situatie, waarin in de voorgaande jaren niet gevestigd had mogen worden, vanwege voedselreservering. Men was er dus bij gebaat om zoveel mogelijk kokkels te vinden, ook in de gesloten gebieden, omdat alle kokkels meetellen in de afweging of er voldoende voedsel voor de vogels op het wad te vinden zal zijn. De inventarisatie van de vissers wordt later in het jaar door het RIVO gebruikt bij de jaarlijkse inventarisatie, die dan dient als basis voor het voedselreserveringsbeleid. RIVO monstert de kokkel*stock* op meetpunten op een vast grid, waarbij het grid wordt verdicht op plaatsen die door de vissers eerder als kokkelbank werden aangegeven. De vissers inventariseren lopend en varende, en tekenen contouren van iedere gevonden kokkelbank met behulp van de GPS in op een wadkaart. In principe leidt de inventarisatie van de vissers tot een scherpere begrenzing van de banken (een grillige lijn) dan de inventarisatie van het RIVO (groepering van rechthoekige vakken met kokkels). De vissers zijn uit op het vinden van banken, RIVO is het te doen om een bestandsschatting. In de te bevissen gebieden is de inventarisatie goed, zo hebben de RIVO bemonsteringen laten zien (Kamermans et al., 2003b). In de gesloten gebieden, waar het belang van het vinden van de laatste bank toch wellicht iets minder groot is, wordt circa 15% van de banken gemist, maar dus een grote meerderheid ook ingetekend. Voor dit onderzoek waren locaties van banken nodig, en om deze reden is gebruik gemaakt van de inventarisatiegegevens van de vissers. De wadkaarten met daarop de ingetekende kokkelbanken, en bijbehorende meta-informatie, werden door de sector aan Alterra ter beschikking gesteld en deze werden gedigitaliseerd en in een GIS gezet.



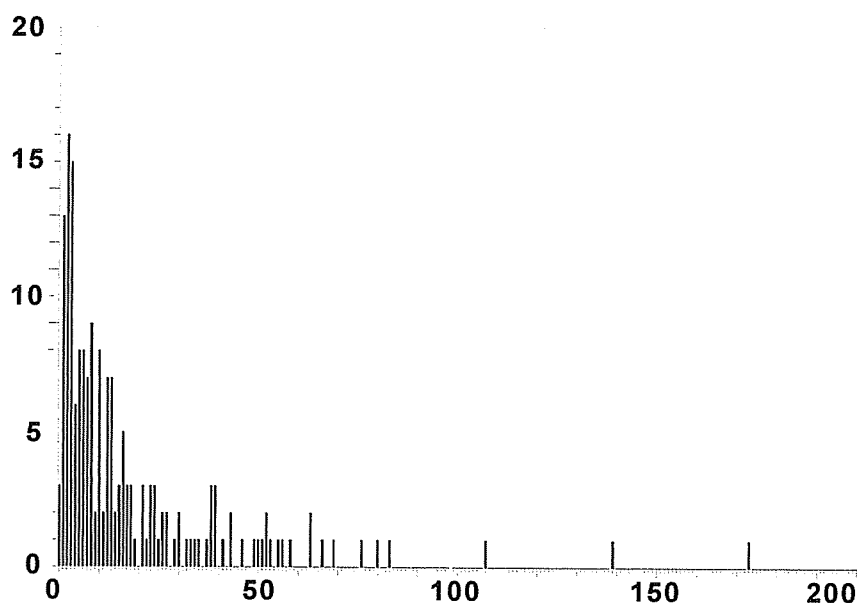
*Figuur 5. Een detail van een stuk van de Waddenzeekaart van het wad ten zuiden van Ameland, met een aantal wel (paars) en niet (geel) voor dit project bemonsterde kokkelbanken, zoals opgetekend door de kokkelvissers in voorjaar 1998. De minuutregistraties van de vissende kokkelschepen zijn weergegeven in rood (1998), groen (1999) en zwart (2000); duidelijk is dat hier vooral in de eerste twee jaren (zwaar) is gevestigd. Links boven is een complexe situatie zichtbaar, waarbij binnen één grote kokkelbank door de vissers drie afzonderlijke kernen werden aangegeven, met verschillende kokkeldichtheden; binnen dit project werden deze beschouwd als vier afzonderlijke banken, die alle werden bemonsterd (monsterpunten als roze vierkantjes aangegeven). Vooral de middelste kern werd bevestigd, maar uitlopers van deze visserij bereikten ook de hoofdbank die daardoor een grote variatie aan visserij-intensiteit kende; de linker kern werd licht bevestigd, de rechter niet. Rechts ligt, op de Piet Schereplaat een bank met één kern (met een hogere dichtheid aan jonge kokkels in 1998). Hier werd alleen de kernbank bemonsterd; het geheel bleef onbevestigd (gesloten gebied). Links onder is een complex van drie door de vissers in 1998 aangegeven banken zichtbaar waarvan de twee meest noordelijke werden bemonsterd. Alle drie de banken werden zwaar bevestigd in 1998 en/of 1999, evenals een ruim gebied er omheen.*

De inventarisatie leverde een bestand op van 312 potentiële kokkelbanken (potentieel, want het ging bij de inventarisatie nog om kleine kokkeltjes, van circa een half jaar oud). Deze banken werden stuk voor stuk gescreend en alle (30) banken die geheel of gedeeltelijk onder de laag-laagwaterlijn lagen werden geschrapt. Vervolgens werd de meta-informatie per bank bekeken, en werden alle (80) banken geschrapt die opmerkingen meegekregen hadden als 'dun' of 'zeer dun' of waarvoor dichtheden van 5 of minder kokkels 'onder de hand' (de standaard veld-maat van de kokkelvissers voor kokkeldichtheden) werden opgegeven. Deze banken werden als te kansarm beschouwd om in latere jaren als bevestigbaar te worden aangemerkt. Vijf banken waarvoor geen dichtheidsinformatie opgegeven was, of waarbij werd opgemerkt dat er (ook) veel meerjarige kokkels lagen (dus kokkels van vóór 1997) werden ook geschrapt. Na deze exercitie bleven er 197 kokkelbanken over, die in 1998 werden ontdekt, en die geschikt leken voor onderzoek in 2000 en in 2001. Ten overvloede zij hier nog vermeld, dat onder een *kokkelbank* wordt verstaan:

*een als zodanig door de kokkelvisserij aanmerkt, rijk, en potentieel bevisbaar voorkomen van kokkels (los van de vraag of de bank in een open of gesloten gebied ligt). Aangrenzende of elkaar omsluitende, kokkelvoorkomens van duidelijk verschillende kokkeldichtheid (volgens de opgave van de vissers in 1998, werden als afzonderlijke banken beschouwd (fig. 5).*

## **2.4 Verschillen tussen de kokkelbanken onderling**

Alle 197 kokkelbanken waren verschillend, al was het alleen maar omdat ze alle op verschillende locaties lagen. Daarnaast waren er verschillen tussen aantallen en dichtheden van de diverse biota (niet bekend tijdens de planning van dit project, want deze waren immers onderwerp van studie) en verschillen in abiotische parameters, als hoogteligging, overspoelingsduur, sedimentkarakteristieken, blootstelling aan golven, etc. Ook waren er, bij aanvang van het veldwerkseizoen in 2000 verschillen in voorafgaande visserijdruk: er was immers in 1999 al volop op de wadplaten van de Waddenzee gevist, maar ook in vele jaren daarvoor. Veel van deze informatie kwam pas tijdens het EVA-2 project beschikbaar en kon niet bij de planning van het project betrokken worden. Er waren hierop twee belangrijke uitzonderingen: ligging en grootte van iedere bank waren vooraf bekend. De informatie over de ligging van alle banken werd benut om banken aan de diverse bij het onderzoek betrokken schepen toe te wijzen (zie volgende paragraaf). De informatie over de grootte van de verschillende banken werd benut om het aantal monsterpunten per bank te bepalen. Hiervoor werden twee uitgangspunten gehanteerd. Ten eerste werd, in overleg met een aantal benthos deskundigen, bepaald, dat een minimum van 10 monsterpunten, verdeeld over een (relatief uniform habitat als een) kokkelbank noodzakelijk was, om een kokkelbank adequaat te beschrijven. Het tweede uitgangspunt was, dat een grotere kokkelbank meer monsterpunten behoefde dan een kokkelbank met een klein oppervlak, omdat een groter oppervlakte meer spreiding in de te meten parameters zou kunnen hebben. De vraag was alleen: hoeveel meer monsterpunten? Of anders gezegd, welke relatie zou er moeten zijn tussen de oppervlakte van een kokkelbank en het aantal benodigde monsterpunten, uitgaande van een minimum van 10? Om deze vraag te kunnen beantwoorden werd eerst nagegaan, in hoeverre de 197 in eerste instantie geselecteerde kokkelbanken onderling in oppervlakte verschilden. Een frequentieverdeling (fig. 6) laat zien, dat afgezien van drie uitzonderlijk kleine kokkelbanken, de minimum grootte ongeveer 30.000 vierkante meter was, met een lange staart in de richting van de allergrootste kokkelbank, die een oppervlakte van 5.200.000 m<sup>2</sup> had.



*Figuur 6. Frequentieverdeling van de verschillende groottes van de bemonsterde kokkelbanken, uitgedrukt in aantal malen dat de banken groter zijn dan 30.000 m<sup>2</sup>. Een staaf, met lengte 3 (Y-as), bij waarde 39, betekent bijvoorbeeld, dat er drie banken zijn bemonsterd die een oppervlakte hadden van rond de (39x30.000) = 1.170.000 m<sup>2</sup>.*

Een simpele rekensom leerde dat het onmogelijk was om het aantal monsterpunten lineair te verhogen naarmate het oppervlak van de bank groter werd: bij een aantal van 10 monsterpunten op een bank van 30.000 m<sup>2</sup>, zouden er dan  $(5.200.000/30.000) \times 10 = 1733$  monsterpunten nodig zijn op de grootste kokkelbank in het bestand, een onhaalbaar groot aantal. Voor banken groter dan 30.000 m<sup>2</sup> werd daarom gekozen voor een formule, waarbij het aantal monsterpunten weliswaar toenam met kokkelbank grootte, maar steeds langzamer bij steeds verder toenemende grootte:

aantal monsterpunten = 10, plus de wortel uit het quotiënt van de onderzochte en 'kleinste' kokkelbank, of:

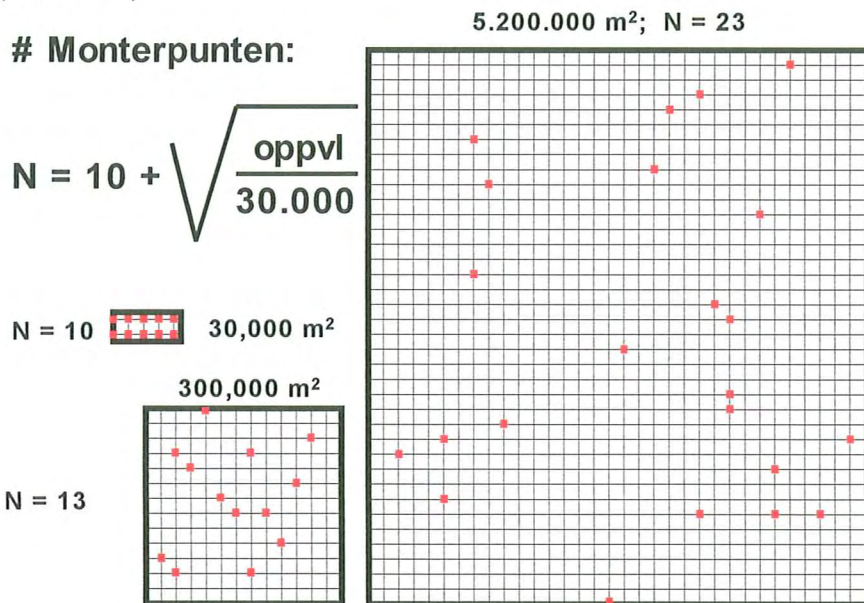
$$N_{(\text{bank } x)} = 10 + \sqrt{(\text{oppervlak}_{(\text{bank } x)} / 30000)}.$$

In figuur 7 is dit grafisch uitgewerkt. Op een kleine bank, van 30.000 m<sup>2</sup>, werden 10 monsters genomen. Op een bank die 10 keer zo groot is (300.000 m<sup>2</sup>), werden 13 monsterpunten genomen, want:  $N = 10 + \sqrt{(300/30)} = 10 + 3$  (afgerond) = 13. De grootste bank, van 5.200.000 m<sup>2</sup>, werd volgens dezelfde redenering, op 23 punten bemonsterd.

Om de locaties van de monsterpunten te bepalen, werd in ons GIS een grid van 50x50 m over de hele Waddenzee gelegd en met dit GIS werd bepaald welke snijpunten van dit grid binnen iedere geselecteerde kokkelbank lagen. Uit deze punten werden vervolgens, *random*, de benodigde punten voor iedere bank geselecteerd en de posities werden voorgedrukt op unieke veldformulieren voor iedere individuele kokkelbank. In het veld werden deze coördinaten vervolgens met



een hand-GPS opgezocht (Foto 1), en hier werden de benodigde monsters genomen (Foto's 2-7).



Figuur 7. Grafische uitwerking van het berekenen van de aantallen benodigde monsterpunten voor hypothetische kokkelbanken met oppervlaktes van 30.000, 300.000 en 5.200.00 m², en uitkomsten van een random plaatsing van de monsterpunten op de twee grotere banken; voor de kleine bank van 30.000 m² waren alle mogelijke punten ook nodig om te bemonsteren. Voor twee nog kleinere banken waren respectievelijk 9 en 4 monsterpunten beschikbaar.

## 2.5 Veldwerk

Het veldwerk vond plaats in april/mei van 2000 en van 2001. Deze timing werd door de volgende factoren bepaald:

1. Het onderzoek richt zich tot ('significante') effecten van kokkelvisserij, niet op de meest zichtbare, maar lokale en relatief kort durende effecten, zoals het tijdelijk zichtbaar zijn van vissporen op het wad. Om deze reden werden de bemonsteringen pas uitgevoerd, nadat er minimaal één winter was verlopen na het visseizoen.
2. De 'Artikel 17' gebieden worden jaarlijks op 15 mei gesloten voor publiek. Voor de bemonstering van de kokkelbanken zou dit vooral in de oostelijke Waddenzee een ernstige restrictie opleveren. Om niet het risico te lopen dat juist daar, in een groot voor visserij gesloten gebied, veel kokkelbanken niet betreden zouden kunnen worden, moest het veldseizoen eindigen voor 15 mei.
3. In het voorjaar is er een snelle groei van de meeste wad-organismen. Om hiervan zo min mogelijk effecten op de metingen te hebben, moest liefst vóór het groeiseizoen, en in elk geval binnen een zo kort mogelijk tijdsbestek, worden gemonsterd.
4. Om de kans op goed weer tijdens het veldwerk te optimaliseren moest zo laat mogelijk in het voorjaar worden gemonsterd.

De opgave, om zoveel mogelijk kokkelbanken, in een zo kort mogelijke tijd, in een gebied zo groot als de Nederlandse Waddenzee, dat bovendien nog alleen tijdens laagwater toegankelijk is, te bemonsteren, leidde tot de volgende aanpak. Er werden zo veel mogelijk schepen tegelijkertijd ingezet voor het veldwerk. Deze werden vrijgemaakt en voor EVA-2 beschikbaar gesteld door LNV (de schepen: Harder, Krukel, Phoca in 2000 en 2001, aangevuld met de Cornelis Bos, Stern en Stormvogel in 2001) en door Alterra (de Zilvervis en een naamloze rubberboot in 2000, en de Omdraai in 2000 en 2001). Daarnaast werden zowel in 2000 als in 2001 nog enkele banken per auto vanaf de wal bereikt en stelde een particulier in 2001 een boot aan Alterra beschikbaar.

Ieder schip had van te voren een eigen deelgebied van de Waddenzee toegewezen gekregen, en had de beschikking over alle kokkelbank-veldformulieren die betrekking hadden op het eigen deelgebied. Ieder schip had ook de formulieren van de andere schepen aan boord, zodat in overleg met de andere schepen, eventueel banken van elkaar konden worden overgenomen. Sommige schepen konden de hele week op zee blijven, andere moesten dagelijks vanuit een thuishaven opereren. Bij hoogwater werd gevaren naar een veilige ankerplaats in de buurt van de te bemonsteren bank, welke dan bij het vallen van het water werd bezocht. De veiligheid van de mensen te velde werd gewaarborgd doordat de schippers hun bewegingen volgden (visueel of per telefoon/radio), doordat veldploegen in complexe situaties een rubberboot mee naar de plaat namen (in andere situaties werden ze afgezet en later weer opgehaald), of doordat de bewuste plaat inherent veilig was (direct grenzend aan land). Ook hadden alle teams een tasje met veiligheidsmiddelen bij zich, en altijd een telefoon en/of radio waarmee het schip kon worden bereikt. Tenslotte werden de bewegingen steeds aan de kustwacht (vuurtorens) doorgegeven.

Deze schepen (en auto's) gingen zo dicht mogelijk ter plaatse en zodra het tij het toeliet, gingen teams van 2 of 3 mensen het wad op om de geselecteerde kokkelbanken te bemonsteren. Het monstern gebeurde te voet op de platen, waarbij de te bemonsteren punten met een GPS werden opgezocht en waarbij de benodigde materialen (zeef, grote en kleine steekbuizen, monstervierkant, guts, schepjes, spatels, verzamelpotten en plastic zakjes voor biota en sediment, fixatievloeistof, labels, formulieren op clipboard, veiligheidstas, radio/telefoon, ontbijt/lunch, etc) over het wad vervoerd werden in een kruiwagen of in rugzakken. De veldwerkperioden waren zo gekozen, dat steeds in twee van de drie veldweken (de eerste en de laatste), gedurende twee tijen per dag kon worden gewerkt. In de middelste week viel het lage water midden op de dag, waardoor per dag slechts één tij kon worden benut. Hoe de bemonstering uiteindelijk uitpakte, op het niveau van afzonderlijke kokkelbanken, wordt nog eens nader belicht aan de hand van figuur 5 en met behulp van onderstaande foto's.



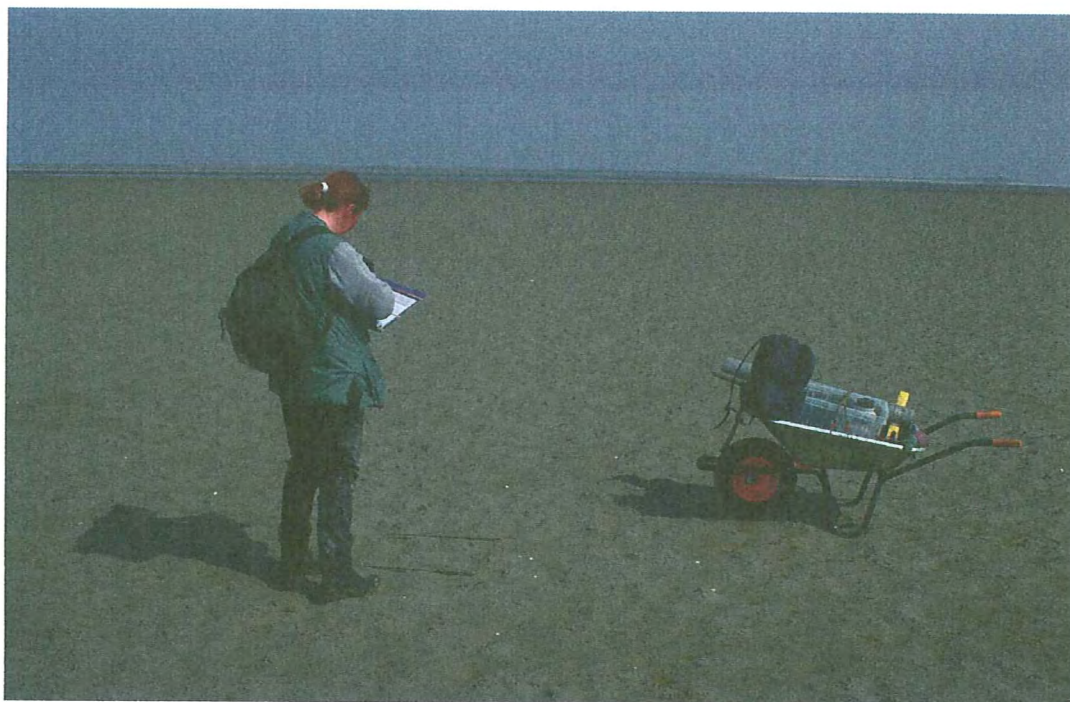


*Foto 1. Bij vallend water wordt het eerste monsterpunt opgezocht, m.b.v. voorgeprogrammeerde coördinaten in een hand-GPS. Foto Bruno Ens, Alterra.*



*Foto 2. Meting op het wad. Foto Bruno Ens, Alterra.*





*Foto 3. Tellen van wadpieren en kokervormen binnen een vierkant van 0,25m<sup>2</sup>. Foto Bruno Ens, Alterra.*

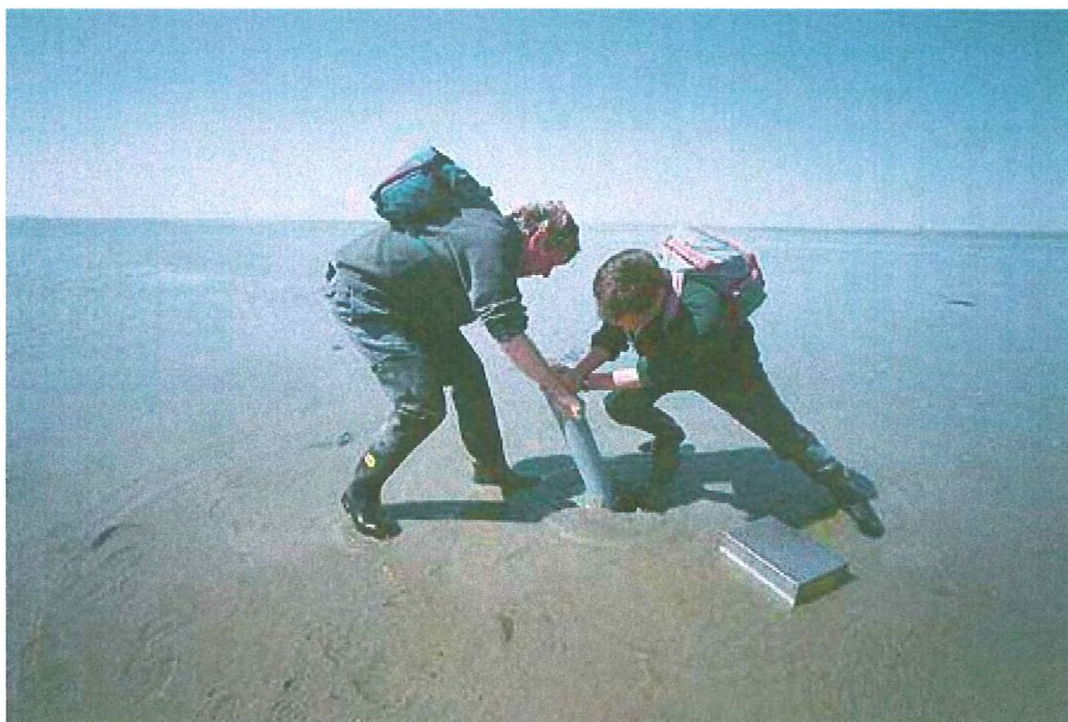


*Foto 4. Uitgraven kokkels uit het meetvierkant. Foto Bruno Ens, Alterra.*





*Foto 5. Tellen van de kokkels uit het meetvierkant, per jaarklasse. Foto Bruno Ens, Alterra (2000).*



*Foto 6. Nemen van een steekbuismonster op het wad. Foto Guy Ackermans.*





*Foto 7. Alles gemeten en genoteerd, spullen verzamelen en op naar het volgende monsterpunt. Foto Bruno Ens, Alterra.*

Gestreefd werd om per tij twee kokkelbanken te bemonsteren per team, maar dit was lang niet altijd mogelijk. Veel banken waren zo groot of lagen zo laag of zo ver weg van de ankerplaatsen van de schepen of van de andere banken, dat ze een heel tij in beslag namen; sommige banken moesten zelfs gedurende twee tijen worden bezocht. In een beperkt aantal gevallen slaagden teams erin om meer dan twee banken per tij te bemonsteren. Tijdens de weekends werd niet in het veld werd doorgewerkt, maar was er wel voortgangsoverleg tussen de 'scheepsleiders' en de projectleider. Daarnaast was er op de meeste dagen telefonisch contact tussen het schip met de projectleider en de andere schepen. Het streven was om alle 197 banken ook daadwerkelijk te bemonsteren, maar aan het eind van de drie weken monsteren in 2000, waren in totaal 146 banken bemonsterd. Bij de selectie van deze 146 banken werden logistieke afwegingen gemaakt, en werd gestreefd naar maximale spreiding van de banken binnen het aan het schip toegewezen gebied, waarbij zowel banken op zandig als op slikkig wad, op hooggelegen en op laaggelegen wad, dicht bij de zeegaten, midden op de wantijen en aan de vaste land kust, en in open en gesloten gebieden, per schip bemonsterd. Er werd geen rekening gehouden met de black box gegevens van 1998 en 1999, omdat deze gegevens te laat beschikbaar kwamen. Binnen de open gebieden kan het al dan niet bemonsteren van een kokkelbank daarom als een a-select proces ten opzichte van voorafgaande visserij gezien worden. In 2001 hadden we meer scheepscapaciteit ter beschikking, en werden alle banken, die in 2000 bemonsterd waren, opnieuw bemonsterd. Punten binnen banken, die om redenen van onbereikbaarheid in 2000 niet bemonsterd konden worden, werden ook in 2001 niet bemonsterd om een vergelijkbare set gegevens te krijgen. Drie banken, die zeer slecht bereikbaar waren (zeer laaggelegen wad), en die daardoor in 2000 slechts zeer gedeeltelijk bemonsterd konden worden, hebben we in 2001 niet

opnieuw bezocht, zodat in dit tweede jaar 143 banken bezocht werden. In totaal werden in 2000 1767 punten bemonsterd, en in 2001 15 punten minder, 1752 in totaal.

## 2.6 Strategie van het bemonsteren van de banken

Het project was gericht op de vraag of kokkelvisserij op grote schaal, dus op het niveau van hele kokkelbanken, een 'significant' effect zou hebben op de wadbodem, dan wel het bodemleven. Het ging er daarbij niet om het vinden van vissporen, of om verschillen binnen de vissporen of daarbuiten; en om deze reden werd steeds na minimaal één winter na de laatste bevissing gemonsterd. Het ging dus primair om het vinden van verschillen tussen banken met een verschillende abiotiek, en een verschil in cumulatieve visserij van de voorgaande jaren sinds de laatste goede broedval (1997). Verschillen tussen punten onderling, binnen dezelfde bank, waren daarom van minder belang. Om deze reden werd besloten om de benthos- en de sedimentmonsters van alle punten per bank samen te nemen. Dit leverde namelijk aanzienlijk besparingen op, zowel in logistieke zin (143 monsterpotjes nodig in plaats van 1752 (2001)) en ook navenant minder te verwerken sedimentmonsters. Parameters die in het veld direct konden worden genoteerd, werden wel per punt op de veldformulieren genoteerd. Tenslotte werden er nog monsters genomen op uitsluitend het meest centraal gelegen punt van iedere bank, omdat deze naar verwachting zeer veel uitzoektijd zouden vergen. Dit betrof monsters van schelpdierbroed (microscopisch klein in april/mei), en in samenhang daarmee, monsters van suikers ('wadplak') aan het oppervlakte van het sediment, op verzoek van en in samenwerking met, het NIOZ. Het centrale punt van de bank werd steeds als laatste bemonsterd, omdat de te nemen wadplak monsters zo min mogelijk verstoord mochten worden en dus niet eindeloos over het wad vervoerd konden worden. Deze monsters werden meteen na het nemen, in speciale containers, zo voorzichtig mogelijk aan boord gebracht en meteen diepgevroren.

Op **puntniveau** werd de volgende informatie verzameld:

Algemene indruk: binnen een gebied van 10x10 meter rond het meetpunt werd het wad afgezocht naar kluitjes mosselen, aanwezigheid van macro-algen, van eikapsels van gespikkelde dieseltreinwormen, en hierbij werd de 'wegzakdiepte' genoteerd, als de diepte van de voetindrukken van de monsteraars in het wad. Vervolgens werd, binnen een random neergeworpen roestvrijstalen vierkant van 0,25m<sup>2</sup> genoteerd hoeveel wadpier-hoopjes en hoeveel kokerwormen er zichtbaar waren. Daarna werd het hele vierkant met de hand uitgegraven en alle kokkels die erin werden gevonden werden op leeftijd (winteringen) gebracht en per leeftijd geteld en genoteerd (Foto's 3-5).

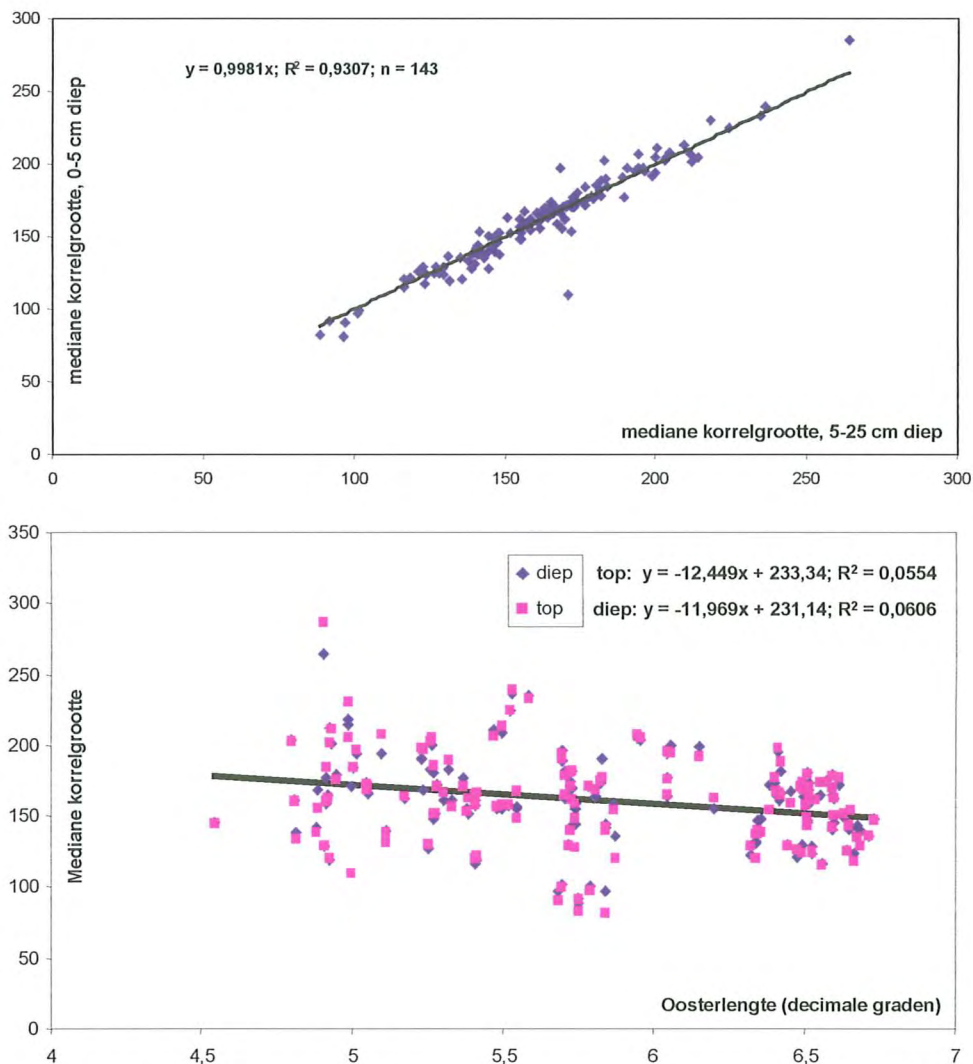
Op **bankniveau** werd de volgende informatie verzameld:

Op ieder punt werd een steekbuis met een oppervlak van 83,3 cm<sup>2</sup>, 30 cm het wad in gestoken (Foto 6). De bovenste 10 cm van dit monster werd gezeefd over een 1 mm zeef; de onderste 20 cm werd met de hand verkruimeld en alle zichtbare dieren werden aan de te verzamelen fractie toegevoegd. Alles wat op de zeef bleef liggen,

dus alle levende benthos en alle schelpen en schelpresten, stenen, etc werden in een verzamelpot meegenomen; zo werd uiteindelijk per bank één verzamelmonster van zowel het macro-benthos, als van de 'tarra' per bank verzameld. De hoeveelheden dieren en tarra werden achteraf uiteraard gecorrigeerd voor de aantallen monsterpunten per bank. Op dezelfde wijze werden verzamelmonsters van het sediment van de bank genomen. Op ieder monsterpunt werd een gutsmonster van 25 cm diepte genomen, waarvan de bovenste 5 cm in één verzamelpot werd bewaard en de rest, van 5-25 cm diep in een andere. Een vergelijkende analyse van deze mengmonsters in 2000 liet een grote overeenkomst zien van mediane korrelgrootte van de bovenste vijf, en de volgende 20 cm van het sediment en om deze reden werd in 2001 alleen de bovenste 5 cm van het sediment bemonsterd. Het grote gesloten gebied in de oostelijke Waddenzee (fig. 3) liet in dit opzicht ook geen ander beeld zien dan de rest van de Waddenzee en ook in deze analyse laten de cijfers voor de bovenste 5 cm en voor 5-25 cm diepte, (vrijwel) identieke regressielijnen zien. Een verband tussen mediane korrelgrootte en Oosterlengte werd niet gevonden (fig. 8).

Op het meest **centrale punt** werden nog de monsters verzameld voor schelpdierbroed (1) en voor 'wadplak' (2):

1. een verzamelmonster van drie kleine (oppervlakte  $4,52 \text{ cm}^2$  per stuk) steekbuisjes sediment, elk 3 cm het wad in gestoken en verzameld mét eventueel bovenstaand water. Dit sedimentmonster werd gefixeerd in formaline en gekleurd met Bengaal roze, om later de aantallen en soorten van broedjes van schelpdieren te kunnen bepalen. Vanwege de grote hoeveelheid werk zijn alleen de monsters van 2001 uitgezocht (NIOZ).
2. Rond het centrale punt werden in 2001 ook vier kleine sedimentmonsters genomen, elk met een schoon en vooraf genummerd steekbuisje ( $4,52 \text{ cm}^2$ ). Deze monsters werden in de vier windrichtingen rond het centrale punt gestoken, elk op circa 10 meter van het centrale punt, in onverstoorde wad. Bovenstaand water werd ter plaatse afgepipetteerd om verstoring van het wadoppervlak tijdens vervoer zo veel mogelijk te voorkomen en deze monsters werden in verticale positie, zo voorzichtig mogelijk, direct aan boord gebracht en meteen diepgevroren. Verdere verwerking gebeurde op het NIOZ.



Figuur 8. Mediane korrelgrootte van de bovenste 5 cm sediment (per kokkelbank, voor de bemonstering van 2000) uitgezet tegen die van 5-25 cm diep (boven). Onder: de mediane korrelgroottes van de bovenste 5 ('topmean') en volgende 5-25 cm sediment ('diepmean'), voor de bemonstering van 2000, uitgezet tegen oost-west positie van de betreffende kokkelbank binnen de Waddenzee.

## 2.7 Uitzoekwerk aan boord

Weer aan boord werden de op de veldformulieren genoteerde gegevens nog een keer nagelopen, en meteen in de computer ingevoerd. De sedimentmonsters behoefden geen nabewerking aan boord en werden opgeslagen; de broedjes-monsters werden voorzien van kleur/fixatievloeistof en opgeslagen; de wadplakmonsters werden, verticaal staand, diepgevroren. De verzamel-benthos/tarra monsters werden uitgegoten in een uitzoekbak. Hieruit werden alle goed zichtbare schelpdieren en krabben verzameld en deze werden ter plaatse op soort gedetermineerd en opgemeten; soort en maat werd in de computer ingevoerd. Dit betrof de soorten: Alikruik *Littorina littorea*; Amerikaanse boormossel *Petricola pholadiformis*; Amerikaanse zwaardschede *Ensis directus*; Halfgeknotte strandschelp *Spisula subtruncata*; Japanse



oester *Crassostrea gigas*; Kokkel *Cerastoderma edule*; Mossel *Mytilus edulis*; Nonnetje *Macoma baltica*; Platte slijkgaper *Scrobicularia plana*; Rechtsgestreepte plaatschelp *Tellina fabula*; Strandgaper *Mya arenaria*; Strandkrab *Carcinus maenas*; Tere dunschaal *Abra tenuis*; Tere plaatschelp *Tellina tenuis*; Tweetandschelp *Mysella bidentata* en Witte dunschaal *Abra alba*. Alle nonnetjes werden bewaard voor latere, nauwkeuriger metingen en leeftijdsbepalingen. Evenzo werden alle makkelijk herkenbare wormen verzameld en geteld; hun aantallen werden per soort in de computer ingevoerd. Dit betrof de soorten: Wadpier *Arenicola marina*, dieseltreinwormen *Anaitides* spec., draadwormen *Heteromastus filiformis* en *Capitella capitata*, Oostzeezager *Marenzelleria viridis*, Veelkleurige Zeeduizendpoot *Nereis diversicolor*, Zager *Nereis virens*, zandzagers *Nephtys* spec. en Wapenworm *Scoloplos armiger*. Het overblijvende tarra materiaal werd terug in de verzamelpot gedaan en onder formaline bewaard, inclusief alle zeer kleine wormen die verder, noch aan boord, noch later in het laboratorium op soort zijn gebracht (vooral spioniden) en kokerwormen *Lanice conchilega* en hun kokers. Veel van de gevonden soorten werd op slechts een gering aantal kokkelbanken gevonden. De data zijn voor alle genoemde soorten verzameld, maar niet voor alle soorten uitgewerkt; dit is slecht gedaan voor die soorten die een relatief brede verspreiding en een relatief talrijk voorkomen hadden (zie ook paragrafen 3.3. en 3.4 voor een overzicht).

## 2.8 Labwerk

### 1. Sediment monsters.

Deze zijn op het NIOZ verwerkt op de daar aanwezige *laser particle sizer*. Dit apparaat geeft een korrelgrootteverdeling (gewichtspersentages), waaruit ondermeer blijkt: het gewichtspersentage aan 'Silt': (deeltjes < 64 µ), 'Slib' (< 16 µ), en 'Lutum' (< 2 µ), alsmede de mediane korrelgrootte van het monster. Monsters werden vooraf gevriesdroogd, en kalk en organisch materiaal werden verwijderd (met zoutzuur, resp. waterstofperoxide). Alle verzamelde sediment getallen zijn ook aangeleverd aan de RIKZ Waddenzee sediment database (zie Zwarts et al., 2003).

### 2. Benthos/tarra monsters

Deze zijn op het lab nagezocht op gemiste schelpdieren en wormen die eerder herkend hadden moeten zijn; eventuele vondsten werden alsnog in de database opgenomen. Vervolgens werden alle kokerwormen verwijderd (de 0,25m<sup>2</sup>-vierkant tellingen geven betere informatie over deze soort), maar al hun kokers werden verzameld, gedroogd en (gezamenlijk) gewogen. Alle kleine en niet nader geïdentificeerde wormpjes werden verwijderd en hun aantal geschat op een logaritmische schaal (0, 1-10, 10-100, 100-1000 en >1000). Het overblijvende tarra-materiaal werd over drie zeven gezeefd, met maaswijdtes van 12, 5 en 2 mm en de achterblijvende fracties (respectievelijk 'Grof', 'Middel' en 'Fijn' genoemd) werden elk gedroogd en gewogen.

### 3. Schelpenbroed monsters

Deze werden eerst voorzichtig over een serie zeven (1000, 500, 250, 125 $\mu$ ) gespoeld om de formaline te verwijderen en meteen zo veel mogelijk de broedjes te concentreren in één van de fracties. Alle fracties werden vervolgens, theelepeltje voor theelepeltje, onder een binoculaire microscoop uitgezocht. Ieder roodgekleurd object werd nader bekeken, alle schelpdierbroedjes verzameld en onder de microscoop opgemeten en aan de hand van een referentiecollectie (serie foto's van schelpdierbroedjes van verschillende soorten en ontwikkelingsstadia) gedetermineerd.

### 4. Wadplak monsters

Van de diepgevroren wadplak monsters werd de bovenste 2 mm afgesneden en gevriesdroogd om alle aan- en tussenhangend water te verwijderen. Het wadplak bestaat uit een complexe mix van suikers, die excreta zijn van kleine, benthische algen, het microphytobenthos. Deze suikers zijn slechts gedeeltelijk in water oplosbaar, en om deze reden werd zowel de hoeveelheid water-oplosbare suikers, als de hoeveelheid niet oplosbare suikers bepaald, om zo het totaal aan wadplak per cm<sup>2</sup> wad te kunnen bepalen. Hiertoe werd een bepaalde massa (400-500 mg) van het gevriesdroogde sediment afgewogen en in 1 ml gedestilleerd water gebracht en 1 uur bij 30°C bewaard, om alle water-oplosbare suikers in oplossing te krijgen. Daarna werd het monster gecentrifugeerd en werd het supernatans (de bovenstaande vloeistof met daarin de opgeloste suikers) in fenol/zwavelzuur gebracht waardoor de suikers een kleuring kregen. De hoeveelheid kleur, en daarmee de hoeveelheid suikers, werd bepaald met een fotospectrometer. De vaste fractie van het gecentrifugeerde monster bevatte de niet opgeloste suikers. Dit werd 12 uur bij kamertemperatuur geïncubeerd in EDTA om deze suikers alsnog los te weken en in oplossing te krijgen, waarna ook deze fractie gekleurd werd en de hoeveelheid aanwezige suikers werd bepaald in een fotospectrometer. Meer uitgebreide methodische beschrijvingen zijn te vinden in van Duyl et al., 1999 en 2000.

## 2.9 Extra verzameld, maar niet uitgezocht materiaal

In deze categorie vallen de waarnemingen aan macro-algen en dieseltreinworm-eipakketten. Hiervoor werd achteraf geconstateerd dat er te veel variatie was opgetreden tussen waarnemers en manieren van noteren. Uit de benthos monsters werden alle wormen per soort en per bank diepgevroren bewaard om later eventueel nog gewogen en/of verast te worden. Alle nonnetjes zijn bewaard en hiervan is later de vorm (lengte, breedte, hoogte) opgemeten en de leeftijd (ringen) bepaald. Lengtes en jaarklassen worden wel geanalyseerd in relatie tot visserij, vorm niet. Dit laatste betreft een studie naar vormveranderingen van is, afhankelijk van het sediment waarin ze leven (Luttikhuisen et al., 2003) en valt buiten dit project; hierover wordt elders gerapporteerd. Van ieder monsterpunt werd, zo mogelijk, één kokkel verzameld van de jaarklasse 1997 (dus een met drie winterringen in 2000 en met 4 winterringen in 2001). Van de 2000-kokkels werden later alle winterringen opgemeten, evenals de totale grootte, en werd het gewicht van de (gedroogde) schelp



en het asvrij drooggewicht van het vlees in de schelp bepaald. Het materiaal van 2001 kon nog niet verwerkt worden, hierover wordt hopelijk nog later gerapporteerd. Voor de goede orde: al deze extra metingen waren niet in de offerte van Alterra aan LNV opgenomen.

## 2.10 Extra verzamelde abiotische gegevens

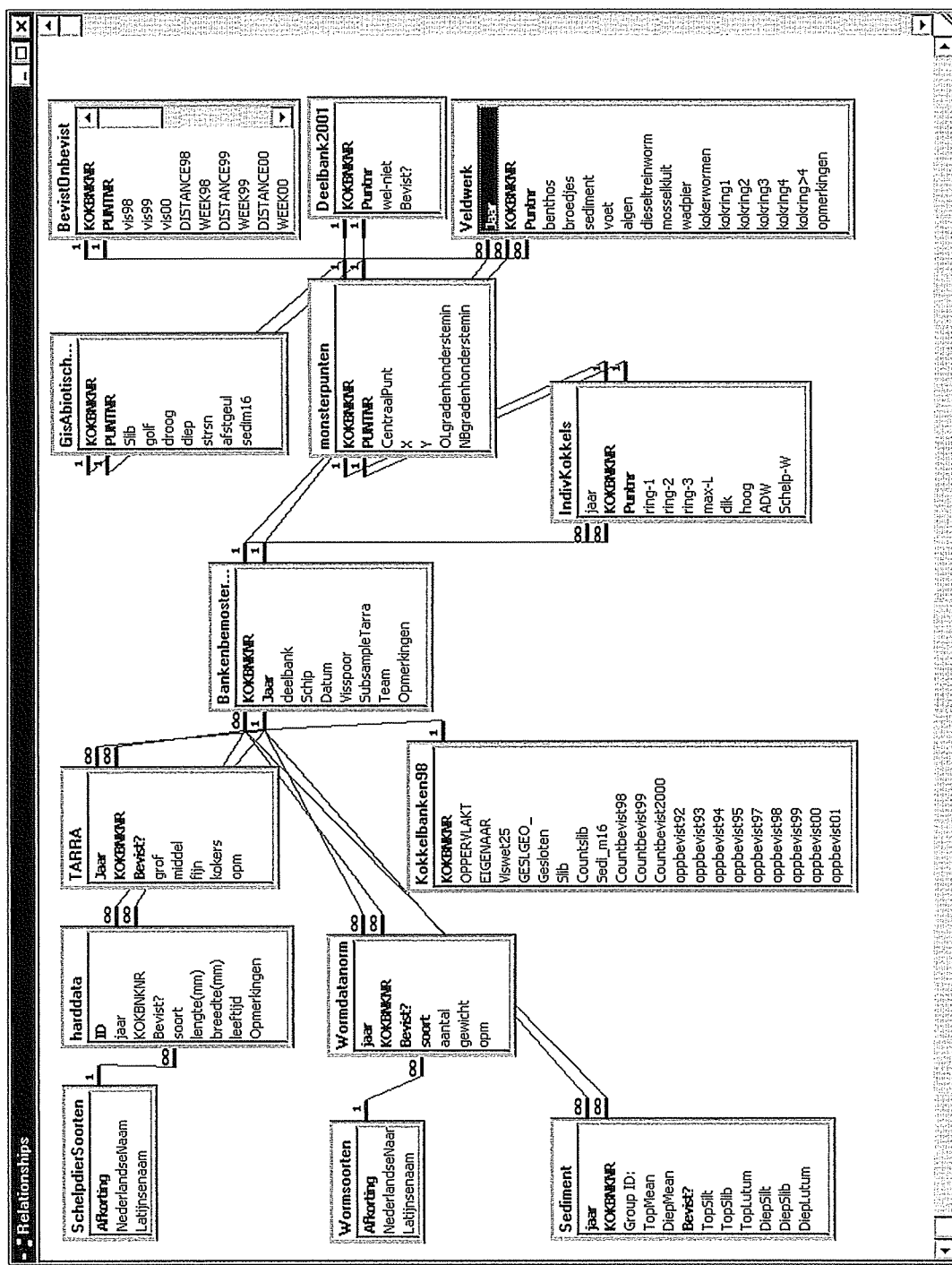
Uit ter beschikking staande databases van RIKZ werd aanvullende informatie betrokken (zie tabel 1). Omdat deze informatie voor de hele Waddenzee beschikbaar is, met een resolutie van hetzelfde (geïnterpoleerde) 50x50 m grid dat werd gebruikt voor het toewijzen van de monsterpunten op de kokkelbanken, was er voor vrijwel ieder van onze monsterpunten een waarde voor elk van onderstaande parameters beschikbaar. Slechts voor enkele, aan de randen van de Waddenzee gelegen punten had RWS geen data geëxtrapoleerd. Voor analyses op bankniveau werd de beschikbare puntinformatie, voor alle bemonsterde locaties, per kokkelbank gemiddeld.

