

Scholksters en hun voedsel in de Oosterschelde

In opdracht van de ministeries van LNV en V&W

Scholeksters en hun voedsel in de Oosterschelde

Rapport voor deelproject D2 thema 1 van EVA II, de tweede fase van het evaluatieonderzoek naar de effecten van schelpdiervisserij op natuurwaarden in de Waddenzee en Oosterschelde 1999–2003

**C. Rappoldt, B. J. Ens, C. M. Berrevoets,
A. J. M. Geurts van Kessel, T. P. Bult en E. M. Dijkman**

Alterra–Rapport 883

Alterra, Wageningen, 2003

REFERAAT

C. Rappoldt, B. J. Ens, C. M. Berrevoets, A. J. M. Geurts van Kessel, T. P. Bult en E. M. Dijkman, 2003. *Scholeksters en hun voedsel in de Oosterschelde; Rapport voor deelproject D2 thema 1 van EVA II, de tweede fase van het evaluatieonderzoek naar de effecten van schelpdiervisserij op natuurwaarden in de Waddenzee en Oosterschelde 1999–2003*. Wageningen, Alterra–Rapport 883. 137 blz. 59 fig.; 14 tab.; 62 ref.

Dit rapport bevat een analyse van de voedselsituatie van overwinterende scholeksters in de Oosterschelde tussen 1990 en 2002. Het aantal scholeksters is in die periode afgenomen van 64 000 tot 40 000. De oorzaak is een tekort aan voedsel veroorzaakt door de verplaatsing van de mosselpercelen naar het sublittoraal ($\approx$ 9600 scholeksters minder), de kokkelvisserij ($\approx$ 5700 scholeksters) en de veranderingen die zich in de Oosterschelde hebben voorgedaan na de gedeeltelijke afsluiting ($\approx$ 8700 scholeksters). De voortgaande afvlakking van de wadplaten in de Oosterschelde zal vermoedelijk leiden tot een verdere daling van het aantal scholeksters. De hoeveelheid voedsel die nodig is voor een stabiel aantal scholeksters bedraagt naar schatting 150 kg kokkelvles per scholekster. Rond het jaar 2000 was die hoeveelheid kokkelvles in de Oosterschelde aanwezig en is het aantal scholeksters licht gestegen.

Trefwoorden: wadvogels, voedsel, schelpdier, voedselreservering, visserij, model, draagkracht, droogvalduur, mosselbank, kokkelbank

ISSN 1566–7197

Dit rapport kunt u bestellen door Euro 31,– over te maken op banknummer 36 70 54 612 ten name van Alterra, Wageningen, onder vermelding van Alterra–Rapport 883. Dit bedrag is inclusief BTW en verzendkosten.

Het rapport is ook beschikbaar op het internet als PDF file (gecomprimeerd als ZIP file) op www.alterra.nl (doorklikken naar publicaties, rapporten, rapportenlijst).

© 2003 Alterra

Postbus 47; 6700 AA Wageningen; Nederland

Tel.: (0317) 474700; fax: (0317) 419000; e-mail: info@alterra.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.

Inhoudsopgave

Lijst van figuren	8
Lijst van tabellen	11
Woord vooraf	13
Samenvatting	15
1 Inleiding	21
1.1 Bestaande rapporten	21
1.2 Vraagstelling	23
1.3 Scholeksters	24
1.4 De negentiger jaren	26
1.5 Leeswijzer	26
1.6 Technische opmerkingen	27
2 Oude Tijdsreeks Scholeksters Oosterschelde	29
<i>Cor Berrevoets</i>	
2.1 Inleiding	29
2.2 Methode	30
2.2.1 Reconstructie seizoenspatroon (aantalsverloop juli > juni) per deelgebied in de jaren 1978/79–1982/83	31
2.3 Analyses	34
2.3.1 Kwaliteit van de gebruikte modellen	34
2.3.2 Reconstructie seizoenspatroon 1978/79–1982/83	35
Oosterschelde West	35
Oosterschelde Centrum	36
Oosterschelde Oost	36
Oosterschelde Noord	38
Oosterschelde Totaal	38
2.3.3 Veranderingen in het gemiddeld aantal Scholeksters per deel- gebied	38
Oosterschelde West (Figuur 2.5)	40
Oosterschelde Centrum (Figuur 2.6)	40
Oosterschelde Oost (Figuur 2.7)	41
Oosterschelde Noord (Figuur 2.8)	42
De gehele Oosterschelde (Figuur 2.9)	43
2.4 Conclusie	43

3	Overleving van Scholeksters in de Oosterschelde in de winters van 1982–2002	47
	<i>Niels Dingemanse en Bruno Ens</i>	
3.1	Inleiding	47
3.2	Methode	47
3.2.1	Gebruikte data	47
3.2.2	Statistische analyse	48
	Programmatuur	48
	Model selectie procedure	49
	Notatie	50
3.3	Resultaten	52
3.3.1	Jaarlijkse variatie in overleving	52
3.4	Samenvatting	56
4	Voedsel en vogels: een eerste analyse	57
4.1	De vogels	57
4.2	De schelpdieren	59
4.2.1	Kokkel	59
4.2.2	Mossel	59
4.2.3	Nonnetje	59
4.3	Aantalsveranderingen en het voedsel	59
4.4	De betekenis van het Terukeergetal	62
4.4.1	Getijdepopulaties	63
4.4.2	Het Terukeergetal	63
5	Modelstudie	65
5.1	Doelstelling	65
5.2	Beknopte modelbeschrijving	66
5.2.1	Een simulatiemodel	66
5.2.2	Deelgebieden	66
5.2.3	Invoergegevens	67
	Kokkels en