*Tabel 1. Beschikbare abiotische gegevens uit datasets van Rijkswaterstaat, op puntniveau.*

Parameter	Omschrijving en herkomst (RWS-database)
Slib	% Slib, data Wadslib, RWS
golfimpact	max orbitaalsnelheid golven (m/s) voor alle waterstanden/windrichtingen; data ubwaval, RWS
%-droog	% droogvaltijd, data waddroog, RWS
diepte	diepte tov NAP in cm, data NZ_wad50, RWS
stroomsnelheid	max stroomsnelheid aflopend water na 2m verhoging na NW-storm, data wadstrsn, RWS
afstand tot geul	afstand (m) tot dichtstbijzijnde llws lijn (laag-laagwater spring), data GIS-RWS
M-16	Mediane korrelgrootte sediment volgens RWS (M-16)

## 2.11 Database structuur en analyse strategie

Bij aanvang van het project was al duidelijk, dat de analyse van de veelheid en verscheidenheid aan data niet eenvoudig zou zijn. Er werd daarom een relationele database gemaakt, met daarin alle verzamelde informatie, mét bijbehorende meta-informatie, in een zodanige vorm, dat deze ook voor derden te analyseren en verder te gebruiken zou zijn. De database is gemaakt in Access, een overzicht van de structuur en inhoud is gegeven in figuur 9. De aanpak van de analyse werd besproken met een team van statistici en steekproef-deskundigen, en vervolgens geanalyseerd door Paul Goedhart, in samenwerking met Cajo ter Braak en de projectleider, Mardik Leopold.



Figur 9 Database structuur

## 2.12 Kokkelvisserij en bemonstering van kokkelbanken

Bij het definiëren van de kokkelbanken is reeds rekening gehouden met rijkere en armere (deel)banken, waardoor een bank (als eenheid van bemonstering) in theorie een homogene eenheid vormt met betrekking tot kokkelrijkdom. De kokkelbanken zijn vervolgens bevestigd in de jaren van 1998, 1999 en 2000 (en in latere jaren, maar deze vallen buiten deze studie). Jaarlijks vindt de visserij plaats binnen een beperkt geopend seizoen en we gaan er van uit dat de vissers steeds streven naar een zo hoog mogelijke opbrengst aan kokkels. Wellicht worden daarbij eerst grote banken met een hoge kokkeldichtheid bevestigd, waarna banken volgen met steeds minder kokkels. Daarbij wordt rekening gehouden met zaken als kokkelkwaliteit (vleesinhoud) en bereikbaarheid, met als mogelijk gevolg dat bijvoorbeeld moeilijk bereikbare kleine kokkelbanken niet bevestigd worden, ondanks een hoge kokkeldichtheid. Dit selectieproces heeft zich herhaald in de jaren van 1999 en van 2000, waarbij de volgorde van te bevissen kokkelbanken mede bepaald werd door nieuwe inventarisaties in het voorjaar van die jaren. Globaal zijn dus in 1998 de beste banken bevestigd, in 1999 de minder goede banken en in 2000 nog minder goede banken, gemeten naar de situatie in 1998. In 1998 is in relatief belangrijke mate gevestigd in diep water, want daar zaten toen de meest marktwaardige kokkels. In 1999 en 2000 zijn de wadplaten zwaarder bevestigd. Of een kokkelbank (in het open gebied) wel of niet bevestigd is, en in welk jaar, is dus via een ingewikkeld selectie mechanisme op kokkelopbrengst tot stand gekomen.

Om de relatieve visserijdruk, per jaar en per positie te bepalen, zijn de door de sector zelf beschikbaar gestelde zogenaamde *black-box* gegevens gebruikt. Alle kokkelschepen hebben een black box aan boord die de positie van het schip vastlegt op iedere minuut dat er gevestigd wordt. Voor dit project zijn virtuele (GIS) vierkanten van 50x50 meter rond ieder hierin centraal gelegen monsterpunt gelegd, en als maat voor lokale visserijdruk is het aantal black box registraties gebruikt per vierkant, voor de hele vloot opgeteld, per seizoen.

Bevestiging is vanaf 1993 wettelijk verboden in de zogenaamde gesloten gebieden; kokkelbanken zijn hier dan ook alle niet bevestigd. Van de 143 bij deze studie betrokken banken zijn er twee in het 'beheersgebied' van Natuurmonumenten niet bevestigd in de periode 1998–2001 volgens de *black-box* gegevens. Dit geldt echter ook voor 28 andere banken in het open gebied. Omdat de twee 'Natuurmonumenten banken' ook niet vallen onder de wettelijk gesloten gebieden en hier in 2002 wel is gevestigd, worden ze als open beschouwd. Eén bank ligt in een Nationaal Park en is bevestigd in '99, '00 en '01. Deze bank hoort dus ook bij het open gebied. In 1999 is een additionele wettelijke regeling ingevoerd waarbij gebieden, waarin stabiele mosselbanken zouden kunnen ontstaan, gesloten zijn verklaard. Zeven van de 143 bestudeerde banken bleken in deze additioneel gesloten gebieden te liggen. Gesloten gebieden vallen echter niet altijd perfect samen met de contouren van kokkelbanken. Zo lag bank '18116–16' deels in het in 1999 gesloten gebied, en het open deel van deze bank werd ook bevestigd in 1999. Zes andere banken binnen de in 1999 gesloten gebieden zijn niet bevestigd in de periode 1998–2001, maar op vijf van deze zes locaties is wel gevestigd in de jaren daarvoor. Hiermee wijkt de status van deze banken af van die welke gelegen

zijn in de reeds in 1993 gesloten gebieden. Voor de analyse hebben we de volgende vier opties voor de zeven banken die in de in 1999 gesloten gebieden lagen:

1. de 7 banken uit de analyse weg laten, met als argument dat deze banken een specifieke subpopulatie vormen, omdat hier stabiele mosselbanken zouden kunnen ontstaan.
2. de 7 banken als potentieel open zien, oftewel we houden alleen rekening houden met de wettelijke regeling van 1993.
3. De 7 banken als gesloten beschouwen omdat er met name korte termijn effecten van de visserij te verwachten zijn en ze vrijwel niet bevestigd werden
4. Alleen kokkelbank 18116–16 weglaten omdat de bevissing van deze bank als enige duidelijk is beïnvloed door de additionele sluiting in 1999. De bank had potentieel in zijn geheel in 1999 en 2000 bevestigd kunnen worden, maar het mocht grotendeels niet. De andere zes gebieden hadden op zich ook bevestigd kunnen worden in 1997 en 1998 toen ze nog open waren, maar werden toen ongeschikt bevonden. Deze zes banken zijn in 1997–2000 niet bevestigd, maar dit geldt ook voor diverse andere open banken. De zes banken kunnen dus ook als open (maar onbevestigd gebleven) beschouwd worden.

Er zijn steeds twee analyses uitgevoerd. Eén analyse inclusief de 6 banken die in 1999 wettelijk zijn gesloten, en een analyse waarin deze 6 banken zijn verwijderd. Voor alle response variabelen zijn de verschillen tussen beide analyses gering. Daarom wordt alleen de analyse inclusief de 6 banken gepresenteerd. Optie 4 is dus gevolgd, waardoor het aantal te analyseren kokkelbanken met één (18116–16) gereduceerd werd. Drie andere banken (18113–19a, 18113–27 en 18117–5a) zijn ook verwijderd omdat deze niet goed bemonsterd konden worden. De analyses zijn dus op 139 banken gebaseerd.

## **2.13 Toetsing hypothese in een vereenvoudigde situatie: de theorie**

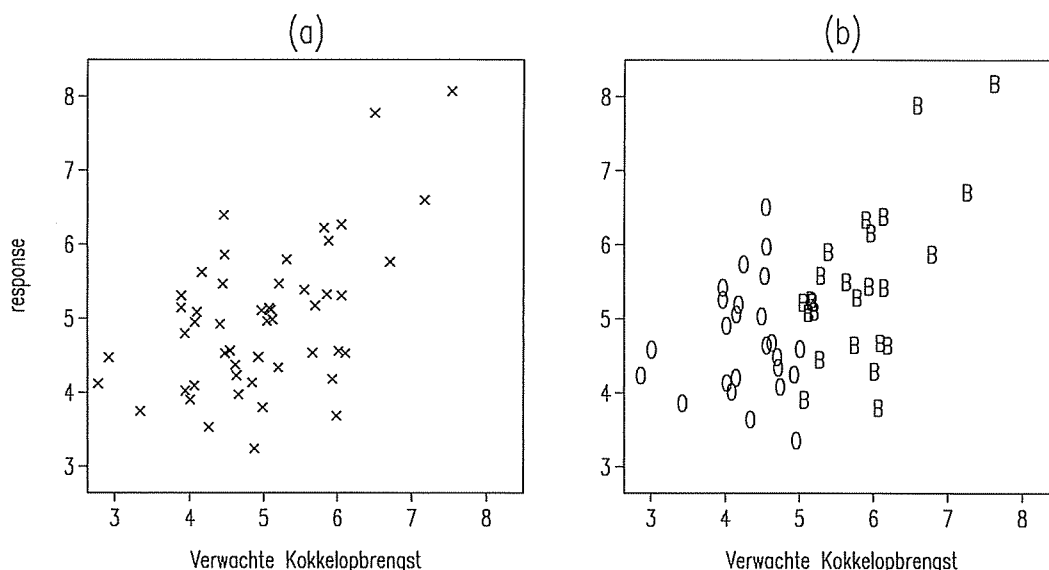
Voor de eenvoud gaan we allereerst uit van een theoretische situatie, waarbij alle kokkelbanken van gelijke grootte zijn en waarbij op iedere kokkelbank op hetzelfde moment een aantal variabelen gemeten zijn. Tevens veronderstellen we dat kokkelbanken in open gebieden éénmalig in zijn geheel wel of niet bevestigd zijn. We laten de steekproefvariatie binnen kokkelbanken dus even buiten beschouwing en beschouwen de kokkelbank als experimentele eenheid. De kokkelbanken in de gesloten gebieden spelen ook even geen rol.

Indien de ‘behandeling’ bevissing (wel/niet) verloot zou zijn over de kokkelbanken, dan zou de nulhypothese ‘Er is geen verschil tussen bevestigde en onbevestigde banken’ (binnen de open gebieden en voor de periode 1997–2001) versus de alternatieve hypothese ‘Er is wel een verschil tussen bevestigde en onbevestigde banken’ zonder problemen getoetst kunnen worden met een variantie analyse met één behandeling op 2 niveaus. De toets kan wellicht scherper worden gemaakt door met behulp van covariantie analyse, te corrigeren voor fysische kenmerken van kokkelbanken (zoals bijvoorbeeld de gemiddelde overspoelingsduur of een sedimentkarakteristiek).

Echter de 'behandeling' bevissing is verre van verloot, maar is bepaald door de vissers, op grond van de visplannen, cq de verwachte opbrengst aan kokkels. De bevissing is dus toegewezen op basis van een mogelijk met de response variabele (zoals bijvoorbeeld het aantal wormen) gecorreleerde variabele. Het is daarom essentieel om in de analyse te corrigeren voor dit selectie mechanisme. We gaan er verder vanuit dat de selectie volledig bepaald wordt door de verwachte kokkelopbrengst en dat deze samenhangt met de kokkeldichtheid (een preciezer model is niet beschikbaar). Veronderstel bijvoorbeeld dat vóór bevissing een response positief gecorreleerd is met de verwachte kokkelopbrengst, bijvoorbeeld zoals in figuur 10(a) waarin response en verwachte opbrengst van 50 virtuele kokkelbanken zijn ingetekend. Onder response kan men bijvoorbeeld verstaan: de dichtheid aan kokerwormen.

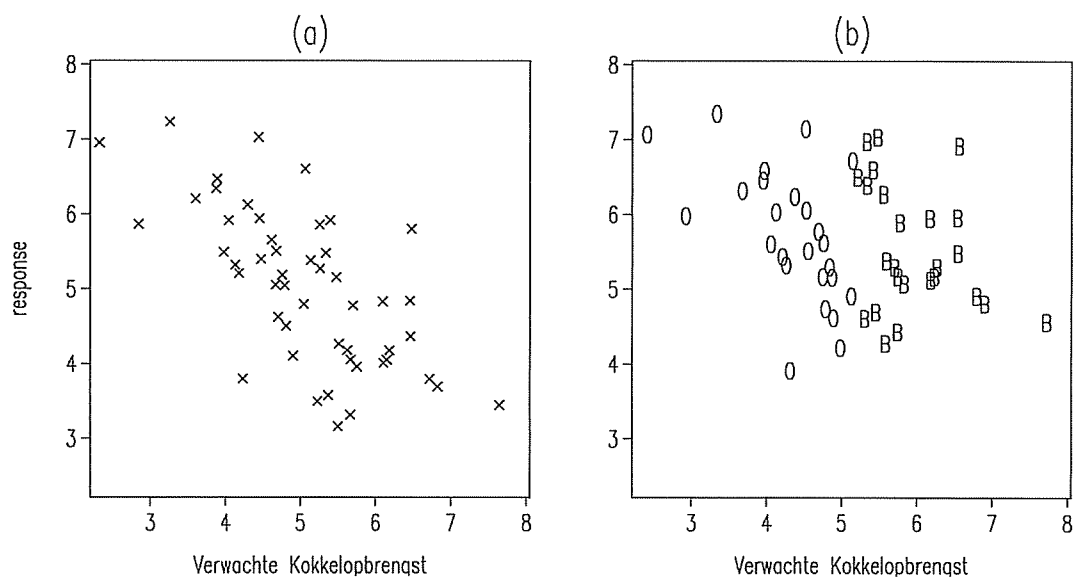
In figuur 10(b) zijn de 25 banken met de hoogste verwachte opbrengst geselecteerd en hebben de behandeling bevissing (B) gekregen. De overige banken blijven onbevist (O). In dit eerste voorbeeld veronderstellen we geen effect van de kokkelvisserij op de response, dus de posities van de punten in figuur 10(a) en 10(b) zijn identiek. Vanwege het selectie mechanisme hebben de beviste banken een gemiddeld hogere response dan de onbeviste banken. Een statistische toets waarbij geen rekening gehouden wordt met het selectie mechanisme geeft in dit voorbeeld een significant ( $p=0,005$ ) verschil tussen onbeviste en beviste banken. Het gebruikte statistische model is  $E(\text{response}) = \mu_i$  waarbij  $i$  de behandeling bevissing indiceert met 1=bevist en 2=onbevist. De nulhypothese en alternatieve hypothese zijn dan respectievelijk  $H_0 : \mu_1 = \mu_2$ , versus  $H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$ . Er kan eenvoudig voor het selectie mechanisme gecorrigeerd worden door de verwachte kokkelopbrengst in het model op te nemen:  $E(\text{response}) = \mu_i + \beta x$ , waarin  $x$  de verwachte kokkelopbrengst is. In dit zogenaamde 'covariantie analyse model' wordt de gemiddelde response van beviste en onbeviste banken vergeleken bij een gelijke verwachte kokkelopbrengst. Toetsing onder dit model van dezelfde hypothese als hiervoor geeft een  $p$ -waarde van 0,598: niet significant. De co-variabele is wel zeer significant ( $p=0,004$ ). Een belangrijke veronderstelling van dit model is dat de relatie tussen response en co-variabele gelijk is voor beviste en onbeviste banken. Deze veronderstelling kan getoetst worden door een verschillende regressiecoëfficiënt  $\beta$  te veronderstellen voor beviste en onbeviste banken.





Figuur 10. Positieve correlatie tussen response en verwachte kokkelopbrengst én geen effect van bevissing. (a) situatie vóór bevissing en (b) situatie ná bevissing.

Een tweede voorbeeld wordt gegeven in figuur 11. Nu is er sprake van een negatieve correlatie tussen response en verwachte kokkelopbrengst (fig. 11(a)) én van een positief visserijeffect (visserij stimuleert de dichtheid aan kokkerwormen: figuur 11(b)).

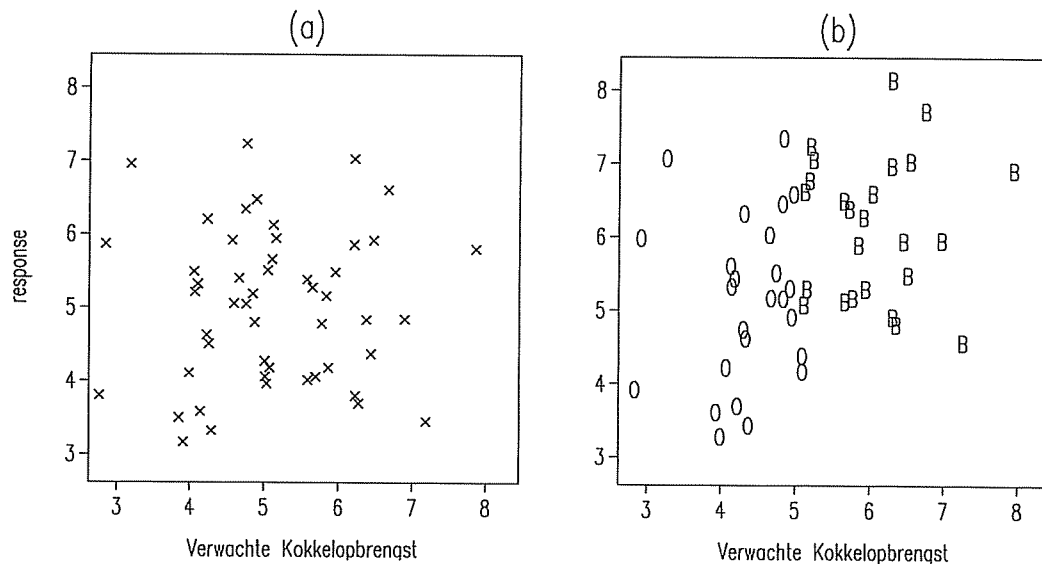


Figuur 11. Negatieve correlatie tussen response en verwachte kokkelopbrengst én een positief effect van bevissing. (a) situatie vóór bevissing en (b) situatie ná bevissing.

Weer worden de 25 banken met de hoogste verwachte kokkeldichtheid geselecteerd en deze worden bevestigd. Tevens wordt in dit voorbeeld het effect van bevissing op de response gelijk gesteld aan 1 eenheid van dichtheid (Y-as). In figuur 11(b) zijn de onbevestigde banken (O) op hun plaats gebleven, terwijl de bevestigde banken 1 eenheid omhoog zijn geschoven (een ja/nee toename dus, en niet een toename waarvan de

grootte is gerelateerd aan de hoeveelheid visserij). De toets zonder correctie voor verwachte kokkelopbrengst heeft nu een p-waarde van 0,468, terwijl correctie voor verwachte kokkelopbrengst een p-waarde geeft van 0,039. De co-variabele heeft een p-waarde van 0,002. Ook hier is een correctie voor het selectiemechanisme noodzakelijk om de juiste conclusie te trekken.

Een derde voorbeeld wordt gegeven in figuur 12. Nu zijn response en verwachte kokkelopbrengst ongecorreleerd en wordt weer een positief effect van bevissing van 1 eenheid verondersteld. De toets op een effect van de bevissing zonder correctie voor verwachte kokkelopbrengst is nu correct en heeft een p-waarde van 0,001. De toets na correctie heeft een p-waarde van 0,084! Deze veel hogere p-waarde wordt veroorzaakt door de niet-significante co-variabele (met p-waarde 0,705). De grote onzekerheid in de schatting van de regressiecoëfficiënt  $\beta$  wordt immers verdisconteerd in de toets op het bevissingseffect. In dit geval wordt dus een scherpere correcte toets verkregen door niet te corrigeren. Beter is om vooraf, op basis van een nulmeting, te bepalen of er een relatie is tussen response en verwachte kokkelopbrengst, maar dit veronderstelt wel dat deze kennis beschikbaar is.



Figuur 12. Geen correlatie tussen response en verwachte kokkelopbrengst én een positief effect van bevissing. (a) situatie vóór bevissing en (b) situatie ná bevissing.



### 3 Statistische analyse

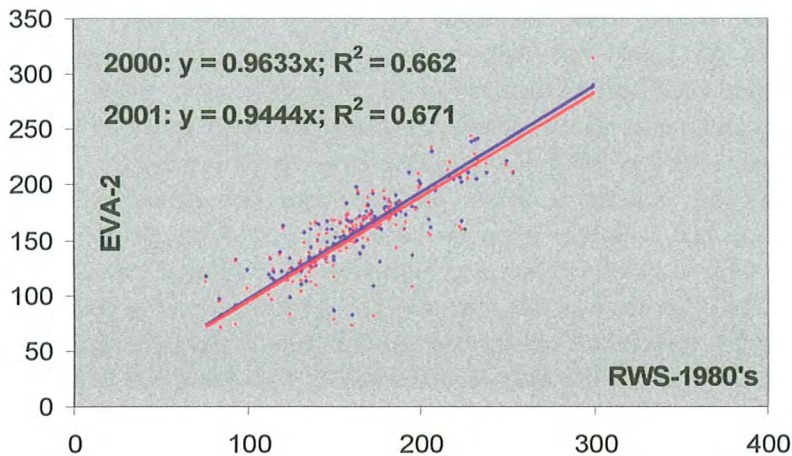
#### 3.1 Algemene opmerkingen betreffende de analyse en het basismodel

In de vorige paragraaf is duidelijk gemaakt dat het noodzakelijk is om zo goed mogelijk te corrigeren voor het door de vissers gebruikte selectie mechanisme. Daarvoor is een maat nodig voor de door de vissers ingeschatte verwachte kokkelopbrengst, liefst op basis van hun kennis vlak vóór de bevissing. Een dergelijke maat is echter niet beschikbaar voor de 2000 gegevens. Voor de 2001 gegevens is die maat er wel, namelijk de aantallen kokkels zoals geteld in 2000. Het is mogelijk dat het selectie effect in 1998 het grootste is geweest, omdat de vissers in dat jaar in een maagdelijke situatie de beste plekken voor het uitzoeken hadden. Volgens deze redenering zijn in latere jaren de beste plekken al leeggevist, met als consequentie kleinere selectie effecten: de mogelijkheden voor selectie namen steeds verder af. Echter in 2000 zijn de kokkels van de 1997 broedval veel groter dan in 1998, waardoor opbrengst verschillen ook groter kunnen zijn. Zolang de laatste bank niet bevestigd wordt (en dit was in 2000 nog niet het geval), zou hierdoor het selectie effect juist toe kunnen nemen in de tijd.

In de statistische analyse wordt allereerst gecorrigeerd voor fysische kenmerken van de punten of de bank. Immers de verwachte kokkelopbrengst zal deels gerelateerd zijn aan fysische kenmerken, zoals bijvoorbeeld mediane korrelgrootte. Door hiervoor te corrigeren wordt in ieder geval voor een deel voor het selectie mechanisme gecorrigeerd. Zo is denkbaar dat kokkels in een zandige bodem geprefereerd worden boven kokkels (van gelijke grootte en inhoud) uit een stinkende of moeilijk afwasbare, slikbodem. Op puntniveau is uit de RWS bestanden beschikbaar: de mediane korrelgrootte, het percentage droogvaltijd en de diepte. De diepte wordt niet gebruikt omdat volgens het betreffende RWS bestand 100 van de waarnemingspunten dieper liggen dan 1 meter, en 26 zelfs dieper dan 2 meter. Dergelijke dieptes zijn niet mogelijk omdat de onderzoekers op deze punten hebben gelopen. Wellicht zijn de RWS gegevens dus verouderd of hebben de gebruikte interpolatietechnieken geleid tot afwijkingen in bepaalde delen van de Waddenzee, zoals geulranden. Voor de analyses op puntniveau worden daarom mediane korrelgrootte en percentage droogvaltijd standaard gebruikt om te corrigeren omdat dergelijke aberraties in deze parameters niet werden gevonden. Voor analyses op bankniveau wordt gecorrigeerd voor de mediane korrelgrootte van het eigen verzamemonster, en tevens voor het gemiddelde percentage droogvaltijd, weer uit het RWS bestand.

De keuze van het eigen sedimentmonster als maat voor mediane korrelgrootte lijkt verrassend, omdat immers het sediment door visserij veranderd zou kunnen zijn (Piersma & Koolhaas, 1997; Piersma et al., 2001). Wij zijn daarom eerst nagegaan of de mediane korrelgrootte op de bemonsterde banken is veranderd, sinds de Rijkswaterstaatmetingen in de jaren 80 van de vorige eeuw. We deden dit door uit het RWS grid die punten te selecteren die gelijk waren aan onze EVA-2 monsterpunten,

en de opgegeven waarden per kokkelbank te middelen. Dit gemiddelde werd vervolgens vergeleken met de door ons op deze banken genomen verzamelmonsters, (gemiddelde van dezelfde punten, circa 20 jaar later). De resultaten staan in figuur 13 en suggereren geen algemene verandering van de mediane korrelgrootte over de laatste 20 jaar. Mediane korrelgrootte lijkt dus een maat, die niet snel verandert, maar die wel een grote variatie door de Waddenzee laat zien. Daarmee is de mediane korrelgrootte een robuuste beschrijver van het sediment, op enige plaats in de Waddenzee.



Figuur 13. Vergelijking van de mediane korrelgroottes op de bemonsterde banken (bovenste 5 cm) in 2000 (blauw) en in 2001 (rood) met de data in de Rijkswaterstaat database (jaren 80), voor dezelfde geografische posities.

Vrijwel alle waarnemingen zijn tellingen (kokerwormen, wadpieren, mosselen, wapenwormen, zeeduizendpoten, kleine wormen uit de tarra-fractie, nonnetjes, kokkels) of hoeveelheden (tarra grof, middel en fijn). Het basis model voor deze variabelen is een gegeneraliseerd lineair model (GLM) met Poisson verdeling, log-link en overdispersie, zie bijvoorbeeld McCullagh and Nelder (1989). Een Poisson verdeling is geschikt voor de tellingen omdat deze discreet en uitsluitend positief zijn (0, 1, 2, 3...) en de variatie toeneemt met het gemiddelde. De log-link veronderstelt multiplicatieve effecten (x keer zoveel visserij is niet noodzakelijkerwijs ook precies een x keer zo grote impact) en de overdispersie component is noodzakelijk omdat de waarnemingen een grotere variantie hebben dan volgens de Poisson verdeling verwacht mag worden.

Het basis model, bijvoorbeeld voor het verwachte aantal kokerwormen per meetvierkant, is dan als volgt:

$$\text{Ln(kokerwormen)} = \alpha_1 + \kappa \text{ Kokkels} + \psi (\text{MedKorrel-165}) + \omega (\text{Droog-45}) ;$$

voor punten in gesloten gebieden en

$$\text{Ln(kokerwormen)} = \alpha_1 + \alpha_2 + \beta \text{ Bevissing} + \psi (\text{MedKorrel-165}) + \omega (\text{Droog-45});$$

voor punten in open gebieden

Hierin is

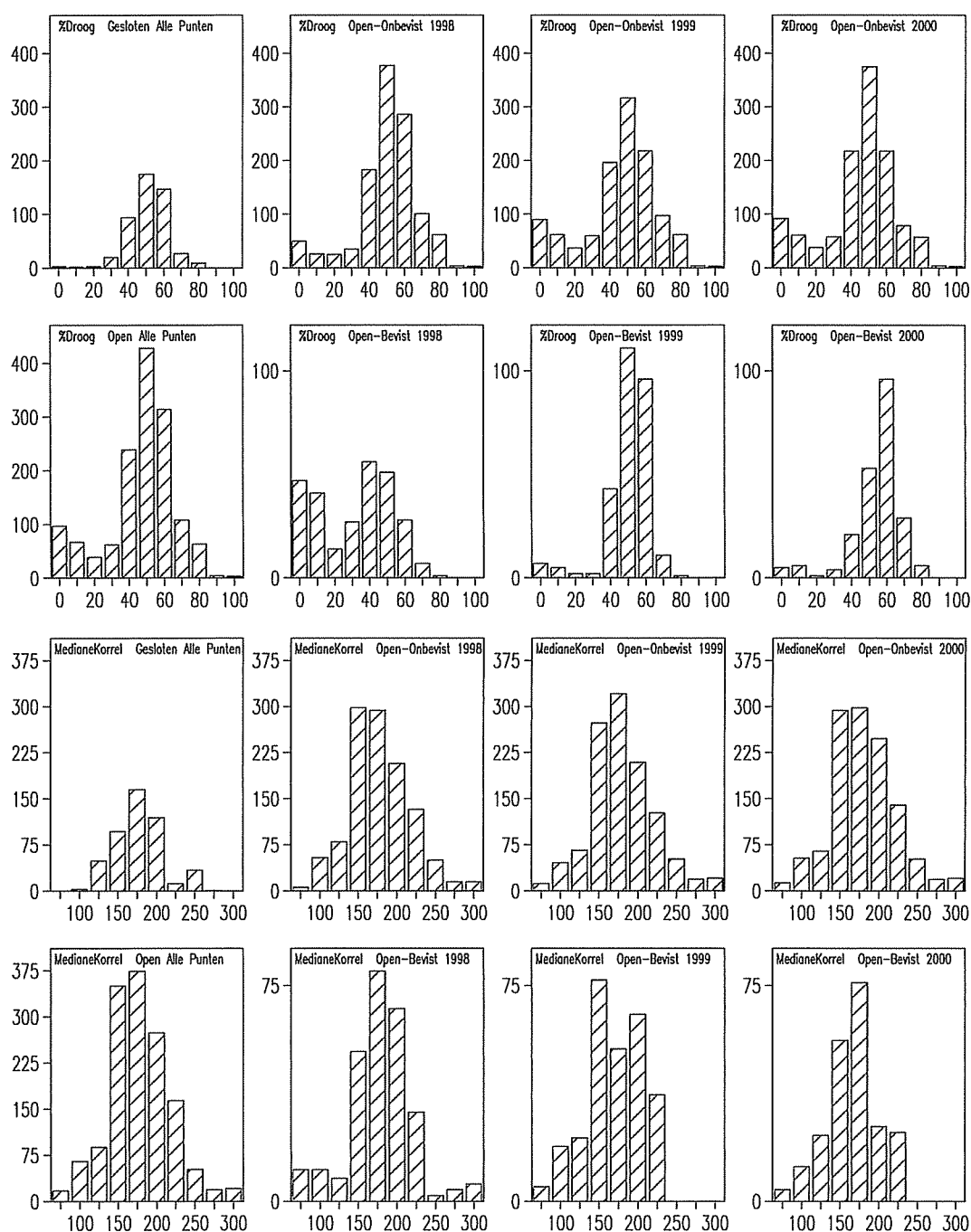
Kokkels      het waargenomen aantal kokkels van de 1997 jaargang per meetvierkant;



Bevissing	de hoeveelheid bevissing volgens de black box data, uitgedrukt als aantal minuutregistraties in een vak van 50x50m rond het monsterpunt;
MedKorrel	de mediane korrelgrootte met een voor de gesloten en open gebieden gelijke correctie (165 $\mu\text{m}$ );
Droog	de droogvaltijd met een voor de gesloten en open gebieden gelijke correctie (45%);

In dit model wordt dus steeds gecorrigeerd voor het effect van sediment (uitgedrukt in mediane korrelgrootte) en voor hoogteligging (uitgedrukt in percentage droogvaltijd) op de relatie tussen de dichtheden aan kokkels en (in dit geval) kokerwormen. De parameter  $\alpha_1$  representeert het niveau (dichtheid kokerwormen) op log-schaal voor de gesloten gebieden, en wel voor een hypothetisch punt zonder kokkels en met een mediane korrelgrootte van 165 en een percentage droogvaltijd van 45. Deze twee waarden zijn zo gekozen omdat ze ongeveer de mediane mediane korrelgrootte en mediane droogvaltijd zijn voor zowel de open als de gesloten gebieden (fig. 14). De parameter  $\alpha_2$  representeert het niveauverschil tussen de open en gesloten gebieden, voor een punt zonder bevissing, zonder kokkels, en een mediane korrelgrootte van 165 en een percentage droogvaltijd van 45. NB: Een eventueel significant verschil  $\alpha_2$  kan veroorzaakt zijn door een langjarig bevissingseffect, of doordat het gesloten gebied inherent anders is dan het open gebied.

In figuur 14 worden de verdelingen van de omgevingsfactoren %droog en mediane korrelgrootte (data Rijkswaterstaat) op puntniveau gegeven, waarvoor in de modellen wordt gecorrigeerd, om de verschillen tussen open en gesloten gebieden te bekijken bij een gelijk %droog en mediane korrelgrootte. In de figuur staan links de grafieken van de gesloten en de open gebieden, daarnaast de opsplitsing per jaar van de open gebieden in bevist en onbevist. Merk op dat in de open onbeviste gebieden ongeveer 1150 punten liggen, terwijl in de open beviste gebieden ongeveer 274 punten liggen. Merk ook op dat de grafieken voor 1998 precies dezelfde geografische punten bevatten als voor 1999 en voor 2000. Opvallend is dat in de gesloten gebieden nauwelijks punten voorkomen met %droog=0. Er zijn dus in de gesloten gebieden relatief weinig laag gelegen kokkelbanken. Dergelijke banken komen meer voor in de open gebieden en deze blijken vooral in het eerste jaar te zijn bevist. De onderverdeling van %droog in 1999 is vergelijkbaar met de onderverdeling in 2000. Voor de mediane korrelgrootte is het beeld wat diffuser. Het lijkt dat in 1999 en 2000 de beviste plekken een gemiddeld lagere mediane korrelgrootte hebben dan de onbeviste plekken.



Figuur 14. Verdeling van de parameters (RWS-databases) %-droog en mediane korrelgrootte over de bemonsterde punten, voor de verschillende jaren en gebieden. De linker grafieken geven de verdeling voor de gesloten en de open gebieden; de grafieken daarnaast bevatten de verdeling voor de open gebieden uitgesplitst naar bevist/onbevist en naar jaar. Merk op dat in de open onbeviste gebieden ongeveer 1150 punten liggen, terwijl in de open beviste gebieden ongeveer 274 punten liggen. Merk ook op dat de grafieken voor 1998 precies dezelfde geografische punten bevatten als voor 1999 en voor 2000.

### 3.2 Toetsing en schatting van een voor selectie gecorrigeerd bevissingseffect

In het basismodel wordt het effect van het aantal kokkels op de response geschat op basis van de gesloten gebieden, en het effect van de bevissing op de response op basis van de open gebieden. Dit model geeft parameterschattingen voor  $\beta$  en  $\kappa$  en deze kunnen gebruikt worden om een uitspraak te doen over een voor selectie gecorrigeerd bevissingseffect. Dit gaat door (bijvoorbeeld) het aantal kokerwormen in een punt in het gesloten gebied (zonder bevissing) te vergelijken met de hoeveelheid kokerwormen in een vergelijkbaar punt in het open gebied ná bevissing. Daarbij wordt gecorrigeerd voor het verschil in niveau tussen het gesloten en open gebied. Er wordt dus nagegaan of er, bovenop het verschil in niveau zoals gerepresenteerd door  $\alpha_2$ , een additioneel effect is van de visserij. Veronderstel een hoeveelheid kokkels, zeg  $K$ . Dan is het verwachte aantal kokerwormen op log-schaal zonder bevissing gelijk aan  $\kappa K$ , met  $\kappa$  de geschatte coëfficiënt voor kokkels ofwel het kokkeffect. Veronderstel verder dat deze  $K$  kokkels overeenkomen met een hoeveelheid bevissing van  $K/\theta$ , waarbij dus verondersteld wordt dat de verhouding  $\theta$  tussen het aantal kokkels en de hoeveelheid bevissing constant is. Dan is het verwachte aantal kokerwormen met deze hoeveelheid bevissing gelijk aan  $\beta(K/\theta)$ , met  $\beta$  de geschatte coëfficiënt voor bevissing. Als er nu geen effect is van bevissing op het aantal kokerwormen dan moet  $\kappa K = \beta(K/\theta)$ . Hieruit volgt dat  $\theta = \beta/\kappa$  en dit is onafhankelijk van de veronderstelde hoeveelheid kokkels  $K$ . Op basis van de parameterschattingen voor  $\kappa$  en  $\beta$  én de bijbehorende (co)varianties kan met de Fieller methode (Finney, 1971) een 95%-betrouwbaarheidsinterval voor  $\theta$  worden berekend. In die gevallen waarin de schatting voor  $\kappa$  significant van 0 verschilt, is het Fieller betrouwbaarheidsgebied één enkel interval. Als  $\kappa$  niet significant van 0 verschilt, dus wanneer er geen relatie is tussen de dichtheden aan kokkels en kokerwormen, dan ligt  $\kappa=0$  in het betrouwbaarheidsinterval voor  $\kappa$  en daaruit volgt dat zowel  $-\infty$  als  $+\infty$  in het interval voor  $\theta$  liggen. In dat geval bestaat het betrouwbaarheidsgebied voor  $\theta$  uit de twee intervallen  $(-\infty, a)$  en  $(b, \infty)$  met  $a < b$ . Indien zowel  $\kappa$  als  $\beta$  niet significant van 0 verschillen dan is in sommige gevallen het Fieller interval voor  $\theta$  onbepaald. Dit is echter een situatie waarin niet gesproken kan worden van een bevissingseffect.

De vraag of er een significant bevissingseffect is, is nu vertaald in de vraag of het berekende betrouwbaarheidsinterval de werkelijke waarde van  $\theta$  bevat. Indien bijvoorbeeld het betrouwbaarheidsinterval voor  $\theta$  alleen negatieve getallen bevat, dan mag gevoeglijk aangenomen worden dat er een bevissingseffect is, immers een negatieve verhouding tussen het aantal kokkels en de hoeveelheid bevissing ligt niet voor de hand. Ook kleine positieve waarden voor  $\theta$  zijn onwaarschijnlijk, want dat zou betekenen dat gevisd is op plekken met zeer weinig kokkels. Aan de andere kant zijn zeer grote waarden voor  $\theta$  ook niet realistisch, want dan zou er weinig gevisd zijn op punten met veel kokkels. Een realistische waarde van  $\theta$  zou bijvoorbeeld kunnen zijn het quotiënt van het 95% punt van het aantal kokkels in de gesloten gebieden, en

het 95% punt van de hoeveelheid bevissing in de beviste open gebieden. In plaats van het 95% punt zou ook het 90% punt of het maximum genomen kunnen worden. Als alternatief kan een inschatting voor  $\theta$  op basis van '*expert judgement*' gebruikt worden.

Als nu het interval zodanig is dat gesproken kan worden van een bevissingseffect, dan kan een schatting van de grootte van dit effect als volgt worden verkregen. Het effect op log-schaal van één eenheid bevissing is gelijk aan  $\beta - \theta\kappa$ , waarin  $\theta\kappa$  de correctie is voor de relatie met het aantal kokkels. Het multiplicatieve effect van B eenheden bevissing, in vergelijking met géén bevissing, is dan gelijk aan  $e^{(\beta - \theta\kappa)B}$ . Hiervoor moeten dus zowel waarden voor  $\theta$  als voor B worden ingevuld.

In deze benadering is significantie van de parameter  $\beta$  zelf niet relevant. Immers als de parameter  $\beta$  zelf gelijk is aan nul en er is een zeer groot kokkel effect  $\kappa$ , dan is er sprake van een reëel bevissingseffect. Significantie van het kokkeleffect  $\kappa$  is wel relevant. Indien immers  $\kappa$  gelijk is aan 0, dan is er geen relatie tussen response en het aantal kokkels, en representeert  $\beta$  het bevissingseffect.

In bovenstaande benadering worden een aantal belangrijke (impliciete) veronderstellingen gemaakt:

1. de verhouding  $\theta$  tussen het aantal kokkels na de wintersterfte en de hoeveelheid bevissing (voor de winter) is constant, per jaar;
2. de relatie tussen een response en het aantal kokkels (na de wintersterfte) in de gesloten gebieden en met de mate van bevissing in de open gebieden is lineair op de log-schaal;
3. de relatie tussen een response en de aantallen kokkels (na de wintersterfte) in de gesloten gebieden geldt voor de open gebieden indien daar niet gevestigd zou zijn;
4. bij het bepalen van een realistische waarde voor  $\theta$  via een maximum of een 95% punt geldt dat de hoeveelheden kokkels in de gesloten gebieden, bijvoorbeeld in 2000, corresponderen met de hoeveelheid bevissing in 1998 en 1999;
5. de relatie tussen response en mediane korrelgrootte en %droogvaltijd is gelijk voor de open en gesloten gebieden.

### 3.3 Statistische analyse van de 2000 gegevens op puntniveau

Op het niveau van individuele monsterpunten werd een statistische analyse uitgevoerd van het aantal kokervormen en het aantal wadpieren zoals in het veld per punt bepaald met het monstervierkant van  $0,25\text{m}^2$ , en het aantal gevonden mosselkluutjes op  $100\text{ m}^2$  rond ieder punt. Deze worden geanalyseerd met een zogenaamd gegeneraliseerd lineair mixed model (Breslow and Clayton, 1993). Dit is in principe hetzelfde model als in paragraaf 3.1, met Poisson verdeling, log-link en overdispersie, waarbij een additioneel random bank effect toegevoegd wordt aan het basismodel. Het random bank effect is noodzakelijk omdat er twee niveaus van variatie zijn: variatie tussen banken en variatie tussen punten binnen banken.

In de open beviste gebieden kan (in het eerste jaar van bemonstering, 2000) de response, bijvoorbeeld het aantal kokkerwormen, beïnvloed zijn door de bevissing in 1998 en/of de bevissing in 1999. Indien het effect van bevissing eenduidig (in beide jaren dezelfde kant opgaand) en langjarig is dan kan verondersteld worden dat niet de individuele hoeveelheden bevissing van belang zijn, maar juist de over de jaren gesommeerde hoeveelheid bevissing. Daarom wordt in elke analyse eerst de nulhypothese getoetst dat de regressiecoëfficiënt voor de hoeveelheid bevissing ( $\beta$ ) in 1998 gelijk is aan die voor 1999. Indien deze hypothese niet verworpen wordt dan wordt verder gewerkt met de gesommeerde bevissing. Indien de hypothese wel verworpen wordt dan worden in het model aparte regressiecoëfficiënten voor bevissing in 1998 en in 1999 opgenomen. In dat geval worden ook voor 1998 en 1999 aparte intervallen voor  $\theta$  berekend. Het kan voorkomen dat de bevissingen van 1998 en 1999 een tegengesteld effect hebben, een situatie die lastig te interpreteren is, en die altijd leidt tot een model met aparte regressiecoëfficiënten voor de bevissing in 1998 en in 1999.

### **3.4 Statistische analyse van de 2000 gegevens op bankniveau (verzamelmonsters)**

Op het niveau van hele kokkelbanken zijn statistische analyses uitgevoerd van het aantal wapenwormen, het aantal kleine, niet nader gedetermineerde wormen uit de tarrafractie, het aantal nonnetjes, het aantal zeeduizendpoten, het gewicht aan kokers en de hoeveelheden en percentages grof, middel en fijn tarra. De geanalyseerde cijfers zijn gebaseerd op mengmonsters op bankniveau en daardoor is er slechts één niveau van variatie, namelijk variatie tussen banken. Aantallen en hoeveelheden tarra worden statistisch geanalyseerd met een gegeneraliseerd lineair model (zie ook paragraaf 3.1 en McCullagh & Nelder, 1989), met Poisson verdeling, log-link en, indien nodig, overdispersie. De aantallen zijn in principe evenredig met het aantal punten waarop het verzamelmonster is gebaseerd. Dit wordt gemodelleerd met de offset  $\text{Ln}(\text{aantal punten per bank})$ . Verder kan dezelfde redenatie gevolgd worden als voor de puntgegevens: op basis van de gegevens van de gesloten gebieden wordt de relatie gelegd tussen de response en het gemiddelde aantal kokkels op de betreffende bank. De invloed van de bevissing in 1998 en in 1999 wordt onderzocht middels de over de punten gemiddelde bevissingsmaat per bank. De toets op gelijkheid van de regressiecoëfficiënten voor de hoeveelheid bevissing in 1998 en die voor 1999 bepaalt weer of er gewerkt wordt met de gesommeerde bevissing of met aparte bevissingseffecten. Er wordt gecorrigeerd voor de aan het verzamelmonster zelf bepaalde mediane korrelgrootte én voor het per bank gemiddelde percentage droogvaltijd (data RWS). Het gemiddelde van de variabelen 'topmean' (mediane korrelgrootte van bovenste 5 cm sediment) en 'diepmean' (idem, 5-25 cm), met onderlinge correlatie van 0,966, wordt gebruikt als dé mediane korrelgrootte van het verzamelmonster zelf. De percentages grof, middel en fijn tarra zijn geanalyseerd met een gegeneraliseerd lineair model met Binomiale verdeling, logit-link en overdispersie. Als binomiaal totaal wordt 100% genomen.



### 3.5 Statistische analyse van de 2001 gegevens op puntniveau

Voor de 2001 gegevens kan in principe dezelfde analyse uitgevoerd worden als voor de 2000 gegevens. Er is echter een alternatief model mogelijk waarbij gecorrigeerd wordt voor het selectie effect. Immers de bevissing in najaar 2000 zal samenhangen met de hoeveelheid kokkels zoals waargenomen in het voorjaar 2000. Het basismodel voor de punten in de open gebieden, bijvoorbeeld voor het verwachte aantal kokerwormen, is dan als volgt:

$$\text{Ln}(\text{kokerwormen2001}) = \text{Ln}(\text{kokerwormen2000}) + \text{kokkels2000} + \text{bevissing2000}$$

waarin

$\text{Ln}(\text{kokerwormen2000})$	corrigeert voor de bevissing en selectie in de jaren 1998 en 1999;
$\text{Kokkels2000}$	corrigeert voor de selectie door de vissers in najaar 2000;
$\text{Bevissing2000}$	dan toetst of er een effect van de bevissing in najaar 2000 is.

Ook dit model is een gegeneraliseerd lineair mixed model met Poisson verdeling, log-link, overdispersie en random bank effect. Op bovenstaand model valt op zich weinig af te dingen, en dus ook niet op de toets bevissing2000. Dit in tegenstelling tot de eerder beschreven toetsen op bevissing die gebruik maken van het betrouwbaarheidsinterval voor  $\theta$ , omdat daar veel meer impliciete veronderstellingen gemaakt moeten worden. Verwacht mag echter worden dat de toets op bevissing2000 weinig onderscheidend is omdat het effect van bevissing2000 nagenoeg samen zal vallen met het effect van kokkels2000. Met andere woorden, als kokkels2000 al in het model zit (en dat is nodig om te corrigeren voor het selectie effect) dan zal bevissing2000 weinig toevoegen aan het model. Mediane korrelgrootte en %droogvaltijd zijn beide niet nodig in dit model omdat het effect daarvan al verdisconteerd wordt door kokerwormen2000. Deze analyse wordt alleen uitgevoerd op de punten in de open gebieden omdat alleen daar het selectie effect speelt. De gesloten gebieden bevatten in deze benadering immers geen informatie over de bevissing.

Naast bovenstaande analyse is tevens de analyse uitgevoerd zoals beschreven in paragraaf 3.3 en wordt een betrouwbaarheidsinterval voor  $\theta$  berekend. In deze analyse wordt eerst een model aangepast met separate bevissingseffecten voor 1998, 1999 en 2000. Vervolgens zijn deze paarsgewijs getoetst op gelijkheid. Aan de hand daarvan is verder gegaan met gesommeerde bevissingseffecten of met aparte effecten.

### **3.6 Statistische analyse van de 2001 gegevens op bankniveau (verzamelmonsters)**

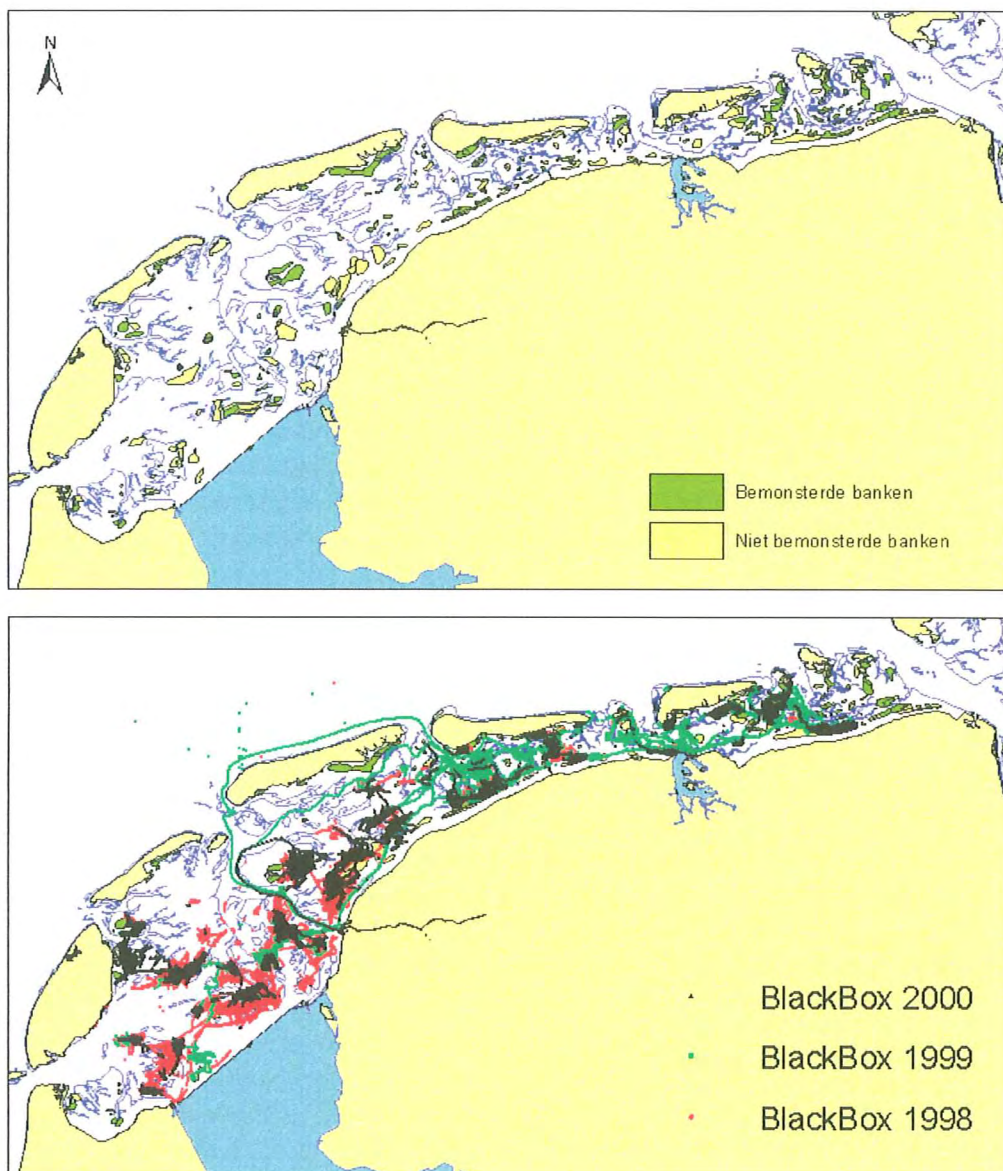
De gegevens 2001 op bankniveau worden geanalyseerd als beschreven in paragraaf 3.4, voor alle waargenomen variabelen. De analyse volgens het alternatieve model waarin gecorrigeerd wordt voor het selectie effect (met behulp van de toegevoegde term bevissing2000; zie paragraaf 3.4) is slechts uitgevoerd voor de meest wijd verbreide soorten, de wapenwormen, kleine 'tarrawormen', nonnetjes en zeeduizendpoten, alsmede de tarra en kokervormen-kokers.



## 4 Resultaten

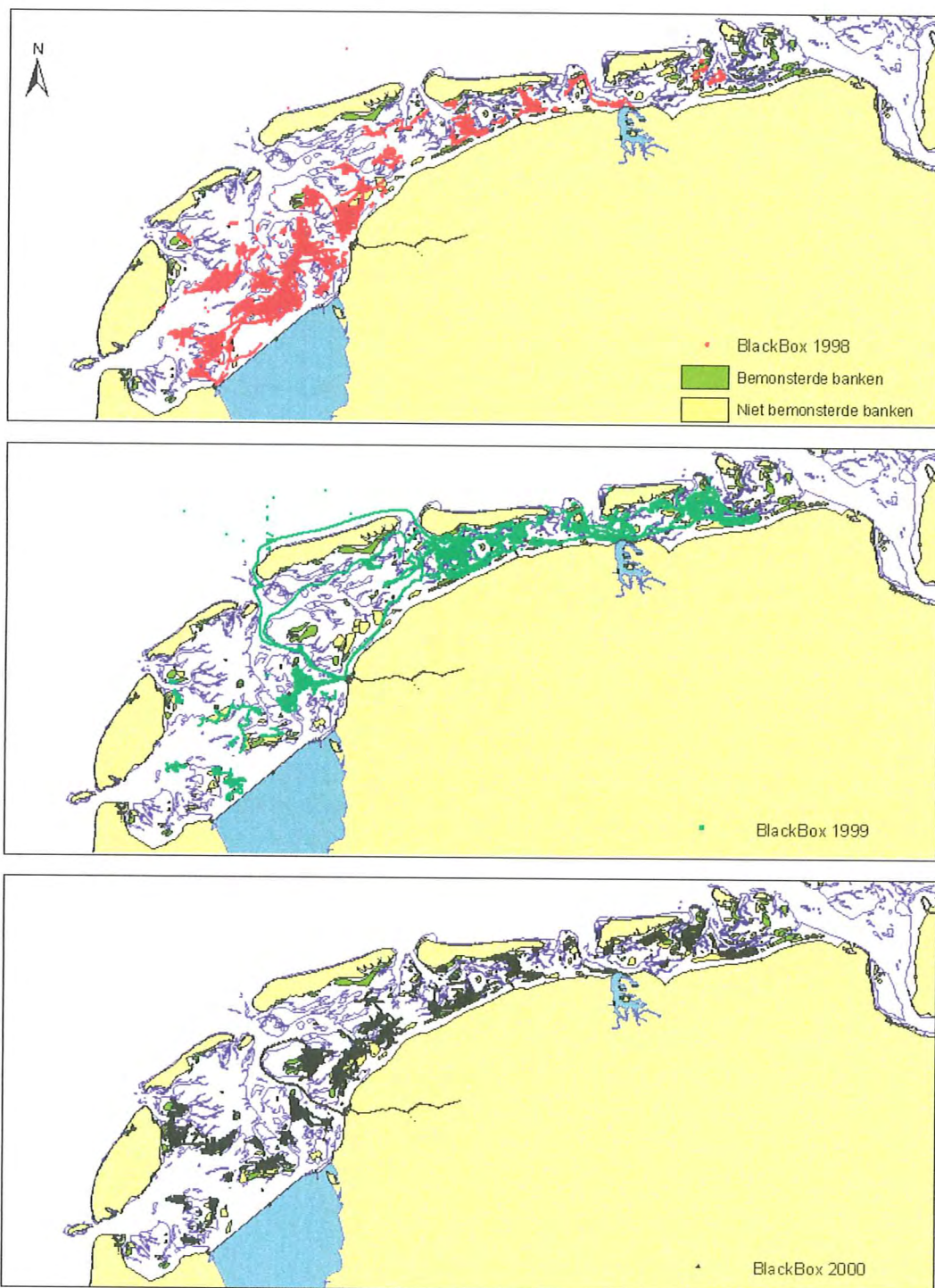
### 4.1 Visserij intensiteit in 1998-2000

In de Waddenzee werd, na de broedval van 1997, vanaf 1998 in alle jaren gevist (1998-2003). Voor dit EVA-2 onderzoek is alleen de bevissing relevant in de jaren 1998, 1999 en 2000, omdat de visserij in 1998 en 1999 voorafging aan het veldwerk in 2000 en de visserij in 2000 ook aan de bemonstering van 2001. De relevante black box registraties zijn weergegeven in figuren 15 en 16. In figuur 15 staan eerst de door de sector in voorjaar 1998 gevonden kokkelbanken ingetekend, uitgesplitst naar (voor dit onderzoek) bemonsterd en niet bemonsterd. Daaronder staat de totale visserij voor 1998-2000, waarbij ieder gekleurd punt (rood voor 1998, groen voor 1999 en zwart voor 2000) staat voor één minuut vissen, voor één van de schepen van de vloot. In figuur 16 staat de visserij nog eens per jaar afzonderlijk weergegeven. Uit deze figuren komen een aantal zaken naar voren. Allereerst is de registratie niet feilloos. Voor 1999 en voor 2000 valt op, dat er blijkbaar schepen varende (in tegenstelling tot vissende) hun bewegingen hebben geregistreerd. Er zijn meerdere, opvallend aaneengesloten lijnen zichtbaar die als vertrek en/of eindpunt de haven van Harlingen hebben en die diepe (vaar)geulen volgen. In één geval gaat het zelfs om een lijn, die buiten het eiland Terschelling om gaat. Of dit een probleem van een enkel schip is, of van meerdere schepen kunnen wij niet beoordelen, omdat de gegevens aan ons geanonimiseerd (zonder scheepsnaam) zijn aangeleverd. In 1998 lijkt er een gelijksoortig registratieprobleem te spelen rond de haven van Den Oever. Deze vorm van 'over-registratie' heeft verder geen invloed op onze analyses, omdat ze niet samenvallen met locaties van kokkelbanken die voor dit onderzoek zijn bemonsterd. Ook valt voor de 1999 dataset op, dat er enkele duidelijke mis-registraties (*spikes*, of *freaks*) te zien zijn, bijvoorbeeld in de Noordzee bij Terschelling en, naar wij aannemen, in het gesloten gebied van de Piet Scheveplaat. Er zijn ook verschillende van deze *freaks* op het land en in het IJsselmeer terecht gekomen, maar deze vallen onder de gebruikte landkaart en zijn verder niet meer zichtbaar. Ook deze vorm van mis-registratie heeft geen invloed op de onderzoeksresultaten, tenzij deze punten in werkelijkheid elders, op een bemonsterde kokkelbank thuishoren of tenzij er *freaks* op door ons bemonsterde banken zijn terecht gekomen. Dit valt niet te beoordelen, maar de aantallen van deze *freaks* zijn relatief klein. Uiteraard is op grond van de geleverde Black Box data niet te beoordelen of er gegevens ontbreken (onder-registratie).



*Figuur 15 A: Wel en niet bemonsterde kokkelbanken. B: Black Box gegevens voor 1998-2000, waarbij ieder gekleurd punt (rood voor 1998, groen voor 1999 en zwart voor 2000) staat voor één minuut vissen, voor één van de schepen van de vloot.*



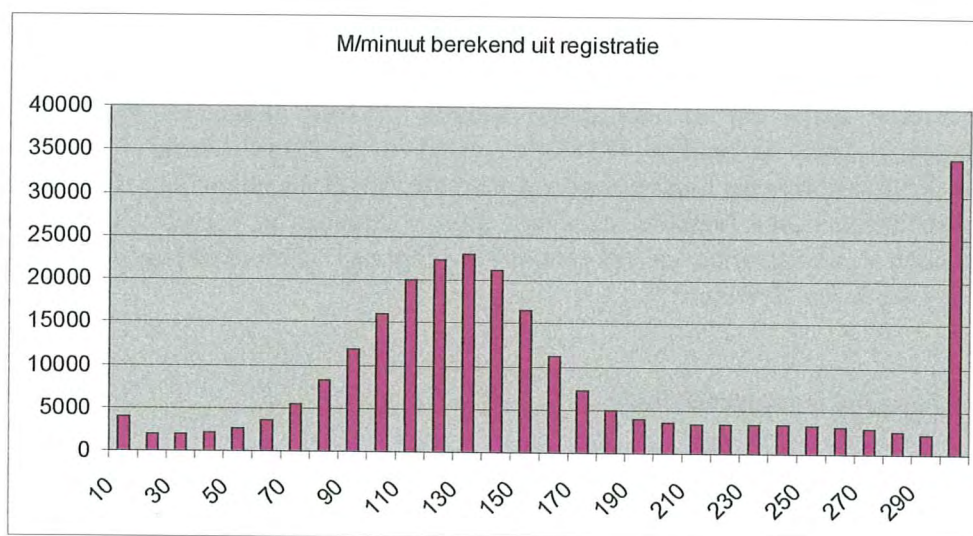


Figuur 16. Minuut-registraties Black Box van de kokkehoofden voor de jaren: 1998 (rood), 1999 (groen) en 2000 (zwart)

Ook valt in de black box gegevens op, dat in het eerste jaar na de broedval (1998) meer is gevist in de westelijke Waddenzee, met uitlopers naar het oosten, terwijl het volgende jaar (1999) een min of meer complementair beeld oplevert: meer visserij in het oosten, met uitlopers naar het westen. In 2000 wordt er door de hele Waddenzee (m.u.v. de gesloten gebieden) gevist. Na drie jaar van visserij is het merendeel van banken in de open gebieden (vergelijk tabel 2) bevist. Voornaamste uitzonderingen zijn enkele zeer hoog op het wad gelegen banken (rond Griend, op de Hengst ten NO van Texel); enkele banken op het zeer slikkige Friese en Groninger wad, vlak onder de kust van het vasteland; en een paar banken in het 'verre oosten', onder Schiermonnikoog. Redenen hiervoor kunnen zijn dat dit moeilijk bereikbare banken waren, vanwege de ligging (hoog op het wad of ver van de haven), of dat dit lage kwaliteitsbanken waren, vanwege de slikkigheid van het wad of doordat ze minder kokkels bevatten dan eerder werd aangenomen of dat de kokkels er relatief klein waren en daarmee niet lucratief, of dat er mosselzaad gevallen was.

## **4.2 Vaarsnelheden tijdens het vissen**

De black box gegevens werden aangeleverd in volgorde van binnenkomst bij de sector, maar de gegevens zijn in de aangeleverde database gerangschikt van ZW naar NO. Hierdoor was het niet meer mogelijk om een goed overzicht te maken van de snelheden tijdens het vissen, uitgedrukt in meters per minuut, doordat opeenvolgende regels in de database meetpunten van verschillende vissporen kunnen bevatten. Als we er echter van uitgaan dat een meerderheid van opeenvolgende punten toch tot hetzelfde visspoor behoren, kan nog een indruk verkregen worden van de mediane vissnelheid (fig. 17). Uit de figuur komen de overgangen van het ene naar het andere visspoor als oneigenlijk grote afstanden naar voren (dit is de 'piek' aan de rechterkant van de grafiek). De piek ligt rond de 130 meter per minuut, ofwel 7,8 km per uur, ofwel 4,2 knopen.



Figuur 17. Frequentiediagram van afstanden tussen twee opeenvolgende registraties in de black box database (1998-2000). Afstanden (X-as) van 300 meter en meer, overeenkomend met 18 km per uur of 10 knopen en meer zijn onrealistisch en worden veroorzaakt doordat twee niet-opeenvolgende registraties werden verbonden. Zeer kleine afstanden worden mogelijk veroorzaakt doordat de boot stil ligt (met de pompen aan), of doordat twee punten van twee verschillende, maar overlappende vissporen zijn verbonden. Op de Y-as staan de aantallen berekende afstanden, per afstandsklasse (X-as).

### 4.3 Analyse van de bevissingsmaat

Van alle 139 bemonsterde kokkelbanken zijn visserij-gegevens beschikbaar. In totaal 36 kokkelbanken liggen in het gesloten gebied, terwijl 103 banken potentieel bevestigd konden worden. Deze 103 'open' banken kunnen onderverdeeld worden in geheel onbevestigd (bij geen van de waarnemingspunten is bevestigd binnen een vierkant 50x50m, met het monsterpunt als middelpunt) en bevestigd (minstens één van de punten is bevestigd in één van de drie relevante jaren). De aantallen in elk van de categorieën zijn opgenomen in onderstaande tabel 2. Hieruit blijkt dat jaarlijks een minderheid van de Open banken wordt bevestigd, maar dat reeds na drie jaar meer dan de helft van de Open banken minimaal een keer is bevestigd. Andersom is te zien dat in de Open gebieden de meeste banken niet bevestigd worden in een bepaald jaar, respectievelijk 67, 70 en 72 in de opeenvolgende jaren, maar dat na drie jaar nog slechts een minderheid aan nooit bevestigde banken resteert.

Tabel 2. Onderverdeling van de bemonsterde kokkelbanken in gesloten, open en geheel onbevestigd, en in open bevestigd, volgens de black box: polygoon 50 x 50 bevissingsmaat.

Categorie	1998	1999	2000	1998-2000
Gesloten	36	36	36	36
Open – Onbevestigd	67	70	72	43
Open – Bevestigd	36	33	31	60
Totaal	139	139	139	139

Binnen afzonderlijke banken kan er een grote variatie aan bevissing zijn. In Bijlage 1 zijn per bevestigde bank de monsterpunten onderverdeeld naar de mate van bevissing. Hieruit blijkt dat voor sommige banken alle punten min of meer in gelijke mate

bevist zijn, bijvoorbeeld in 1998 de banken 18114-1 (alle 15 punten zwaar bevist) , 18114-13 (alle 13 punten min of meer zwaar bevist), 18114-15a (alle 12 punten min of meer onbevist) en 18116-13 (alle 13 punten min of meer zwaar bevist). Voor andere banken geldt dat er een grote variatie in mate bevissing is geweest, bijvoorbeeld in 1998 de banken 18113-3c, 18113-4 en 18114-11zuid. Variatie in mate van bevissing binnen banken kan veroorzaakt zijn door ruimtelijke verschillen in kokkelrijkdom binnen banken, maar ook door verschillen in toegankelijkheid, of doordat delen van banken bevist zijn terwijl het schip eigenlijk onderweg was van de ene goede bank naar de andere.

#### 4.3.1 Bevissing op puntniveau

Het aantal punten uitgesplitst naar mate van bevissing in 1998, 1999 en 2000 is weergegeven in tabel 3. De bevissing in de open gebieden is daarbij onderverdeeld in 6 klassen: geen bevissing, bevissing met een intensiteit van één minuutregistratie in een vak van 50x50 m rond het monsterpunt, en bevissingsintensiteiten in de intervallen 2-5, 6-10, 11-20 en meer dan 20. De klassengrenzen zijn zodanig gekozen dat de aantallen waarnemingen in de beviste klassen ongeveer gelijk zijn. Het aantal onbeviste punten in de open gebieden was in 1998 en 1999 nagenoeg gelijk, en in 2000 groter. In 1999 zijn, ten opzichte van 1998, meer punten intensief bevist op de bemonsterde banken. In 2000 zijn juist minder punten zeer intensief bevist.

*Tabel 3. Onderverdeling van de bemonsterde punten naar mate van bevissing, in gesloten (alle onbevist) en open gebieden. Klassen geven de hoeveelheid bevissing per punt aan, uitgedrukt in aantallen minuutregistraties binnen een vierkant van 50x50m rond het punt. Bijvoorbeeld: 6-10 betekent dat binnen 50x50m rond die punten tussen 6 en 10 minuutregistraties zijn gemaakt in het bewuste jaar.*

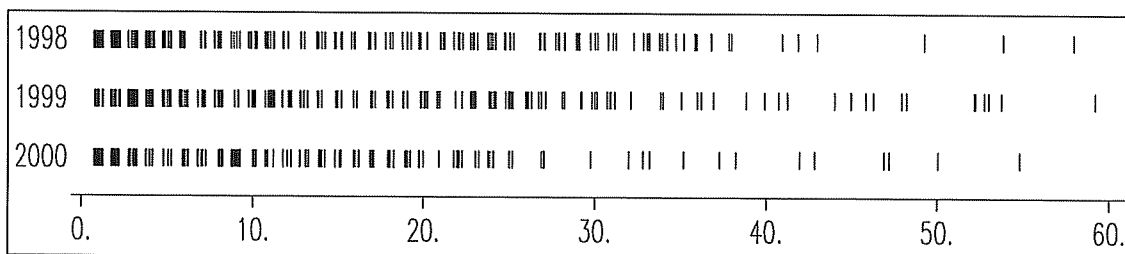
Aantal punten	Gesloten	Open Onbevist (0)	Open (1)	Open (2-5)	Open (6-10)	Open (11-20)	Open > 20	Totaal
1998	480	1152	46	70	35	45	76	1904
1999	480	1146	32	57	43	68	78	1904
2000	480	1203	39	56	41	47	38	1904

Voor de beviste punten zijn gemiddelde bevissing, maximale bevissing en percentage punten van de bevissing gegeven in tabel 4. In de bijbehorende grafiek is voor elk jaar de verdeling van de bevissingsmaat voor de beviste punten weergegeven. Hieruit blijkt dat er in 1999 het zwaarst, en in 2000 het minst intensief werd gevist op de voor dit onderzoek bemonsterde banken.



Tabel 4. Kengetallen voor bevissing, van de beviste punten voor de jaren 1998-2000. Bijbehorende grafiek: verdeling van mate van bevissing (zie tabel 3) per jaar. Ieder streepje staat voor één punt, met op de X-as de aantallen minuutregistraties per 50x50m vierkant rond dat punt.

Jaar	Aantal punten	Maximum	Gemiddeld	Mediaan	75%punt	90%punt	95%punt
1998	272	58,0	12,7	8,0	22,0	30,3	34,0
1999	278	59,0	14,5	11,0	23,0	31,0	41,0
2000	221	55,0	10,9	8,0	17,0	24,0	33,0



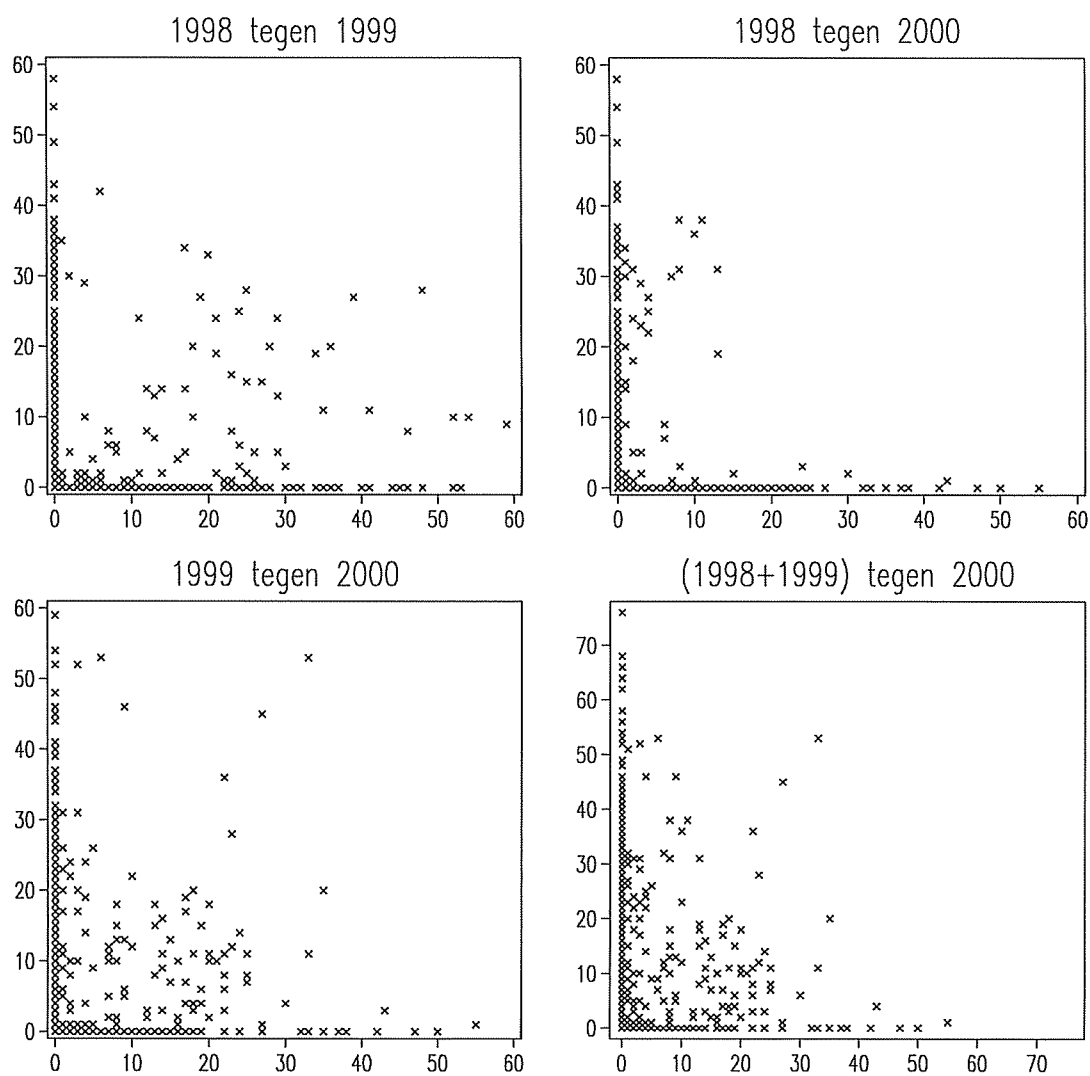
Het aantal punten uitgesplitst naar de mate van bevissing in 1998 en 1999 is gegeven in tabel 5. Deze cijfers zijn met name relevant voor de analyse van de 2000 gegevens, omdat hierin zowel het bevissingseffect 1998 als 1999 een rol speelt. Het blijkt dat relatief weinig punten in beide jaren zijn bevist. Voor slechts 25 punten is de bevissingsmaat in beide jaren groter dan 10. Dit zien we ook terug als we de mate van bevissing per punt voor de verschillende jaren tegen elkaar uitzetten (fig. 18). Een punt dat in het eerste jaar zwaar wordt bevist, wordt in de regel in een volgend jaar niet nogmaals zwaar bevist en punten die in de eerste twee jaren samen (1998+1999) zwaar zijn bevist, zijn voor de visserij in 2000 van weinig belang meer.

Tabel 5. Matrix van aantallen punten met verschillende bevissingsintensiteit (minuutregistraties per 50x50m vierkant) in de jaren 1998 en 1999, voor de open gebieden.

jaar	bevissing	1998 0	1998 1	1998 2-5	1998 6-10	1998 11-20	1998 > 20	Totaal
1999	0	946	35	51	22	30	62	1146
1999	1	29	1	1		-	1	32
1999	2-5	45	3	6	1	-	2	57
1999	6-10	34	3	2	3	-	1	43
1999	11-20	52	-	4	3	5	4	68
1999	> 20	46	4	6	6	10	6	78
Totaal		1152	46	70	35	45	76	1424

Voor de toets op het bevissingseffect is de bevissingsmaat in sterk beviste punten nodig (zie ook paragraaf 4.4.3). Daarvoor kunnen bijvoorbeeld de punten genomen worden boven het 90% of 95% punt van de verdeling van de bevissingsmaat in de beviste open punten. Per jaar berekende percentage punten op basis van de beviste open gebieden staan in tabel 6.





Figuur 18. De mate van visserij per punt (aantal minuutregistraties in het 50x50m vierkant rond dat punt) in één jaar of combinatie van jaren (Y-as) tegen de mate van bevissing in het volgende jaar (X-as).

Tabel 6. Hoge %-punten van bevissing, per jaar. Een 90% punt van 30 betekent, dat 10% van alle punten in dat jaar, 30 of méér minuutregistraties binnen het betreffende 50x50m vak hadden.

jaar	80% punt	90% punt	95% punt	99% punt	Maximum
1998	24	30	34	48	58
1999	25	31	41	53	59
2000	19	24	33	48	55

#### 4.3.2 Bevissing op bankniveau

Het aantal banken uitgesplitst naar mate van bevissing in 1998, 1999 en 2000 is weergegeven in tabel 7. De bevissing in de open gebieden is daarbij onderverdeeld in 4 klassen: geen bevissing, en bevissing in de intervallen >0-2, >2-10 en meer dan 10 (minuutregistraties per 50x50m vierkant rond de monsterpunten). De klassengrenzen

zijn zodanig gekozen dat de aantallen waarnemingen in de wel beviste klassen ongeveer gelijk zijn.

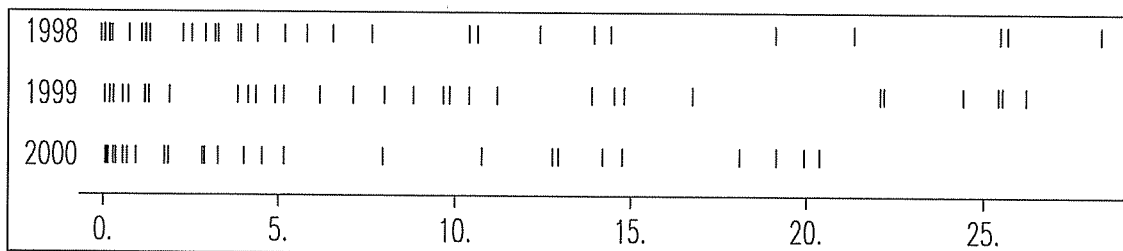
Tabel 7. Gemiddelde mate van bevissing (over alle monsterpunten) per bemonsterde kokkelbank, per jaar.

aantal banken	Gesloten (0)	Open Onbevist (0)	Open >0-2	Open >2-10	Open > 10	Totaal
1998	36	67	14	12	10	139
1999	36	70	10	11	12	139
2000	36	72	14	8	9	139

Voor de beviste banken zijn gemiddelde bevissing, maximale bevissing en percentage punten van de bevissing gegeven in tabel 8 en in de bijbehorende grafiek daaronder is voor elk jaar de verdeling van de bevissingsmaat voor de beviste banken weergegeven. Ook hieruit blijkt dat er in 2000 minder intensief gevist is op de bij dit onderzoek betrokken kokkelbanken.

Tabel 8. Kengetallen voor gemiddelde bevissing, van de beviste banken voor de jaren 1998-2000. Bijbehorende grafiek: verdeling van mate van bevissing (zie tabel 3) per jaar, per bank. Ieder streepje staat voor één bank, met op de X-as de gemiddelde aantallen minuutregistraties per bank, voor de per 50x50m vierkant rond de monsterpunten van die bank.

jaar	Aantal banken	Maximum	Gemiddeld	Mediaan	75%punt	90%punt	95%punt
1998	36	28,4	6,7	3,2	10,5	21,1	25,5
1999	33	26,2	9,3	7,1	14,7	24,7	25,4
2000	31	20,4	5,9	2,9	12,3	18,6	19,9



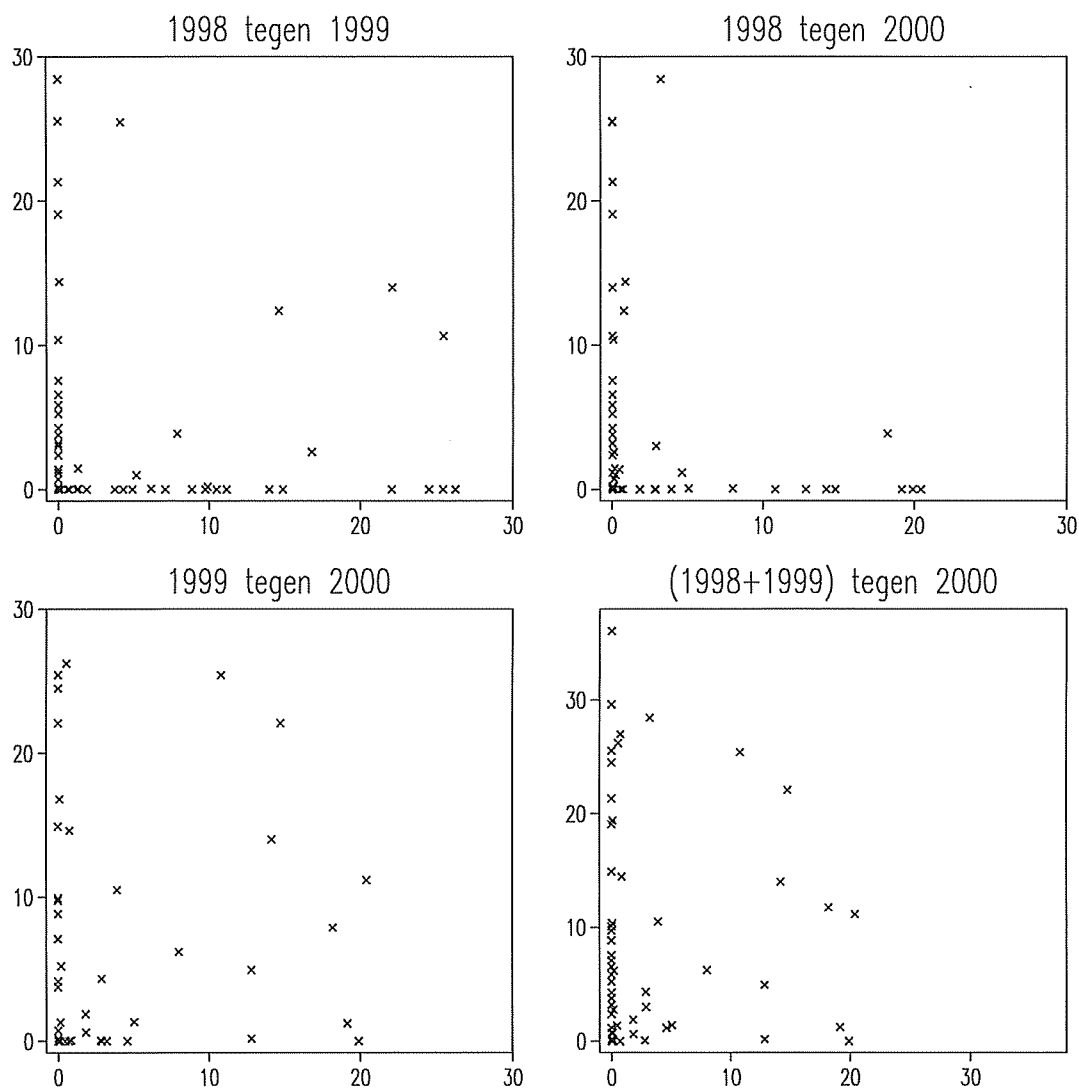
In tabel 9 staan de aantallen banken in de open gebieden uitgesplitst naar de over de punten gemiddelde bevissingsmaat in 1998 en 1999. De banken zijn hierbij weer in 4 klassen onderverdeeld. De drie banken die in zowel 1998 als 1999 een gemiddelde bevissing groter dan 10 hadden zijn de banken 18116-14, 18122-11 en 18122O-3, en deze banken bevatten respectievelijk 12, 13 en 14 punten.

Tabel 9. Matrix van aantallen banken met verschillende bevissingsintensiteit (gemiddelde aantallen minuutregistraties per 50x50m vierkant) in de jaren 1998 en 1999, voor de open gebieden.

jaar		98 0	98 >0-2	98 >2-10	98 > 10	Totaal
1999	0	46	9	10	5	70
1999	>0-2	7	2	-	1	10
1999	>2-10	6	3	1	1	11
1999	>10	8	-	1	3	12
Totaal		67	14	12	10	103

Ook op bankniveau geldt dat slechts 12 van de 103 open banken zowel in 1998 als in 1999 bevist zijn. De gemiddelde bevissing in respectievelijk 1998 en 1999 in de hoogste categorie ( $> 10$ ) is 18 en 19. De maximale gemiddelde bevissing in deze jaren is respectievelijk 28 en 26.

In figuur 19 is de gemiddelde (over de punten) mate van bevissing per bank voor de verschillende jaren tegen elkaar uitgezet. Ook hier is te zien, dat de meeste banken die in één jaar zwaar worden bevist, in een volgend jaar niet nogmaals zwaar worden bevist. Toch zijn er enkele uitzonderingen: van 1998 op 1999 zijn er drie, en van 1999 op 2000 zijn er vier banken die in beide jaren zwaar worden bevist (gemiddeld meer dan 10 minuutregistraties per punt per jaar), en er zijn ook vijf banken die in 1998 en 1999 samen aan 10 minuutregistraties per punt komen, terwijl ze ook in 2000 in deze hoogste categorie van bevissing vallen.



Figuur 19. De mate van visserij per bank (gemiddeld aantal minuutregistraties in de 50x50m vierkanten rond de punten) in één jaar of combinatie van jaren (Y-as) tegen de mate van bevissing in het volgende jaar (X-as).

#### 4.4 Analyse gegevens op puntniveau voor de bemonstering van het jaar 2000

In deze paragraaf worden de gegevens van het eerste veldwerk jaar (2000) geanalyseerd, die op het niveau van afzonderlijke monsterpunten zijn verzameld: de aantallen kokkels van (toen) drie jaar oud, de aantallen wadpieren en de aantallen kokerwormen, alle geteld in het meetvierkant van 0,25m<sup>2</sup> (Foto's 3-5). Deze aantallen zijn niet op alle 1904 punten geteld. Er wordt verondersteld dat er geen systematiek zit in het ontbreken van de waarnemingen.

##### 4.4.1 Aantallen driejarige kokkels in 2000

Het aantal kokkels is geteld in 1767 punten van de in totaal 1904 punten. De gemiddelde aantallen kokkels van jaargang 3, dus van de broedval 1997, uitgesplitst naar de mate van bevissing in 1998 en 1999 zijn weergegeven in tabel 10:

*Tabel 10. Gemiddelde aantallen kokkels van drie jaar oud in 2000, per meetvierkant van 0,25m<sup>2</sup>, voor de voor visserij open en gesloten gebieden. De visserij-intensiteit (visdruk) is weergegeven in klassen, van aantallen minuutregistraties per 50x50m vierkant rond de monsterpunten. Sommige gemiddelden, zoals 89,3, zijn zo hoog vanwege één enkel punt met extreem veel kokkels. Alle in witte velden weergegeven gemiddelden zijn gebaseerd op 10 waarnemingen of minder (zie tabel 5). Deze gemiddelden zijn daarmee minder betrouwbaar dan de gemiddelden in de grijze velden, deze laatste zijn gebaseerd op 22 waarnemingen of meer.*

Jaar; visdruk		98	98	98	98	98	98	
		Gesloten	0	0-1	1-5	5-10	10-20	> 20
		33,9	-	-	-	-	-	-
99	0	-	19,5	4,3	3,5	1,4	5,0	0,5
99	0-1	-	29,8	0,0	0,0	-	-	1,0
99	2-5	-	15,7	89,3	27,2	0,0	-	5,0
99	6-10	-	16,1	7,0	0,5	0,3	-	0,0
99	11-20	-	12,1	-	0,8	0,3	1,0	3,5
99	> 20	-	4,7	33,2	1,0	0,8	0,9	1,0
Totaal		33,9	18,7	13,0	5,1	1,1	3,8	0,8
								20,6

Het selectie effect is duidelijk zichtbaar: het gemiddelde aantal driejarige kokkels in de gesloten gebieden is 33,9, en in de onbeviste open gebieden 19,5. De marginale gemiddelden laten het verwachte beeld zien: het aantal kokkels neemt af naarmate de bevissing toeneemt. De kengetallen van de aantallen driejarige kokkels, uitgesplitst naar gesloten, open onbevist in 1998 en 1999 en open bevist in 1998 of 1999 zijn gegeven in tabel 11.

*Tabel 11. Kengetallen voor de aantallen driejarige kokkels, voor de afzonderlijke monsterpunten (meetvierkanten) in 2000.*

	Npunten	Maximum	Gemiddeld	Mediaan	75%punt	90%punt	95%punt
Gesloten	447	296	33,9	7,0	40,0	112,8	168,8
Open Onbevist	887	492	19,5	1,0	10,0	43,0	105,0
Open Bevist	433	385	8,9	1,0	5,0	18,0	41,7

NB: in deze en alle volgende tabellen met kengetallen wordt het onderscheid tussen Bevist en Onbevist gemaakt in termen van wel/niet. In de statistische analyses wordt gewerkt met de vastgestelde hoeveelheden bevissing per 50x50m vierkant rond de punten.

#### 4.4.2 Aantallen één en tweejarige kokkels in 2000

De gemiddelde aantallen éénjarige en tweejarige kokkels op de banken in de gesloten gebieden was respectievelijk 4,31 en 5,39, en in de open onbeviste banken respectievelijk 1,48 en 3,69. Dit ondersteunt de veronderstelling dat er voornamelijk op kokkels van de 1997 broedval is gevestigd: jongere kokkels waren aanzienlijk minder talrijk. Op banken die in de open gebieden in 2000 nog niet bevestigd waren, was meer broed aanwezig dan op de wel bevestigde banken (1,36 éénjarigen en 2,54 tweejarigen), dus de broedval op bevestigde banken was in absolute zin het slechtst (tabel 12). In 2000 is het aantal kokkels van de derde jaargang dermate veel groter dan van de andere jaargangen dat inderdaad aangenomen mag worden dat deze bepalend zijn geweest voor het selectie mechanisme van de vissers in 1998 en 1999.

*Tabel 12. De gemiddelde aantallen kokkels per meetvierkant in 2000, uitgesplitst naar jaargang en naar Gesloten, Open-Onbevestigd en Open-Bevestigd gebieden.*

2000 jaargang 1	#punten	Maximum	Mean	Mediaan	75% punt	90% punt	95% punt
Gesloten	447	169	4,31	0,00	0,00	5,00	14,30
Open-OnBevestigd	887	164	1,48	0,00	0,00	3,00	6,00
Open-Bevestigd	433	91	1,36	0,00	0,00	1,00	5,85
2000 jaargang 2							
Gesloten	447	216	5,39	0,00	3,00	9,80	23,15
Open-OnBevestigd	887	245	3,69	0,00	2,00	6,00	19,30
Open-Bevestigd	433	163	2,54	0,00	1,00	4,00	6,00
2000 jaargang 3							
Gesloten	447	296	33,92	7,00	40,00	112,80	168,75
Open-OnBevestigd	887	492	19,54	1,00	10,00	43,00	105,00
Open-Bevestigd	433	385	8,92	1,00	5,00	18,00	41,70

#### 4.4.3 Aantallen kokerwormen in 2000

Kokerwormen zijn op 1344 punten geteld; de kengetallen uitgesplitst naar Gesloten, Open-Onbevestigd in 1998 en 1999, en Open-Bevestigd in 1998 en/of 1999 zijn gegeven in tabel 13. Wanneer zeer hoge dichtheden werden aangetroffen, werd in het veld vaak een bedekkingspercentage geschat, dat later aan de hand van een regressievergelijking tussen bedekking en werkelijke aantallen (op meerdere punten/banken beide bepaald) tot een aantal werd omgerekend; dit verklaart de gelijke maxima.



Tabel 13. Kengetallen voor de aantallen kokerwormen, voor de afzonderlijke monsterpunten (meetvierkanten) in 2000.

	Npunten	Maximum	Gemiddeld	Mediaan	75%punt	90%punt	95%punt
Gesloten	424	944	93	4,0	55	283	661
Open Onbevist	545	944	29	0,0	12	70	174
Open Bevist	375	944	56	2,0	47	188	250

De discrepantie tussen gemiddelde en mediaan komt door het grote aantal punten zonder kokerwormen én de grote uitschieters naar boven. Duidelijk is, dat het aantal kokerwormen in de gesloten gebieden beduidend is hoger dan in de open gebieden, maar tevens dat op de beviste banken de dichtheden hoger waren dan op de onbeviste banken in het open gebied. Voor de statistische analyse van het aantal kokerwormen is een gegeneraliseerd lineair mixed model (GLMM) gebruikt, met Poisson verdeling, log-link en een random bank effect (zie paragraaf 4.3). Fixed termen in het model zijn gebied + %droog + sedim16 + kokkel + somvis. Hierin is somvis de som van de bevissing in 1998 en 1999 omdat in het model het effect op kokerwormen van bevissing in 1998 en 1999 gelijk verondersteld wordt. Dit wordt ondersteund door de data want de p-waarde voor de bijbehorende nulhypothese, relatie in 1998 en 1999 niet verschillend, is 0,739. Het 'kokkel effect' (de relatie tussen dichtheden kokkels en kokerwormen) wordt geschat op basis van de aantallen kokkels en kokerwormen in de gesloten gebieden.

De variatie (op log-schaal) tussen banken is 2,80, en de overdispersie ( $\sigma^2$ ) is 75,7. De parameterschattingen, standaardafwijkingen en bijbehorende p-waarden zijn:

Parameter	Schatting	Stand.Afw.	P-waarde
Constante	3,23918	0,30610	-
Open vs Gesloten	-0,71041	0,37465	0,058
%Droog	-0,01296	0,00411	0,002
Sedim16	-0,00489	0,00218	0,025
Kokkel ( $\kappa$ )	0,00568	0,00095	0,000
Somvis ( $\beta$ )	0,02193	0,00490	0,000

**Deze cijfers moeten als volgt gelezen worden:** zowel %Droog als Sedim16 zijn significant ( $p < 0,05$ ) en beide hebben een negatief effect op het verwachte aantal kokerwormen (hoe langer het punt droog ligt, en hoe grover het sediment, hoe minder kokerwormen er voorkomen). De Constante (3,23918) geeft het verwachte aantal kokerwormen (per meetvierkant) op log-schaal voor de gesloten gebieden bij %Droog = 45 en MedianeKorrel = 165 en 0 kokkels. Er worden hier dus  $e^{3,23918} = 25,5$  kokerwormen per meetvierkant verwacht. De parameter Open vs Gesloten is het verschil op log-schaal tussen de gesloten en open gebieden, op het intercept van 0 kokkels, respectievelijk 0 bevissing, in beide gevallen bij %Droog = 45 en MedianeKorrel = 165 (zie figuur 20). De open gebieden hebben dus een multiplicatieve factor, van  $e^{-0,71041} = 0,49$  keer zo veel kokerwormen als de gesloten gebieden. Dit grote niveau verschil tussen open en gesloten (de helft minder kokerwormen in de open gebieden) heeft echter een p-waarde van 0,058 en is dus net niet significant. Het multiplicatieve effect bij een toename met 100 kokkels is gelijk aan  $e^{(100 \times 0,00568)} = 1,76$ . Met andere woorden: bij een hogere dichtheid kokkels, komt ook een hogere dichtheid kokerwormen voor. Bijvoorbeeld: op een punt (in het

gesloten gebied) met 150 kokkels komen 1,76 keer zoveel kokerwormen voor als op een punt met 50 kokkels.

We kunnen nu het aantal kokerwormen in een punt in het gesloten gebied (per definitie zonder bevissing) vergelijken met de hoeveelheid kokerwormen in een *vergelijkbaar punt* in het open gebied ná bevissing. Hierbij is het aantal kokkels dat er gelegen zou hebben zonder bevissing onbekend. Er wordt eerst gecorrigeerd voor het verschil in niveau tussen het gesloten en open gebied (het open gebied is in 2000 de helft armer aan kokerwormen). Vervolgens wordt in de analyse nagegaan of er, bovenop dit verschil in niveau, een additioneel effect is van de visserij in de voorgaande twee jaren. Dat gaat als volgt. Veronderstel een hoeveelheid kokkels, zeg  $K$ . Dan is het verwachte aantal kokerwormen op log-schaal zonder bevissing gelijk aan  $\kappa K$ , met  $\kappa$  de geschatte coëfficiënt voor kokkels. Veronderstel verder dat deze  $K$  kokkels overeenkomen met een hoeveelheid bevissing van  $K/\theta$ . Dan is het verwachte aantal kokerwormen met deze hoeveelheid bevissing gelijk aan  $\beta(K/\theta)$ , met  $\beta$  de geschatte coëfficiënt voor bevissing. Als er nu geen effect is van bevissing dan moet  $\kappa K = \beta(K/\theta)$ . Hieruit volgt dat  $\theta = \beta/\kappa$  en dit is onafhankelijk van het aantal kokkels (dat er zonder bevissing gelegen zou hebben). Dit is belangrijk, want deze grootte is immers onbekend. Een 95%-betrouwbaarheidsinterval voor  $\theta$  kan worden gemaakt op basis van de parameterschattingen voor  $\kappa$  en  $\beta$  én de bijbehorende (co)varianties, met de Fieller methode. In het geval van de kokerwormen in 2000 is  $\theta = \beta/\kappa = 0,02193/0,00568 = 3,86$ , met een 95%-betrouwbaarheidsinterval van (2,039, 6,622). De vraag of er een bevissingseffect is, is nu vertaald in de vraag of het betrouwbaarheidsinterval de *werkelijke* waarde van  $\theta$  bevat: indien dit het geval is, is er geen significant bevissingseffect. De werkelijke waarde van  $\theta$  wordt nu geschat op grond van bekende dichtheden kokkels  $K$  in het gesloten gebied en bekende visserij-intensiteiten  $B$  in het open gebied, die met elkaar worden verondersteld te corresponderen. Eigenlijk zouden we waarde voor  $\theta$  willen schatten aan de hand van de kokkeldichtheden zoals die waren vlak voor de bevissing. Cijfers over deze kokkeldichtheden op puntniveau ontbreken echter en dus bepalen we  $\theta$  op basis van relatief veel kokkels in de gesloten gebieden (bijvoorbeeld 95% punt), waarbij we veronderstellen dat deze overeen komen met relatief veel bevissing in de open gebieden (95% punt). Feitelijk stellen we:  $B = K/\theta$ , dus deze relatie geldt voor alle  $K$ , zie ook veronderstelling 1 in paragraaf 3.2. De waarde van  $\theta$  kan dus op grond van verschillende corresponderende kokkeldichtheden  $K$  en visserij-intensiteiten  $B$  geschat worden en de uitkomsten behoren dan dicht bijeen te liggen omdat  $\theta$  immers onafhankelijk is van de dichtheid aan kokkels. Allereerst wordt het maximale aantal kokkels in een punt in het gesloten gebied genomen, dit is 296. Op het niveau van individuele monsterpunten is de maximale bevissing in het open gebied 59 en als we veronderstellen dat deze twee waarden met elkaar corresponderen, dan hebben we een 'waargenomen' quotiënt  $\theta$  van  $296/59 = 5,02$  en dit ligt in het betrouwbaarheidsinterval. Kijken we naar het 95% punt van de aantallen kokkels in het gesloten gebied en het 95% punt van de bevissing, dan is het quotiënt gelijk aan  $168,8/41 = 4,12$ , en ook dat ligt in het interval. Voor het 90% punt is de schatting van  $\theta$  3,63. De waarde van  $\theta$  kan ook geschat worden voor de gemiddelde gegevens per

kokkelbank. Zo bezien is de 'werkelijke'  $\theta$  gelijk aan 4,47 (maximum), 4,08 (95% punt) en 4,30 (90% punt). Er is dus enige variatie in de schattingen van  $\theta$  maar ze schommelen rond de waarde van 4,1 die geldt voor het 95% punt van zowel de punt- als de bankgegevens.

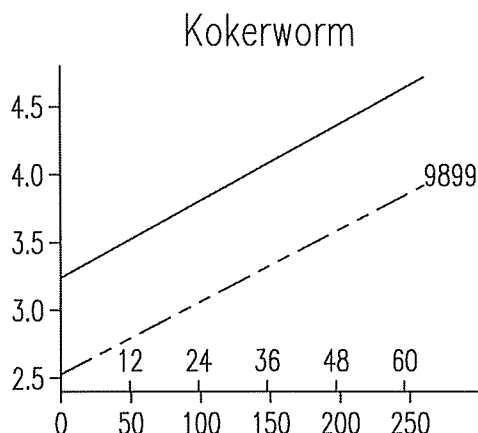
In onderstaand overzicht staan de beschikbare cijfers samengevat voor situaties met veel kokkels, cq veel bevissing. Er is enige variatie in de quotiënten, dus we gaan uit van de gemiddelde waarde van de zes hier berekende quotiënten en stellen  $\theta_{2000}$  op 4,1.

2000 puntniveau	90% punt	95% punt	maximum
Kokkels	112,8	168,8	296
Bevissing	31	41	59
<b>Quotiënt (<math>\theta</math>)</b>	<b>3,64</b>	<b>4,12</b>	<b>5,02</b>
2000 bankniveau			
kokkels	99	104	127
bevissing	23	25,5	28,4
<b>Quotiënt (<math>\theta</math>)</b>	<b>4,30</b>	<b>4,08</b>	<b>4,47</b>

Voor de analyse van de aantallen kokerwormen in 2000 concluderen we, dat  $\theta_{2000}$  (met een waarde van 4,1) binnen het berekende 95%-betrouwbaarheidsinterval voor  $\theta$  ligt (dit was 2,039, 6,622). Dit betekent, dat de nulhypothese van geen visserij effect, bovenop het niveau verschil tussen gesloten en open, niet verworpen kan worden. Met andere woorden: het open gebied is weliswaar armer aan kokerwormen dan het gesloten gebied, maar op punten met visserij zijn er niet minder kokerwormen dan verwacht.

**Een en ander kan ook grafisch worden weergegeven op basis van de parameterschattingen uit de tabel eerder in deze paragraaf.** In figuur 20 staan op de X-as twee schalen. De onderste schaal is voor het aantal kokkels, en loopt (voor 2000 voor de puntgegevens) van 0 tot 250. De bovenste schaal is voor de hoeveelheid visserij en loopt (eveneens voor 2000 voor de puntgegevens) van 0 tot 60. Op de Y-as staat  $\ln(\text{response})$ , in dit eerste geval dus  $\ln(\text{kokerwormen in 2000})$ . De doorgetrokken lijn in deze grafiek (en alle volgende grafieken van dit type) vertegenwoordigt de relatie tussen  $\ln(\text{response})$  en het aantal kokkels in de gesloten gebieden. Voor de kokerwormen 2000 is dit de lijn  $\ln(y) = 3,23918 + 0,00568 \times \text{Kokkels}$ , met de parameterschattingen uit de tabel eerder in deze paragraaf. De gestippelde lijn in deze grafiek laat de geschatte relatie zien tussen  $\ln(\text{response})$  en de hoeveelheid visserij in de open gebieden. In een aantal andere gevallen dan voor kokerwormen 2000 bleek het nodig om aparte lijnen te geven voor de visserij in verschillende jaren, maar in dit eerste geval was het visserijeffect voor 1998 en 1999 niet verschillend en volstaat dus een gestippelde lijn. Voor de kokerwormen 2000 is dit de lijn  $\ln(y) = (3,23918 - 0,71041) + 0,02193 \times \text{Visserij}$ , weer met de parameterschattingen uit de tabel eerder in deze paragraaf. De doorgetrokken lijn en de gestippelde lijn lopen vrijwel parallel. Omdat de X-schalen voor kokkels en visserij min of meer 'gelijkwaardig' of 'equivalent' zijn, betekent het parallel zijn dat we niet kunnen concluderen dat de visserij een effect heeft op het aantal kokerwormen. Anders geformuleerd: als het aantal kokkels toeneemt krijgen we meer kokerwormen

in de gesloten gebieden. Bij een equivalente toename van de bevissing krijgen een vergelijkbare toename van het aantal kokerwormen; er is dus geen direct visserijeffect.



Figuur 20. Aantallen kokkels per meetvierkant van  $0,25m^2$  (X-as, onderste schaal) en visserijdruk (aantal black box minuutregistraties in een vierkant van  $50 \times 50m$  rond ieder monsterpunt; X-as bovenste schaal) vergeleken met  $\ln$  (kokerwormen) voor 2000 op de Y-as. De gesloten lijn geeft de relatie tussen  $\ln$ (kokerwormen) en de kokkeldichtheid in de gesloten gebieden; de open (stippel)lijn geeft de relatie tussen  $\ln$ (kokerwormen) en de visserijdruk in de open gebieden. De aanduiding 9899 en het feit dat er slechts één stippellijn in deze grafiek staat, laat zien dat er geen verschil is tussen het effect van visserij in de jaren 1998 en 1999. Het verschil tussen de snijpunten van beide met de Y-as geeft op log-schaal het niveauverschil weer tussen de gesloten en open gebieden. In dit geval is het verschil tussen de open en gesloten gebieden  $-0,71$  op log-schaal. Dit houdt in dat in de open gebieden  $e^{-0,71} = 0,49$  keer zo veel kokerwormen voorkwamen als in de gesloten gebieden. De paralleliteit tussen de beide lijnen laat zien, dat er geen visserijeffect is, bovenop dit niveauverschil. Zie ook de (eerste regel van de) samenvattende tabel 43 in paragraaf 4.9.

#### 4.4.4 Aantallen wadpieren in 2000

Wadpieren zijn op 1759 punten geteld; de kengetallen uitgesplitst naar Gesloten, Open onbevist in 1998 en 1999, en open bevist in 1998 en/of 1999 zijn gegeven in tabel 14.

Tabel 14. Kengetallen voor de aantallen wadpieren, voor de afzonderlijke monsterpunten (piereenhoopjes per meetvierkant) in 2000.

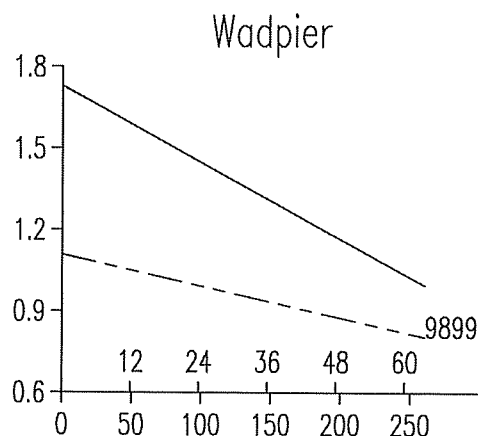
	Npunten	Maximum	Gemiddeld	Mediaan	75%punt	90%punt	95%punt
Gesloten	447	56	6,3	5,0	9,0	13,0	19
Open Onbevist	883	30	3,9	3,0	5,0	10,0	13
Open Bevist	429	20	3,7	3,0	5,0	8,0	11

Het aantal wadpieren in de gesloten gebieden is hoger dan in de open gebieden, maar de verschillen tussen de beviste en onbeviste open banken in het open gebied zijn marginaal. Voor de statistische analyse wordt hetzelfde model gebruikt, als beschreven onder paragraaf 4.4.3 (kokerwormen). Ook hier geldt dat de hypothese dat de bevissingseffecten in 1998 en 1999 gelijk zijn niet verworpen wordt ( $p=0,793$ ). Somvis in het model is dus voldoende. De variatie (op log-schaal) tussen banken is

0,544, en de overdispersie is 2,57. De parameterschattingen, standaardafwijkingen en bijbehorende p-waarden zijn:

Parameter	Schatting	Stand.Afw.	P-waarde
Constante	1,72964	0,13001	-
Open vs Gesloten	-0,62067	0,15282	0,000
%Droog	0,01880	0,00232	0,000
Sedim16	0,00163	0,00119	0,168
Kokkel ( $\kappa$ )	-0,00282	0,00076	0,000
Somvis ( $\beta$ )	-0,00477	0,00316	0,131

%Droog is zeer significant met een positief effect op het aantal wadpieren. Sedim16 is niet significant maar wordt toch in het model gelaten. Er is een zeer significant verschil in niveau tussen de open en gesloten gebieden: punten in het open gebied hebben een slechts  $e^{-0,62}=0,54$  keer zo veel wadpieren als de punten in het gesloten gebied. Het multiplicatieve effect bij een toename met 100 kokkels is gelijk aan  $e^{(100 \times -0,00282)} = 0,75$ : het kokkeleffect is nu negatief, dus bij meer kokkels komen minder wadpieren voor (in de gesloten gebieden). Het effect van Somvis is niet significant. Het 95% betrouwbaarheidsinterval voor  $\theta$  is  $(-0,521, 5,197)$  en dit bevat de geschatte waarde van  $\theta_{2000}$  van 4,1 (zie uitleg bij kokerwormen model). We kunnen dus niet concluderen dat er een direct visserij effect is op het aantal wadpieren.



Figuur 21. De relatie tussen  $\text{Ln}(\text{wadpieren})$  en de kokkeldichtheid (onderste schaal op de X-as) in de gesloten gebieden (gesloten lijn) en tussen  $\text{Ln}(\text{kokerwormen})$  en de visserijdruk in de open gebieden (stippellijn; bovenste schaal op de X-as), voor 2000. De aanduiding 9899 en het feit dat er slechts één stippellijn in deze grafiek staat, laat zien dat er geen verschil is tussen het effect van visserij in de jaren 1998 en 1998. Het verschil tussen de snijpunten van beide lijnen met de Y-as geeft op log-schaal het niveauverschil weer tussen de gesloten en open gebieden. In dit geval is het verschil tussen de open en gesloten gebieden  $-0,62$  op log-schaal. Dit houdt in dat in de open gebieden  $e^{-0,62} = 0,54$  keer zo veel wadpieren voorkwamen als in de gesloten gebieden p het intercept. De paralleliteit tussen de beide lijnen laat zien, dat er geen visserijeffect is, bovenop dit niveauverschil. Zie ook de samenvattende tabel in paragraaf 4.9.

Uit figuur 21 blijkt ook duidelijk, dat er een fors niveauverschil is tussen de dichtheden wadpieren in de open en gesloten gebieden, op het intercept. De relatie tussen kokkel- en wadpierzichtheden is significant negatief, die tussen bevissing en kokerwormen is niet significant, maar ook negatief. De gesloten lijn en de stippellijn



convergeren dus enigszins, maar niet zodanig dat gesproken kan worden van een duidelijk, significant visserijeffect.

#### 4.4.5 Aantallen mosselkluitjes in 2000

Mosselkluitjes zijn geteld in vakken van 10x10m rond 1766 punten, en de aantallen zijn getrunceerd op 1000 (=mosselbank). In de analyse is verder geen rekening gehouden met deze bovengrens, die 36 keer werd gehaald. De kengetallen voor de aantallen mosselkluitjes zijn weergegeven in tabel 15.

Tabel 15. Kengetallen voor de aantallen mosselkluitjes, voor de afzonderlijke monsterpunten (10 × 10 m vakken rond het monsterpunt) in 2000.

	Npunten	Maximum	Gemiddeld	Mediaan	75%punt	90%punt	95%punt
Gesloten	447	1000	24	0,0	0,0	15,0	100
Open Onbevist	887	1000	35	0,0	0,0	28,0	100
Open Bevist	432	1000	48	0,0	2,0	15,0	118

Mosselbanken kwamen in alle drie de gebiedscategorieën voor. De percentagepunten geven echter aan dat op de meeste punten (eveneens in alle drie de gebiedscategorieën) geen mosselkluitjes voorkwamen. Voor de statistische analyse van de aantallen mosselkluitjes wordt hetzelfde model gebruikt als voor de kokkerwormen en wadpieren. Er is nu echter wel een significant verschil tussen het effect van de visserij in 1998 en 1999. Beiden worden dus in het model opgenomen. De geschatte variatie tussen banken is 5,47 en de overdispersie parameter wordt geschat met 61,0. De parameterschattingen, standaardafwijkingen en bijbehorende p-waarden zijn:

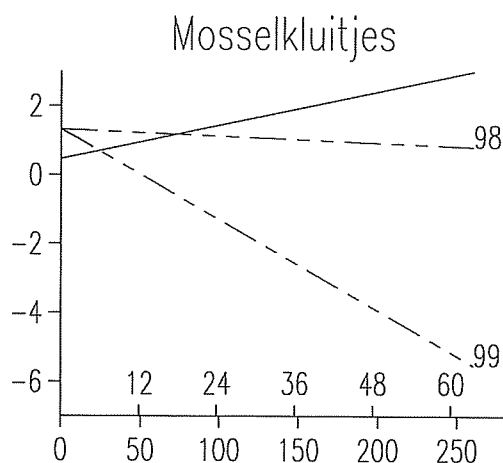
Parameter	Schatting	Stand.Afv.	P-waarde
Constante	0,46660	0,50598	-
Open vs Gesloten	0,85200	0,58001	0,142
%Droog	-0,02120	0,00590	0,000
Sedim16	0,00601	0,00246	0,014
Kokkel ( $\kappa$ )	0,00975	0,00095	0,000
Bevissing 98 ( $\beta$ )	-0,00793	0,00792	0,317
Bevissing 99 ( $\beta$ )	-0,10780	0,01517	0,000

Er is slechts een zeer lichte indicatie ( $p=0,142$ ) voor een niveau verschil in het aantal mosselkluitjes tussen het Gesloten en Open gebied, ten gunste van het Open gebied. De variabelen %Droog en Sedim16 zijn significant en ook is er een duidelijke positieve relatie met het aantal kokkels. Het multiplicatieve effect bij een toename met 100 kokkels is gelijk aan  $e^{(100 \times 0,00975)} = 2,65$ . De bevissingseffecten zijn tegengesteld aan het kokkel effect, en dat is dus een sterke aanwijzing voor een bevissingseffect: waar veel kokkels liggen wordt (in de open gebieden) gevist, en daarmee verdwijnen de mosselkluitjes. Voor de bevissing van 1998 is het 95% betrouwbaarheidsinterval voor  $\theta$  gelijk aan (-2,465, 0,790) en dat bevat niet de geschatte waarde van  $\theta_{2000}$ , van 4,1. Voor de bevissing 1999 is het 95% betrouwbaarheidsinterval voor  $\theta$  gelijk aan (-15,30, -7,67) en dat bevat zeker niet de 'werkelijke'  $\theta$ . Er is dus een duidelijke aanwijzing voor een negatief effect van de

bevissing in 1998 en een zeer duidelijke aanwijzing voor een negatief effect van bevissing in 1999.

Om iets te zeggen over de grootte van het bevissingseffect veronderstellen we eerst dat  $K$  kokkels overeenkomen met een hoeveelheid bevissing van  $K/4,1$ . We veronderstellen dus  $\theta=4,1$ , zoals bij de kokerwormen en wadpieren. Het effect op log-schaal van één eenheid bevissing is dan gelijk aan  $\beta-4,1\kappa$ . Dit is voor 1998 en 1999 respectievelijk gelijk aan  $-0,0479$  en  $-0,1478$ . Het multiplicatieve effect van een hoeveelheid bevissing van 25 (bij een dichtheid van  $4,1 \times 25 = 102,5$  kokkels per meetvierkant) is dan respectievelijk  $e^{(25 \times -0,0479, -0,1478)} = 0,30$  (1998) en  $0,025$  (1999).

In figuur 22 is te zien dat de aantallen mosselkluitjes en kokkels in de gesloten gebieden positief met elkaar gecorreleerd zijn, maar dat mosselkluitjes en visserijdruk negatief met elkaar gecorreleerd zijn, het sterkst voor de bevissing van 1999.



Figuur 22. De relatie tussen  $\text{Ln}(\text{mosselkluitjes})$  en de kokkeldichtheid (onderste schaal op de X-as) in de gesloten gebieden (gesloten lijn) en tussen  $\text{Ln}(\text{mosselkluitjes})$  en de visserijdruk in de open gebieden (stippellijn; bovenste schaal op de X-as), voor 2000. De visserijeffecten van 1998 en 1999 konden in dit geval niet worden samengenomen. Het niveauverschil tussen Open en Gesloten, ten gunste van Open, bedraagt op het intercept  $e^{0,852} = 2,34$ . Er zijn hier dus ruim twee keer zo veel mosselkluitjes op de open banken, maar dit geldt alleen bij afwezigheid van kokkels en dus geen bevissing. Omdat de lijnen voor open en gesloten divergeren hangt de verhouding tussen de aantallen mosselkluitjes in de gesloten en de open gebieden af van de kokkeldichtheden, cq de bevissing. Het niveauverschil tussen open en gesloten moet in dit geval dus voorzichtig worden geïnterpreteerd.

#### 4.5 Analyse gegevens op bankniveau (verzamelmonsters) voor het jaar 2000

In deze paragraaf worden de gegevens geanalyseerd van de mengmonsters die tijdens het eerste veldwerkjaar (2000), op het niveau van hele kokkelbanken zijn verzameld: dit betreft de gezamenlijke steekbuismonsters (macrobenthos en tarra; zie paragraaf 2.6). Hier worden de aantallen wapenwormen, kleine 'tarra'wormpjes, nonnetjes en zeeduizendpoten geanalyseerd; er werden veel meer soorten aangetroffen, maar deze waren steeds te schaars voor een zinnige analyse. De aantallen worden statistisch geanalyseerd met een gegeneraliseerd lineair model (GLM) met Poisson verdeling, log-link, overdispersie en offset  $\text{Ln}(\text{aantal punten per bank})$ . De invloed van de

bevissing in 1998 en in 1999 wordt onderzocht middels de over de punten gemiddelde bevissingsmaat (per bank). Uit het andere verzamelmonster, dat op bankniveau beschikbaar was, de sedimentmonsters, wordt het gemiddelde van de variabelen 'topmean' (mediane korrelgrootte van de bovenste 5 cm sediment) en 'diepmean' (mediane korrelgrootte van 5-25 cm diep) in het model gebruikt als de mediane korrelgrootte. Effecten van bevissing op de aanwezige hoeveelheden tarra en kokerwormen-kokers worden hier ook geanalyseerd.

De in 1998 beviste banken hebben een relatief laag gemiddeld percentage droogvaltijd, terwijl de in 1999 en 2000 beviste gebieden de percentages droogvaltijd wat hoger liggen dan in de niet beviste open banken. Voor sediment zijn de verschillen tussen beviste en onbeviste open gebieden relatief klein.

#### 4.5.1 Per bank gemiddeld aantal kokkels in 2000

De kengetallen van het per bank gemiddelde aantal kokkels in 2000 staan in tabel 16. In de categorie Open Onbevist zijn uitsluitend die banken opgenomen, die zowel in 1998 als in 1999 geheel onbevist zijn gebleven. De categorie Open Bevist is in 1998 en/of in 1999 bevist, op minimaal één punt. Ook op bankniveau is het selectie effect overduidelijk met voor open onbeviste banken lagere aantallen kokkels dan voor gesloten banken.

*Tabel 16. Kengetallen voor de aantallen driejarige kokkels, gemiddeld voor de afzonderlijke monsterpunten (meetvierkanten), per kokkelbank in 2000.*

	Nbanken	Maximum	Gemiddeld	Mediaan	75%punt	90%punt	95%punt
Gesloten	36	127	32,0	23,8	41,8	99	104
Open Onbevist	46	228	21,1	4,0	17,9	55	110
Open Bevist	57	148	11,7	1,3	13,0	27	50

#### 4.5.2 Aantallen wapenwormen in 2000

Het gebruikte model is een GLM met Poisson verdeling en overdispersie. Allereerst is bekeken of het model met alleen offset Ln(aantal punten) beter is dan een model zonder offset. De gemiddelde deviantie met offset is 32,5 versus 35,2 zonder offset en het is dus zinvol om de offset in het model op te nemen. Verder is het model Gebied + %Droog + Sedim + Kokkel + Somvis. Vervolgens is de hypothese getoetst dat het effect van bevissing in 1998 gelijk is aan dat in 1999. De bijbehorende p-waarde is 0,120 en dus wordt de hypothese niet verworpen: we nemen verder aan dat het effect gelijk is. De parameterschattingen van het model, met geschatte overdispersie parameter van 20,8, zijn:

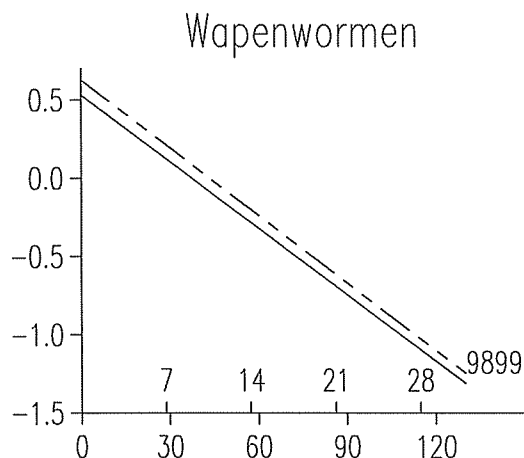
Parameter	Schatting	Stand.Afv.	P-waarde
Constante	0,53159	0,26454	0,044
Open vs Gesloten	0,09669	0,28435	0,734
%Droog	-0,00223	0,00563	0,692
Sedim	0,01823	0,00235	0,000
Kokkel ( $\kappa$ )	-0,01417	0,00832	0,089
Somvis ( $\beta$ )	-0,05908	0,01908	0,002

De Constante representeert weer het niveau op log-schaal voor de gesloten gebieden bij %Droog = 45 en MedianeKorrel = 165 en 0 kokkels. Er is geen aanwijzing dat het aantal wapenwormen in de gesloten en open kokkelbanken verschilt ( $p = 0,734$ ). De bijdrage van het %Droog is niet significant, maar dat van Sedim is zeer significant: de wapenworm is een kensoort van zandige sedimenten. Omdat het kokkel effect niet significant is ( $p=0,089$ ), ligt  $\kappa = 0$  in het 95% betrouwbaarheidsinterval voor  $\kappa$ . Dit bemoeilijkt de constructie van een Fieller 95% betrouwbaarheidsinterval voor  $\theta = \beta/\kappa$  omdat delen door nul niet is toegestaan. Het 90% interval voor  $\theta$  kan echter wel zonder problemen worden berekend en dat is gelijk aan (1,50, 124). De geschatte waarde van  $\theta_{2000}$ , van 4,1 ligt ruim in het interval. We kunnen op grond van deze cijfers dus niet concluderen dat er een direct visserij effect is op het aantal wapenwormen. Indien echter op grond van de p-waarde van  $\kappa$  gesteld wordt dat er geen kokkeleffect is, kan besloten worden dat er dan een significant negatief effect is van Somvis ( $p=0,002$ ). Gezien de bijbehorende waarde van theta (-0,05908/-0,01417=4,17) en de bijna-significantie van  $\kappa$  is deze benadering echter minder voor de hand liggend (zie figuur 23) en kunnen conclusies over visserijeffecten beter gebaseerd worden op de waarde van theta. De kengetallen van de aantallen wapenwormen per bank in 2000 staan in tabel 17.

*Tabel 17. Kengetallen wapenworm. Het betreft hier getallen uit verzamelmonsters, per kokkelbank. Gemiddelden en medianen laten een verschillend beeld zien, doordat in Open Onbevist relatief veel hoge uitschieters voorkwamen, terwijl er gemiddeld juist relatief weinig kokerwormen voorkwamen.*

	Nbanken	Maximum	Gemiddeld	Mediaan	75%punt	90%punt	95%punt
Gesloten	36	150	16,2	9,0	19,5	35,5	47
Open Onbevist	46	129	25,2	5,0	46,0	86,5	100
Open Bevist	57	132	20,6	8,0	32,8	57,0	82

In figuur 23 is te zien, dat er een verwaarloosbaar klein niveauverschil is, dat min of meer gelijk is voor alle kokkeldichtheden; dat er geen verschil is tussen de bevissingseffecten van de twee afzonderlijke jaren (één stippellijn) en dat de beide regressielijnen vrijwel parallel lopen (geen visserijeffect). Er is een negatieve relatie tussen de aantallen kokkels en wapenwormen, maar deze is niet significant ( $p=0,089$ ).



*Figuur 23. De relatie tussen  $\text{Ln}(\text{wapenwormen})$  en de kookeldichtheid (onderste schaal op de X-as) in de gesloten gebieden (gesloten lijn) en tussen  $\text{Ln}(\text{wapenwormen})$  en de visserijdruk in de open gebieden (stippellijn; bovenste schaal op de X-as), voor 2000. De visserijeffecten van 1998 en 1999 konden in dit geval worden samengenomen. Merk op dat het hier bankgegevens betreft, dus de afzonderlijke waarden voor de aantallen kookels en voor de hoeveelheid bevissing zijn per bank, over alle beschikbare monsterpunten gemiddeld. Hierdoor lopen de schalen op de X-as veel minder ver door van bij de puntgegevens, omdat extremen worden weggemiddeld.*

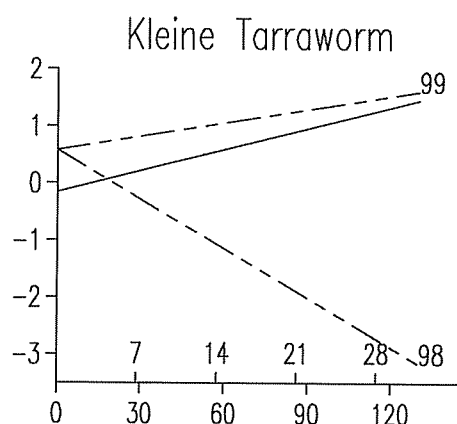
#### 4.5.3 Aantallen Kleine 'tarra'wormen in 2000

Het aantal kleine wormen in de tarrafractie van de benthos monsters ('tarrawormen') is niet precies geteld maar is in klassen ingedeeld: 0 voor geen tarrawormen, 1 voor 1 tot 9 tarrawormen, 10 voor 10 tot 99, 100 voor 100 tot 999 wormen, en tenslotte 1000 voor 1000 of meer. De laatste klasse komt niet voor, en dus komen slechts de klassen 0, 1, 10 en 100 voor. De waarnemingen zijn geanalyseerd alsof het gewone tellingen betreft. Men zou de waarnemingen 1, 10, 100 kunnen vervangen door respectievelijk 5, 50 en 500 (zijnde de gemiddelden van de klassen), maar vanwege het multiplicatieve karakter van het model verandert dit niets aan de parameterschattingen en de conclusies. Het 'gemiddelde aantal' kleine tarrawormen op de gesloten banken is 20,7, op de open onbeviste banken 30,8 en op de open beviste banken 22,5.

Het gebruikte model is een GLM met Poisson verdeling en overdispersie. Ook voor de kleine wormpjes is allereerst is bekeken of het model met alleen offset  $\text{Ln}(\text{aantal punten})$  beter is dan een model zonder offset. De gemiddelde deviantie met offset is 42,4 versus 43,9 zonder offset en het is dus zinvol om de offset in het model op te nemen. De toets op een gelijk bevissingseffect in 1998 en 1999 wordt verworpen ( $p=0,005$ ). Beiden worden dus in het model opgenomen. De parameterschattingen van het model, met geschatte overdispersie parameter van 33,5, zijn:

Parameter	Schatting	Stand.Afv.	P-waarde
Constante	-0,15668	0,34797	0,653
Open vs Gesloten	0,73784	0,37045	0,046
%Droog	0,03522	0,01030	0,001
Sedim	-0,00929	0,00318	0,004
Kokkel ( $\kappa$ )	0,01239	0,00508	0,015
Bevisning 98 ( $\beta$ )	-0,11800	0,06154	0,055
Bevisning 99 ( $\beta$ )	0,03231	0,01701	0,058

Het niveauverschil tussen de open en gesloten gebieden is significant ( $p=0,046$ ), waarbij in de open gebieden  $e^{0,737} = 2,09$  keer zo veel kleine wormen zitten (op het intercept). Voor de bevisning van 99 blijft dit niveauverschil min of meer intact bij grotere waarden langs de X-as; voor de bevisning van 98 geldt dit niet (zie figuur 24). De bijdragen van %Droog en Sedim aan het model zijn significant. Het kokkel effect is eveneens significant en positief, dus met een toenemend aantal kokkels zijn er ook meer kleine wormen. De 95% intervallen voor  $\theta$  zijn respectievelijk voor 1998 (-54, 0,213) en voor 1999 (-0,084, 14,9). Het interval voor 1998 bevat waarde van 4,1 voor  $\theta_{2000}$  bij lange na niet, dat voor 1999 wel. Dit betekent dus dat de bevisning in 1998 samen ging met een significante reductie in het aantal kleine wormen, maar dat de visserij in 1999 geen significant effect had. Met  $\theta_{2000}=4,1$  is het effect op log-schaal van één eenheid bevisning gelijk aan  $\beta-4,1\kappa$ , en dit is voor 1998 gelijk aan  $-0,169$ . Het multiplicatieve effect van een hoeveelheid bevisning van 20 is dan gelijk aan  $e^{(20 \times -0,169)} = 0,034$ .



Figuur 24. De relatie tussen  $\text{Ln}(\text{kleine wormpjes})$  en de kokkeldichtheid (onderste schaal op de X-as) in de gesloten gebieden (gesloten lijn) en tussen  $\text{Ln}(\text{kleine wormpjes})$  en de visserijdruk in de open gebieden (stippellijn; bovenste schaal op de X-as), voor 2000. De twee stippellijnen geven de verschillende visserijeffecten aan voor 1998 en 1999.

In figuur 24 is te zien hoe de visserijeffecten van 1998 (sterk negatief) en van 1999 (onbetekenend) van elkaar verschillen. Ook is te zien dat in de open gebieden meer kleine wormpjes voorkomen dan in de gesloten gebieden (op het intercept, in voor de bevisning van 1999 langs de hele X-as). NB: door het sterk negatieve visserijeffect van 1998 is de schaal langs de Y-as aanzienlijk anders dan in eerdere plaatjes, waardoor het niveauverschil tussen Open en Gesloten kleiner lijkt dan het in



werkelijkheid is. In de open gebieden werden op het intercept  $e^{0,737} = 2,09$  keer zo veel kleine wormen gevonden als in de gesloten gebieden.

#### 4.5.4 Aantallen nonnetjes in 2000

De aantallen nonnetjes zijn voor alle 139 banken geteld; de kengetallen uitgesplitst naar 3 categorieën van bevissing zijn gegeven in tabel 18. Het gemiddelde (of mediane) aantal in de gesloten banken is hoger dan in de open banken; de gemiddelden in de open banken zijn vergelijkbaar.

Tabel 18 Kengetallen nonnetje. Het betreft hier getallen uit verzamelmonsters, per kokkelbank.

	Nbanken	Maximum	Gemiddeld	Mediaan	75%punt	90%punt	95%punt
Gesloten	36	138	28,6	20,5	41,5	64,8	81
Open Onbevist	46	133	22,7	14,0	25,0	45,3	85
Open Bevist	57	110	24,4	15,0	29,0	62,8	107

Ook hier is het gebruikte model een GLM met Poisson verdeling en overdispersie, en is eerst bekeken of het model met alleen offset Ln(aantal punten) beter is dan een model zonder offset. De gemiddelde deviantie met offset is 24,2 versus 24,9 zonder offset, een klein verschil. Vanuit consistentie overwegingen is toch gekozen voor een model met offset. De toets op een gelijk bevissingseffect in 1998 en 1999 wordt verworpen ( $p=0,008$ ). Beiden worden dus in het model opgenomen. De parameterschattingen van het model, met geschatte overdispersie parameter van 11,8, zijn:

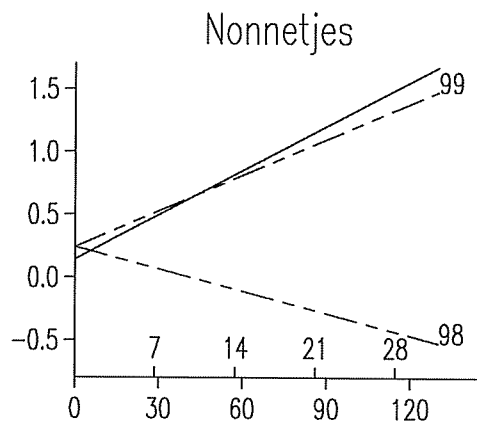
Parameter	Schatting	Stand.Afw.	P-waarde
Constance	0,14368	0,17552	0,413
Open vs Gesloten	0,09633	0,19403	0,620
%Droog	0,02989	0,00623	0,000
Sedim	-0,01900	0,00193	0,000
Kokkel ( $\kappa$ )	0,01177	0,00255	0,000
Bevissing 98 ( $\beta$ )	-0,02400	0,01962	0,221
Bevissing 99 ( $\beta$ )	0,03901	0,01079	0,000

Hoewel de gemiddelde dichtheid in de Gesloten banken 1,2 keer zo hoog is als in de Open banken en de mediane dichtheid hier 1,4 keer zo hoog is (tabel 18), is er op grond van bovenstaande cijfers geen indicatie voor een niveau verschil tussen de open en gesloten gebieden ( $p=0,620$ ) op het intercept. Het verschil in gemiddelde dichtheden wordt veroorzaakt door de bijdrage van de banken die in 1998 bevist werden (fig. 25). Andere termen in het model, met uitzondering van bevissing 98, zijn zeer significant. Een hogere dichtheid van kokkels gaat in de gesloten gebieden samen met een hogere dichtheid aan nonnetjes. Het bevissingseffect 98 is negatief, dus tegengesteld aan het kokkeleffect: een aanwijzing voor een echt visserijeffect. Het effect van de bevissing van 1999 loopt min of meer gelijk op met het kokkeleffect: er is voor dit jaar dus geen significant direct visserijeffect. De 95% betrouwbaarheidsintervallen voor  $\theta$  zijn voor respectievelijk 1998 (-6,27, 1,27) en voor 1999 (1,42, 6,68). Het interval voor 1998 bevat de waarde van 4,1 voor  $\theta_{2000}$  bij lange na niet en dus betekent bevissing in 1998 een significante reductie in het aantal

nonnetjes. Met  $\theta=4,1$  is het effect op log-schaal van één eenheid bevissing gelijk aan  $\beta \cdot 4,1\kappa$ , en dit is voor 1998 gelijk aan  $-0,07226$ . Het multiplicatieve effect van een hoeveelheid bevissing van 20 is dan gelijk aan  $e^{(20 \times -0,07226)} = 0,24$ .

**Aan het nonnetje is nog een extra analyse gewijd, waarin de gegevens van 2000 en 2001 zijn betrokken en waarin naar de groottes en leeftijden van de nonnetjes wordt gekeken: zie paragraaf 5.8.**

In figuur 25 is te zien hoe de visserijeffecten van 1998 (negatief) en van 1999 (gelijk opgaand met kokkeleffect) van elkaar verschillen. Ook is te zien dat er geen niveauverschil is tussen de open en gesloten gebieden want de vertrekpunten van de gesloten lijn en de stippellijnen zijn vrijwel gelijk. Voor de in 1998 beviste banken ontstaat er echter bij meer bevissing een steeds groter niveauverschil.



Figuur 25. De relatie tussen  $\ln(\text{nonnetjes})$  en de kokkeldichtheid (onderste schaal op de X-as) in de gesloten gebieden (gesloten lijn) en tussen  $\ln(\text{nonnetjes})$  en de visserijdruk in de open gebieden (stippellijn; bovenste schaal op de X-as). De twee stippellijnen geven de verschillende visserijeffecten aan voor 1998 en 1999.

#### 4.5.5 Aantallen zeeduizendpoten (*Nereis diversicolor*) in 2000

De aantallen zeeduizendpoten zijn voor alle 139 banken geteld; maar zeer vermoedelijk zijn er in het eerste jaar veel determinatiefouten gemaakt, waarbij allerlei kleine wormpjes als juveniele zeeduizendpoten zijn benoemd. Hierdoor zijn op sommige banken onwaarschijnlijk hoge dichtheden zeeduizendpoten 'gevonden'. De getallen werden te onbetrouwbaar geacht voor een zinvolle analyse.

#### 4.5.6 Hoeveelheden tarra in de wadbodem in 2000

De hoeveelheden 'tarra' (vooral hele en gebroken, dode schelpen) in de uitgezeefde verzamel-benthosmonsters zijn apart geanalyseerd. Dit is gedaan om na te gaan of visserij leidt tot een zogenaamd 'muesli-effect': hierbij zou door het omwoelen van de bodem de dieper begraven schelpenlaag naar boven worden gebracht, waardoor de toplaag van het sediment ernstig vergroft zou worden doordat er een mengsel

('muesli') van het oorspronkelijke top-sediment en van hier niet thuishorende schelpfragmenten zou ontstaan. Dit zou enerzijds broedval van aan het oorspronkelijke sediment aangepaste soorten bemoeilijken (Piersma et al., 2001), anderzijds zou het 'scherpvisserij' van het sediment juist bevorderend werken voor mosselzaad vestiging. De benthos-tarra monsters bestrijken de bovenste 10 cm van het sediment en de vraag ligt voor of er een relatie kan worden aangetoond tussen visserij-intensiteit en hoeveelheden schelpfragmenten in deze bovenste laag. We onderscheiden drie fracties: grof, middel en fijn, en daarnaast zijn de zandkokers van de kokerwormen als een aparte structuur in de bodem geanalyseerd (zie paragraaf 2.8.2).

De eerste analyse betreft de hoeveelheid Grof. De kengetallen uitgesplitst naar de drie categorieën van bevissing zijn weergegeven in tabel 19.

*Tabel 19. Kengetallen van de fractie 'grof' in het tarramateriaal (2000). Het betreft hier getallen uit verzamelmonsters per kokkelbank, van steeds de bovenste 10 cm van het sediment per punt.*

	Nbanken	Maximum	Gemiddeld	Mediaan	75%punt	90%punt	95%punt
Gesloten	35	460	74,2	43,3	98,0	178,3	235
Open Onbevist	46	475	66,8	26,2	60,8	202,5	296
Open Bevist	57	440	56,3	30,3	50,1	118,3	255

Het gebruikte model is een GLM met Poisson verdeling, overdispersie en offset Ln(aantal punten). Verder is het model Gebied + %Droog + Sedim + Kokkel + Somvis. Vervolgens is de hypothese getoetst dat de bevissingseffecten in 1998 en 1999 gelijk zijn. De bijbehorende p-waarde is 0,105 en dus wordt de hypothese niet verworpen: we nemen verder aan dat het effect gelijk is. De parameterschattingen van het model, met geschatte overdispersie parameter van 89,4, zijn:

Parameter	Schatting	Stand.Afw.	P-waarde
Constante	1,56802	0,27211	0,000
Open vs Gesloten	-0,11167	0,30720	0,716
%Droog	0,00836	0,00743	0,261
Sedim	0,00063	0,00319	0,843
Kokkel ( $\kappa$ )	0,00550	0,00481	0,253
Somvis ( $\beta$ )	0,02017	0,01231	0,102

Geen van de effecten is significant, meer specifiek is er geen aanwijzing voor een relatie met het aantal kokkels noch een relatie met de bevissing. Er is geen aanwijzing voor een visserij effect want de verhouding tussen het geschatte visserij effect ( $\beta$ ) en het geschatte kokkel effect ( $\kappa$ ) gelijk aan 3,7, en deze waarde voor theta ligt zeer dicht bij de waarde voor  $\theta_{2000}$  van 4,1.

Vervolgens is gekeken naar het *percentage* Grof ten opzichte van het totaal aan Grof+Middel+Fijn. Deze kengetallen zijn weergegeven in tabel 20:

Tabel 20. Kengetallen van de percentages 'Grof' in het tarramateriaal van 2000 (exclusief kokervormkokers).

	Nbanken	Maximum	Gemiddeld	Mediaan	75%punt	90%punt	95%punt
Gesloten	35	89	52,8	55,3	65,5	75,6	85
Open Onbevist	46	90	50,6	53,1	68,2	72,2	79
Open Bevist	57	92	51,5	50,9	64,3	74,1	79

Omdat het nu om percentages gaat is het gebruikte model een GLM met binomiale verdeling, logit-link en overdispersie. Er wordt geen offset gebruikt omdat niet verwacht wordt dat het aantal punten gerelateerd is aan het %Grof. Er is weer geen indicatie voor een apart bevissingseffect 1998 en 1999 ( $p=0,219$ ). De parameterschattingen van het model, met geschatte overdispersie parameter van 7,72, zijn:

Parameter	Schatting	Stand.Afw.	P-waarde
Constate	3,85718	0,09080	0,000
Open vs Gesloten	0,02940	0,10195	0,773
%Droog	0,00478	0,00239	0,045
Sedim	-0,00362	0,00105	0,001
Kokkel ( $\kappa$ )	0,00286	0,00178	0,108
Somvis ( $\beta$ )	0,00615	0,00430	0,153

Alleen de effecten van %Droog en Sedim zijn significant, met een zeer significant negatief effect van Sedim (hoe grover het sediment, hoe hoger het percentage grove tarra). Kokkels en Bevissing zijn niet significant en hebben hetzelfde teken, bij een theta van  $0,00615/0,00286=2,15$ ; er is dan ook geen aanwijzing voor een visserij effect. Overigens geldt dezelfde conclusie voor het percentage Middel + Fijn, omdat dat het complement is van het percentage Grof.

De volgende analyse is op de hoeveelheid Grof+Middel. De kengetallen uitgesplitst naar de drie categorieën van bevissing zijn gegeven in tabel 21.

Tabel 21. Kengetallen van de fractie 'grof+middel' in het tarramateriaal van 2000. Het betreft hier getallen uit verzamemonsters per kokkelbank, van steeds de bovenste 10 cm van het sediment per punt.

	Nbanken	Maximum	Gemiddeld	Mediaan	75%punt	90%punt	95%punt
Gesloten	35	722	108,0	60,8	135,7	276,7	326
Open Onbevist	46	612	99,1	38,1	87,8	291,8	462
Open Bevist	57	692	87,5	43,3	84,5	178,7	454

Het gebruikte model is een GLM met Poisson verdeling, overdispersie en offset  $\ln(\text{aantal punten})$ . Verder is het model Gebied + %Droog + Sedim + Kokkel + Somvis. Er is weer geen indicatie voor een apart bevissingseffect 1998 en 1999 ( $p=0,141$ ) en dus wordt de hypothese niet verworpen: we nemen verder aan dat het effect gelijk is. De parameterschattingen van het model, met geschatte overdispersie parameter van 135, zijn:

Parameter	Schatting	Stand.Afw.	P-waarde
Constance	1,97435	0,27487	0,000
Open vs Gesloten	-0,09758	0,30931	0,752
%Droog	0,00575	0,00722	0,426
Sedim	0,00221	0,00319	0,488
Kokkel ( $\kappa$ )	0,00488	0,00497	0,326
Somvis ( $\beta$ )	0,01980	0,01219	0,104

Geen van de effecten is significant en theta is 4,06 . Er is dus geen aanwijzing voor een visserij effect.

Vervolgens is gekeken naar het *percentage* Grof+Middel ten opzichte van het totaal aan Grof+Middel+Fijn. De kengetallen zijn gegeven in tabel 22:

Tabel 22. Kengetallen van de percentages 'Grof+Middel' in het tarramateriaal van 2000 (exclusief kokervormkokers).

	Nbanken	Maximum	Gemiddeld	Mediaan	75%punt	90%punt	95%punt
Gesloten	35	100	77,3	82,0	88,9	94,1	97
Open Onbevist	46	94	77,0	81,5	87,5	92,8	94
Open Bevist	57	98	78,4	80,9	88,0	91,8	95

Ook nu is het gebruikte model een GLM met binomiale verdeling (omdat het om percentages gaat), logit link en overdispersie. Er wordt geen offset gebruikt omdat niet verwacht wordt dat het aantal punten gerelateerd is aan het %Grof+Middel. Er is weer geen indicatie voor een apart bevissingseffect 1998 en 1999 ( $p=0,131$ ). De parameterschattingen van het model, met geschatte overdispersie parameter van 2,57, zijn:

Parameter	Schatting	Stand.Afw.	P-waarde
Constance	4,28129	0,04290	0,000
Open vs Gesloten	0,04998	0,04798	0,298
%Droog	0,00270	0,00109	0,013
Sedim	-0,00134	0,00049	0,006
Kokkel ( $\kappa$ )	0,00181	0,00087	0,037
Somvis ( $\beta$ )	0,00402	0,00202	0,047

Alle effecten, behalve het verschil tussen Gesloten en Open, zijn nu significant. De effecten voor Kokkel en Somvis hebben hetzelfde teken. Het 95% punt voor  $\theta$  is (0,03, 39,7) en dat impliceert dat we de nulhypothese van geen bevissingseffect weer niet kunnen verwerpen. Overigens geldt dezelfde conclusie voor het percentage Fijn, omdat dat het complement is van het percentage Grof + Middel.

Tenslotte wordt de totale hoeveelheid tarra Grof+Middel+Fijn geanalyseerd. De kengetallen uitgesplitst naar de drie categorieën van bevissing zijn gegeven in tabel 23.

Tabel 23. Kengetallen van de totale hoeveelheid tarra (exclusief kokers): 'Grof+Middel+Fijn' in de bodem (2000). Het betreft hier getallen uit verzamemonsters per kokkelbank, van steeds de bovenste 10 cm van het sediment per punt.

	Nbanken	Maximum	Gemiddeld	Mediaan	75%punt	90%punt	95%punt
Gesloten	35	822	138,6	81,6	160,0	337,4	601
Open Onbevist	46	678	121,0	48,4	131,4	366,0	569
Open Bevist	57	863	107,3	55,8	102,8	213,8	507

Het gebruikte model is een GLM met Poisson verdeling, overdispersie en offset  $\ln(\text{aantal punten})$ . Verder is het model Gebied + %Droog + Sedim + Kokkel + Somvis. De bevissingseffecten van 1998 en 1999 zijn weer gelijk ( $p=0,142$ ) en dus wordt de hypothese niet verworpen: we nemen verder aan dat het effect gelijk is. De parameterschattingen van het model, met geschatte overdispersie parameter van 159, zijn:

Parameter	Schatting	Stand.Afv.	P-waarde
Constante	2,33113	0,25718	0,000
Open vs Gesloten	-0,24232	0,29236	0,407
%Droog	0,00273	0,00690	0,693
Sedim	0,00302	0,00311	0,332
Kokkel ( $\kappa$ )	0,00224	0,00502	0,656
Somvis ( $\beta$ )	0,01762	0,01207	0,144

Geen van de effecten is significant. Er is dus geen aanwijzing voor een visserij effect.

#### 4.5.7 Hoeveelheden kokerworm-kokers in de wadbodem in 2000

De kengetallen voor de hoeveelheden zandkokers, uitgesplitst naar de drie categorieën van bevissing, zijn gegeven in tabel 24.

Tabel 24. Kengetallen van de hoeveelheden kokerworm-kokers (al dan niet met een worm erin, maar exclusief deze wormen) in de bodem in 2000. Het betreft hier getallen uit verzamemonsters per kokkelbank.

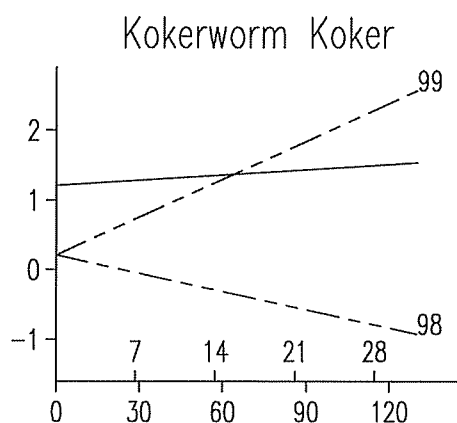
	Nbanken	Maximum	Gemiddeld	Mediaan	75%punt	90%punt	95%punt
Gesloten	35	152	44,8	35,1	70,0	94,8	133
Open Onbevist	46	105	18,6	8,5	25,5	55,1	74
Open Bevist	57	157	22,5	8,6	30,1	58,8	86

Het gebruikte model is een GLM met Poisson verdeling, overdispersie en offset  $\ln(\text{aantal punten})$ . Verder is het model Gebied + %Droog + Sedim + Kokkel + Somvis. Het effect van bevissing in 1998 is nu niet gelijk aan dat in 1999 ( $p<0,001$ ) en dus wordt de hypothese verworpen: we nemen verder aan dat de effecten verschillend zijn en nemen beide bevissingsmaten op in het model. De parameterschattingen van het model, met geschatte overdispersie parameter van 26,0, zijn:



Parameter	Schatting	Stand.Afw.	P-waarde
Constante	1,21012	0,18256	0,000
Open vs Gesloten	-1,00353	0,23185	0,000
%Droog	-0,00589	0,00739	0,426
Sedim	0,00333	0,00287	0,245
Kokkel ( $\kappa$ )	0,00248	0,00356	0,486
Bevissing 98 ( $\beta$ )	-0,03557	0,02632	0,177
Bevissing 99 ( $\beta$ )	0,07444	0,01167	0,000

Er is een duidelijk aanwijzing voor een gebiedseffect met een factor  $e^{-1,00353} = 0,37$  keer zoveel kokers in het open gebied op het intercept: de hoeveelheid kokerworm-kokers in de open gebieden is hier dus beduidend lager dan in de gesloten gebieden (vergelijk paragraaf 4.3, waarin de aantallen kokerwormen in de meetvierkanten worden vergeleken). Het kokkel effect is, voor deze hoeveelheden kokers in de bodem, niet significant (was wél het geval voor de kokerwormen in de meetvierkanten). Onder de veronderstelling dat kokers en kokkels niet gerelateerd zijn, is de 1998 bevissing niet significant en geeft bevissing in 1999 zelfs een toename van het aantal kokers. Het multiplicatieve effect van een hoeveelheid bevissing van 20 in 1999 zou dan gelijk zijn aan  $e^{(20 \times 0,074)} = 4,43$ . Het is echter de vraag hoe reëel de aanname is dat kokers en kokkels niet gerelateerd zijn, omdat er wel een relatie werd gevonden tussen kokkels en kokerwormen in de meetvierkanten. Figuur 26 laat een negatief, maar niet significant visserijeffect zien voor de bevissing van 1998 en een positief visserijeffect voor de bevissing van 1999. De hellingshoek voor  $\beta$ -99 wijkt ook sterker af van  $\kappa$ , dan de hellingshoek voor  $\beta$ -98.



Figuur 26. De relatie tussen  $\ln(\text{kokermassa})$  en de kokkeldichtheid (onderste schaal op de X-as) in de gesloten gebieden (gesloten lijn) en tussen  $\ln(\text{kokermassa})$  en de visserijdruk in de open gebieden (stippellijn; bovenste schaal op de X-as), voor 2000. De twee stippellijnen geven de verschillende visserijeffecten aan voor 1998 en 1999.

#### 4.6 Analyse gegevens voor de bemonstering van het jaar 2001

In eerste instantie zijn de 2001 gegevens uitgevoerd met behulp van het model zoals uiteengezet in paragraaf 3.5 omdat verwacht werd dat de aantallen kokkels zoals geteld in (voorjaar) 2000 informatie zouden bevatten over de hoeveelheid visserij die

zou volgen in het najaar van 2000. Echter, de toets op het bevissingseffect-2000 bleek in alle gevallen niet significant. Dit wordt mede veroorzaakt doordat de toets op bevissing-2000 weinig onderscheidend is. Om deze reden worden hieronder voor de analyses van de gegevens van 2001 dezelfde modellen gebruikt als voor de gegevens van 2000 (zie paragraaf 3.3). Er moet echter eerst een nieuwe waarde voor  $\theta$  berekend worden. Dit kan weer gebeuren op grond van de puntgegevens en voor de bankgegevens. In onderstaand overzicht staan de beschikbare cijfers voor situaties met veel kokkels, cq veel bevissing. Er is nu wat meer variatie in de quotiënten. We gaan uit van de gemiddelde waarde van de zes hier berekende quotiënten en stellen  $\theta_{2001}$  op 2,4.

2001 puntniveau	90% punt	95% punt	maximum
kokkels	67	101	230
bevissing	35,7	46	76
<b>Quotiënt (<math>\theta</math>)</b>	<b>1,88</b>	<b>2,20</b>	<b>3,03</b>
2001 bankniveau			
kokkels	48,5	78	115
bevissing	28	33	37
<b>Quotiënt (<math>\theta</math>)</b>	<b>1,73</b>	<b>2,36</b>	<b>3,11</b>

#### 4.6.1 Analyse gegevens op puntniveau voor de bemonstering van het jaar 2001

De aantallen wadpieren, kokerwormen en mosselkluitjes worden geanalyseerd volgens het model beschreven in paragraaf 3.5. De aantallen zijn niet op alle 1904 punten geteld. Er wordt verondersteld dat er geen systematiek zit in het ontbreken van de waarnemingen. Er zijn twee analyses uitgevoerd. Een analyse inclusief de zes banken die in 1998 wettelijk zijn gesloten, en een analyse waarin deze zes banken zijn verwijderd. Voor alle responsvariabelen zijn de verschillen tussen beide analyses gering, en wordt alleen de analyse inclusief de 6 banken gepresenteerd.

#### 4.6.2 Kokkels in 2001 en bevissing in 1998, 1999 en 2000

Op grond van de aantallen één-, twee- en driejarige kokkels in 2000 (zie tabel 12 in paragraaf 4.4.2.) mag aangenomen worden dat met name de derde jaargang bepalend was voor de selectie in 2000. Er waren toen immers nog voldoende punten in het open gebied met veel kokkels van de derde jaargang. Eventueel kan de som van de 2e en 3e jaargang worden genomen. De situatie in 2001 is weergegeven in tabel 25. Nu is de te bevissen jaarklasse 4 jaar oud. Er worden nu echter minder van deze kokkels gevonden dan de vergelijkbare aantallen driejarigen in 2000. verder Valt op in tabel 25, dat in de gesloten gebieden de aantallen kokkels van jaargang 2 en 3 wel vergelijkbaar zijn met de aantallen van respectievelijk jaargang 1 en 2 in 2000.

Tabel 25. De gemiddelde aantallen kokkels per meetvierkant in 2000, uitgesplitst naar jaargang en naar Gesloten, Open-Onbevist en OpenBevist gebieden.

2001 jaargang 1	#punten	Maximum	Mean	Mediaan	75% punt	90% punt	95% punt
Gesloten	447	145	4,72	0,00	3,00	16,00	26,00
Open-OnBevist	809	33	1,54	0,00	1,00	4,00	9,00
Open-Bevist	496	61	2,44	0,00	1,00	6,00	16,70
2001 jaargang 2							
Gesloten	447	217	5,28	0,00	2,00	8,80	24,15
Open-OnBevist	809	107	2,00	0,00	1,00	4,00	9,00
Open-Bevist	496	94	2,00	0,00	1,00	4,00	8,70
2001 jaargang 3							
Gesloten	447	195	6,80	0,00	4,00	15,00	38,00
Open-OnBevist	809	264	3,62	0,00	1,00	5,60	16,00
Open-Bevist	496	75	1,78	0,00	1,00	3,90	8,70
2001 jaargang 4							
Gesloten	447	230	20,77	4,00	22,00	67,00	101,30
Open-OnBevist	809	234	5,15	0,00	2,00	9,00	21,00
Open-Bevist	496	84	1,76	0,00	2,00	5,00	9,00

De gevonden aantallen in 2001 kunnen beïnvloed zijn door de bevissing van 1998, 1999 én 2000. Bij een langzaam herstel na bevissing zijn alle drie de bevissingen van belang. Dit geldt zeker voor de beviste kokkels omdat 4-jarige kokkels niet binnen de genoemde periode vervangen kunnen zijn via een nieuwe jaargang. Voor andere soorten kan zowel een langzaam als een snel herstel verwacht worden. Bij een snel herstel zal de bevissing in 2000 het meest bepalend zijn voor de aantallen. Dit is onderzocht door aan het model met Gebied, %Droog, Sedim16 en Kokkel (van de 4e jaargang en alleen voor de Gesloten gebieden) toe te voegen de bevissingsmaten van de drie jaren. Vervolgens zijn de regressiecoëfficiënten voor de bevissingsmaten paarsgewijs vergeleken; een paarsgewijze vergelijking toets de hypothese dat het effect van bevissing in het ene jaar gelijk is aan het effect in het andere jaar. De resultaten zijn:

Kokerwormen	Schatting	StandAfw	P-value	Paar 98	Paar 99
Bevissing 98	0,02542	0,01063	0,017	*	*
Bevissing 99	0,02431	0,00583	0,000	0,929	*
Bevissing 00	-0,02074	0,01934	0,284	0,036	0,029
Wadpieren					
Bevissing 98	0,00113	0,00564	0,842	*	*
Bevissing 99	-0,00443	0,00472	0,348	0,478	*
Bevissing 00	-0,00156	0,00460	0,735	0,703	0,660
Mosselkluitjes					
Bevissing 98	-0,05888	0,02517	0,019	*	*
Bevissing 99	-0,04528	0,01432	0,002	0,663	*
Bevissing 00	-0,02115	0,03220	0,511	0,367	0,498

De kolommen Paar98 en Paar99 bevatten de p-waarden van de paarsgewijze vergelijkingen. Hieruit blijkt dat voor wadpieren en mosselen verondersteld mag worden dat de bevissingseffecten in de 3 jaren gelijk zijn. Op basis hiervan wordt voor wadpieren en mosselen de som van de drie bevissingen genomen als maat voor de bevissing, terwijl voor kokerwormen de som van 1998 en 1999 wordt genomen, en de bevissing in 2000 apart.

### 4.6.3 Aantallen kokerwormen in 2001

De kengetallen van het aantal kokerwormen in 2001 zijn gegeven in tabel 26, waarbij Open Onbevist staat voor punten die onbevist zijn in 1998, 1999 én 2000. Open Bevist staat dus voor punten die in minstens één van die jaren bevist zijn, dat wil zeggen minimaal één black box punt per vierkant van 50x50m rond het punt hebben. In het algemeen zijn er, in vergelijking met 2000 beduidend minder kokerwormen, zowel in de open als in de gesloten gebieden.

Tabel 26. Kengetallen voor de aantallen kokerwormen, voor de afzonderlijke monsterpunten (meetvierkanten) in 2001.

	Npunten	Maximum	Gemiddeld	Mediaan	75%punt	90%punt	95%punt
Gesloten	447	270	9,0	0,0	8,0	30	44
Open Onbevist	804	800	10,1	0,0	3,0	24	53
Open Bevist	492	324	7,6	0,0	2,0	26	48

Voor de analyse werd opnieuw een GLMM model gebruikt, met Poisson verdeling, log-link en een random bank effect. Fixed termen in het model zijn gebied + %droog + sedim16 + kokkel + vis9899 + vis00. Hierin is vis9899 de som van de bevissing in 1998 en 1999, en vis00 de hoeveelheid bevissing in 2000. Het kokkel effect, nu met kokkels van de 4e jaargang, wordt weer geschat op basis van de gesloten gebieden. De variatie (op log-schaal) tussen banken is 2,34, en de overdispersie is 22,1. De parameterschattingen, standaardafwijkingen en bijbehorende p-waarden zijn:

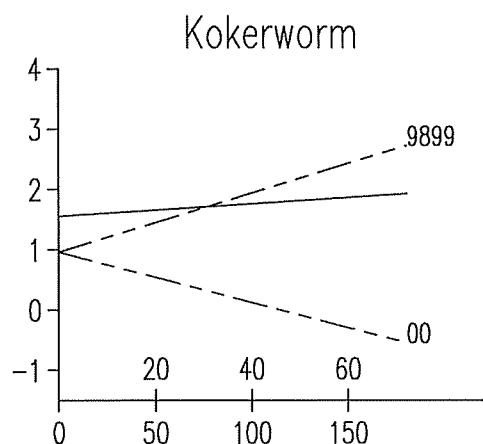
Parameter	Schatting	Stand.Afw.	P-waarde
Constante	1,55474	0,28663	0,000
Open vs Gesloten	-0,59550	0,34058	0,080
%Droog	0,00278	0,00286	0,330
Sedim16	-0,00189	0,00251	0,452
Kokkel ( $\kappa$ )	0,00210	0,00213	0,325
Visserij 9899	0,02461	0,00497	0,000
Visserij 00	-0,02084	0,01932	0,281

Anders dan in de analyse van 2000 is kokkels nu niet significant ( $p=0,325$ ); er is dus geen (positief) verband tussen de dichtheden kokkels en kokerwormen. Hoewel de visserij van 2000 van dezelfde absolute grootte is als die van 9899 is die van 2000 niet significant, vanwege de relatief grote bijbehorende standaard afwijking. Met zowel kappa als theta00 niet significant kan het interval voor theta niet berekend worden, en kan er geen uitspraak gedaan worden over een bevissingseffect van 2000. Dat kan wel voor de bevissing van 9899. Als we veronderstellen dat er geen relatie is tussen kokerwormen en kokkels, dan representeert de schatting voor Visserij9899 een toename van het aantal kokerwormen bij toegenomen visserij. Dit zou een betere vestiging suggereren op plaatsen waar enkele jaren eerder werd gevist. Op de in 1998 en 1999 beviste banken komen echter alleen meer kokerwormen voor bij relatief zware visserij (fig. 27), doordat er een (bijna significant) niveau verschil is tussen de Open en Gesloten gebieden ( $p=0,08$ ). Het verschil is van vergelijkbare grootte als in 2000. Het multiplicatieve effect van een hoeveelheid bevissing van 30 (dus bij theta x 30=72 kokkels per meetvierkant) is  $e^{(30 \times 0,02641)} = 2,09$ . NB: in 2000 was er geen enkele

aanwijzing voor een visserijeffect van 9899 net zoals er in deze analyse geen effect is van de visserij in 2000.

Omdat de regressiecoëfficiënt voor Kokkel niet significant is bestaat het Fieller 95% betrouwbaarheidsinterval voor  $\theta$ , met betrekking tot Visserij9899, uit 2 stukken:  $(-\infty, -11,3)$  en  $(3,46, \infty)$ . De waarde van  $\theta_{2001}$  is 2,4 en dit ligt buiten het interval. In tegenstelling tot de 2000 gegevens is er nu dus een aanwijzing voor een positief visserij effect (van de visserij in 1998+1999), dus meer kokerwormen op beviste punten, zo'n twee jaar na de visserij. Daarbij moet aangetekend worden dat het aantal kokerwormen in 2001 Waddenzee-breed ongeveer zes keer lager ligt dan het aantal kokerwormen in 2000 (gemiddeld 56 vs 9 per meetvierkant).

In figuur 27 is te zien dat er een groot verschil is in het effect van bevissing van 98+99 en van 2000.



Figuur 27. De relatie tussen  $\ln(\text{kokerwormen})$  en de kokkeldichtheid (onderste schaal op de X-as) in de gesloten gebieden (gesloten lijn) en tussen  $\ln(\text{kokerwormen})$  en de visserijdruk in de open gebieden (stippellijn; bovenste schaal op de X-as), voor 2001. De twee stippellijnen geven de verschillende visserijeffecten aan voor 1998 en 1999 samen, en voor 2000. Het niveau verschil van  $e^{0,599}=0,55$  is niet significant ( $p=0,08$ ). Vergelijk ook met de analyse voor de massa's aan kokerworm-kokers in de bodem, behandeld in paragraaf 4.7.7.

#### 4.6.4 Aantallen wadpieren in 2001

De kengetallen van de aantallen wadpieren in 2001 zijn gegeven in tabel 27. In vergelijking met 2000 zijn er minder wadpieren in de gesloten gebieden, terwijl er nauwelijks verschillen zijn voor de open gebieden. De meeste wadpieren worden echter nog steeds aangetroffen op de banken in de gesloten gebieden.

Tabel 27 Kengetallen voor de aantallen wadpieren, voor de afzonderlijke monsterpunten (piereenhoopjes per meetvierkant) in 2000.

	Npunten	Maximum	Gemiddeld	Mediaan	75%punt	90%punt	95%punt
Gesloten	447	41	4,2	3,0	7,0	10,0	12,0
Open Onbevist	804	28	3,5	2,0	5,0	9,0	13,0
Open Bevist	491	26	3,1	2,0	4,0	8,0	11,0

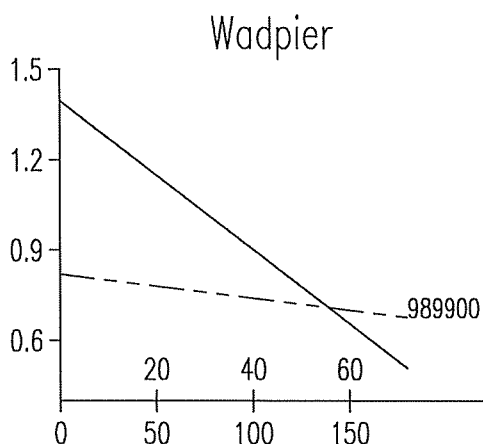
Voor de analyse wordt hetzelfde model gebruikt als voor de kokerwormen, met dien verstande dat als bevissingsmaat genomen wordt de som van 1998, 1999 en 2000 omdat de deeleffecten onderling niet verschillend zijn. De variatie (op log-schaal) tussen banken is 0,654, en de overdispersie is 2,556. De parameterschattingen, standaardafwijkingen en bijbehorende p-waarden zijn:

Parameter	Schatting	Stand.Afw.	P-waarde
Constante	1,39615	0,14358	0,000
Open vs Gesloten	-0,57625	0,16920	0,001
%Droog	0,00695	0,00231	0,003
Sedim16	0,00413	0,00129	0,001
Kokkel ( $\kappa$ )	-0,00493	0,00148	0,001
Vis989900 ( $\beta$ )	-0,00198	0,00280	0,480

Alle termen zijn significant met uitzondering van Bevissing. Het niveau verschil tussen Open en Gesloten is significant en van dezelfde orde grootte als in 2000. Net als in 2000 is er een negatieve relatie met het aantal kokkels en heeft het bevissingseffect hetzelfde teken als het kokkel effect. Het bevissingseffect is echter wel kleiner dan het kokkel effect en dat was anders in 2000. Het 95% betrouwbaarheidsinterval voor  $\theta$  is (-0,81, 2,04) en dit bevat niet de geschatte waarde van  $\theta_{2001}$  van 2,4. Er zat echter nogal wat spreiding in de zes verschillende schattingen van het quotiënt  $\theta_{2001}$ . De beide schattingen voor het 90% punt ( $\theta$  is 1,88 op puntniveau en 1,73 op bankniveau, zie begin hoofdstuk 4.6) vallen beide wel in het 95% betrouwbaarheidsinterval voor  $\theta$ , zodat we voorzichtig moeten zijn met de interpretatie dat bevissing een toename van het aantal wadpieren geeft. Nemen we  $\theta_{2001}=2,4$ , dan is het effect op log-schaal van één eenheid bevissing is dan gelijk aan  $\beta \cdot 2,4 \kappa = 0,00985$ . Het multiplicatieve effect van een hoeveelheid bevissing van 30 (dus bij  $2,4 \times 30 = 72$  kokkels per meetvierkant) is dan  $\exp^{(30 \times 0,00985)} = 1,34$ , en voor een hoeveelheid van 40 (96 kokkels) is dat 1,48.

In figuur 28 is duidelijk het grote niveauverschil te zien. In de open gebieden zijn op het intercept slechts  $e^{-0,57625} = 0,56$  keer zo veel wadpieren aanwezig als in de open gebieden. NB, dit niveau wordt weer gerepresenteerd door de Constante in de tabel met parameterschattingen (1,39615), op log-schaal bij %Droog=45 en MedianeKorrel=165 en bij 0 kokkels. Het grote verschil in hellingshoek tussen de gesloten lijn voor de gesloten gebieden, en de open (stippel)lijn voor de open gebieden duidt op een positief effect van visserij. Wadpieren nemen snel af met hogere dichtheden kokkels, maar veel minder snel bij hoge visserijdruk (waarbij hoge dichtheden kokkels zijn verwijderd).





Figuur 28. De relatie tussen  $\ln(\text{wadpieren})$  en de kokeeldichtheid (onderste schaal op de X-as) in de gesloten gebieden (gesloten lijn) en tussen  $\ln(\text{wadpieren})$  en de visserijdruk in de open gebieden (stippellijn; bovenste schaal op de X-as), voor 2001. De visserijeffecten van de drie jaren 1998-2000 zijn samengenomen. Het niveau verschil van  $e^{0,57625} = 0,56$  is zeer significant ( $p=0,001$ ).

#### 4.6.5 Aantal mosselkulties in 2001

In 2001 is, net als in 2000 voor de aantallen mosselkulties 1000 als maximum gehanteerd. In de analyse wordt hier geen rekening mee gehouden. De kengetallen van het aantal mosselkulties in 2001 zijn gegeven in tabel 28. In vergelijking met 2000 zijn er minder mosselkulties in de gesloten gebieden.

Tabel 28. Kengetallen voor de aantallen mosselkulties, voor de afzonderlijke monsterpunten (pienhoopjes per meetvierkant) in 2000.

	Npunten	Maximum	Gemiddeld	Mediaan	75%punt	90%punt	95%punt
Gesloten	447	1000	16,3	0,0	0,0	10,0	40,0
Open Onbevist	808	1000	48,7	0,0	0,0	16,7	310,0
Open Bevist	491	1000	9,8	0,0	0,8	10,0	25,0

Bij de statistische analyse werd het standaard model gebruikt, waarbij geen rekening werd gehouden met het trunceren van de aantallen bij 1000. De geschatte variatie tussen banken is 5,09 en de overdispersie parameter wordt geschat met 54,9. De parameterschattingen zijn:

Parameter	Schatting	Stand.Afw.	P-waarde
Constante	0,77412	0,48781	0,113
Open vs Gesloten	0,33093	0,56494	0,558
%Droog	-0,00558	0,00657	0,395
Sedim16	-0,00029	0,00308	0,926
Kokkel ( $\kappa$ )	0,00103	0,00288	0,721
Vis989900 ( $\beta$ )	-0,04620	0,01040	0,000

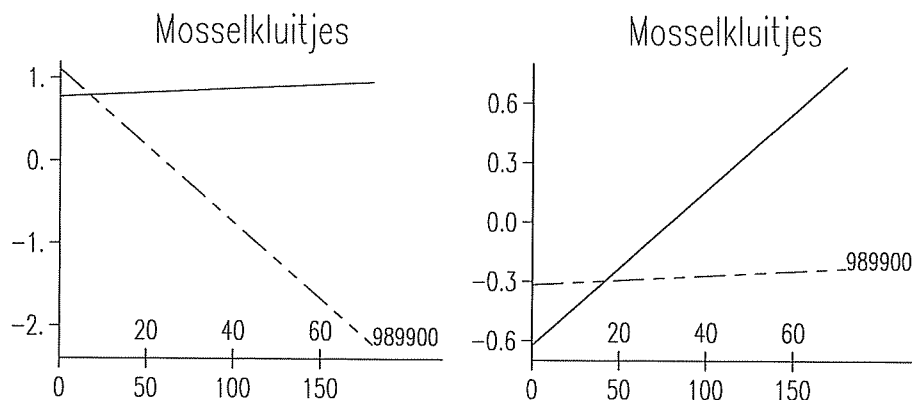
Anders dan in 2000 is het kokkel effect nu niet significant, en ook de andere termen zijn met uitzondering van Vis989900 niet significant. De schatting voor het Vis989900 effect verandert nauwelijks na verwijdering van de niet significante termen. Als we veronderstellen dat het kokkel effect gelijk is aan nul, dan

representeert het visserij effect een afname van het aantal mosselkluitjes bij een toegenomen visserij. Het multiplicatieve effect bij een hoeveelheid visserij van 30 is bijvoorbeeld  $e^{(30 \times -0,04867)} = 0,23$ , en voor een hoeveelheid van 40 is dat 0,14.

De resultaten worden zeer sterk beïnvloed door 46 punten, liggend op 11 verschillende banken, met 1000 waargenomen mosselkluitjes ('mosselbanken'). Verwijderen we deze data dan zijn de parameterschattingen, met variatie tussen banken 4,21 en overdispersie 11,6:

Parameter	Schatting	Stand.Afw.	P-waarde
Constante	-0,62339	0,44090	0,157
Open vs Gesloten	0,30627	0,51027	0,548
%Droog	-0,01009	0,00674	0,135
Sedim16	-0,00998	0,00290	0,001
Kokkel ( $\kappa$ )	0,00784	0,00149	0,000
Vis989900 ( $\beta$ )	0,00117	0,00812	0,886

Nu is kokkel wel significant en bevissing juist niet. Het 95% betrouwbaarheidsinterval voor  $\theta$  is nu  $(-2,01, 2,37)$  en de waarde van  $\theta_{2001}$  ligt op de rand. Nemen we  $\theta=2,4$ , dan is het effect op log-schaal van één eenheid bevissing is dan gelijk aan  $\beta-2,4\kappa = -0,0176$ . Het multiplicatieve effect van een hoeveelheid bevissing van 30 is dan  $e^{(30 \times -0,0176)} = 0,59$ , en voor een hoeveelheid van 40 is dat 0,49. De conclusies wijzen dus in dezelfde richting als zonder verwijdering van de 46 punten.



Figuur 29. De relatie tussen  $\text{Ln}(\text{mosselkluitjes})$  en de kokkeldichtheid (onderste schaal op de X-as) in de gesloten gebieden (gesloten lijn) en tussen  $\text{Ln}(\text{mosselkluitjes})$  en de visserijdruk in de open gebieden (stippellijn; bovenste schaal op de X-as), voor 2001. De linker grafiek geeft de analyse op alle punten, waarbij er geen significant kokkel effect is (gesloten lijn wijkt niet significant af van horizontaal). De stippellijn wijkt hier wel sterk (negatief) af van horizontaal en het verschil tussen de gesloten en gestippelde lijn laat een sterke, negatief visserijeffect zien. De rechter grafiek geeft de analyse zonder de punten waar zich in feite een mosselbank bevond en waar in de open gebieden dus (ook) niet gevisst mocht worden. Nu is er een sterk positief kokkel effect, maar wijkt de stippellijn juist niet significant af horizontaal. Ook hier is het resultaat een significant verschil tussen het kokkeleffect (gesloten lijn) en het visserijeffect (stippellijn), wat ook aangeeft dat er een sterke, negatief visserijeffect is. De visserijeffecten van de drie jaren 1998-2000 zijn steeds samengenomen.

In figuur 29 is te zien dat de kwalitatieve conclusie, afname mosselkluitjes door bevissing, voor beide analyses gelijk is. De grootte van de afname is in de analyse op

alle punten sterker dan in de analyse waaruit de 46 punten met mosselbanken zijn weggelaten.

#### 4.7 Analyse gegevens op bankniveau (verzamelmonsters) voor het jaar 2001

In deze paragraaf worden de verzamelmonsters uit 2001 geanalyseerd: de aantallen wapenwormen, kleine 'tarra'wormpjes, nonnetjes en zeeduizendpoten, alsmede de hoeveelheden tarra en kokerwormen-kokers. De aantallen worden statistisch geanalyseerd met een gegeneraliseerd lineair model met Poisson verdeling, log-link, overdispersie en offset log(aantal punten per bank). De invloed van de bevissing wordt onderzocht middels de over de punten gemiddelde bevissingsmaat per bank. De variabele 'diepmean' is niet bepaald in 2001 en daarom wordt 'topmean' gebruikt als de mediane korrelgrootte van het verzamelmonster zelf. Er zijn twee analyses uitgevoerd. Eén analyse inclusief de 6 banken die in 1999 wettelijk zijn gesloten, en een analyse waarin deze 6 banken zijn verwijderd. Voor alle responsvariabelen zijn de verschillen tussen beide analyses gering, en wordt alleen de analyse inclusief de 6 banken gepresenteerd.

##### 4.7.1 Per bank gemiddeld aantal kokkels in 2001

De kengetallen voor het per bank gemiddelde aantal kokkels in 2001 van (nu) jaargang 4 staan in tabel 29. De categorie Open Onbevist representeert die banken die in geen van de jaren 1998, 1999 en 2000 op enig punt bevist zijn. De categorie Open Bevist is in minstens één van deze jaren bevist, op minimaal één punt. Ten opzichte van 2000 is er in 2001 op 3 banken meer gevist. Op bankniveau is het selectie effect overduidelijk met voor open onbeviste banken lagere aantallen kokkels dan voor gesloten banken, en voor beviste banken nog minder kokkels.

*Tabel 29. De gemiddelde aantallen vierjarige kokkels per meetvierkant in 2001, in de Gesloten, OpenOnbevist en OpenBevist gebieden.*

	Nbanken	Maximum	Gemiddeld	Mediaan	75%punt	90%punt	95%punt
Gesloten	36	115	19,3	10,2	21,3	48,5	78
Open Onbevist	43	88	6,0	0,8	2,8	20,8	30
Open Bevist	60	15	2,0	0,7	2,9	5,3	8

De aantallen kokkels zijn lager dan in 2000, ook voor de gesloten banken. Vergelijken we de aantallen vierjarige kokkels in 2001 met de aantallen driejarige kokkels in 2000, dan zien we, dat uiteraard de aantallen op de beviste banken zijn afgenomen, maar ook dat in Open Onbevist, de sterfte van de kokkels veel sterker was dan in de werkelijk gesloten gebieden. Dit zou verklaard kunnen worden doordat vogels die leven van grote kokkels (scholekster, eidereend) en die leven in de open gebieden, vooral binnen deze gebieden uitwijken naar nog onbeviste banken, waar ze dan een onevenredig hoge predatiedruk veroorzaken (tabel 30).

Tabel 30. Fracties van de kokkels van jaarklasse 1997, die van 2000 naar 2001 overleefden in de gebieden met de drie verschillende categorieën van bevissing.

2001/2000	Nbanken	Maximum	Gemiddeld	Mediaan
Gesloten	36	0,91	0,60	0,43
Open Onbevist	43,46	0,39	0,28	0,20
Open Bevist	60,57	0,10	0,17	0,54

#### 4.7.2 Aantallen wapenwormen in 2001

De aantallen wapenwormen zijn voor alle 139 banken geteld; de kengetallen uitgesplitst naar de drie categorieën van bevissing zijn gegeven in tabel 31. In de Open Onbeviste banken zaten gemiddeld de meeste wapenwormen, maar hier kwam tevens de laagste mediane waarde voor.

Tabel 31. Kengetallen wapenwormen, 2001.

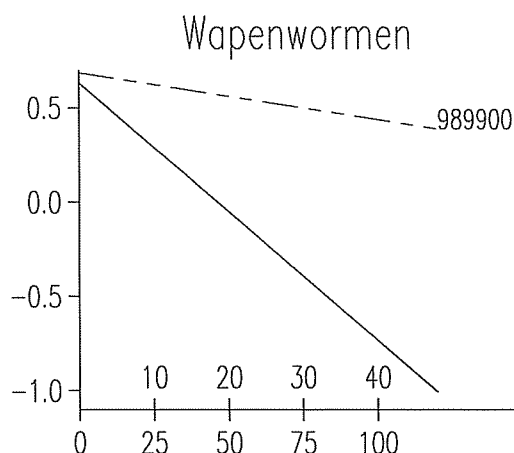
	Nbanken	Maximum	Gemiddeld	Mediaan	75%punt	90%punt	95%punt
Gesloten	36	108	21,0	12,0	30,0	47,8	79
Open Onbevist	43	244	32,1	8,0	39,5	112,4	125
Open Bevist	60	295	25,5	7,5	25,0	61,5	87

In de statistische analyse is het gebruikte model een GLM met Poisson verdeling en overdispersie. Allereerst is weer bekeken of het model met alleen offset  $\ln(\text{aantal punten})$  beter is dan een model zonder offset. De gemiddelde deviantie met offset is 41,7 versus 45,5 zonder offset en het is dus zinvol om de offset in het model op te nemen. Verder is het model Gebied + %Droog + Sedim + Kokkel + Vis989900. De parameterschattingen van het model, met geschatte overdispersie parameter van 23,7, zijn:

Parameter	Schatting	Stand.Afw.	P-waarde
Constante	0,63263	0,22975	0,006
Open vs Gesloten	0,05419	0,24977	0,828
%Droog	0,01958	0,00594	0,001
Sedim	0,01448	0,00173	0,000
Kokkel ( $\kappa$ )	-0,01365	0,01168	0,243
Vis 989900 ( $\beta$ )	-0,00619	0,00977	0,526

De Constante representeert weer het niveau op log-schaal voor de gesloten gebieden bij %Droog=45 en MedianeKorrel=165 en 0 kokkels. Er is geen aanwijzing dat het aantal wapenwormen in de gesloten en open kokkelbanken verschilt op het intercept ( $p=0,828$ ). %Droog en Sedim zijn zeer significant; in 2000 gold dit alleen voor Sedim (zie paragraaf 4.5.2). Kokkel en Bevissing zijn beide niet significant en de effecten wijzen in dezelfde richting. Het Fieller betrouwbaarheidsinterval kan niet berekend worden met deze schattingen. De delta methode is een alternatief voor de Fieller methode en deze geeft als interval (-12,9, 17,3). De waarde van  $\theta_{2001}$  van 2,4 ligt ruim in het interval en er is dus geen aanwijzing dat er een visserijeffect is op het aantal wapenwormen.

In figuur 30 lijkt het zo te zijn, dat er een sterk positief visserijeffect is. Dit is echter bij lange na niet significant ( $p=0,526$ ). De suggestie wordt slechts gewekt doordat de schaal op de Y-as sterk is uitgerekt, in vergelijking met de andere figuren.



Figuur 30. De relatie tussen  $\text{Ln}(\text{wapenwormen})$  en de kokkeldichtheid (onderste schaal op de X-as) in de gesloten gebieden (gesloten lijn) en tussen  $\text{Ln}(\text{wapenwormen})$  en de visserijdruk in de open gebieden (stippellijn; bovenste schaal op de X-as), voor 2001. De visserijeffecten van de drie jaren 1998-2000 konden worden samengenomen. Merk weer op dat het hier bankgegevens betreft, dus de afzonderlijke waarden voor de aantallen kokkels en voor de hoeveelheid bevissing zijn per bank, over alle beschikbare monsterpunten gemiddeld. Hierdoor lopen de schalen op de X-as veel minder ver door van bij de puntgegevens, omdat extremen worden weggemiddeld. In vergelijking met de andere figuren is hier de schaal op de Y-as sterk opgerekt, waardoor de suggestie van een negatief visserijeffect wordt geweekt, maar dit is niet significant ( $p=0,526$ ).

#### 4.7.3 Aantallen Kleine 'tarra'wormen in 2001

De kengetallen voor de kleine wormpjes, uitgesplitst naar de 3 gebiedscategorieën zijn als in tabel 32. Hierin valt het lage gemiddelde op voor Open Bevist.

Tabel 32. Kengetallen kleine 'tarra'wormpjes, 2001.

	Nbanken	Maximum	Gemiddeld	Mediaan	75%punt	90%punt	95%punt
Gesloten	36	100	30,2	10,0	55,0	100,0	100
Open Onbevestigd	43	100	31,1	10,0	77,5	100,0	100
Open Bevestigd	60	100	11,5	10,0	10,0	10,0	55

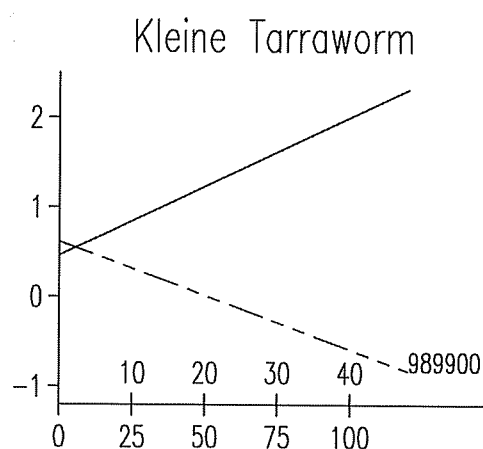
Het gebruikte model voor de analyse is een GLM met Poisson verdeling en overdispersie. De gemiddelde deviantie met offset is 36,0 versus 39,0 zonder offset en het is dus weer zinvol om de offset in het model op te nemen. De parameterschattingen van het model, met geschatte overdispersie parameter van 32,8, zijn:

Parameter	Schatting	Stand.Afw.	P-waarde
Constante	0,46501	0,24202	0,055
Open vs Gesloten	0,14908	0,28030	0,595
%Droog	0,00792	0,00775	0,307
Sedim	0,00206	0,00274	0,453
Kokkel ( $\kappa$ )	0,01545	0,00472	0,001
Vis 989900 ( $\beta$ )	-0,02996	0,01631	0,066

De Constante representeert weer het niveau op Ln-schaal voor de gesloten gebieden bij %Droog=45, MedianeKorrel=165 en 0 kokkels. Alleen het kokkel effect is

significant, het bevissingseffect niet, maar dit is hieraan tegengesteld. Het 95% interval voor  $\theta$  is  $(-6,22, 0,13)$  en dit bevat niet de geschatte waarde  $\theta_{2001}$  van 2,4. Bevissing geeft dus een significante reductie van het aantal kleine wormpjes. Met  $\theta=2,4$  is het effect op log-schaal van één eenheid bevissing gelijk aan  $\beta-2,4\kappa$ , en dit is gelijk aan  $-0,06704$ . Het multiplicatieve effect van een hoeveelheid bevissing van 20 is dan gelijk aan  $e^{(20 \times -0,06704)} = 0,26$ .

In figuur 31 is duidelijk, dat er geen (groot) niveauverschil is tussen Open en Gesloten; dat er geen onderlinge verschillen zijn tussen de effecten van bevissing in verschillende jaren (één stippellijn) en dat er een sterk tegengesteld effect is van kokkeldichtheid en visserijdruk op de aantallen kleine wormpjes in het sediment. Er is in dit geval dus een duidelijke negatieve invloed van visserij op de dichtheden aan kleine wormpjes.



Figuur 31. De relatie tussen  $\text{Ln}(\text{kleine wormpjes})$  en de kokkeldichtheid (onderste schaal op de X-as) in de gesloten gebieden (gesloten lijn) en tussen  $\text{Ln}(\text{kleine wormpjes})$  en de visserijdruk in de open gebieden (stippellijn; bovenste schaal op de X-as), voor 2001. De visserijeffecten van de drie jaren 1998-2000 zijn samengenomen. Het niveau verschil van  $e^{0,14908} = 1,16$  is niet significant ( $p=0,595$ ).

#### 4.7.4 Aantallen nonnetjes in 2001

De kengetallen van het aantal nonnetjes zijn gegeven in tabel 33.

Tabel 33. Kengetallen nonnetjes, 2001.

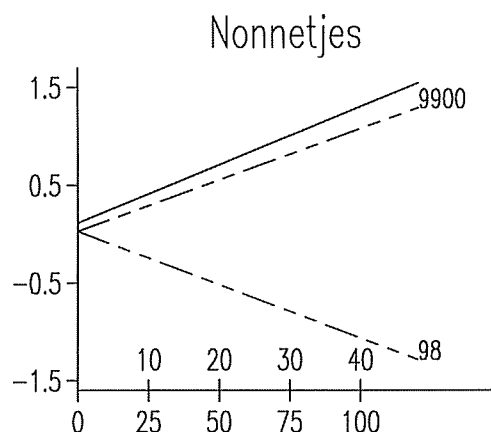
	Nbanken	Maximum	Gemiddeld	Mediaan	75%punt	90%punt	95%punt
Gesloten	36	96	26,3	19,5	45,0	53,8	77
Open Onbevist	43	117	20,4	13,0	26,5	42,6	67
Open Bevist	60	126	22,2	13,0	29,5	55,5	86

Het gebruikte model is een GLM met Poisson verdeling en overdispersie. De gemiddelde deviantie met offset is 20,1 versus 21,7 zonder offset, een klein verschil. Vanuit consistentie overwegingen is toch gekozen voor een model met offset. De parameterschattingen model, met geschatte overdispersie parameter van 7,87, zijn:



Parameter	Schatting	Stand.Afw.	P-waarde
Constante	0,11404	0,13137	0,385
Open vs Gesloten	-0,08434	0,14836	0,570
%Droog	0,03674	0,00574	0,000
Sedim	-0,01569	0,00143	0,000
Kokkel ( $\kappa$ )	0,01193	0,00252	0,000
Bevissing 98 ( $\beta$ )	-0,02736	0,01910	0,152
Bevissing 9900 ( $\beta$ )	0,02632	0,00604	0,000

Er is geen indicatie voor een niveau verschil tussen gebieden ( $p=0,570$ ): overall komen ruwweg evenveel nonnetjes voor (op het intercept). De andere termen in het model, met uitzondering van bevissing 98, zijn zeer significant. Een hogere dichtheid van kokkels gaat samen met een hogere dichtheid nonnetjes. Het bevissingseffect 98 is hieraan tegengesteld, terwijl het bevissingseffect 9900 dezelfde kant opwijst. De 95% betrouwbaarheidsintervallen voor  $\theta$  zijn respectievelijk voor 1998 (-6,48, 0,85) en voor 9900 (2,21, 4,24). Bij een  $\theta_{2001}$  van 2,4 is de conclusie, dat bevissing in 98 een significante reductie van het aantal nonnetjes geeft, maar dat bevissing in 9900 geen effect heeft. Een en ander komt uit duidelijk naar voren in figuur 32. De gesloten lijn loopt zo goed als parallel met de stippellijn 9900 (geen effect). De stippellijn 98 duidt echter op een sterk negatief visserijeffect, van de visserij in het eerste jaar naar de kokkelbroedval van 1997.



Figuur 32. De relatie tussen  $\ln(\text{nonnetjes})$  en de kokkeldichtheid (onderste schaal op de X-as) in de gesloten gebieden (gesloten lijn) en tussen  $\ln(\text{nonnetjes})$  en de visserijdruk in de open gebieden (stippellijn; bovenste schaal op de X-as), voor 2001. De visserijeffecten van 1998 (negatief) en 1999-2000 (geen effect) konden niet worden samengenomen. Het niveau verschil van  $e^{0,08434} = 0,92$  is niet significant ( $p=0,385$ ).

#### 4.7.5 Aantallen zeeduizendpoten (*Nereis diversicolor*) in 2001

In dit tweede jaar kwamen de determinatiefouten van het eerste jaar niet meer (opvallend) voor. De aantallen zeeduizendpoten zijn voor alle 139 banken geteld; de kengetallen uitgesplitst naar de drie categorieën van bevissing zijn gegeven in tabel 34.

Tabel 34. Kengetallen zeeduizendpoten, 2001.

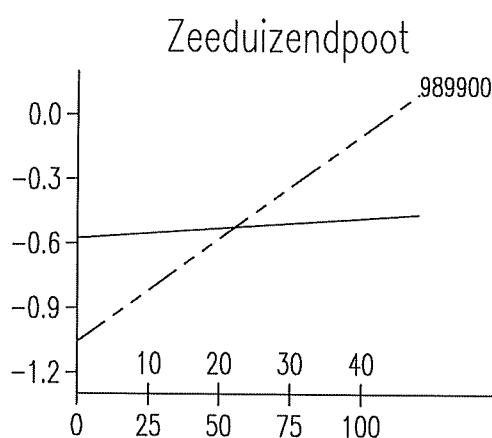
	Nbanken	Maximum	Gemiddeld	Mediaan	75%punt	90%punt	95%punt
Gesloten	36	28	8,8	6,0	14,5	24,8	26
Open Onbevist	43	40	7,2	5,0	8,0	16,6	30
Open Bevist	60	37	6,1	4,0	7,5	15,5	26

De aantallen zeeduizendpoten in de open beviste gebieden zijn (zoals verwacht) veel lager dan de opgaves voor 2000 toen vermoedelijk veel kleinere wormen foutief als zeeduizendpoot werden gedetermineerd. De gemiddelde deviantie met offset is 8,5 versus 9,0 zonder offset, een klein verschil. Vanuit consistentie overwegingen is toch gekozen voor een model met offset. De parameterschattingen van het model, met geschatte overdispersie parameter van 39,2, zijn:

Parameter	Schatting	Stand.Afv.	P-waarde
Constante	-0,57488	0,19138	0,003
Open vs Gesloten	-0,48285	0,22612	0,033
%Droog	0,03146	0,00771	0,000
Sedim	-0,01093	0,00227	0,000
Kokkel ( $\kappa$ )	0,00092	0,00522	0,860
Vis 989900 ( $\beta$ )	0,02402	0,00856	0,005

Alle effecten zijn significant, behalve Kokkels. In het open gebied zitten significant minder zeeduizendpoten dan in het gesloten gebied; het multiplicatieve effect is  $e^{(-0,48285)} = 0,62$ . %Droog en Sedim zijn beide zeer significant. Als we aannemen dat er geen relatie is tussen zeeduizendpoten en kokkels, dan is er een positief effect van bevissing op het aantal zeeduizendpoten. Het multiplicatieve effect van een hoeveelheid bevissing van 15 is dan  $e^{(15 \times 0,024)} = 1,43$ .

In figuur 33 zijn het niveauverschil op het intercept en het positieve visserijeffect zichtbaar.



Figuur 33. De relatie tussen  $\text{Ln}(\text{zeeduizendpoten})$  en de kokkeldichtheid (onderste schaal op de X-as) in de gesloten gebieden (gesloten lijn) en tussen  $\text{Ln}(\text{zeeduizendpoten})$  en de visserijdruk in de open gebieden (stippellijn; bovenste schaal op de X-as), in 2001. De visserijeffecten van 1998, 1999 en 2000 konden worden samengenomen. Bij een aanzienlijk niveau verschil op het intercept van  $e^{(-0,48285)} = 0,62$  ( $p=0,033$ ) is er een positief visserijeffect. Er is geen relatie tussen de dichtheden kokkels en zeeduizendpoten (gesloten lijn loopt vrijwel vlak).

#### 4.7.6 Hoeveelheden tarra in de wadbodem in 2001

De eerste analyse betreft de hoeveelheid Grof (zie paragraaf 2.8.2). De kengetallen uitgesplitst naar de drie categorieën van bevissing zijn weergegeven in tabel 35.

*Tabel 35. Kengetallen van de fractie 'grof' in het tarramateriaal (2001). Het betreft hier getallen uit verzamelmonsters per kokkelbank, van steeds de bovenste 10 cm van het sediment per punt.*

	Nbanken	Maximum	Gemiddeld	Mediaan	75%punt	90%punt	95%punt
Gesloten	36	678	75,3	29,9	85,1	219,6	250
Open Onbevist	43	405	75,1	28,6	90,1	280,4	351
Open Bevist	60	213	39,5	22,6	44,3	98,6	126

Het gebruikte model is een GLM met Poisson verdeling, overdispersie en offset  $\ln(\text{aantal punten})$ . Verder is het model Gebied + %Droog + Sedim + Kokkel + Bevissing. Er is geen enkele aanwijzing dat de bevissingseffecten voor de drie jaren verschillend zijn. De paarsgewijze vergelijkingen van de bevissingseffecten geven  $p > 0,966$ . Daarom wordt de som van de bevissingsmaten gebruikt in het model. De parameterschattingen van het model, met geschatte overdispersie parameter van 87,5, zijn:

Parameter	Schatting	Stand.Afw.	P-waarde
Constante	1,46691	0,24473	0,000
Open vs Gesloten	-0,11211	0,28907	0,698
%Droog	0,00741	0,00775	0,339
Sedim	-0,00234	0,00286	0,413
Kokkel ( $\kappa$ )	0,01140	0,00514	0,027
Somvis ( $\beta$ )	0,01159	0,01134	0,307

Alleen het kokkel effect is significant. Het 95% betrouwbaarheidsinterval voor  $\theta$  is gelijk aan (-1,20, 10,56) en de waarde van  $\theta_{2001}$  van 2,4 valt hier ruim binnen, zodat niet gesproken kan worden van bevissingseffect.

Vervolgens is gekeken naar het *percentage* Grof ten opzichte van het totaal aan Grof+Middel+Fijn. De kengetallen zijn gegeven in tabel 36.

*Tabel 36. Kengetallen van de percentages 'Grof' in het tarramateriaal van 2001 (exclusief kokerwormkokers).*

	Nbanken	Maximum	Gemiddeld	Mediaan	75%punt	90%punt	95%punt
Gesloten	36	85	50,4	53,7	66,6	77,5	80
Open Onbevist	43	90	44,9	48,2	62,5	70,3	81
Open Bevist	60	90	44,4	43,9	56,6	68,5	73

Omdat het percentages zijn is het gebruikte model weer een GLM met binomiale verdeling, logit-link en overdispersie. Er wordt nu geen offset gebruikt omdat niet verwacht wordt dat het aantal punten gerelateerd is aan het %Grof. Ook hier is geen aanwijzing voor verschillende bevissingseffecten (paarsgewijze vergelijkingen geven  $p > 0,297$ ). De parameterschattingen van het model, met geschatte overdispersie parameter van 10,1, zijn:

Parameter	Schatting	Stand.Afw.	P-waarde
Constante	3,80420	0,09583	0,000
Open vs Gesloten	-0,05544	0,11227	0,621
%Droog	0,00441	0,00285	0,121
Sedim	-0,00330	0,00107	0,002
Kokkel ( $\kappa$ )	0,00377	0,00264	0,153
Somvis ( $\beta$ )	0,00281	0,00440	0,523

Alleen het effect van Sedim is significant. Kokkels en Bevissing zijn niet significant en hebben hetzelfde teken; er is dus geen aanwijzing voor een visserij effect. Opnieuw geldt dezelfde conclusie voor het percentage Middel+Fijn, omdat dat het complement is van het percentage Grof.

De volgende analyse is op de hoeveelheid Grof+Middel. De kengetallen, uitgesplitst naar de drie categorieën van bevissing zijn gegeven in tabel 37.

*Tabel 37. Kengetallen van de fractie 'Grof+Middel' in het tarramateriaal van 2001. Het betreft hier getallen uit verzamelmonsters per kokkelbank, van steeds de bovenste 10 cm van het sediment per punt.*

	Nbanken	Maximum	Gemiddeld	Mediaan	75%punt	90%punt	95%punt
Gesloten	36	1045	107,8	43,8	121,2	273,4	317
Open Onbevist	46	564	105,5	39,4	115,6	354,3	530
Open Bevist	57	485	65,6	36,5	83,9	153,6	225

Het gebruikte model is een GLM met Poisson verdeling, overdispersie en offset  $\ln(\text{aantal punten})$ . Verder is het model Gebied + %Droog + Sedim + Kokkel + Bevissing. Er is geen enkele aanwijzing dat de bevissingseffecten voor de drie jaren verschillend zijn ( $p > 0,652$ ), dus de som van de bevissingsmaten wordt gebruikt in het model. De parameterschattingen van het model, met geschatte overdispersie parameter van 129, zijn:

Parameter	Schatting	Stand.Afw.	P-waarde
Constante	1,85537	0,24606	0,000
Open vs Gesloten	-0,10020	0,28943	0,729
%Droog	0,00753	0,00749	0,314
Sedim	-0,00027	0,00280	0,922
Kokkel ( $\kappa$ )	0,01118	0,00530	0,035
Somvis ( $\beta$ )	0,01738	0,01058	0,100

Evenals voor Grof is voor Grof+Middel alleen het kokkel effect is significant. Het 95% betrouwbaarheidsinterval voor  $\theta$  is gelijk aan (-0,32, 22,81) en weer kan er niet geconcludeerd worden dat er een bevissingseffect is.

Vervolgens is gekeken naar het percentage Grof+Middel ten opzichte van het totaal aan Grof+Middel+Fijn. De kengetallen zijn weergegeven in tabel 38:

Tabel 38. Kengetallen van de totale hoeveelheid tarra (exclusief kokers): 'Grof+Middel+Fijn' in de bodem (2001). Het betreft hier getallen uit verzamelmonsters per kokkelbank, van steeds de bovenste 10 cm van het sediment per punt.

	Nbanken	Maximum	Gemiddeld	Mediaan	75%punt	90%punt	95%punt
Gesloten	36	96	72,6	74,0	85,3	90,5	93
Open Onbevist	46	95	69,1	75,4	81,5	84,9	90
Open Bevist	57	95	68,2	70,0	79,1	87,0	90

Voor deze percentages is het gebruikte model een GLM met binomiale verdeling, logit-link en overdispersie. Er wordt geen offset gebruikt omdat niet verwacht wordt dat het aantal punten gerelateerd is aan het %Grof. Er is weer geen indicatie voor een apart bevissingseffect 1998, 1999 en 2000 ( $p > 0,175$ ). De parameterschattingen van het model, met geschatte overdispersie parameter van 3,74, zijn:

Parameter	Schatting	Stand.Afw.	P-waarde
Constante	4,22740	0,04816	0,000
Open vs Gesloten	-0,02903	0,05607	0,605
%Droog	0,00179	0,00135	0,186
Sedim	-0,00152	0,00053	0,004
Kokkel ( $\kappa$ )	0,00206	0,00141	0,145
Somvis ( $\beta$ )	0,00260	0,00215	0,226

Alleen het Sedim effect is significant. Kokkel en Somvis zijn beide niet significant positief, zodat niet gesproken kan worden van een bevissingseffect. Overigens geldt dezelfde conclusie voor het percentage Fijn, omdat dat het complement is van het percentage Grof+Middel.

Tenslotte wordt de totale hoeveelheid tarra Grof+Middel+Fijn geanalyseerd. De kengetallen uitgesplitst naar de 3 categorieën zijn gegeven in tabel 39.

Tabel 39. Kengetallen van de totale hoeveelheid tarra (exclusief kokers): 'Grof+Middel+Fijn' in de bodem (2001). Het betreft hier getallen uit verzamelmonsters per kokkelbank, van steeds de bovenste 10 cm van het sediment per punt.

	Nbanken	Maximum	Gemiddeld	Mediaan	75%punt	90%punt	95%punt
Gesloten	36	1154	142,0	64,1	170,4	366,2	425
Open Onbevist	43	744	146,6	54,0	155,4	464,9	662
Open Bevist	60	626	91,9	56,3	103,1	197,5	373

Het gebruikte model is een GLM met Poisson verdeling, overdispersie en offset  $\ln(\text{aantal punten})$ . Verder is het model Gebied + %Droog + Sedim + Kokkel + Bevissing. Er is weer geen aanwijzing dat de bevissingseffecten voor de drie jaren verschillend zijn ( $p > 0,575$ ), dus wordt de som van de bevissingsmaten gebruikt in het model. De parameterschattingen van het model, met geschatte overdispersie parameter van 158, zijn:

Parameter	Schatting	Stand.Afw.	P-waarde
Constante	2,21978	0,23293	0,000
Open vs Gesloten	-0,15032	0,27426	0,584
%Droog	0,00633	0,00694	0,362
Sedim	0,00124	0,00264	0,637
Kokkel ( $\kappa$ )	0,00876	0,00545	0,108
Somvis ( $\beta$ )	0,01905	0,00984	0,053

Het kokkel effect is niet langer significant en nu is er een lichte aanwijzing voor een bevissingseffect ( $p=0,053$ ). Het 95% interval voor  $\theta$  heeft twee delen:  $(-\infty, -8,88)$  en  $(-0,03, \infty)$ . Het tweede interval bevat ruim de schatting van theta, zodat niet geconcludeerd kan worden dat er een bevissingseffect is.

#### 4.7.7 Hoeveelheden kokerworm-kokers in de wadbodem in 2001

De kengetallen voor de hoeveelheid Kokers uitgesplitst naar de drie categorieën van bevissing zijn gegeven in tabel 40.

*Tabel 40. Kengetallen van de hoeveelheden kokerworm-kokers (al dan niet met een worm erin, maar exclusief deze wormen) in de bodem in 2001. Het betreft hier getallen uit verzamelmonsters per kokkelbank.*

	Nbanken	Maximum	Gemiddeld	Mediaan	75%punt	90%punt	95%punt
Gesloten	36	104	24,1	12,5	31,2	63,6	83
Open Onbevist	43	165	22,7	11,1	25,8	56,8	93
Open Bevist	60	85	10,7	3,9	13,6	28,5	52

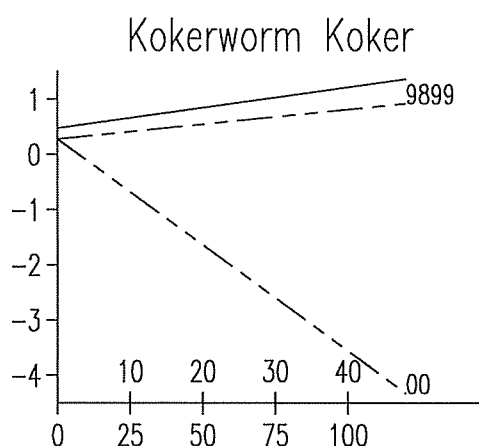
Het gebruikte model is een GLM met Poisson verdeling, overdispersie en offset  $\ln(\text{aantal punten})$ . Verder is het model Gebied + %Droog + Sedim + Kokkel + Bevissing. De paarsgewijze vergelijking van de drie bevissingseffecten geven een aanwijzing dat het effect in 2000 anders is dan in 1998 en 1999 ( $p=0,064$  resp.  $p=0,020$ ). Er is echter geen aanwijzing dat de effecten van de bevissing in 1998 en 1999 verschillend zijn ( $p=0,454$ ). Er worden daarom twee bevissingseffecten onderscheiden: de som van de bevissing in 1998 en 1999, en de bevissingsmaat in 2000: deze situatie is dezelfde als voor de kokerwormen zoals geteld in de meetvierkanten (paragraaf 4.6.3). De parameterschattingen van het model, met geschatte overdispersie parameter van 22,7, zijn:

Parameter	Schatting	Stand.Afw.	P-waarde
Constante	0,47524	0,21302	0,026
Open vs Gesloten	-0,19751	0,25312	0,435
%Droog	0,01093	0,00733	0,136
Sedim	0,00212	0,00256	0,408
Kokkel ( $\kappa$ )	0,00741	0,00526	0,159
Bevissing 9899 ( $\beta$ )	0,01340	0,01296	0,301
Bevissing 00 ( $\beta$ )	-0,09592	0,04679	0,040

Het kokkel effect is niet significant (evenals bij de kokerwormen zelf). Onder de veronderstelling dat kokers en kokkels niet gerelateerd zijn, is er geen aanwijzing dat de gesommeerde bevissing 1998/1999 het aantal kokers in de bodem beïnvloedt. Er



is echter wél een aanwijzing voor een (negatief) effect van de bevissing in 2000. Het 95% interval voor  $\theta$  heeft twee delen:  $(-\infty, -0,55)$  en  $(28,1, \infty)$ . Geen van deze twee intervallen bevat de schatting van  $\theta_{2001}$  van 2,4. Bevissing in 2000 geeft dus een significante reductie van de hoeveelheid kokerworm-kokers. Met  $\theta=2,4$  is het effect op log-schaal van één eenheid bevissing gelijk aan  $\beta-2,4\kappa$ , en dit is gelijk aan  $-0,1137$ . Het multiplicatieve effect van een hoeveelheid bevissing van 20 is dan gelijk aan  $e^{(20 \times -0,1137)} = 0,10$ . In figuur 34 is een en ander duidelijk zichtbaar. Er is slechts een gering niveauverschil op het intercept, van  $e^{-0,1975} = 0,82$  (niet significant,  $p=0,435$ ) en er is een groot verschil tussen het visserijeffect van 1999 (geen effect) en dat van 2000 (sterk negatief).



Figuur 34. De relatie tussen  $\text{Ln}(\text{kokermassa})$  en de kokkeldichtheid (onderste schaal op de X-as) in de gesloten gebieden (gestolte lijn) en tussen  $\text{Ln}(\text{kokermassa})$  en de visserijdruk in de open gebieden (stippellijn; bovenste schaal op de X-as), in 2001. De twee stippellijnen geven de verschillende visserijeffecten aan voor 1998 en 1999 samen, en voor 2000. Voor een vergelijking met de cijfers voor de kokerwormen (paragraaf 4.6.3) moet bedacht worden dat deze per monsterpunt zijn bepaald. Dit houdt in dat voor die gegevens op de X-as de aantallen kokkels en hoeveelheid bevissing ook per punt staat uitgezet. Voor de kokermassa's, die in het gemengde bodemonster zijn bepaald, wordt gewerkt met gemiddelde aantallen kokkels en hoeveelheden bevissing, over alle monsterpunten per bank. Hierdoor verdwijnen extreme waarden en lopen de schalen op de X-as minder ver door.

#### 4.8 Extra analyse nonnetjes: lengtes en leeftijden

Ten aanzien van de veronderstelde effecten van kokkelvisserij op het nonnetje, een wijd verspreide, talrijke en voor veel wadvogels belangrijke schelpdiersoort, is veel commotie ontstaan (Piersma & Koolhaas, 1997; Piersma et al., 2001). De resultaten van dit EVA-2 onderzoek laten echter slechts een visserij effect zien voor de visserij van 1998, en niet voor de jaren 1999 en 2000. Tot nu toe is alleen naar aantallen nonnetjes gekeken; hieronder wordt nog een aanvullende analyse op lengtes en leeftijden uitgevoerd. Bij het nonnetje is dit mogelijk, omdat net als bij de kokkel (waarvoor ook extra analyses op jaarklassen zijn uitgevoerd) de jaarlijkse groei zichtbaar blijft in de groeilijnen (jaarringen) en de groeivlakken (de vlakken tussen opeenvolgende jaarringen). Dit maakt het mogelijk om voor ieder individu de leeftijd te schatten en de uiteindelijke grootte (bij bemonstering) te meten.

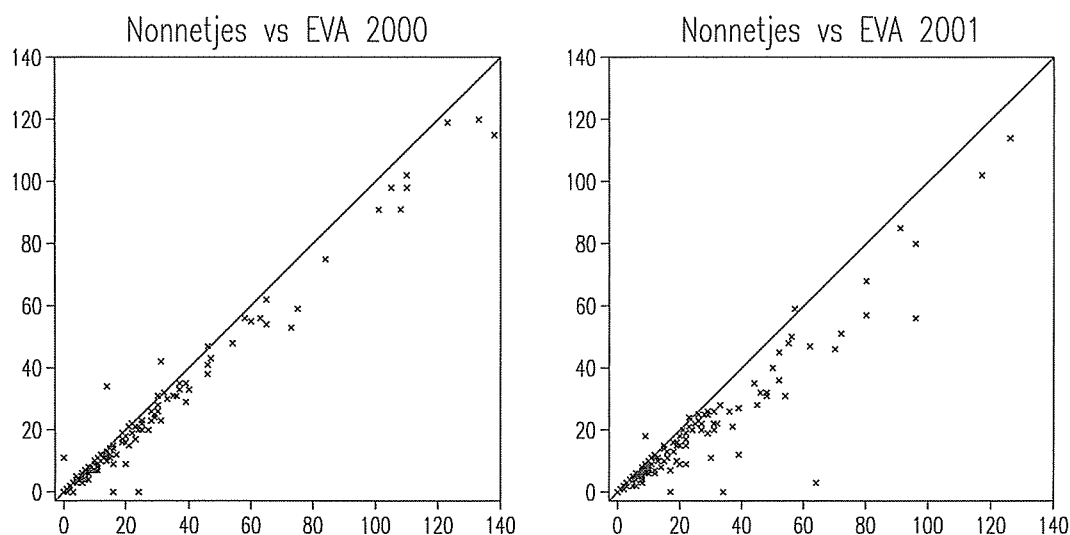
De gemiddelde lengte van nonnetjes kan variëren tussen verschillende plaatsen. Oorzaken hiervan kunnen ondermeer zijn:

- (1) er is een verschillende groeisnelheid doordat het voedselaanbod tussen plaatsen varieert. In dat geval geldt dit mogelijk ook voor andere bivalven ter plaatse, zoals de kokkel. Gebieden met goede groei, dus met grote kokkels, dus met een hoge kans op bevissing, zouden dan ook relatief grote nonnetjes kunnen hebben, die echter gemiddeld niet ouder hoeven te zijn dan elders.
- (2) Nonnetjes vertonen een versnelde groei op plaatsen waar gevisst is, omdat door het wegvallen van concurrentie (kokkels verwijderd) er meer voedsel voor de nonnetjes overblijft. De gemiddelde leeftijd blijft hierbij gelijk, indien er geen visserijsterfte optreedt.
- (3) Er is selectieve visserijsterfte, bijvoorbeeld vooral onder de juvenielen (waardoor de resterende nonnetjes relatief groot zijn na bevissing) of onder de oude nonnetjes (waardoor de resterende nonnetjes relatief klein zijn na bevissing).
- (4) De condities voor de broedval van nonnetjes verslechteren na bevissing volgens de negatieve biodepositiespiraal van Piersma & Koolhaas (1997). Bij een verminderde aanwas zal het bestand aan nonnetjes verouderen en zullen ze gemiddeld relatief groot zijn.
- (5) De condities voor de broedval van nonnetjes verbeteren juist na bevissing, doordat concurrentie om ruimte of voedsel met of zelfs predatie door volwassen kokkels wegvalt (Philippart et al., in druk). Het is mogelijk dat kokkels de larven van nonnetjes als voedseldeeltjes uit het water filtreren, waardoor vestiging bij hoge dichtheden wordt bemoeilijkt. Het wegvissen van de kokkels zou dan tot betere aanwas van nonnetjes kunnen leiden. Het lokale nonnetjes bestand, dat dan enige jaren zou zijn verouderd, zou na bevissing weer een nieuw jong cohort erbij krijgen.
- (6) Er zijn plaatsen in de Waddenzee waar vooral jonge (en dus kleine) nonnetjes voorkomen, die later hier weer verdwijnen naar andere plaatsen (*post-settlement* migratie; Beukema & de Vlas, 1989; Beukema, 1993a).

Optie (6) is een autonoom proces dat los staat van de visserij. Het proces van secundaire migratie speelt vooral in de eerste winter na het eerste *settlement*, als de nonnetjes nog slechts enkele mm groot zijn. Ze migreren dan van hun eerste *settlement*-plaatsen, doorgaans zeer hoog op het wad, naar de rest van de Waddenzee, waar ze dan te maken krijgen met de processen zoals beschreven onder opties 1-5. Deze opties hangen alle wel samen met visserijeffecten en kunnen als volgt worden samengevat:

optie	proces	gem. grootte op beviste banken	gem. leeftijd op beviste banken
1	Groei goed op goede groeiplekken	groot	onveranderd
2	Groeiversnelling na wegvissen kokkels	groot	onveranderd
3	Selectieve sterfte door visserij	groot of klein	oud of jong
4	Problemen met settlement na visserij	groot	oud
5	Verbeterd settlement na visserij	klein	jong

In vier van de vijf gevallen wordt dus op beviste kokkelbanken een relatief grote gemiddelde grootte verwacht, los van de absolute dichtheden. Verschillende opties kunnen hierbij samen gaan en elkaar versterken. Optie 5 leidt tot gemiddeld kleine en jonge nonnetjes na bevissing, doordat er weer ruimte komt voor nieuwe aanwas die voorafgaand aan de bevissing, bij de nog hoge kokkeldichtheden ontbrak. Een verlaging van de gemiddelde lengte en leeftijd kan ook komen door selectieve visserijsterfte (optie 3), doordat selectief de oude, grotere nonnetjes worden opgevisst en afgevoerd. Om na te gaan of er een visserijeffect is op de grootte of de leeftijd van nonnetjes ter plaatse, zijn deze twee parameters zo nauwkeurig mogelijk bepaald. Hiertoe zijn de in de steekbuismonsters gevonden nonnetjes na het opmeten aan boord meteen diepgevroren, en later opnieuw opgemeten en op leeftijd gebracht. Beschadigde exemplaren zijn niet bewaard, reden waarom de totale aantallen iets kleiner zijn dan oorspronkelijk aan boord van de schepen gemeten aantallen (fig. 35). Voordeel van deze tweede meetronde is dat deze verricht is door veel minder mensen (twee, onder leiding van een derde: Pieterella Luttikhuisen, NIOZ), waardoor variatie tussen waarnemers is gereduceerd.



*Figuur 35. Aantallen nagemeten nonnetjes per verzamelmonster (kokkelbank), uitgezet tegen de aantallen aan boord gemeten nonnetjes (X-as) voor 2000 en 2001. De getrokken lijn representeert  $y=x$ . De meeste punten liggen onder de getrokken lijn  $y=x$ , dus liggen de aantallen nagemeten nonnetjes over het algemeen iets lager dan de aantallen die in het veld gevonden werden.*

Per jaar worden de volgende variabelen geanalyseerd: (1) het aantal nonnetjes, (2) de gemiddelde lengte van de nonnetjes voor die banken waar nonnetjes gevonden zijn, (3) het gemiddelde aantal groeivlakken van de nonnetjes voor die banken waar nonnetjes gevonden zijn als maat voor de leeftijd. Breedte en dikte van de nonnetjes zijn (nog) niet geanalyseerd. Alle, per jaar berekende, correlaties tussen lengte, breedte en dikte zijn groter dan 0,965. De lengte, en niet de breedte of de dikte, wordt geanalyseerd omdat voor deze grootste maat de relatieve meetfout het kleinst is, en de lengte het minst ontbreekt, namelijk in 14 gevallen. Het aantal groeivlakken heeft slechts één ontbrekende waarneming. De variabelen 2 en 3 zijn gemiddelden over een wisselend aantal nonnetjes, waarbij gemiddelden over veel nonnetjes

natuurlijk nauwkeuriger zijn dan gemiddelden over weinig nonnetjes. Daar wordt in de analyse geen rekening mee gehouden.

Alle variabelen worden geanalyseerd met een gegeneraliseerd lineair model met Poisson verdeling, log-link en overdispersie. Voor de variabele 1 (aantallen) wordt als offset genomen de logaritme van het aantal punten waarop het verzamelmonster is gebaseerd. Voor de aantallen mag immers aangenomen worden dat ze evenredig zijn met de grootte van het verzamelmonster. Grafieken van residuen tegen gefitte waarden gaven steeds aan dat de Poisson veronderstelling adequaat is. In elke analyse wordt gecorrigeerd voor verschillen tussen het open en gesloten gebied, en tevens voor %Droog en Sediment.

Net als in de eerdere analyses wordt getoetst of de bevissingseffecten voor de verschillende jaren gelijk zijn. Indien de hypothese van gelijke effecten niet verworpen kan worden, dan wordt de gesommeerde bevissing genomen als verklarende variabele.

#### 4.8.1 Nonnetjes-2000

De kengetallen voor 2000 van de variabelen uitgesplitst naar de drie categorieën van bevissing zijn gegeven in tabel 41. De aantallen nonnetjes zijn beschikbaar voor alle 139 banken. De beide andere variabelen zijn slechts beschikbaar voor 132 banken omdat er 7 banken zijn zonder nonnetjes. Dit betreft de banken 18113-2a, 18114b-12b, 18117-19, 18117-19a, 18117-5new, 18124-23a en 18124-49 (zie ook Bijlage). Deze cijfers laten hogere gemiddelde en mediane gemiddelde lengtes en leeftijden zijn in de open gebieden ten opzichte van de gesloten gebieden, en binnen de open gebieden hogere gemiddelde en mediane gemiddelde lengtes en leeftijden op de beviste kokkelbanken (zie grijze velden in tabel 41).

Tabel 41. Kengetallen voor de later nagemeten nonnetjes, voor 2000.

Aantal	Nbanken	Maximum	Gemiddeld	Mediaan	75%punt	90%punt	95%punt
Gesloten	36	115	24,9	16,5	40,0	55,8	69,3
Open Onbevist	46	120	20,1	11,0	22,0	40,4	71,0
Open Bevist	57	102	21,3	12,0	25,2	59,2	95,6
Gem. Lengte							
Gesloten	34	17	12,1	12,3	13,2	13,9	14,4
Open Onbevist	45	18	13,0	13,4	14,6	14,9	15,6
Open Bevist	53	23	14,5	13,8	16,1	19,0	20,6
Gem. Leeftijd							
Gesloten	34	5	3,0	2,9	3,4	3,8	3,9
Open Onbevist	45	5	3,3	3,1	3,7	4,1	4,9
Open Bevist	53	8	4,0	3,6	4,4	5,6	6,9

De toets op een gelijk effect van de bevissing in 1998 en in 1999 wordt voor alle 3 de variabelen verworpen (p-waarden respectievelijk 0,010, 0,025 en 0,025). In het regressiemodel wordt dus zowel de bevissing in 1998 als de bevissing in 1999 opgenomen. De parameterschattingen zijn als volgt, waarbij de betrouwbaarheidsintervallen voor  $\theta$  gegeven zijn achter de betreffende parameterschattingen (NB:  $\theta_{2000}$  wordt geschat op 4,1):

Aantal nonnetjes	Schatting	Stand.Afw.	P-waarde	
Constante	0,01267	0,18071	0,944	
Open vs Gesloten	0,06491	0,19996	0,745	
%Droog	0,02873	0,00645	0,000	
Sedim	-0,02038	0,00199	0,000	
Kokkel ( $\kappa$ )	0,01141	0,00264	0,000	Betrouwbaarheidsinterval $\theta$
Bevissing 98 ( $\beta$ )	-0,02322	0,02002	0,246	(-6,63 , 1,46)
Bevissing 99 ( $\beta$ )	0,03964	0,01122	0,000	(1,44 , 7,33)
Gem. Lengte	Schatting	Stand.Afw.	P-waarde	
Constante	2,48332	0,04136	0,000	
Open vs Gesloten	0,13029	0,04577	0,004	
%Droog	-0,00394	0,00105	0,000	
Sedim	-0,00034	0,00045	0,454	
Kokkel ( $\kappa$ )	0,00068	0,00086	0,426	Betrouwbaarheidsinterval $\theta$
Bevissing 98 ( $\beta$ )	0,00594	0,00303	0,050	( $-\infty$ , -3,61) en (0,01 , $\infty$ )
Bevissing 99 ( $\beta$ )	-0,00400	0,00277	0,149	Onbepaald
Gem. Leeftijd	Schatting	Stand.Afw.	P-waarde	
Constante	1,09348	0,06387	0,000	
Open vs Gesloten	0,19608	0,07028	0,005	
%Droog	-0,00635	0,00155	0,000	
Sedim	0,00056	0,00067	0,406	
Kokkel ( $\kappa$ )	0,00046	0,00134	0,731	Betrouwbaarheidsinterval $\theta$
Bevissing 98 ( $\beta$ )	0,00631	0,00442	0,154	Onbepaald
Bevissing 99 ( $\beta$ )	-0,00855	0,00427	0,045	( $-\infty$ , -0,30) en (1,50 , $\infty$ )

Voor alle analyses geldt dat de schatting van het effect van bevissing in 1998 tegengesteld is aan de schatting voor 1999. %Droog is significant in alle analyses. Sediment is alleen significant voor de aantallen. Het Gebiedseffect is alleen significant voor de gemiddelde variabelen lengte en leeftijd.

De regressiecoëfficiënten voor het *Aantal nonnetjes*, en ook de betrouwbaarheidsintervallen, zijn vergelijkbaar met de eerder gerapporteerde coëfficiënten op basis van de meteen aan boord getelde aantallen. Dezelfde conclusies kunnen dan ook getrokken worden: een negatief effect van de bevissing in 1998, maar géén significant effect van de bevissing in 1999. Met  $\theta_{2000}=4,1$  is het effect op log-schaal van één eenheid bevissing in 1998 gelijk aan  $\beta-4,1\kappa$ , en dit is gelijk aan  $-0,070$ . Het multiplicatieve effect van een hoeveelheid bevissing van 20 is dan gelijk aan  $e^{(20 \times -0,070)} = 0,25$ .

Voor zowel de *Gemiddelde Lengte* als voor de *Gemiddelde Leeftijd* geldt dat de coëfficiënten voor kokkels niet significant zijn, waardoor het moeilijk is om duidelijke conclusies te trekken op grond van de (zeer brede of zelfs onbepaalde) 95%betrouwbaarheidsintervallen voor theta. Toch is er, onder de veronderstelling dat er geen relatie is tussen de gemiddelde lengte van de nonnetjes en het aantal kokkels ( $p=0,426$ ), een aanwijzing ( $p=0,05$ ) voor een toenemende gemiddelde lengte van de nonnetjes in 2000 door een toenemende bevissing in 1998. Dit wijst dus op een door visserij veroorzaakte, toename van de gemiddelde lengtes op de Open, Beviste banken. Dit geldt niet voor de bevissing in 1999 (geen significantie). De resultaten voor de gemiddelde leeftijd laten, ook onder de veronderstelling dat er geen relatie is tussen de gemiddelde leeftijd van de nonnetjes en het aantal kokkels ( $p=0,731$ ), een negatief effect zien van de bevissing van 1999 ( $p=0,045$ ; gemiddeld kleinere nonnetjes op de Open, Beviste banken), maar niet van de bevissing van

1998. Er zijn dus aanwijzingen dat de nonnetjes op in 1998 beviste banken groter waren dan verwacht en jonger dan verwacht op in 1999 beviste banken.

#### 4.8.2 Nonnetjes-2001

De kengetallen voor 2001 van de variabelen uitgesplitst naar de drie categorieën van bevissing zijn gegeven in tabel 42. De aantallen zijn weer beschikbaar voor alle 139 banken. De beide andere variabelen zijn slechts beschikbaar voor 130 banken omdat er 9 banken zijn waar geen nonnetjes werden gevonden. Dit betreft de banken 18113-2a, 18113-3c, 18114-12, 18117-19, 18117-19a, 18117-4, 18117-5new, 18124-12 en 18125-5e. Het beeld ten aanzien van de lengtes is hetzelfde als in 2000: een grotere gemiddelde en mediane lengte van Open gebieden en hierbinnen een toename op de Beviste banken. Ten aanzien van de leeftijden (aantallen groeivlakken) ligt de zaak iets minder duidelijk: in de Open gebieden zijn de nonnetjes wel iets ouder, maar verder er is hier geen gemiddeld of mediaan leeftijdsverschil meer tussen de Onbeviste en Beviste banken (zie grijze velden in tabel 42).

Tabel 42. Kengetallen voor de later nagemeten nonnetjes, voor 2001.

Aantal	Nbanken	Maximum	Gemiddeld	Mediaan	75%punt	90%punt	95%punt
Gesloten	36	57	17,9	11,0	31,0	39,6	53,0
Open Onbevist	43	102	14,2	9,0	18,8	27,2	53,8
Open Bevist	60	114	18,2	9,5	22,5	47,5	74,0
Gem. Lengte							
Gesloten	34	17	12,9	13,1	13,6	15,4	16,2
Open Onbevist	41	18	13,3	13,5	14,4	16,0	16,8
Open Bevist	55	21	14,5	13,9	16,2	19,1	19,8
Gem. Leeftijd							
Gesloten	34	5	3,4	3,4	3,7	4,3	4,5
Open Onbevist	41	6	3,7	3,6	4,2	4,9	5,6
Open Bevist	55	6	3,7	3,5	4,2	5,0	5,6

De paarsgewijze toetsen op gelijkheid van bevissingseffecten in 1998, 1999 en 2000 geven voor alle 3 de variabelen vergelijkbare resultaten. Er moet een onderscheid gemaakt worden tussen enerzijds de bevissing in 1998 en anderzijds de gesommeerde bevissing over 1999 en 2000. Ditzelfde onderscheid is gemaakt in de eerdere analyse van het aantal (aan boord getelde) nonnetjes. De parameterschattingen zijn als volgt, waarbij de betrouwbaarheidsintervallen voor  $\theta$  gegeven zijn achter de betreffende parameterschattingen (NB:  $\theta_{2001}$  wordt geschat op 2,4):

Aantal nonnetjes	Schatting	Stand.Afw.	P-waarde	
Constante	-0,22270	0,14456	0,123	
Open vs Gesloten	-0,11662	0,16347	0,476	
%Droog	0,03031	0,00619	0,000	
Sedim	-0,01817	0,00154	0,000	
Kokkel ( $\kappa$ )	0,00941	0,00292	0,001	Betrouwbaarheidsinterval $\theta$
Bevissing 98 ( $\beta$ )	-0,02610	0,01943	0,179	(-10,37 , 1,33)
Bevissing 9900 ( $\beta$ )	0,03382	0,00624	0,000	(1,85 , 9,64)
Gem. Lengte	Schatting	Stand.Afw.	P-waarde	
Constante	2,56685	0,03399	0,000	
Open vs Gesloten	0,06359	0,03916	0,104	
%Droog	-0,00220	0,00106	0,038	
Sedim	-0,00027	0,00036	0,451	
Kokkel ( $\kappa$ )	-0,00037	0,00107	0,732	Betrouwbaarheidsinterval $\theta$
Bevissing 98 ( $\beta$ )	0,01139	0,00281	0,000	( $-\infty$ , -3,94) en (5,94 , $\infty$ )
Bevissing 9900 ( $\beta$ )	-0,00483	0,00183	0,008	( $-\infty$ , -2,06) en (1,19 , $\infty$ )
Gem. Leeftijd	Schatting	Stand.Afw.	P-waarde	
Constante	1,26594	0,04689	0,000	
Open vs Gesloten	0,05430	0,05389	0,314	
%Droog	-0,00029	0,00148	0,846	
Sedim	-0,00079	0,00050	0,112	
Kokkel ( $\kappa$ )	-0,00259	0,00157	0,098	Betrouwbaarheidsinterval $\theta$
Bevissing 98 ( $\beta$ )	0,00755	0,00406	0,063	( $-\infty$ , -0,16) en (14,33 , $\infty$ )
Bevissing 9900 ( $\beta$ )	-0,00693	0,00256	0,007	( $-\infty$ , -13,91) en (0,60 , $\infty$ )

Voor alle analyses geldt opnieuw dat de schattingen van de twee bevissingseffecten tegengesteld van teken zijn. Er zijn nu geen significante gebiedseffecten. %Droog en Sediment zijn zeer significant voor de aantallen nonnetjes; %Droog is verder nog significant voor de gemiddelde lengte van de nonnetjes.

De regressiecoëfficiënten voor het *Aantal nonnetjes*, en ook de betrouwbaarheidsintervallen, zijn vergelijkbaar met de eerder gerapporteerde coëfficiënten op basis van de aan boord bepaalde aantallen. Ook nu geeft bevissing in 1998 een duidelijke reductie van het aantal nonnetjes. Met  $\theta_{2001}=2,4$  is het effect op log-schaal van één eenheid bevissing in 1998 gelijk aan  $\beta-2,4\kappa$ , en dit is gelijk aan  $-0,0487$ . Het multiplicatieve effect van een hoeveelheid bevissing van 20 is dan gelijk aan  $e^{(20 \times -0,0487)} = 0,38$ . De bevissingen van 1999 en 2000 gecombineerd hebben geen duidelijk effect op de aantallen nonnetjes.

Voor de *Gemiddelde Lengte* geldt dat er geen significante relatie is met aantallen kokkels ( $p=0,732$ ). Bevissing 98 heeft echter een zeer significante, positieve relatie met de gemiddelde lengte van de nonnetjes, bij een tegengesteld teken als voor het kokkel effect. Dit leidt tot relatief nauwe 95%betrouwbaarheidsinterval voor theta, waar  $\theta_{2001}$  (2,4) ruim buiten valt. Ook onder de veronderstelling dat er geen relatie is tussen de aantallen kokkels en de gemiddelde lengte van nonnetjes, is er een sterk positief effect van Bevissing98 op de gemiddelde lengte van de nonnetjes ( $p=0,000$ ). De bevissingen van 1999 en 2000 leiden echter juist tot een kleinere gemiddelde lengtes van de nonnetjes, maar alleen onder de aanname dat er geen significant kokkel effect



is, want  $\theta_{2001}$  valt binnen het bovenste deel van het 95%betrouwbaarheidsinterval. Een bevissing met 20 eenheden in 1998 geeft een multiplicatieve toename van de gemiddelde lengte tot  $e^{(20 \times 0,01228)} = 1,29$  en in 1999/2000 een afname tot  $e^{(20 \times -0,00394)} = 0,92$ .

Voor het *Gemiddelde Aantal Groeivlakken* geldt dat er geen sterk significante relatie is met aantallen kokkels ( $p=0,098$ ). De aanname dat er geen relatie is tussen de kokkeldichtheden en gemiddelde leeftijd van de nonnetjes op een bank in het gesloten gebied kan dus gemaakt worden en onder deze aanname is er een lichte aanwijzing is dat bevissing in 1998 samengaat met een grotere gemiddeld leeftijd van de nonnetjes op de Open Beviste banken (0,063). Op grond van het 95%betrouwbaarheidsinterval voor  $\theta$  is deze aanwijzing sterker, want  $\theta_{2001}=2,4$  valt hier ruim buiten. Het effect op log-schaal van één eenheid bevissing in 1998 gelijk aan  $\beta=2,4\kappa$ , en dit is gelijk aan 0,01377. Het multiplicatieve effect van een hoeveelheid bevissing van 20 is dan gelijk aan  $e^{(20 \times 0,01792)} = 1,32$ . Het betrouwbaarheidsinterval voor  $\theta$  voor bevissing in 1999/2000 is zo ruim dat niet geconcludeerd kan worden dat er een bevissingseffect 1999/2000 is. Op grond van de aanname dat er geen significant kokkel effect is, zou gesteld kunnen worden dat er een significant (0,007) negatief effect op de gemiddelde leeftijd van de nonnetjes, maar omdat  $\kappa$  niet ver van significantie afzit ( $p=0,098$ ), is deze aanwijzing niet sterk.

De eerste conclusie van bovenstaande analyses is, dat in de gesloten gebieden hogere dichtheden van kokkels samengaan met hogere dichtheden van nonnetjes, waarbij er geen significante relatie is tussen kokkeldichtheid en de gemiddelde lengte of leeftijd van de nonnetjes. Er lijken dus wel goede plekken voor kokkels en nonnen te zijn in termen van aantallen, maar niet in termen van groei. Op de banken die in 1998 bevestigd werden waren na de visserij de nonnetjes gemiddeld duidelijk groter en mogelijk ook iets ouder dan verwacht. Deze verschuiving kan op twee manieren zijn opgetreden: door selectieve visserijsterfte van de jongste, kleinste nonnetjes op de bevestigde banken (optie 3); of door problemen met settlement, dus verminderde jonge aanwas na de visserij (optie 4). Hiermee in volledig contrast staan de gevonden effecten van de visserij in 1999 en 2000: deze lijken juist een kleinere gemiddelde grootte en een lagere gemiddelde leeftijd te hebben veroorzaakt bij de nonnetjes. Een dergelijke verschuiving kan ook optreden volgens optie (3), maar nu door selectieve visserijsterfte van de grote, oude nonnetjes. Het gevonden effect kan echter ook optreden via optie (5): verbeterde vestigingsmogelijkheden voor jong nonnenbroed. De tweede conclusie is daarom, dat er weliswaar aanwijsbare visserijeffecten zijn op de lengtes en leeftijden van nonnetjes, maar dat deze effecten niet eenduidig zijn. Er zijn dus vermoedelijk additionele gebiedseffecten die het effect van visserij mede beïnvloeden en die door het gebruikte model niet adequaat worden meegenomen. Op de banken waar in 1998 gevestigd is, dus op de banken waar de groei van de kokkels zo goed was dat ze al na anderhalf jaar een marktwaardige grootte bereikt hadden, waren de effecten tegengesteld aan die op plaatsen waar later gevestigd is, dus waar de groei van kokkels ook minder goed was.

## 4.9 De resultaten samengevat

In onderstaande tabel 43 zijn de resultaten samengevat. Voor iedere getoetste soort/bodemkarakteristiek is per jaar van veldwerk (2000 of 2001) gegeven of er een bevissingseffect (positief of negatief) was. Hierbij staat 'positief' voor een toename van de betreffende grootte (bijvoorbeeld: dichtheid aan kokerwormen) bij een toename van de hoeveelheid bevissing. Voor die gevallen, waarbij er geen direct effect van de kokkelvisserij aanwijsbaar was, is het niveauverschil tussen de open en gesloten gebieden gegeven, met bijbehorende (P-waarde). Hierbij betekent een waarde van bijvoorbeeld 0,49 in de kolom: 'Niveau open' dat de dichtheid in de open gebieden 0,49 maal die van de dichtheid in de gesloten gebieden was, voor een situatie met mediane omgevingsomstandigheden (sediment en droogligtijd), zonder kokkels of visserij. Deze kolom is alleen gevuld voor situaties waarvoor geen significant visserijeffect werd gevonden omdat de niveauverschillen dan een meer algemene geldigheid hebben. Significante niveauverschillen zijn weergegeven door de P-waarde in 'vet' weer te geven. In de kolom 'jaar' staat het jaar van bemonstering weergegeven; als er verschillende effecten gevonden zijn van de visserij in verschillende jaren, staat dit op verschillende regels aangegeven.

Tabel 43. Samenvatting van de resultaten.

Analyse	jaar	Visserij effect	Niveau open	P
Kokerwormen	2000	geen (9899)	0,49	0,058
	2001	positief (9899)		
	2001	geen (00)	0,55	0,080
Wadpieren	2000	geen (9899)	0,54	0,000
	2001	positief (989900)		
Mosselkluutjes	2000	negatief (9899)		
	2001	negatief (989900)		
Wapenwormen	2000	geen (9899)	1,10	0,734
	2001	geen (989900)	1,06	0,828
Kleine wormpjes	2000	negatief (98)		
	2000	geen (99)	2,09	0,046
	2001	negatief (989900)		
Nonnetjes	2000	negatief (98)		
	2000	geen (99)	1,10	0,620
	2001	negatief (98)		
	2001	geen (9900)	0,92	0,570
Zeeduizendpoot	2001	positief (989900)	0,62	0,033
Bodem: Tarra				
grof	2000	geen	0,89	0,716
	2001	geen	0,89	0,698
grof+middel	2000	geen	0,91	0,752
	2001	geen	0,90	0,729
grof+middel+fijn	2000	geen	0,78	0,407
	2001	geen	0,86	0,584
Kokerwormen-kokers	2000	geen (98)	0,37	0,000
	2000	positief (99)		
	2001	geen (9899)	0,82	0,435
	2001	negatief (00)		

## 5 Discussie

De eerste vraag, die bij ieder onderzoek gesteld dient te worden, is of de onderzoeksopzet deugt.

Bij het hier gerapporteerde onderzoek, naar de effecten van kokkelvisserij in de Waddenzee, valt zeker het een en ander op te merken:

1. Er kon geen nulsituatie van de verschillende onderzochte locaties bepaald worden, omdat deze zo ver in het verleden ligt dat deze niet meer te achterhalen is. Het meest voor de hand liggende alternatief, van een nulstudie op de nu bestudeerde kokkelbanken in voorjaar 1998, na enige tijd zonder kokkelvisserij, en na een broedval die weer voor het eerst in jaren goed was, is gemist, doordat deze studie pas in 1999 werd opgezet. Er waren in 1999 twee meer ingrijpende alternatieven denkbaar, maar deze werden beide als onhaalbaar gezien. De eerste mogelijkheid was die van grootschalig, experimenteel vissen in de gesloten gebieden: dit was onbespreekbaar voor de natuurbeschermingsorganisaties. De tweede was een uitstel van het onderzoek en tevens een zeer langjarige sluiting van alle vormen van bodemberoerende visserij, zodat zich in alle te onderzoeken deelgebieden een 'nulsituatie' zou hebben hersteld. Deze mogelijkheid was onbespreekbaar voor de visserij. Er moest dus gewerkt worden in een situatie die –voor onderzoek- verre van optimaal was. Daar komt nog bij dat:
2. De verdeling van visserij-inspanning over de Waddenzee in de jaren vóór de sluiting van circa een kwart van de Waddenzee niet of nauwelijks bekend was; en dat
3. De toewijzing van de gesloten gebieden niet gedaan is ten behoeve van onderzoek, maar ten behoeve van natuurbescherming (De Vlas 2000), met inachtneming van andere belangen. De uitkomst van het selectieproces leverde wel een reeks van gesloten gebieden op met een voor de Waddenzee gemiddelde kans op het voorkomen van mosselen en kokkels over de Waddenzee (De Vlas 2000), maar ten aanzien van een aantal andere zaken was de selectie van de gebieden zeker a-select. Er werd namelijk getracht vooral '*de meest belangrijke gebieden*' te sluiten. In de praktijk kwam dit neer op sluiting van zo veel mogelijk gebieden met zeegras (Groninger kust, Terschellinger wad, De Hond/De Paap, en een rustig wadgedeelte waar Bergeenden ruien (Breehorn). Daarnaast werden enkele gebieden waarin langlopend benthos onderzoek plaatsvond gesloten ('Ecoplots'). Alle gesloten gebieden, op één na (Ecoplot Piet Scheveplaat) liggen perifeer in de Nederlandse Waddenzee: het Balgzand/de Breehorn in het westen; het Terschellinger wad in het noorden; het wantij van de Rottums en De Hond/De Paap in het oosten en het Groninger wad aan de vasteland zijde. Enkele van deze gebieden zijn uitzonderlijk vanwege het nog voorkomen van zeegras, dan wel een grote kans dat zich opnieuw zeegras zal vestigen (het Balgzand: Philippart et al., 1992; De Jonge et al., 2000). Naast deze veelal beschut gelegen beschermde gebieden staat de aanwijzing van de Piet Scheveplaat in de centrale Waddenzee en het hele wantij van Rottum, dat echter weer werd aangemerkt als een 'nog relatief ongerept gebied' en dat bovendien binnen de

Nederlandse Waddenzee een relatief grote getij-amplitude heeft. Navraag bij Jaap de Vlas (pers. comm. leerde, dat met 'ongerept' niet werd bedoeld dat zich daar een ongestoord, rijk bodemleven bevond, maar dat vervuiling en toerisme hier niet het niveau haalde van de meer westelijk gelegen delen van de Waddenzee. Al met al zijn, met uitzondering van de Piet Scheveplaat (die voor dit onderzoek één kokkelbank bevatte) nogal 'speciale' gebieden voor bescherming aangewezen en de vraag kan dus gesteld worden of de beschermde gebieden niet te zeer afwijken van de resterende, open gebleven gebieden voor een goede vergelijking. Het enige houvast is, dat de aanwijzer zelf in zijn notitie geeft, bestaat uit de opmerking dat de kansen op het voorkomen van kokkels en mossels in de te sluiten gebieden gelijk leken aan die van de Waddenzee als geheel, en dat door deze aanwijzing: *"geen van beide partijen (visserij of natuurbeschermers) op slinkse wijze werd bevoordeeld"* (de Vlas 2000). Er worden echter geen cijfers gepresenteerd die dit 'gegeven' nader onderbouwen. Er werd in dit onderzoek juist gevonden (paragraaf 3.1) dat er in de gesloten gebieden relatief weinig laag gelegen kokkelbanken waren en dat dergelijke banken in de open gebieden vooral in het eerste jaar werden bevist.

4. Nog tijdens het onderzoek werden extra gebieden voor de visserij gesloten, waarvan een aantal kokkelbanken bevatten die in het EVA-2 onderzoek waren opgenomen. Voor het onderzoek was dit een extra complicatie.
5. Binnen de voor visserij opengestelde gebieden, werd de visserij volledig door de vissers bepaald en niet door het onderzoeksteam. Dit leidde tot allerlei, slechts ten dele begrepen, selectiemechanismen van de visserij ten opzichte van de volgorde waarin de banken in opeenvolgende jaren werden afgewerkt. Dit kan weer geleid hebben tot verschillen in interacties tussen visserijeffecten en gebied, omdat zowel de beviste gebieden van jaar op jaar verschilden, als de kwaliteit van die gebieden in termen van kokkeldichtheid en kokkelkwaliteit. Omdat er veelal relaties bleken te bestaan (in de gesloten gebieden) tussen kokkeldichtheid en dichtheden van andere organismen, zijn wellicht ook deze andere soorten min of meer in volgorde van dichtheid over de banken afgewerkt. Een effect dat in het eerste jaar gevonden wordt (op banken met de beste groei van kokkels, veelal bij hoge kokkeldichtheden en deels op relatief laag gelegen locaties) hoeft daarom niet op dezelfde wijze door te werken in volgende jaren.

De studieopzet kan om deze redenen niet gezien worden als een goed opgezet experiment. Het onderzoek kon slechts 'volgend' zijn, binnen de geboden mogelijkheden. Dit leidde tot een aanpak, waarbij eerst de relatie tussen de doelsoort van de visserij, de kokkel, en de te onderzoeken andere factor (een andere soort of een sedimentkarakteristiek) werd vastgesteld in de gesloten gebieden, om vervolgens voor de open gebieden na te gaan of deze relatie veranderd was. Het probleem dat de aantallen kokkels in de open gebieden op het moment van visserij onbekend waren werd hierbij opgelost door aan te nemen, dat een bepaalde hoeveelheid kokkels in de open gebieden, ná het visserijseizoen, overeen zou komen met een bepaalde hoeveelheid visserij-inspanning in het open gebied. Hierdoor kon de relatie die eerst in de gesloten gebieden werd vastgesteld vergeleken worden met 'dezelfde' relatie in de opengebieden, waarbij de te onderzoeken grootte in de gesloten gebieden werd gekoppeld aan kokkeldichtheid en in de open gebieden aan visserijdruk. Deze complexe aanpak behoeft een speciaal voor dit probleem ontwikkelde statistische

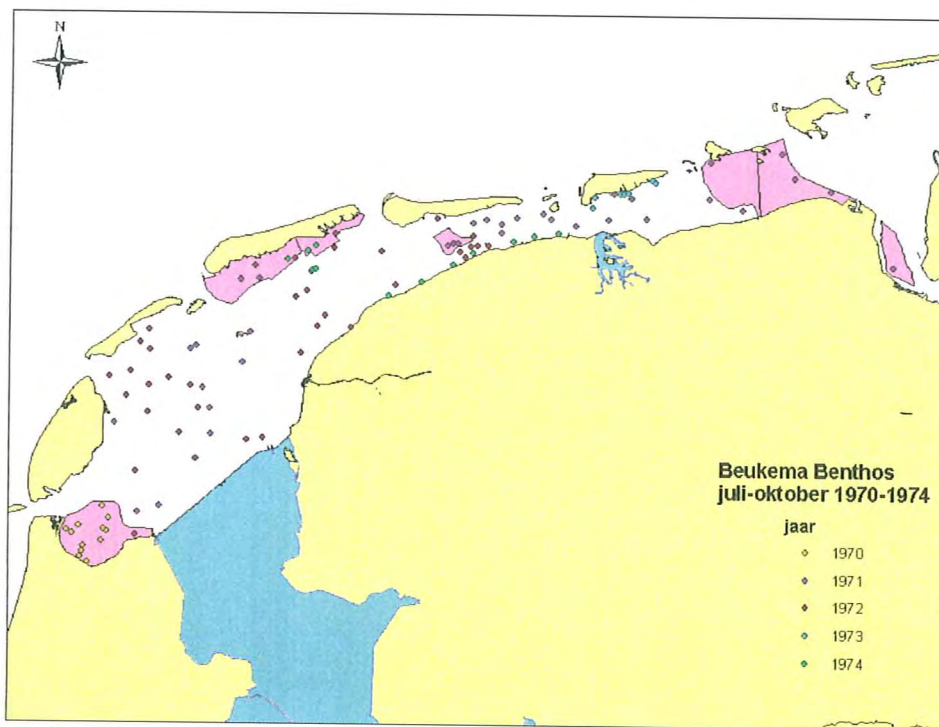
toetsgrootte  $\theta$  die voor de open gebieden werd uitgedrukt als  $\beta/\kappa$ , het effect van visserij gedeeld door het effect van (de relatie met) kokkeldichtheid. Getoetst werd of deze  $\theta = \beta/\kappa$  afweek van de veronderstelde werkelijke waarde van  $\theta$ , die een veronderstelde constante verhouding vertegenwoordigde tussen de hoeveelheid bevissing  $B$  en de hoeveelheid kokkels  $K$ . Om de verhouding tussen  $B$  en  $K$  te schatten werden een aantal hoge waarden voor  $B$  in het open gebied vergeleken met corresponderende hoge waarden voor  $K$  in het gesloten gebied; hierbij leek steeds het 95% punt van de verdelingen van deze waarden een redelijke schatting op te leveren. In feite werd dus getoetst of  $\beta/\kappa$  statistisch afweek van  $B/K$ , waarbij nog werd gecorrigeerd voor de omgevingsvariabelen mediane korrelgrootte en droogligtijd. Hierbij is echter duidelijk, dat het model niet alle omgevingsvariatie meeneemt en dat de relatie tussen  $B$  en  $K$  door meer wordt beïnvloed dan door uitsluitend het aantal kokkels: kokkelgrootte en -kwaliteit spelen ook mee (en zijn ook nog gerelateerd aan omgevingsvariatie). Een beter statistisch model was met de beschikbare informatie echter niet te construeren. Een en ander is het gevolg van de moeizame onderzoeksopzet. De voor dit probleem speciaal ontwikkelde statistische benadering is wellicht voor de liefhebber een interessant novum, voor het inzicht in het probleem: 'is er al dan niet een effect van kokkelvisserij' (binnen de open gebieden en voor de periode 1997-2001), ware het een stuk eenvoudiger geweest als de 'behandeling' bevissing (wel/niet) door de onderzoeker of door de overheid verloot zou zijn over de kokkelbanken. In dat geval zou namelijk de nulhypothese 'Er is geen verschil tussen beviste en onbeviste banken' zonder problemen getoetst kunnen worden met een variantie analyse met één behandeling op 2 niveaus, al dan niet voorzien van omgevingsparameters als co-varianten. Ook de vraag of er, na circa 10 jaar van bevissing in de open gebieden, versus 10 jaar geen visserij in de gesloten gebieden, een door visserij veroorzaakt verschil is ontstaan tussen deze beide categorieën van gebieden, had op eenvoudige en niet mis te verstane wijze kunnen worden beantwoord, indien het toewijzen van open en gesloten gebieden in 1993 op een willekeurige wijze had plaatsgevonden. Aan deze voorwaarden is echter niet voldaan, en de nu toegepaste, veel ingewikkelder analyse methode was hierdoor noodzakelijk.

In de modellen wordt steeds gecorrigeerd voor de omgevingsparameters sediment (uitgedrukt in mediane korrelgrootte, die ter plaatse werd bepaald, onder de (onderzochte) aanname dat mediane korrelgrootte niet door visserij verandert) en voor het percentage droogvaltijd (verkregen uit een door RWS geëxtrapoleerd, vrijwel Waddenzee-breed grid). In de analyses wordt, voor een zuivere vergelijking, steeds toegerekend naar een vast niveau (op log-schaal) voor de gesloten gebieden, voor een punt met een virtuele kokkeldichtheid van 0 (virtueel, want er werd gewerkt op kokkelbanken, waar de dichtheden in principe groter dan 0 waren), zonder visserij (per definitie) en met een (algemeen gemiddelde) mediane korrelgrootte van 165 en een percentage droogvaltijd van 45. De parameter  $\alpha_2$  ('Open vs Gesloten' in de parameter tabellen) in het model representeert dan het verschil tussen de open en gesloten gebieden op een dergelijk punt. NB: Een eventueel significant verschil van  $\alpha_2$  kan veroorzaakt zijn door een langjarig bevissingseffect, of doordat het gesloten gebied inherent anders is dan het open gebied, een verschil in interpretatie dat door het ontbreken van goede nulmetingen ernstig wordt gecompliceerd.

Een belangrijke vraag is nu dus, of er bij het instellen van de gesloten gebieden structurele verschillen waren tussen de open blijvende, en te sluiten gebieden. Goed beschouwd kan deze vraag niet beantwoord worden; daarvoor had vlak voor de sluiting een goede nulmeting uitgevoerd moeten worden. Er zijn echter meerdere aanwijzingen dat de verschillen niet zeer groot waren:

1. Ten eerste waren de verwachte hoeveelheden aan kokkels en mosselen in de te beschermen gebieden ten tijde van de sluiting niet anders dan op grond van hun gezamenlijke oppervlak verwacht mochten worden, stelt de Vlas (2000). Vóór 1993 werd in de thans gesloten gebieden dan ook volop op kokkels gevist en ook in deze zin weken ze niet af van de rest van de Waddenzee. Voor kokkels (op kokkelbanken in de nu gesloten gebieden) is in deze studie vastgesteld, dat hun dichtheden veelal gecorreleerd waren met de dichtheden van andere biota, dus ook deze zouden in de gesloten gebieden in 'normale' hoeveelheden zijn voorgekomen, ten tijde van de sluiting.
2. Ten tweede werd door Beukema (1976) in een unieke, Waddenzee-brede bemonstering van vele benthos-soorten gevonden, dat er binnen de Waddenzee geen duidelijk patroon bestaat van rijke en arme gebieden, behalve een algemene trend dat gebieden die zeer centraal in de (westelijke) Waddenzee zijn gelegen, relatief arm zijn, evenals zeer hoog op het wad, dicht bij de kust gelegen gebieden. Van de in 1993 gesloten gebieden geeft Beukema (1976, fig. 1) aan, dat het Balgzand relatief rijk was, het Terschellinger wad relatief arm, De Piet Scheveplaat rijk, en de Groninger kust en wantij van Rottum geven een gemengd, dus vermoedelijk redelijk gemiddeld beeld. Er is na deze min of meer synoptische bemonstering van de hele Waddenzee (juli-oktober 1970-74, zie figuur 36) nooit meer een dergelijke grootschalige bemonstering uitgevoerd. Wel zijn in de jaren 1971, 1972, 1977 en 1987 stations verdeeld over de hele westelijke Waddenzee op benthos bemonsterd, ter vergelijking (Beukema, 1989). Blijkbaar vond men het Balgzand, dat *in extenso* werd gevolgd, voldoende representatief voor de Waddenzee als geheel (maar NB: er is zo goed als geen onderzoek gedaan op het wantij van de Rottums, het grootste thans gesloten gebied). Men is meer geïnteresseerd in effecten van strenge winters, klimaatverandering en eutrofiëring, die alle inwerken op een groot schaalniveau, dan in onderlinge verschillen in locaties binnen de Waddenzee. Effecten van eutrofiëring, die in het westelijk gelegen Balgzand vermoedelijk sterker waren en langer hebben doorgewerkt (in onnatuurlijke hoge biomassa's aan bodemleven) waren aldaar tegen de tijd van de gebiedssluiting in 1993 al weer sterk op hun retour (Beukema et al., 1993). Recent is echter door Kamermans et al. (2003a) tegen de notie dat de gesloten gebieden een gemiddeld beeld geven voor de hele Waddenzee ingebracht, dat de *groei* van kokkels, op basis van gewichtsgegevens verzameld door het NIOZ en RIKZ in de gesloten gebieden Balgzand, Piet Scheveplaat en het Groninger Wad, hoger ligt dan gemiddeld in de hele Waddenzee volgens data verzameld door het RIVO.





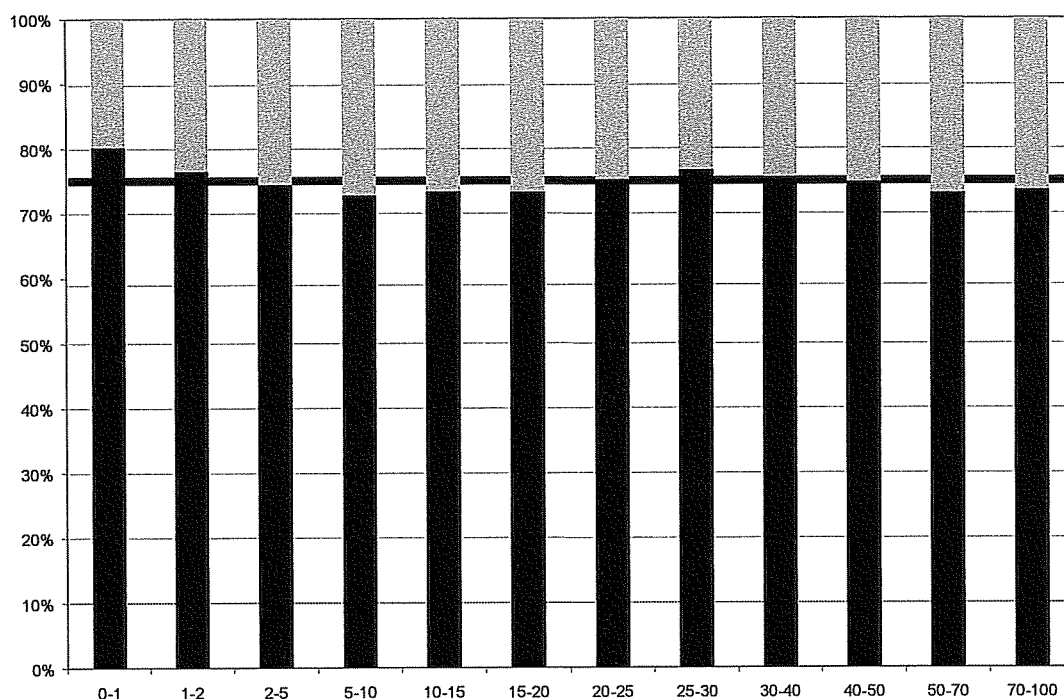
*Figuur 36. Locaties in de Nederlandse Waddenzee die door Jan Beukema (NIOZ) begin jaren '70 werden bemonsterd op macrobenthos. Een eerste grove analyse laat zien, dat in de gezamenlijke open gebieden er gemiddeld 13,43 gram AFDW aan benthos per m<sup>2</sup> aanwezig was (74 punten), tegen gemiddeld 13,12 g/m<sup>2</sup> in de later gesloten gebieden (in roze aangegeven).*

3. Ten derde gaven Beukema (1989), Beukema & Essink (1986) en Beukema et al. (1978; 1993; 1996) aan, dat over de hele Waddenzee genomen, veel soorten een aanzienlijke, veelal door (winter)temperatuur bepaalde synchronisatie in hun jaarlijkse biomassa laten zien, een gegeven dat ook door Piersma et al. (2001) wordt gebruikt ter verdediging van de stelling dat hun studiegebieden representatief waren voor de Waddenzee als geheel.
4. Ten vierde levert de voor EVA-2 ontwikkelde mosselhabitatkaart (Brinkman & Bult 2002) geen aanwijzingen op dat de open en gesloten gebieden van elkaar verschillen in termen van geschiktheid voor (de terugkeer van) natuurlijke mosselbanken. Voor deze kaart is de Waddenzee ingedeeld in 482821 gridcellen waarvoor de kans is berekend op grond van een habitatmodel, dat zich daar natuurlijke mosselbanken vestigen. De cellen zijn, voor zowel de open als gesloten gebieden gegroepeerd in: de beste 1% van het totaal aantal cellen (n= 4828 cellen, waarin de kans op het voorkomen van mosselbanken het grootst wordt geacht); de volgende (1-2) procent van het totaal, en vervolgens de categorieën 2-5%, 5-10%, 10-15%, 15-20%, 20-25%, 25-30%, 30-40%, 40-50%, 50-70%, en 70-100%. Deze laatste categorie omvat dus de 30% van de Waddenzee die het minst geschikt is voor mosselbanken. Wanneer de kansen voor de ontwikkelingen van mosselbanken precies gelijk over de open en gesloten gebieden verdeeld zouden zijn, zoals de Vlas (2000) veronderstelde, dan zou voor iedere categorie 25% van het totaal aantal gridcellen (namelijk het relatieve oppervlak van de gesloten gebieden samen) in de gesloten gebieden moeten liggen. In figuur 37 is uitgezet



hoe de punten die ten grondslag liggen aan de mosselhabitatkaart over de open en gesloten gebieden verdeeld zijn. De afwijkingen zijn klein, alleen de meest geschikte 2% van de Waddenzee is licht (3,5 procentpunt) ondervertegenwoordigd in de gesloten gebieden, en als gevolg daarvan zijn andere, waaronder de minst kansrijke, licht oververtegenwoordigd. De kansen voor een natuurlijke ontwikkeling van het zeer rijke habitat mosselbank, zijn in de gesloten gebieden dus zeker niet beter dan gemiddeld voor de Waddenzee, dus de Vlas had in deze gelijk.

5. Ten vijfde lijkt de sluiting van gebieden vanwege het voorkomen van zeegras een minder groot probleem dan het lijkt. Het zeegras komt binnen deze gebieden meest vlak onder de eiland-(Terschelling) en vasteland kust voor (Groninger wad). Hier werden nauwelijks kokkelbanken bemonsterd. Op De Hond/De Paap werd zelfs geheel niet bemonsterd.



*Figuur 37. Verdeling van punten van verschillende geschiktheid voor ontwikkeling tot mosselbank in de Waddenzee, over de open (zwart) en gesloten (grijs) gebieden in de Waddenzee. Gemiddeld 75% van het totale oppervlak bestaat uit open gebieden (onder de dikke lijn); naar Brinkman & Bult (2002).*

Onder de aanname, dat er geen significante verschillen waren tussen de open en gesloten gebieden, ten tijde van de sluiting in 1993, én onder de aanname dat thans het belangrijkste verschil tussen de open en gesloten gebieden de aan-, of afwezigheid van de kokkelvisserij is, zijn nu vastgestelde visserijeffecten en niveauverschillen (tabel 43) tussen deze beide categorieën van gebieden, toe te schrijven aan de kokkelvisserij. Dit geldt ook voor de gevonden verschillen in kokkeldichtheden (paragraaf 4.4.1, 4.4.2, 4.5.1, 4.6.2 en 4.7.1) en lengtes en leeftijden bij het nonnetje (paragraaf 4.8).

Uiteraard kan hierbij meteen worden opgemerkt dat de veronderstelde 'gelijkheid' van open en gesloten gebieden in 1993 niet ondubbelzinnig is vastgesteld, maar dat hiervoor alleen aanwijzingen bestaan (de vijf punten hierboven). Ten tweede staat vast, dat in de open gebieden, naast de mechanische kokkelvisserij, ook de handmatige kokkelvisserij, de mosselzaadvisserij en de garnalenvisserij als bodemberoerende vormen van visserij worden beoefend (wormenvisserij vindt zowel in de open als in de gesloten (Balgzand) gebieden plaats). Hierbij kan echter worden vastgesteld dat de handmatige kokkelvisserij qua omvang veel kleiner is dan de mechanische kokkelvisserij, met een navenant kleinere, te verwachten *impact*. In het onderzoek is bovendien uitsluitend gewerkt op kokkelbanken op de wadplaten, waardoor vooral de eventuele effecten van de kokkelvisserij, en niet die van de mosselzaadvisserij of garnalenvisserij zullen doorwerken in de gemeten grootheden. Mocht er overigens (ook) een effect van de mosselzaadvisserij of de garnalenvisserij zijn, dan ligt het in de lijn der verwachting dat dit in dezelfde richting gaat als dat van de kokkelvisserij, in de open gebieden.

Met deze vaststelling, kunnen we nu nagaan welke visserijeffecten in deze studie zijn vastgesteld tussen gesloten en open gebieden, en welk beeld dit geheel oplevert.

In 2000 is er, na twee jaar vissen op de jaarklasse kokkels van 1997, al een aanzienlijk verschil ontstaan tussen de gemiddelde dichtheid van (dan driejarige) kokkels in de gesloten gebieden (33,9 per meetvierkant), en in die in de onbeviste open gebieden (19,5). Er was weinig jonge aanwas van kokkels na de grote broedval van 1997, maar zowel de jaarklasse van 1998 als die van 1999 was in 2000 ondervertegenwoordigd in de open gebieden (par. 4.4.2.). In 2001 is er een vergelijkbaar beeld, met van alle (vier) jaarklassen kokkels lagere dichtheden in de open gebieden (par. 4.6.2.). In paragraaf 4.7.1. wordt vastgesteld, dat bij de oude kokkels er nog sprake was van een extra gebiedseffect: binnen de open gebieden vertonen de banken die niet werden bevestigd, onevenredig grote verliezen. Deze zijn mogelijk toe te schrijven aan predatie door vogels (Scholeksters, Eidereenden), die binnen de Waddenzee over het algemeen een grote plaatstrouw vertonen, maar binnen hun individuele *home-ranges* zullen uitwijken van bevestigde banken, naar de (laatste) onbeviste banken. De predatiedruk concentreert zich dus allengs op deze banken en zorgt voor een verdere achteruitgang van de kokkelstand, binnen de open gebieden. Dit veronderstelling is conform de bevindingen van Beukema (1993b), van Verhulst et al. (ms) en van Camphuysen et al. (1996), dat veel Scholeksters bij voedselgebrek toch ter plaatse blijven en binnen hun *home-range* zo nodig overschakelen op alternatieve prooien, ten koste van een verlies aan lichamelijke conditie, of zelfs, massale sterfte. Voor Eidereenden geldt vermoedelijk hetzelfde: hoewel veel vogels uitwijken naar de belovende Noordzee-kustzone bij voedselgebrek in de Waddenzee, blijven toch veel vogels op het wad hangen, ook tot aan de hongerdood toe (Camphuysen et al., 2002; Ens et al., 2002), terwijl ze naar mag worden aangenomen, op dat traject een verhoogde predatiedruk uitoefenen op het resterende kokkelbestand. Via dit mechanisme van geconcentreerde predatie is het effect van kokkelvisserij dus extra groot op de open gebieden, wanneer de getroffen vogels zich niet herverdelen over de hele Waddenzee, of massaal uitwijken naar de gesloten gebieden, en alles wijst erop dat ze dat niet (kunnen) doen. Tekenen van sterk verhoogde predatiedruk op

oude kokkels in onbeviste kokkelbanken in beviste gebieden, moeten dus wellicht gezien worden als een waarschuwing, dat de draagkracht van deze gebieden is bereikt, zo niet overschreden.

Dat de kokkels in de open gebieden na visserij in relatief lage dichtheden voorkomen, was te verwachten omdat dit schelpdier de 'prooi' is van zowel vissers als een groot aantal vogels. Er werden echter ook effecten van de visserij gevonden op andere organismen. Deze effecten verschilden vaak tussen jaren (van bevissing). Op kokkelbanken waarop in het eerste jaar na de broedval werd gevist (in 1998) waren er negatieve effecten op de aantallen nonnetjes en kleine wormpjes, terwijl visserij in latere jaren dit effect niet hadden. Effecten op kokkels en mosselkluitjes waren negatief in alle jaren van bevissing, terwijl er geen effecten waren van de visserij op wapenwormen. Positieve effecten waren er op de aantallen wadpieren en zeeduizendpoten en mogelijk op de aantallen kokerwormen (alleen van de visserij van 1998 en 1999 samen, gemeten in 2001). In die gevallen waarvoor geen visserijeffect kon worden aangetoond waren er aanwijzingen dat de open gebieden in zijn algemeenheid minder kokerwormen en wadpieren en meer mosselkluitjes bevatten. Of dit echter lange termijn effecten van visserij zijn, of structurele, gebiedsgerelateerde verschillen, of toevalligheden, valt niet goed na te gaan.

Er werd in geen enkele situatie een visserijeffect gevonden op de hoeveelheden tarra in de bodem. Ook waren er geen aanwijzingen dat de mediane korrelgrootte is veranderd onder invloed van de visserij. Dit is opmerkelijk, omdat het mede (naast de slibhuishouding die in dit onderzoek niet werd onderzocht) de basis zou zijn voor het door Piersma & Koolhaas (1997) veronderstelde 'negatieve biodepositiepiraal model'.

**We concluderen dat we voor de meeste geteste biotische parameters, de nulhypothese van geen visserij effect, bovenop eventuele niveau verschillen tussen gesloten en open, niet kunnen aannemen.** In gewoon Nederlands: de resultaten van dit onderzoek laten zien, dat er visserijeffecten zijn op de aantallen van verschillende soorten bodemdieren: waar is gevist zijn hun aantallen veranderd. Hierbij moet wel worden opgemerkt, dat bevissingseffecten soms een tegengestelde richting hadden (negatief in het ene jaar en positief in het andere jaar), of dat deze effecten niet steeds in beide jaren van onderzoek of voor alle jaren van visserij werden gevonden. Dit geldt zowel voor de effecten op aantallen van allerlei dieren, als voor de effecten op lengte- en leeftijdsamenstelling voor het nonnetje, die enige soort waarvoor dit kon worden getoetst (par. 4.8). Met het voortgaan van de tijd, en met steeds een jaarlijkse extra bevissing, veranderden sommige gevonden visserijeffecten, bijvoorbeeld van geen effect naar een positief of negatief effect, of verdwenen aanvankelijk gevonden effecten. Dit kan gebeuren doordat er een nog onbegrepen gebiedsgerelateerd mechanisme meespeelt, doordat bijvoorbeeld de visserij in 1998 zich (deels) in voor deze studie uitzonderlijke gebieden afspeelde. Hier zijn enkele aanwijzingen voor, want juist in 1998 werden enkele uitzonderlijk laag gelegen banken bevestigd, waarvoor mogelijk iets andere regels gelden. Daarbij komt, dat bestanden van kokkels gedurende de studie verouderden, maar mogelijk ook de leeftijdsamenstellingen van andere diersoorten, waardoor mogelijk ook de

effecten van visserij op deze soorten veranderden. Blijkbaar hebben we hier met een zeer complex fenomeen te maken, waar onze modellen nog niet helemaal vat op hebben gekregen. Het feit blijft echter bestaan, dat er meerdere significante effecten op ander bodemleven dan kokkels werden gevonden. Hierbij waren de effecten op schelpdieren (kokkels, mosselen en nonnetjes) over het algemeen negatief, die op de grote wormen (kokerwormen, wadpieren, zeeduizendpoten) overwegend negatief en die op kleinere wormen afwezig (wapenwormen) of overwegend negatief (kleine wormpjes).

De hoofdvraag, die door deze studie beantwoord diende te worden was tweeledig:

1. is de Waddenzee veranderd, en dan met name verarmd, door de kokkelvisserij;
2. is de Waddenzee verwormd, door de kokkelvisserij.

De eerste vraag kan, nog steeds onder de aanname dat er geen intrinsieke verschillen zijn tussen de gezamenlijke open, en de gezamenlijke gesloten gebieden, én onder de aanname dat het belangrijkste verschil in de huidige toestand, de 'behandeling' van bijna 10 jaar kokkelvisserij in de open gebieden is geweest, met 'ja' beantwoord worden. Naast een afname van de direct beviste kokkels, waren er afnames van kokkels elders in het open gebied, en een relatief slechte kokkelbroedval in het open gebied. Daarbij waren er duidelijke effecten op allerlei andere biota, maar niet op de gemeten sedimentparameters.

De tweede vraag, of er verworming is opgetreden als gevolg van de kokkelvisserij (verschuiving van kokkels en/of andere schelpdieren) naar een hogere biomassa aan wormen, is minder makkelijk te beantwoorden. De tabellen met kengetallen van de aantallen van de verschillende wormensoorten laten over het algemeen een beeld zien van grotere gemiddelde dichtheden in de gesloten gebieden, ten opzichte van de open gebieden. Hiermee in contrast staan de gevonden visserijeffecten, die overwegend positief zijn. Dit lijkt een tegenstrijdigheid: waar (in de open gebieden) over het algemeen minder wormen gevonden worden, is er veelal een positief effect van de kokkelvisserij op de aantallen wormen. Dus: waar veel gevist wordt vinden we meer wormen dan verwacht mag worden, maar in zijn algemeenheid bevatten kokkelbanken in het open gebied minder wormen dan die in het gesloten gebied. Wel moet hierbij bedacht worden dat in deze studie slechts naar de aantallen wormen is gekeken en niet naar de biomassa of de productie. Uit het in deelrapport C2 (Leopold et al., 2004) naar voren gebrachte punt, dat wormen-etende wadvogels het juist in de beviste gebieden steeds beter zijn gaan doen, kan men opmaken dat hier wel degelijk meer wormen beschikbaar waren en de gevonden visserijeffecten wijzen ook in die richting. Verworming, van de kleine soorten wormen, is eerder gevonden door Beukema (1992), maar dan als respons op een andere stress-factor, eutrofiëring. Het systeem heeft dus zeker de potentie tot verworming, en laat dit in respons op de kokkelvisserij ook zien, maar het lijkt niet te resulteren in een algemene hogere dichtheid aan wormen in de open gebieden.



## 6 Dankwoord

De opdrachtgever, het Ministerie van LNV stelde naast de benodigde fondsen voor het onderzoek ook haar 'noordelijke' vloot van schepen, inclusief de bemanningen beschikbaar. Voor de bemanningen waren het ongewone en intensieve weken, in sommige gevallen in hun normale werkgebieden, in andere gevallen verder van 'huis'. Op deze plaats willen we de bemanningen van de schepen: Cornelis Bos, Harder, Krukel, Stern, Stormvogel en Phoca hartelijk danken voor hun geweldige inzet, hun meedenken en hun meewerken, zowel aan boord als op de wadplaten. Kees Oosterbeek (Alterra) bemonsterde met zijn eigen onderzoeks-rubberboot in 2000 enkele banken onder Schiermonnikoog, die we anders niet hadden kunnen meenemen en Flip Duinker (Firma Arenicola) stelde ons zijn boot beschikbaar om enkele kokkelbanken bij Texel te gaan bemonsteren. Harry Horn verzorgde aanvullend autovervoer op Terschelling. Aad Sleutel (Alterra) fabriceerde de grote aantallen benodigde steekbuizen, meetvierkanten en zeven en paste samen met Piet-Wim van Leeuwen (VOF van Leeuwen) voor aanpassingen aan draagstellen en kruiwagens die op het wad werden gebruikt. Leo Zwarts en Ute Menke (RIZA) stelden gutsen beschikbaar voor de bodemonsters, die later op het NIOZ werden geanalyseerd door André Meijboom, Cindy van Damme, Piet-Wim van Leeuwen, Luc te Marvelde en Anita Koolhaas, onder begeleiding van Wim Boer.

Een groot aantal mensen heeft, betaald of onbetaald meegedaan aan het wad-werk: Piet-Wim en Jacco van Leeuwen, Norbert en Petra Dankers, Harrie Custers, Aad Sleutel, André Meijboom, Jannes Heusinkveld, Jeroen Creuwels, Marieke van der Sloot, Kees Kersting, Bruno Ens, Kees en Gepke Camphuysen, Jenny Cremer, Elze Dijkman, Kees Oosterbeek, Cor Smit, Martin de Jong, Jasper Hennekens, Koos Zegers, George Wintermans, Jeroen Grondman, Tjalle Zijlstra, Johan Haan, Erwin Stamsnijder, Harold van der Valk, Michel Krol, Mardik Leopold, Robbert Havekes, Alie Alserda, Luc te Marvelde, Grietje Zijlstra, Alessandra Rossi, Casper Zuyderduyn, Pepijn Luyckx, Mark Olthuis, Bert Brinkman, Eelke Boersma en Nico Laros.

Arjen Kop en Fleur van Duyl (NIOZ) verzorgden het materiaal en het labwerk aan de wadplakmonsters; Yolanda van Yperen en Katja Philippart (NIOZ) het werk aan de schelpdierbroedjes; Jeroen Grondman, Tjalle Zijlstra, Johan Haan en Erwin Stamsnijder (Saxion Hogeschool IJsselland) deden achteraf nog metingen aan circa 6000 nonnetjes, op aanwijzingen van Pieterella Luttikhuizen (NIOZ) en Theunis Piersma en Anne Dekinga (NIOZ) stelden enkele vriezers voor het veldwerk ter beschikking.

Achteraf is nog veel labwerk gedaan door Joost Oonk, Hans van der Vaart, Rogier van Viegen, Evert Jan Slot en Dorota Stefanowicz en vooraf én achteraf veel GIS werk door Elze Dijkman, Jenny Cremer en Martin de Jong (Alterra) en Pauline Kamermans en Divera Baars (RIVO). Guy Ackermans, Martin Woostenburg (Free lance) en Bert Jansen (Alterra) verzorgden de publiciteit.

Jaap Holstein (PO Kokkels) stelde in samenwerking met DCI en RIVO de gegevens van de Black Box van de hele kokkelvloot voor de jaren 1998-2000 beschikbaar voor dit onderzoek.

Vele collega's binnen en buiten Alterra, binnen en buiten WUR, binnen en buiten de EVA II groep en binnen en buiten Nederland leverden bijdragen in de vorm van meedenken over de te onderzoeken problemen en oplossingen voor deze problemen, in velerlei discussies.



## Literatuur

Auditcommissie EVA-2 (Wolff et al.), 2003. Beoordeling van het artikel 'Long-term indirect effects of mechanical cockle-dredging on intertidal bivalve stocks in the Wadden Sea' door T. Piersma, A. Koolhaas, A. Dekinga, J.J. Beukema, R. Dekker en K. Essink in *Journal of Applied Ecology* 38, pp. 976-990. Ongevraagd advies aan stuurgroep EVA-2.

Berrevoets C.M. & F.A. Arts, 2003. Midwintertelling van zee-eenden in de Waddenzee en de Nederlandse kustwateren, januari 2003. Rapport RIKZ/2003.008, Middelburg.

Beukema J.J., 1976. Biomass and species richness of macro-benthic animals living on the tidal flats of the Dutch Wadden Sea. *Neth J. Sea Res.* 10: 236-261.

Beukema J.J., 1989. Long-term changes in macrozoobenthic abundance on the tidal flats of the western part of the Dutch Wadden Sea. *Helgoländer Meeresunters.* 43: 405-415.

Beukema J.J., 1992. Long-term and recent changes in the benthic macrofauna living on tidal flats in the western part of the Wadden Sea. *Neth. Inst. Sea Res. Publ. Ser.* 20: 135-141.

Beukema J.J., 1993a. Successive changes in distribution patterns as an adaptive strategy in the bivalve *Macoma balthica* (L.) in the Wadden Sea. *Helgoländer Meeresunters.* 47: 287-304.

Beukema J.J., 1993b. Increased mortality in alternative bivalve prey during a period when the tidal flats of the Dutch Wadden Sea were devoid of mussels. *Neth. J. Sea Res.* 31: 395-406.

Beukema J.J. & G.C. Cadée, 1996. Consequences of the sudden removal on nearly all mussels and cockles from the Dutch Wadden Sea. *P.S.Z.N.I: Marine Ecology* 17: 279-289.

Beukema J.J. & K. Essink, 1986. Common patterns in the fluctuation of macrozoobenthic species living at different places on tidal flats in the Wadden Sea. *Hydrobiologia* 142: 199-207.

Beukema J.J. & J. de Vlas, 1989. Tidal-current transport of thread-drifting postlarval juveniles of the bivalve *Macoma balthica* from the Wadden Sea to the North Sea. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 52: 193-200.

- Beukema J.J., W. de Bruin & J.J.M. Janssen, 1978. Biomass and species richness of macro-benthic animals living on the tidal flats of the Dutch Wadden Sea: long-term changes during a period with mild winters. *Neth J. Sea Res.* 12: 58-77.
- Beukema J.J., N. Dankers, B. Ens, C.J. Smit & C. Swennen, 1991. Commentaar op de rapportage 'relatie tussen kokkelvisserij en ecologisch functioneren van Nederlandse getijdegebieden. Ongepubl. Rapport, NIOZ & IBN, Texel.
- Beukema J.J., K. Essink, H. Michaelis & L. Zwarts, 1993. Year-to-year variability in the biomass of macrobenthic animals on tidal flats of the Wadden Sea: how predictable is this food source for birds?. *Neth. J. Sea Res.* 31: 319-330.
- Beukema J.J., K. Essink & H. Michaelis, 1996. The geographic scale of synchronized fluctuation patterns in zoobenthos populations as a key to underlying factors: climatic or man-induced. *Ices J. mar Sci* 53: 964-971.
- Breslow N.E. & D.G. Clayton, 1993. Approximate inference in generalized linear mixed models. *Journal of the American Statistical Association* 88: 9-25.
- Brinkman A.G. & T. Bult, 2002. Geschiede eulitorale gebieden in de Nederlandse Waddenzee voor het voorkomen van meerjarige natuurlijke mosselbanken. Alterra Rapport 456.
- Camphuysen C.J., B.J. Ens, D. Heg, J. Hulscher, J. van der Meer & C.J. Smit, 1996. Oystercatcher *Haematopus ostralegus* winter mortality in The Netherlands: the effect of severe weather and food supply. *Ardea* 84A: 469-492.
- Camphuysen C.J., C.M. Berrevoets, H.J.W.M. Cremers, A. Dekinga, R. Dekker, B./J. Ens, T.M. van der Have, R.K.H. Kats, T. Kuiken, M.F. Leopold, J. van der Meer & T. Piersma, 2002. Mass mortality of Common Eiders (*Somateria mollissima*) in the Dutch Wadden Sea, winter 1999/2000: starvation in a commercially exploited wetland of international importance. *Biol. Cons.* 106: 303-317.
- Coleman F.C. & S.L. Williams, 2002. Overexploiting marine ecosystem engineers; potential consequences for biodiversity. *Trends in Ecology & Evolution* 17: 40-44.
- Collie J.S., S.J. Hall, M.J. Kaiser & I.R. Poiner, 2000. A quantitative analysis of fishing impacts on shelf-sea benthos. *J. Anim. Ecol.* 69: 785-798.
- Dijkema R., 1997. Molluscan fisheries and culture in the Netherlands. U.S. Dep. Commer., NOAA Tech. Rep. NMFS 129, 115-135.
- Duyf F.C. van, B. de Winder, A.J. Kop & U. Wollenzien, 2000. Consequences of diatom mat erosion for carbohydrate concentrations and heterotrophic bacterial activities in intertidal sediments of the Ems-Dollard estuary. *Cont. Shelf Res.* 20: 1335-1349.

Duyf F.C. van, B. de Winder, A.J. Kop & U. Wollenzien, 1999. Tidal coupling between carbohydrate concentrations and bacterial activities in diatom-inhabited intertidal mudflats. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 191: 19-32.

Ens B. J., 2003. What we know and what we should know about mollusc fisheries and aquacultures in the Wadden Sea. In: W.J. Wolff, K. Essink, A. Kellerman & M.A. van Leeuwe (eds). *Proceedings of the 10th International Scientific Wadden Sea Symposium*. Den Haag, Ministerie van LNV.

Ens B.J., F.H.M. Borgsteede, C.J. Camphuysen, G.M. Dorrestein, R.K.H. Kats & M.F. Leopold, 2002. *Eidereendensterfte in de winter 2001/2002*. Alterra Rapport 521, 113 pp.

Ens B., M. de Jong & C. ter Braak, 2003. EVA II deelproject C4: Wegvisexperiment Ameland.

Ens B.J. & R.K.H. Kats, 2003. EVA II deelproject B2: Evaluatie van voedselreservering voor Eidereenden in de Waddenzee.

Ferns P.N., D.M. Rostron & H.Y. Siman, 2000. Effects of mechanical cockle harvesting on intertidal communities. *J. Appl. Ecol.* 37: 464-474.

Finney D.J., 1971. *Probit analysis*, third edition. Cambridge University Press. Cambridge.

Glopper R.J. de, 1967. Over de bodemgesteldheid van het waddengebied. Van Zee tot Land - Rapporten en mededelingen inzake de droogmaking, ontginning en sociaal-economische opbouw van de IJsselmeerpolders, nr 43: 1-67+Appendix (kaart).

Hiddink J.G., 2003. Effects of suction-dredging for cockles on non-target fauna in the Wadden Sea. *J. Sea Res.* 50: 315-323

Jonge V.N. de, D.J. de Jong & M.M. van Katwijk, 2000. Policy plans and management measures to restore Eelgrass (*Zostera marina* L.) in the Dutch Wadden Sea. *Helgoland Marine Research* 54: 151-158.

Kamermans P., J.J. Kesteloo-Hendrikse & D. Baars, 2003a. EVA II deelproject H2: Evaluatie van de geschatte omvang en ligging van kokkelbestanden in de Waddenzee, Ooster- en Westerschelde.

Kamermans P., E. Schuiling, D. Baars & M. van Riet, 2003b. EVA II deelproject A1: Visserij-inspanning.

Kamermans P., T. Bult, J. Kesteloo, E. Schuiling, J. Perdon & B. Kater, 2003c. EVA II deelproject H4: Invloed natuurlijke factoren en visserij op de dynamiek van bestanden aan kokkels en nonnen in de Waddenzee, Ooster- en Westerschelde.

Leopold M.F., 2002. Eiders *Somateria mollissima* scavenging behind a lugworm boat. J. Sea Res. 47: 75-82.

Leopold M.F., C.J. Smit, P. Goedhart, M. van Roomen, E. van Winden & C. van Turnhout, 2004. Concept eindverslag EVA II (Evaluatie Schelpdiervisserij tweede fase). Deelproject C2: Langjarige trends in aantallen wadvogels, in relatie tot de kokkelvisserij en het gevoerde beleid in deze.

LVN, Ministerie van, 1993. Structuurnota Zee- en Kustvisserij, den Haag.

LVN, Ministerie van, 1998. Evaluatie van de maatregelen in de kustvisserij gedurende de eerste fase (1993-1997).

Luttkhuizen P.C., J. Drent, W. van Delden & T. Piersma, 2003. Spatially structured genetic variation in a broadcast spawning bivalve: quantitative versus molecular traits. J. Evol. Biol. 16: 260-272.

McCullagh, P. & J.A. Nelder, 1989. Generalized linear models, second edition. Chapman and Hall. London.

NRC, 6 januari 2003. Vips(\*) praten over milieu op Wadden.

\*o.a.: Wouter van Dieren (IMSA), Pieter van Geel (VROM), oud-ministers Loek Hermans en Pieter Winsemius en Hans Revier (Waddenvereniging).

Oosterhuis R. & K. van Dijk, 2002 Effect of food shortage on the reproductive output of Common Eiders *Somateria mollissima* breeding at Griend (Wadden Sea). Atlantic Seabirds 4: 29-38.

Pauly D., V. Christensen, S. Gu  nette, T.J. Pitcher, U.R. Sumaila, C.J. Walters, R. Watson & D. Zeller, 2002. Towards sustainability in world fisheries. Nature 418: 689-695.

Philippart C.J.M., K.S. Dijkema & J. van der Meer, 1992. Wadden Sea seagrasses: where and why? Neth. Inst. Sea Res. Publ. Ser. 20: 177-191.

Philippart C.J.M., H.M. van Aken, J.J. Beukema, O.G. Bos, G.C. Cadée & R. Dekker (onder revisie). Recruitment responses of the bivalve *Macoma balthica* to rising seawater temperatures. Limnology & Oceanography.

Piersma T. & A. Koolhaas, 1997. Shorebirds, shellfish(eries) and sediments around Griend, western Wadden Sea, 1988-1996. NIOZ-rapport 1997-7, Texel.

Piersma T., A. Koolhaas, A. Dekinga, J.J. Beukema, R. Dekker & K. Essink, 2001. Long-term indirect effects of mechanical cockle-dredging on intertidal bivalve stocks in the Wadden Sea. J. Appl. Ecology 38:976-990.

Raad voor het Landelijk Gebied, 1998. Leven en laten leven. Advies over kustvisserij en natuur in kustgebieden. Advies aan de Minister van LNV (<http://www.rlg.nl/adviesframe.html> >> Adviezen en publicaties).

Rappoldt C., B.J. Ens, E. Dijkman & T. Bult, 2003. EVA II deelrapport B1: Voedselreservering voor Scholeksters in de Nederlandse Waddenzee.

Reise K., 1982. Long-term changes in the macrobenthic invertebrate fauna of the Wadden Sea: are polychaetes about to take over? *Neth. J. Sea Res.* 16: 29-36.

RIN, 1987. Effecten van de kokkelvisserij in de Waddenzee. RIN-Rapport 87/18.

Roomen M. van, E. van Winden, K. Koffijberg, B. Voslamber, R. Kleefstra, G. Ottens & SOVON Ganzen- en Zwanenwerkgroep, 2002. Watervogels in Nederland in 2000/2001. RIZA-rapport BM02.15 & Sovon-monitoringrapport 2002/04, SOVON, Beek-Ubbergen, 1-211pp.

Rosenberg A.A., 2003. Managing to the margins: the overexploitation of fisheries. *Frontiers in Ecology* 1: 102-106.

Scheffer M., S. Carpenter, J.A. Foley, C. Folkeß & B. Walker, 2001. Catastrophic shifts in ecosystems. *Nature* 413: 591-596.

Smit C.J., B. Ens & B. Koks, 2000. Afnemende aantallen Scholeksters in de Waddenzee. *SOVON Nieuws* 13(3): 16-17.

Spaans A.L., 1998. The Herring Gull *Larus argentatus* as a breeding bird in the Netherlands in the 20th century. *Sula* 12: 185-198.

Vlas J. de, 1982. De effecten van de Kokkelvisserij op de bodemfauna van de Waddenzee en Oosterschelde. RIN-Rapport 82/19 RIN-Texel.

Vlas J. de, 2000. Welke gebieden zijn waarom gesloten voor de mechanische kokkel- en mosselvisserij? Ongepubliceerde notitie aan EVA-2 team, 21 februari 2000.

Zwarts L., W. Dubbeldam, K. Essink, H. van de Heuvel, E. van de Laar, U. Menke, L. Hazelhoff & C.J. Smit, 2003. Bodemgesteldheid en mechanische kokkelvisserij in de Waddenzee. RIZA rapport.



**Bijlage 1 Groepering van punten in de beviste banken naar de mate van bevissing: Open-0 (onbevist), Open-1 (bevissing in interval (0,1)), Open-5 (1-5), Open-10 (5-10), Open-20 (10-20), Open-100 (> 20)**

Aantal punten in 1998 voor de beviste banken

	Open-0	Open-1	Open-5	Open-10	Open-20	Open-100	Totaal
18113-2a	-	-	9	2	1	-	12
18113-3c	-	1	4	1	1	8	15
18113-4	5	4	4	1	2	3	19
18114-1	-	-	-	-	-	15	15
18114-11zuid	1	1	5	3	2	1	13
18114-12	8	2	-	2	2	-	14
18114-13	-	-	-	-	2	11	13
18114-15	7	1	1	2	1	4	16
18114-15a	10	2	-	-	-	-	12
18114-18	12	1	2	-	-	1	16
18114-18a	8	2	-	-	1	3	14
18114b-14	8	2	2	-	3	-	15
18114b-2	16	1	4	2	-	-	23
18114b-3	13	2	3	1	-	-	19
18114b-4	5	3	4	5	-	-	17
18114b-5	11	1	-	-	-	-	12
18114b-9	6	4	2	1	-	-	13
18116-1	8	1	4	-	1	-	14
18116-10	3	4	3	-	-	-	10
18116-13	-	-	-	2	2	9	13
18116-14	-	1	4	-	3	4	12
18116-18ab	9	3	2	-	-	2	16
18116-18b	14	1	-	-	-	-	15
18116-22	10	1	-	-	-	-	11
18116-3	1	-	4	-	6	4	15
18116-31b	10	2	-	-	1	-	13
18116-5	8	1	2	2	-	-	13
18117-19	10	-	-	1	1	2	14
18117-19a	1	-	1	1	5	4	12
18117-8	10	1	-	-	-	-	11
18122-11	2	2	-	2	5	2	13
18122-17	11	-	1	-	-	-	12
18122-18	10	-	1	-	-	-	11
181220-3	2	-	3	5	5	3	18
18124-31	6	1	5	2	1	-	15
18124-52	15	1	-	-	-	-	16
Totaal	240	46	70	35	45	76	512

Aantal punten in 1999 voor de beviste banken

	Open-0	Open-1	Open-5	Open-10	Open-20	Open-100	Totaal
18116-10	-	1	5	3	1	-	10
18116-13	8	-	1	1	3	-	13
18116-14	-	-	-	1	3	8	12
18116-16b	-	-	-	-	3	9	12
18116-16c	6	1	3	-	2	-	12
18116-18ab	7	1	2	1	3	2	16
18116-18b	11	-	3	1	-	-	15
18116-3	14	1	-	-	-	-	15
18116-5	9	2	-	2	-	-	13
18117-6	15	1	-	-	-	-	16
18122-11	2	-	1	3	3	4	13
18122-18	4	1	1	2	-	3	11



18122-2	8	4	1	-	-	-	13
18122-23a	2	-	1	2	2	4	11
181220-18b	-	-	1	3	8	-	12
181220-1a	4	2	2	1	-	3	12
181220-3	-	-	4	-	4	10	18
181220-4	11	-	1	-	-	-	12
181220-5	1	-	1	-	3	8	13
181220-6	6	-	3	2	1	-	12
18123-2	4	4	-	1	-	2	11
18123-8	1	-	1	3	1	7	13
18124-31	1	1	3	-	2	8	15
18124-32	8	2	2	-	-	-	12
18124-33	-	1	5	1	5	1	13
18124-34	1	1	3	3	4	1	13
18124-36	-	-	-	1	10	-	11
18124-37	6	3	4	3	3	-	19
18124-38	11	1	-	-	1	-	13
18124-49	2	1	2	3	3	7	18
18124-51	14	1	-	1	2	-	18
18124-52	1	1	7	5	1	1	16
18124-53	15	2	-	-	-	-	17
Totaal	172	32	57	43	68	78	450

Aantal punten in 2000 voor de beviste banken

	Open-0	Open-1	Open-5	Open-10	Open-20	Open-100	Totaal
18114-1	5	1	4	3	2	-	15
18114-15	15	1	-	-	-	-	16
18114-15a	11	1	-	-	-	-	12
18114b-2	10	2	2	4	4	1	23
18114b-3	18	-	1	-	-	-	19
18114b-9	8	4	1	-	-	-	13
18116-1	8	1	3	1	1	-	14
18116-10	8	2	-	-	-	-	10
18116-18ab	5	2	1	1	1	6	16
18116-18b	8	1	2	2	1	1	15
18116-3	7	5	3	-	-	-	15
18116-5	11	2	-	-	-	-	13
18116-8	15	-	2	-	-	-	17
18116-9	11	1	-	-	-	-	12
18117-6	9	-	3	4	-	-	16
18122-11	9	3	-	1	-	-	13
18122-2	6	1	6	-	-	-	13
181220-18b	-	-	-	1	5	6	12
181220-4	-	1	2	1	6	2	12
181220-5	10	1	2	-	-	-	13
181220-6	9	1	-	1	1	-	12
18123-8	1	-	3	2	2	5	13
18124-31	14	1	-	-	-	-	15
18124-34	4	3	3	2	1	-	13
18124-36	-	-	-	4	6	1	11
18124-37	1	-	6	1	7	4	19
18124-38	-	-	-	4	4	5	13
18124-39	4	-	1	2	-	5	12
18124-49	5	5	4	2	1	1	18
18124-51	11	-	4	3	-	-	18
18124-52	5	-	3	2	5	1	16
Totaal	228	39	56	41	47	38	449

## Bijlage 2 Evaluatie van het (concept)rapport door de EVA-2 Auditcommissie

In het EVA-2 proces is opgenomen dat rapporten vóór publicatie geëvalueerd worden door de EVA-2 Auditcommissie. Dit is ook voor dit rapport gedaan. Hieronder volgt de complete tekst van de Auditcommissie, bestaande uit Prof.Dr. P.L. de Boer, Prof.Dr. C.H.R. Heip en Prof.Dr. W.J. Wolff (voorzitter). De antwoorden zijn, steeds meteen volgend op iedere gemaakte opmerking van de Commissie, opgenomen in dit stuk. Ter onderscheiding van de tekst van de commissie, zijn de antwoorden steeds vet gedrukt en worden deze voorafgegaan door het woord: **Antwoord.**

## EVALUATIE VAN

### DEELRAPPORT C 1/3: DE EFFECTEN VAN MECHANISCHE KOKKELVISSERIJ OP DE BENTHISCHE MACROFAUNA EN HUN HABITAT'

door Mardik F. Leopold, Elze M. Dijkman, Jenny S.M. Cremer, André Meijboom  
en Paul Goedhart

#### ALGEMENE OPMERKINGEN

Deelrapport C 1/3 'De effecten van mechanische kokkelvisserij op de benthische macrofauna en hun habitat' gaat de effecten van mechanische kokkelvisserij op bodemdieren en op bepaalde eigenschappen van het sediment in de Waddenzee na. De titel van het rapport dekt de inhoud goed.

Het rapport is zeer uitvoerig. Het beschrijft vrijwel alle aspecten van het onderzoek in grote mate van detail en laat ook een goede kennis van de relevante literatuur zien. Wetenschappelijk is het rapport verantwoord in die zin dat de methoden, de aannames en de gemaakte keuzen zorgvuldig worden verantwoord. Er is echter een aantal belangrijke opmerkingen over de inhoud te maken.

De auteurs zijn zelf kritisch over de gevolgde onderzoeksopzet. De onderzoeksopzet en de gevolgde statistische analyse zijn te verdedigen, maar zijn niet helemaal goed uitgewerkt. Ze gaan uit van een reeks belangrijke veronderstellingen. Belangrijk uitgangspunt voor de hele studie is de veronderstelling dat structurele verschillen tussen de open en gesloten gebieden verwaarloosbaar zijn (dit komt overigens terug in een aantal EVA II rapporten): "Onder de aanname, dat er geen significante verschillen waren tussen de open en gesloten gebieden, ten tijde van de sluiting in 1993, én onder de aanname dat thans het belangrijkste verschil tussen de open en gesloten gebieden de aan-, cq afwezigheid van de kokkelvisserij is, zijn nu vastgestelde visserijeffecten en niveauverschillen tussen deze beide categorieën van gebieden, toe te schrijven aan de kokkelvisserij". Het zou zinvol zijn (kort) aan te geven waarop indertijd de keuze voor open en gesloten gebieden is gebaseerd en of deze keuzes (mede) bepalend kunnen zijn geweest voor de gevonden verschillen.

**Antwoord:** de hele vergelijking tussen open en gesloten gebieden nu, staat of valt met genoemde twee vooronderstellingen. De instelling destijds, van de gesloten gebieden, was gebaseerd op een flinterdunne vergelijking tussen verschillende delen van de Waddenzee. Goede, Waddenzeebreed vergelijkbare onderzoeksgegevens waren toen ook niet beschikbaar en een zogenaamde T-nul studie is niet uitgevoerd. Bij het aanwijzen van de te sluiten gebieden ging men uit van een aantal pragmatische overwegingen die niets of weinig met schelpdierbestanden te maken hadden (ligging onderzoeksplots, zeegrasvelden), en de overweging dat één zoveel mogelijk nog ongestoorde (niet zijnde door schelpdiervisserij) strook tussen vaste land en eiland bij de te sluiten gebieden zou moeten behoren. Daarnaast was de overweging, dat met de kennis van zaken toen, er geen duidelijk voordeel weggegeven moest worden aan hetzij de vissers, hetzij de natuurbelangen. Deze overwegingen geven enig, maar niet veel meer dan dat, gevoel voor gelijkwaardigheid van open en gesloten gebieden, ten tijde van de sluiting. De grote

geografische spreiding van de gesloten gebieden geeft enige zekerheid dat niet een lokaal proces sturend kan hebben gewerkt. Aan het begin van de Discussie gaan we uitgebreid op deze problemen in; de uiteenzetting daar komt tenslotte uit op de beschouwing: "Onder de aanname, dat..." die hier door de audit-commissie wordt aangehaald.

De statistische analyse en het gehanteerde statistische model zijn niet voldoende duidelijk beschreven (hoofdstuk 3). De audit-commissie heeft daarom statistisch advies ingewonnen, maar ook aan de geraadpleegde deskundigen (Prof.dr. P.M.J. Herman, Dr. T. Ysebaert) was de gevolgde aanpak niet geheel duidelijk. Niettemin zijn de volgende opmerkingen te maken:

De berekening van  $\theta$  gebeurt nu op basis van de dichtheid kokkels in de gesloten gebieden en de visserij-intensiteit in de open gebieden, en gaat dus uit van de aanname dat de statistische distributie van de kokkels in de ruimte gelijk is in de open en gesloten gebieden. Dit is een veronderstelling en niets zegt dat deze schatting van  $\theta$  niet 'biased' is. De auteurs zeggen dat dit de enige beschikbare methode was. De audit-commissie veronderstelt nochtans dat bij de karteringen en bestandsopnames van 1998 (en bestandsopnames in latere jaren) relatief betrouwbare schattingen van de beschikbare aantallen werden gemaakt. Deze gegevens zouden in ieder geval gebruikt kunnen worden om na te gaan of de gevonden  $\theta$  een realistische benadering is.

**Antwoord: het hierboven gestelde is niet geheel juist. We nemen aan dat de relatie tussen voorkomen van kokkels en een andere grootheid (bijvoorbeeld dichtheid kokerwormen) in open en gesloten gebieden gelijk is en ook dat er een vaste relatie is tussen de hoeveelheid bevissing en de kokkeldichtheid in de open gebieden. In de open gebieden kennen we de oorspronkelijke hoeveelheid kokkels niet, omdat immers een deel is weggevisst. De relatie tussen kokkels en in dit geval kokerwormen, kan dus alleen bepaald worden in de gesloten gebieden. Voor de open gebieden kan slechts de relatie tussen de hoeveelheid visserij en de hoeveelheid kokerwormen worden bepaald. De vraag is nu hoe een (onbekende, want deels opgeviste) hoeveelheid kokkels zich verhoudt tot de hoeveelheid visserij: wij noemen die  $K(\text{kokkels})/\theta$ , waarbij dus verondersteld wordt dat de verhouding  $\theta$  tussen het aantal kokkels en de hoeveelheid bevissing constant is (paragraaf 3.2).**

Uiteraard hadden we liever de relatie tussen bevissing en kokkeldichtheid direct vastgesteld in een situatie waarin nog geen sprake was van voorafgaande visserij. Hiervoor is het onderzoek echter te laat geëntameerd. Ook hebben wij, zoals hier door de audit-commissie gesuggereerd, uitgebreid gekeken naar de resultaten van de RIVO surveys van 1998 en 1999. Geconcludeerd werd echter dat deze surveys door een te lage resolutie op de door ons te bemonsteren kokkelbanken, ongeschikt was voor onze analyses (te weinig monsterpunten per kokkelbank; kokkeldichtheid per bank niet goed vast te stellen) en deze weg is niet verder vervolgd. De RIVO surveys zijn bestandsopnames en zijn gericht om te komen tot een schatting voor de totale hoeveelheid kokkels in de Waddenzee, niet op het per kokkelbank vaststellen van de hoeveelheden ter plaatse.

Er wordt gesteld dat er een afname is in het aantal kokkels in het onbeviste open gebied, en dat deze afname een indirect gevolg is van de kokkelvisserij (verschuiving predatiedruk naar deze gebieden). Dit is inderdaad één mogelijke verklaring, maar is het feit dat de kokkelvisserij de eerste jaren de beste kokkelbanken (m.a.w. de banken met de

hoogste dichtheden) eerst bevestigd hebben niet een logischere verklaring voor de lagere aantallen in de overgebleven onbevestigde kokkelbanken? (Maximum aantal kokkels is duidelijk hoger in open gebieden dan in gesloten gebieden, ondanks het feit dat de 'beste' gebieden reeds bevestigd werden. Dit is misschien een aanwijzing voor een verschil tussen open en gesloten gebieden).

**Antwoord:** Wij 'stellen' niet dat er een afname is in het aantal kokkels in het onbevestigde open gebied (beter: op de onbevestigde gebleven kokkelbanken in het open gebied), wij stellen dit vast aan de hand van onze metingen. Vervolgens stellen wij niet dat dit een indirect gevolg is van kokkelvisserij door lokaal verschoven predatiedruk, we suggereren slechts de mogelijk als verklaring. Er zijn inderdaad ook andere verklaringen te verzinnen, en de suggestie die hier gegeven wordt lijkt ons ook een goede. Wij zien een relatief sterke teruggang in aantallen kokkels op banken die niet bevestigd werden, maar die wel in het open gebied lagen. Dit hoeft echter geen gebiedseffect te zijn, zoals de audit-commissie suggereert, maar het kan een eigenschap van slechte (dus onbevestigde) banken zijn. Deze zullen ook in de gesloten gebieden liggen, maar de terugval in de dichtheden daar wordt deels gemaskeerd doordat er in de gemiddelde dichtheden ook die van de goede banken aldaar (maar eveneens onbevestigd gebleven) worden meegenomen. De vraag blijft natuurlijk wat dan de oorzaak is van de sterke terugloop van de dichtheden op de onbevestigde gebleven banken in de open gebieden. Alleen een 'bankeigenschap' of toch ook een lokaal verschoven en dus verhoogde predatiedruk?

We maken een kanttekening bij de constatering van de audit-commissie dat het 'maximum aantal kokkels duidelijk hoger [is] in open gebieden dan in gesloten gebieden'. Er zijn in de open gebieden namelijk bijna vier keer zoveel kokkelbanken bemonsterd en dit levert dus een veel hogere kans op ergens een hoog maximum in aantallen te vinden. De gemiddelde waarden geven een ander beeld!

In de discussie is niet altijd duidelijk wat onder effecten wordt verstaan. Je hebt enerzijds wat genoemd wordt visserijeffecten en anderzijds niveauverschillen tussen de open en gesloten gebieden, welke ook als een effect van de visserij wordt beschouwd.

**Antwoord:** niveauverschillen tussen de open en gesloten gebieden worden inderdaad ook als een effect van de visserij beschouwd, namelijk onder de aanname dat er geen significante verschillen waren tussen de open en gesloten gebieden, ten tijde van de sluiting in 1993, én onder de aanname dat thans het belangrijkste verschil tussen de open en gesloten gebieden de aan-, cq afwezigheid van de kokkelvisserij is. (Zie ons eerste antwoord).

De hoofdvraag, zoals verwoord op p. 138 in de discussie, waarop de studie een antwoord zou moeten geven is tweeledig:

- is de Waddenzee verarmd door de kokkelvisserij?
- is de Waddenzee verwormd door de kokkelvisserij?

Deze vraagstelling komt pas in de discussie uitvoerig aan bod; hij wordt in de inleiding nauwelijks vermeld. Volgens de audit-commissie kan het rapport in de huidige opzet hierop eigenlijk geen antwoord geven. Het is namelijk onduidelijk wat wordt verstaan onder 'verarmd' in de hoofdvraag. Onder verarmd verstaat men intuïtief een of andere maat van diversiteit, of een ABC-curve of iets dergelijks. De studie geeft echter alleen een analyse van een aantal geselecteerde soorten en zegt niets over de totale gemeenschap. Ook een analyse op basis van biomassa (zoals kort aangehaald wordt op p. 139) wordt gemist.

**Antwoord:** de hoofdvraag van het onderzoek wordt uiteengezet in paragraaf 1.2, al wordt het daar neutraler als nulhypothese aangeduid. In deze studie is er inderdaad geen analyse van de hele biodiversiteit gedaan. Wij zagen dit als onmogelijk. Daarbij zijn ons geen gegevens bekend van het verdwijnen van soorten, gerelateerd aan de kokkelvisserij (verdwenen soorten als oester en wulk werden zelf bevestigd). Het onderzoek is dus gericht op de meest algemene, best herkenbare, en voor vogels, de meest belangrijke soorten in het systeem.

Paragraaf 1.2 meldt dat onder 'het bodemleven' wordt verstaan 'tweekleppige schelpdieren en wormen'. Maar waarom zijn andere organismen, bijv. slakken (*Hydrobia*) en kreeftachtigen (bijv. *Corophium*, *Crangon* en *Carcinus*), niet meegenomen? Enige uitleg is gewenst. In dezelfde alinea wordt de mediane korrelgrootte als eigenschap genoemd die de bodem karakteriseert. Hier ware te vermelden of dat met of zonder fijne fractie (silt, slib, lutum) en met of zonder grove fractie en wel of niet met carbonaat.

**Antwoord:** soorten die niet met zekerheid aan boord van de schepen konden worden uitgezocht, zijn om pragmatische redenen niet meegenomen. *Hydrobia* (twee soorten!) en *Corophium* (ook twee soorten) moesten hier onder vallen. Wij hebben een aanpak gekozen van zo veel mogelijk veldwerk op zo veel mogelijk verschillende kokkelbanken. Dit ging ten koste van later uitzoekwerk op het laboratorium. Het tot de laatste soort uitzoeken van de monsters (met name op kleine wormen, zie ook de eerdere vraag over biodiversiteit) had eenvoudig te veel menskracht gekost. *Crangon* is niet meegenomen omdat dit een soort is die zich slecht kwantitatief laat bemonsteren met een steekbuis. *Carcinus* is wel meegenomen en indien aangetroffen ook aan boord gemeten en in de database ingevoerd. Voor deze soort geldt echter in feite hetzelfde als voor *Crangon*: veel krabben en garnalen wijken tijdens de eb uit naar de (niet bemonsterde) geulen. Krabben werden zelden aangetroffen en deze soort is verder niet uitgewerkt. De verwerking van de sedimentmonsters staat in het rapport beschreven in paragraaf 2.8.1.

Paragraaf 3.1, derde alinea: Aangegeven zou moeten worden, hier of elders, of de EVA II monsters van de bodem inderdaad op precies dezelfde wijze zijn verkregen als de Rijkswaterstaatsmonsters. De getoonde grafiek roept twijfel op: de EVA II korrelgrootte is in beide jaren ca. 95% van de RWS-korrelgrootte. Dit lijkt een significante afwijking van 100%. Wellicht dat nog kan worden nagegaan of dit een systematisch verschil is als gevolg van de gebruikte analyse methoden.

**Antwoord:** de EVA-2 bodemmonsters zijn genomen met materiaal en op instructie van het RIZA. Het lijkt ons dat aan het nemen van een bodemmonster niet heel veel fout kan gaan. Er kunnen structurele verschillen zijn ontstaan bij de verwerking van de monsters omdat onze monsters met de moderne *laser particle sizer*, terwijl veel van de eerdere Rijkswaterstaatsmonsters op andere manieren zijn verwerkt. In het EVA2/RIZA rapport van Zwarts et al.: *Bodemgesteldheid en mechanische kokkelvisserij in de Waddenzee* worden deze methodische verschillen en de onderlinge vergelijkbaarheid nader uitgewerkt. Een ander verschil tussen beide datasets is, dat onze 'bankmetingen' gebaseerd zijn op verzamelmonsters van daadwerkelijk genomen deelmonsters op alle bemonsterde gridpunten binnen de betreffende kokkelbank. Uit de RWS set zijn dezelfde punten gehaald en op grond hiervan is opnieuw een 'bank-gemiddelde' bepaald, maar aangezien RWS niet alle punten van het hele grid daadwerkelijk heeft bemonsterd, zijn veel van de hierbij

gebruikte getallen geen werkelijk metingen maar intrapolaties. Hierdoor kunnen verschillen ontstaan; niet nagegaan is of hierdoor ook systematische verschillen hebben kunnen ontstaan. Gezien deze mogelijkheden tot verschillen, en de spreiding die uit de metingen blijkt (Figuur 13 in ons rapport), hebben wij een voorzichtige interpretatie gehanteerd (*De resultaten staan in Figuur 13 en suggereren geen algemene verandering van de mediane korrelgrootte over de laatste 20 jaar*). De audit-commissie heeft hier echter wel degelijk een punt, namelijk dat een gevonden verschil van circa 5% als 'significant' zou kunnen worden aangemerkt en indien het verschil ook in werkelijkheid bestaat zou de Waddenzee *grosso modo* een iets kleinere mediane korrelgrootte gekregen hebben in de loop der tijd, dus minder grof-zandig zou zijn geworden (*contra* de hypothese-Piersma).

De resultaten komen aan de orde in hoofdstuk 4. Op blz. 73 staat dan "er is geen direct visserij effect". Vervolgens blz. 75/76 "de relatie bevissing en kokerwormen is niet significant", "mosselkluitjes en visserijdruk zijn negatief gecorreleerd", d.w.z. de visserij werkt positief voor de mosselkluitjes, "voor sediment zijn de verschillen tussen beviste en onbeviste open gebieden relatief klein" (80), in hoofdstuk 4.5.1 volgt de conclusie dat in "open onbeviste banken lagere aantallen kokkels worden gevonden dan voor gesloten banken", maar de vraag op grond van welke criteria gebieden tot open of gesloten zijn verklaard is niet beantwoord. Blz. 82 "de negatieve correlatie tussen wapenwormen en aantallen kokkels is niet significant", voor de "tarra"wormen wordt in het ene jaar wel een effect gevonden, in het andere niet, m.b.t. de nonnetjes idem dito, m.b.t. Nereis kan geen conclusie worden gegeven, m.b.t. tarra in de wadbodem in 2000 is er geen aanwijzing voor een visserij effect". "het kokkeleffect voor de hoeveelheid kokers in de bodem (p. 92) is niet significant", etc. Hoofdstuk 4.9, "de resultaten samengevat" met tabel 43 laat wisselend geen, negatieve en positieve correlaties zien. Deze tegenstrijdige resultaten vereisen op zijn minst een heldere presentatie en een doordachte biologische interpretatie. De volgende alinea's kunnen daar wellicht een bijdrage aan leveren.

**Opmerking: de effecten van kokkelvisserij zijn getoetst op een aantal verschillende soorten. De uitkomsten zijn wisselend, soms zelfs binnen soorten en de interpretatie is verre van eenvoudig. Het lijkt in ieder geval niet zo (simpel) te zijn dat kokkelvisserij altijd en overall een 'verwoestend' effect heeft op "het hele ecosysteem", zoals wel is beweerd in kringen van natuurbeschermers. Anderzijds is het ook niet zo, dat kokkelvisserij geen of verwaarloosbare effecten heeft.**

Paragraaf 4.7.3: 'kleine wormpjes' behoren waarschijnlijk tot verschillende soorten. De effecten van kokkeldichtheid en van visserij op de verschillende soorten zullen elkaar mogelijk kunnen uitmiddelen. Een andere mogelijkheid is dat verschillende soorten dominant zijn in de verschillende jaren waardoor mogelijk verschillende effecten van kokkeldichtheid en visserij optreden. Dit leidt tot de conclusie dat geen zinnige conclusie kan worden getrokken over de effecten van visserij op kleine wormpjes.

**Antwoord: de suggestie dat onder 'kleine wormpjes' meerdere soorten vallen is zonder meer juist. Dat effecten op verschillende soorten deels tegenstrijdig zijn zou ook juist kunnen zijn, maar bij gebrek aan data valt hier verder niets over te zeggen. De conclusie dat geen zinnige conclusie kan worden getrokken is wel erg zwaar. De conclusie is dat er aan de dichtheid kleine wormpjes, los van de soortsaamenstelling binnen die groep, geen verschillen meetbaar zijn.**

Hoofdstuk 5, blz. 137: "Er werd in geen enkele situatie een visserij-effect gevonden op de hoeveelheden tarra in de bodem." Een belangrijk aspect hierbij is hoe snel de hierbij behorende processen verlopen. In een ongestoorde situatie zal door het eten van wadpieren op ca. 15-25 cm diepte een laag grof materiaal ('tarra') ontstaan. De pieren eten door zand van de oppervlakte van onder af op te nemen; schelpen en schelpresten die met het zand mee naar beneden komen, worden geweigerd en op die manier vormt zich een laag grof materiaal. Tegelijkertijd wordt op die manier het bovenliggende zand ontdaan van schelpresten. Piersma & Koolhaas (1997) stelden dat door mechanische kokkelvisserij die diepe grove laag gemengd zou kunnen raken met de hogere lagen; dit is verklaarbaar als vissporen elkaar vaak kruisen (De Vlas, 1982) of als de bodem wordt omgewoeld door schroefwater van de schepen. Het herstel van de oorspronkelijke situatie is afhankelijk van de aanwezigheid van voldoende wadpieren en van de snelheid waarmee de wadpieren een nieuwe grove laag opbouwen; de audit-commissie heeft geen informatie over deze herstelsnelheid. Als herstel echter lang duurt, is denkbaar dat de waarnemingen in de gesloten gebieden nog de effecten van de visserij in de jaren 80 weerspiegelen. Als de commissie de tekst goed heeft begrepen, zijn de effecten, indien ze er zijn, niet dramatisch ("bevissingseffecten hadden soms een tegengesteld effect; negatief in het ene jaar en positief in het andere jaar").

**Antwoord: het onderzoek aan de tarra was gericht op de door Piersma & Koolhaas (1997) gegeven suggestie dat door mechanische kokkelvisserij de diepe schelpenlaag omhoog gewoeld zou worden, waardoor ernstige vergroving van het sediment zou optreden op plaatsen met kokkelvisserij (vergeleken met overigens gelijke kokkelbanken zonder visserij). Hiervan is niets gebleken. De visserij stelt ook met regelmaat dat het vistuig slechts enkele cm de bodem ingaat en de diepe schelpenlaag ook helemaal niet kan raken (los van het feit dat een dergelijke diepe bodemberoering helemaal niet zinnig is voor de vissers). In een enkel geval kan door meervoudige overlap van vissporen de diepe schelpenlaag wellicht geraakt worden, zoals de audit-commissie hier naar voren brengt, maar dit kan niet om meer dan procenten van een kokkelbank gaan en effecten van dergelijke veronderstelde kuilen zijn ook niet gevonden. Hersteltijden zijn door ons niet onderzocht, maar dit zou zeker aanbeveling verdienen. Echter ook bij een zeer lange herstelperiode zou steeds een additioneel effect van nieuwe kokkelvisserij verwacht mogen worden. Merk op, dat ons tarra-onderzoek beperkt is tot de bovenste 10 cm van het sediment. Omwoeling binnen deze laag, en herschikking van verschillende fracties binnen deze laag (die wel degelijk relevant voor biota zouden kunnen zijn) waren niet te detecteren, omdat wij ons gericht hebben op het veronderstelde opwoelen van de diepe schelpenlaag.**

In hoofdstuk 5 concludeert het rapport uiteindelijk dat de Waddenzee is verarmd door de kokkelvisserij onder aanname dat er geen intrinsieke verschillen zijn tussen de open en gesloten gebieden met uitzondering van de kokkelvisserij sinds 1993. Dit is op het eerste gezicht moeilijk te rijmen met de positieve ontwikkeling van diverse soorten onder invloed van visserij. Geconstateerd moet echter worden dat de soorten met een positieve ontwikkeling alle dieplevende soorten zijn of soorten met kokers of gangen waarin ze zich diep kunnen terugtrekken (*Arenicola*, *Lanice*, *Nereis diversicolor*); ze lijken op die manier te kunnen ontsnappen aan de kokkelkor terwijl ze mogelijk profiteren van het gebrek aan concurrentie door het wegvissen van kokkels en andere schelpdieren. De negatieve ontwikkelingen vinden we bij de ondiep of aan de oppervlakte levende soorten (kokkels, mossels, (kleine) *Macoma*, kleine wormpjes). De auditcommissie kan daarom



de conclusie van verarming steunen onder voorbehoud dat de gebruikte statistische analysetechniek juist is en dat de gehanteerde aannames correct zijn. Zie ook de eerder gemaakte opmerking over de definitie van 'verarmd'.

**Antwoord: mee eens.**

De tweede conclusie die in hoofdstuk 5 wordt getrokken betreft de 'verworming.' Geconcludeerd wordt dat de kokkelvisserij niet leidt tot hogere aantallen en/of biomassa's van wormen, maar dat in beviste gebieden wel het relatieve aandeel van wormen omhoog gaat. De audit-commissie onderschrijft deze conclusie.

**Antwoord: mee eens al doen we geen harde uitspraken over biomassa's omdat deze niet zijn gemeten.**

Gezien alle veronderstellingen en gezien de niet altijd consistente trends (verschil tussen bevissingsjaren, verschil tussen bemonsteringsjaren, in sommige gevallen verschil tussen visserijeffect en niveau (open vs gesloten)) worden de conclusies wel erg scherp geformuleerd. De commissie concludeert dat de beantwoording van de hoofdvraag van dit rapport "heeft de kokkelvisserij effect op de benthische macrofauna en zijn habitat" als antwoord moet hebben dat er weliswaar effecten zijn gevonden maar dat die relatief klein en slechts in een deel van de gevallen statistisch significant zijn.

**Antwoord: er zijn effecten gevonden van kokkelvisserij op meerdere gemeten grootheden. Als de audit-commissie hier stelt dat de effecten relatief klein zijn is dit voor haar rekening, zoals de commissie ook zelf aangeeft ("De commissie concludeert..."). De meeste effecten zijn relatief klein ten opzichte van de vaak gehoorde bewering dat kokkelvisserij "verwoestend" zou zijn, maar ze zijn groot ten opzichte van de bewering dat kokkelvisserij geen effect zou hebben op het ecosysteem. Hierbij kan ook nog worden opgemerkt, dat de directe effecten die wij bekeken hebben (dus los van de niveauverschillen) relatieve korte termijn effecten waren (na 1, 2 of 3 jaar vissen). Piersma et al. hadden elf jaar data nodig om cumulatieve effecten van meerdere jaren visserij goed in beeld te krijgen; een looptijd waar EVA-2 bij lange na niet aan toe kwam.**

#### DETAILOPMERKINGEN

De versie van het rapport die de audit-commissie onder ogen heeft gehad, zou nog verbeterd kunnen worden door het rapport wat in te korten en taal- en typefouten te verwijderen. Zo is Paragraaf 1.1 wel zeer uitvoerig; inperking tot de 2-3 alinea's die echt over de kokkelvisserij gaan, zou het rapport overzichtelijker maken. Dit rapport is niet de plaats om algemene politieke zaken te bespreken.

**Antwoord: er een check uitgevoerd op typefouten. Paragraaf 1.1 is drie en een halve pagina lang (bij dubbele regelafstand) en vormt de inleiding op een omvangrijk probleem en een omvangrijk rapport over een omvangrijke studie. Wij vinden dit niet te lang.**

Paragraaf 1.2, eerste alinea: Vraagstelling: wat is lokaal? De nulhypothese vermeldt niet over welke schalen het gaat. De indruk is dat het over kleine schalen en lokale effecten gaat. Indien dit zo is is de nulhypothese uiteraard onjuist maar triviaal. Indien niet, over

welke schalen gaat het dan? Een getijdenplaat, een deel van de Waddenzee, de gehele Waddenzee?

**Antwoord:** onze studie is opgezet op het schaalniveau van kokkelbanken, en door de grote geografische spreiding van de onderzochte kokkelbanken, ook op de schaal van open en gesloten gebieden op de schaal van de hele Nederlandse Waddenzee. Het is niet gericht op de schaal van individuele vissporen. In de tijd is de schaal die van minimaal een winterseizoen na een bevissing.

De laatste zin van de op een na laatste alinea van paragraaf 1.2 moet waarschijnlijk luiden “, .... kan dan veroorzaakt worden door de combinatie van het ontbreken van de weggeviste kokkels, en van het ontbreken van vervangende broedval vanaf 1997.”

**Antwoord:** nee. Het woordje ‘mede’ staat hier omdat altijd ook nog andere oorzaken denkbaar zijn. Het woord ‘combinatie’ dat hier door de audit-commissie wordt gesuggereerd, zou impliceren dat het om een en/en situatie zou gaan: en de verwijdering van concurrerende kokkels, en het gebrek aan re-settlement. Elk van beide kan echter leiden tot een betere situatie voor de wormen.

Paragraaf 1.4 kan eveneens worden ingeperkt tot de wetenschappelijke zaken die voor de vraagstelling van belang zijn.

**Antwoord:** de tekst van paragraaf 1.4 is slechts een pagina lang en gaat niet over wetenschappelijke zaken, maar over de verscheidenheid aan ‘gesloten gebieden’.

Paragraaf 2.1, eerste alinea: Er worden verschillende kleinschaligere studies vermeld die ook toelaten het effect van mechanische kokkelvisserij te evalueren. In de discussie wordt dat niet teruggevonden. Het zou echter interessant zijn om de conclusies uit deze kleinschalige experimenten te geven en te vergelijken met de resultaten van deze studie.

**Antwoord:** in deze paragraaf wordt slechts nagegaan wat de schaal van onderzoek betekent en wordt de schaal van ons onderzoek verdedigd. Vergelijkingen met eerdere studies worden inderdaad niet sterk gemaakt. Dat had wellicht wel sterker gekund, maar door de verschillen in schaal (steeds een locatie, versus de hele Waddenzee, met de studie van Piersma cs min of meer uitgezonderd) is dit ook moeizaam.

Paragraaf 2.1 onder 1). De studie van Hiddink (2003) kan beter onder 2) worden vermeld.

**Antwoord:** wij zien het als een tussenvorm en dit is nu duidelijker aangegeven.

Paragraaf 2.2, laatste alinea, eerste zin: invoegen ‘tijdelijk’ voor ‘relatief weinig bevestigd’. Tweede zin: schrappen ‘mogelijk’.

**Antwoord:** OK.

Paragraaf 2.3, derde alinea, tweede zin: schrappen ‘eigenlijk’.

**Antwoord:** OK.

Paragraaf 2.4, tweede alinea: voorgesteld wordt 'aantal monsterpunten = 10 plus de wortel uit het quotiënt van de onderzochte en de 'kleinste' kokkelbank'. Overigens resulteert deze formule in 11 monsters voor de kleinste bank. Figuur 6: x-as: schaal x 1000.

**Antwoord:** mee eens, tekst is aangepast. De x-as bij figuur 6 geeft het aantal malen dat een bank groter is dan  $30.000\text{m}^2$ , zoals het bijschrift ook aangeeft.

Paragraaf 2.5, onder 1): 'grootschalige' of 'langdurige'? Of allebei?

**Antwoord:** tekst was onduidelijk; is aangepast.

Paragraaf 2.5, op een na laatste zin: Werden die drie banken ook in 2000 niet in de analyse meegenomen? Laatste deel van 2.5 kan een stuk bondiger.

**Antwoord:** Dit wordt nader toegelicht in paragraaf 2.12 (samen met andere complicaties) Genoemde drie banken zijn in 2000 slecht, en in 2001 niet bemonsterd en om deze redenen ook in de analyses voor 2000 uit de dataset verwijderd. De analyses zijn dus in beide jaren op 139 banken gebaseerd.

Paragraaf 2.6, eerste alinea: Er worden bemonsteringen van schelpdierbroed en 'wadplak' beschreven. Die komen echter niet in de Resultaten-sectie terug en kunnen dus hier vervallen.

Idem laatste alinea 2.6.

**Antwoord:** In dit rapport beschrijven we alle werkzaamheden die in het kader van het project zijn uitgevoerd. We geven een volledig overzicht van de gang van zaken en alle keuzes en keuzemomenten om een gedetailleerde en volledige verantwoording af te leggen aan de opdrachtgever. In een publicatie voor een wetenschappelijk tijdschrift zouden deze onderdelen inderdaad niet worden opgenomen, hier echter wel. (Dit antwoord geldt ook voor de laatste opmerking die de audit-commissie onder het vorige punt maakt).

In figuur 8 komen 2 onderwerpen ter sprake en deze kan daarom beter worden opgesplitst in twee aparte figuren.

**Antwoord:** In deze figuur wordt op twee verschillende manieren een vergelijking gemaakt tussen de gevonden mediane korrelgroottes in de bovenste 5 cm van de bodem en in de 20 cm daaronder. Juist omdat op twee verschillende manieren (maar voor dezelfde gegevens) een vergelijking wordt gemaakt, is deze figuur gesplitst in twee panelen. Verdere opsplitsing lijkt ons niet nodig.

Paragraaf 2.7: in deze paragraaf of elders dient een overzicht te worden gegeven van alle verzamelde soorten met Nederlandse (indien bestaand) en wetenschappelijke namen. Nu kan alleen maar worden vermoed dat 'kokerwormen' *Lanice conchilega* zijn.

**Antwoord:** Mee eens, de hele lijst van gevonden en gedetermineerde soorten is toegevoegd. Dit verhoogt echter de leesbaarheid van deze paragraaf niet en kan aanleiding geven tot misverstanden, omdat niet alle gevonden soorten ook zijn uitgewerkt. Het is echter zinnig om hier te melden welke soorten zijn aangetroffen en welke data verzameld zijn, ook al zijn deze niet in dit rapport uitgewerkt. Dit is nu ook aan het einde van deze paragraaf aangegeven. Een latere uitwerking van

iedere hier genoemde soort kan, indien gewenst, uiteraard op een later tijdstip nog worden aangevraagd.

Paragraaf 2.8: Onder 1): is de mediane korrelgrootte met of zonder fijne fractie? 2) en 3): zie opmerking n.a.v. paragraaf 2.6.

**Antwoord: mét de fijne fractie(s) zoals beschreven onder paragraaf 2.8.1.**

**Met: "2) en 3)" wordt waarschijnlijk "3) en 4)" genoemd. Zie onze eerder opmerkingen over dit hier niet nader gerapporteerde materiaal. Wij proberen dit overigens nog elders nader uit te werken, maar binnen de tijd voor rapportage over EVA-2 is dit niet meer mogelijk gebleken.**

Paragraaf 2.9: Opnieuw wordt hier iets vermeld dat niet in de Resultaten aan de orde komt; kan vervallen.

**Antwoord: is al gegeven.**

Tabel 1: aangegeven dient te worden welke gegevens daadwerkelijk zijn gebruikt. 'Slib' slaat waarschijnlijk op slib in sediment (of in water?). En wat is precies Mediane korrelgrootte (M-16)? En moeten de niet gebruikte gegevens wel worden vermeld? Zijn dit harde gegevens of modeluitkomsten?

**Antwoord: Alle hier beschreven data zijn gebruikt voor verkennende analyses, maar uiteindelijk bleven alleen %-droog en Mediane korrelgrootte (uit de eigen data) over; de anderen waren hiermee te sterk gecorreleerd of voor een aantal locaties te onbetrouwbaar om nog iets toe te kunnen voegen aan het model (zie paragraaf 3.1). De RWS data zijn intrapolaties voor alle gridpunten binnen de waddenzee (zelfde grid dat ook door ons is gebruikt voor de keuze van de monsterpunten), op grond van een groot aantal monsterpunten (zie het EVA2/RIZA rapport van Zwarts et al.,: *Bodemgesteldheid en mechanische kokkelvisserij in de Waddenzee*), ook voor de definitie van M-16 Mediane korrelgrootte.**

Paragraaf 2.12, tweede alinea: "aantal black box registraties per vierkant". Het tweede deel van deze paragraaf kan ook een stuk bondiger.

**Antwoord: OK.**

In paragraaf 2.13 wordt op basis van hypothetische voorbeelden de gebruikte statistiek behandeld. Met name de 4<sup>de</sup> alinea is niet duidelijk en de commissie vraagt zich af of paragraaf 2.13 niet eerder in een appendix zou thuis horen of dat hier zou kunnen worden verwezen naar de betreffende literatuur.

**Antwoord: Als we dit stukje theorie wegstoppen in een Appendix, wordt de hele volgende analyse, dus de hele resultaten sectie, onbegrijpelijk. Dat lijkt ons geen goed idee.**

Paragraaf 3.1, 2e alinea: op het oostelijk wad kunnen monsterlocaties wel degelijk lager liggen dan -1 m NAP; de laagwaterlijn ligt op ca. -1,5 m. Maar overigens is droogvaltijd een ecologisch relevantere maat.

**Antwoord:** mee eens. “Dergelijke dieptes” slaat op de tweede categorie, dus dieper dan 2 meter onder NAP, (en doorlopend tot vele meters onder NAP).

Paragraaf 3.1: vijfde alinea: moet dit niet luiden: “Medkorrel - de mediane korrelgrootte met een voor de gesloten en open gebieden gelijke correctie (- 165  $\mu$ m).” “Droog – de droogvaltijd met een voor de gesloten en open gebieden gelijke correctie (-45%).” Het onderschrift van figuur 14 zou wat uitgebreider kunnen opdat deze figuur ook is te begrijpen zonder de hoofdtekst.

**Antwoord:** mee eens, is doorgevoerd.

Paragraaf 3.1, zevende alinea: melding wordt gemaakt van relatief weinig laaggelegen kokkelbanken in de gesloten gebieden. Zou dit de ontbrekende 15% uit paragraaf 2.3 kunnen zijn? Verder lijkt er een verschil te zijn tussen de beviste en onbeviste plekken m.b.t. mediane korrelgrootte; een dergelijke vage formulering is niet nodig.

**Antwoord:** in de gesloten gebieden waren (onder de door ons bemonsterde banken) relatief weinig (= minder dan verwacht) laaggelegen kokkelbanken in vergelijking tot de situatie in de open gebieden. Dit heeft niets met genoemde 15% te maken. Dit getal gaat over de kennelijke inspanning die de vissers zich getroosten bij het opzoeken van kokkelbanken in gesloten gebieden. Hier worden relatief veel banken gemist bij inventarisatie. Mogelijk wordt dus iets minder hard gezocht (of gerapporteerd) in de gebieden waar men toch niet mag vissen en in een situatie waarin er zoveel kokkels lagen dat er geen sprake zou zijn van het in werking komen van het voedselreserveringsbeleid (lees: men mocht hoe dan ook vissen, of de laatste bank in de gesloten gebieden nu gevonden zou worden of niet).

Paragraaf 3.3: “paragraaf 4.1” moet zijn “paragraaf 3.2”?

**Antwoord:** 3.1! Fout is hersteld.

Paragraaf 3.4: Begrippen als log-link, offset-Ln, een gegeneraliseerd lineair model vragen enige uitleg.

**Antwoord:** De uitleg voor log-link is al eerder gegeven, in paragraaf 3.1 (onder figuur 13). Offset-Ln is een term in het gebruikte model die rekening houdt met het aantal punten in het model (aantal punten per bank en voor diegenen die niet weten wat een GLM (gegeneraliseerd lineair model) is, maar die dit wel willen weten verwijzen wij (ook in paragraaf 3.1 naar de publicatie van McCullagh and Nelder (1989). Een extra verwijzing naar deze eerdere uitleg in paragraaf 3.1 en de bijbehorende literatuur verwijzing is nu ook hier opgenomen.

Paragraaf 3.6, 1e alinea: “paragraaf 3.4” moet zijn “paragraaf 3.5”?

**Antwoord:** nee.

Figuur 17. Minuutafstanden van 300 m en meer komen ca. 34.000 keer voor. Het is onwaarschijnlijk dat dit allemaal niet-openvolgende registraties zijn; zit er niet ook varen met de pomp aan in?

**Antwoord:** hier is inderdaad iets mis en we zijn er ook op gewezen door dr Pauline Kamermans (RIVO). Achteraf blijkt er in de aangeleverde database een rangschikking van de gegevens zit van ZW naar NO. Hierdoor zullen veel opeenvolgende regels nog steeds een daadwerkelijke volgorde in de tijd en per schip aangeven, maar is er ook veel “heen en weer gesprong” tussen punten uit registraties die in noord-zuid richting ver uiteen kunnen liggen, met geconstateerde merkwaardigheid als gevolg. Na discussie met Pauline Kamermans hebben we besloten om de betreffende alinea (4.2) aan te passen.

Paragraaf 4.4.3, hier wordt ook weer diep in de statistiek gedoken. Enige literatuurverwijzing, dan wel een uitleg van de methode in een appendix zou hier op zijn plaats zijn.

**Antwoord:** juist in deze (eerste van een serie) paragraaf wordt de lezer stap voor stap door de statistiek meegevoerd in het gedeelte: Deze cijfers moeten als volgt gelezen worden:...

2e alinea: Waar slaat op “Dit wordt ondersteund door de dat want de p-waarde voor de bijbehorende nulhypothese is 0,739”?

**Antwoord:** zinsvolgorde is veranderd, waardoor dit nu duidelijker is.

De conclusie dat geen sprake is van een visserij effect (blz. 73) lijkt goed aan te sluiten bij de observaties (blz. 70) dat “het aantal kokerwormen in de gesloten gebieden beduidend hoger is dan in de open gebieden” en “dat op de beviste banken de dichtheden hoger waren dan op de onbeviste banken in het open gebied”.

**Antwoord:** er is geen direct visserij-effect gevonden in deze dataset (parallele lijnen in figuur 20), maar wel een niveau-verschil tussen de open en gesloten gebieden, waarbij in de gesloten gebieden over de hele range van kokkeldichtheden, cq bevissing, meer kokerwormen voorkwamen.

Figuur 20: is het mogelijk de observaties waarop de regressielijnen zijn gebaseerd, ook in dit figuur op te nemen?

**Antwoord:** Dat is in principe mogelijk maar vanwege de vrij grote variatie in de data (een geschatte variatie van 2,80 op log-schaal tussen banken én een overdispersiefactor van 75,7) zal dit weinig aan de figuur toevoegen.

Paragraaf 4.4.4.: het begrip Somvis vraagt nadere toelichting.

**Antwoord:** Somvis is de som van de bevissing in 1998 en 1999. Dit wordt gebruikt in plaats van twee afzonderlijke visserijparameters voor de twee jaren, omdat hier het effect op kokerwormen op kokerwormen van bevissing in 1998 en 1999 gelijk verondersteld wordt. Deze uitleg staat in de voorgaande paragraaf (4.4.3.) waar dit ook al zo gedaan wordt.

Paragraaf 4.4.5, 3e alinea: “Er is slechts een zeer lichte indicatie ( $p = 0,142$ ) ..”. Gebruikelijk is om hier te zeggen dat er geen significant verschil is.

**Antwoord:** inderdaad, maar zo kan het ook. “Significantie” is een kwestie van smaak (gebruikelijk is  $p=0,05$  als grens). Een hogere waarde voor  $p$  geeft dan “non-significantie” wat echter niet wil zeggen dat er per definitie niets aan de hand kan zijn.

De statistische begrippen in paragraaf 4.5.2 vragen nadere toelichting; wellicht te geven in een appendix. Overigens zijn de gevonden effecten minimaal en niet significant.

**Antwoord: De gehanteerde begrippen in 4.5.2 zijn niet anders dan in andere, vergelijkbare paragrafen, en zijn ook allemaal eerder al benoemd en uitgelegd. Voor de Wapenworm worden inderdaad geen significante effecten gevonden.**

Blz. 138, eerste paragraaf, laatste zin: zijn de effecten op grote wormen niet eerder positief te noemen?

**Antwoord: (met blz 138 in de concept-versie verwijst de auditcommissie naar de allerlaatste alinea in de lopende tekst). Effecten “positief” noemen is niet waardevrij. Er lijken het laatste decennium meer wormen gekomen te zijn (die wellicht weer net zo hard zijn weggegeten door bijvoorbeeld vogels). Of “meer wormen” iets positiefs is? Wellicht dat de wormen daar zelf zo over zouden denken, voor zover mogelijk. Voor wormen-etende vogels is een duidelijk positieve ontwikkeling, maar wij willen dit niet zonder meer aannemen als de maat der dingen.**

Utrecht/Yerseke/Haren, 11-12-2003

Prof.dr. P.L. de Boer  
Prof.dr. C.H.R. Heip  
Prof.dr. W.J. Wolff

(Antwoorden gereed: Texel/Wageningen, 1-4-2004)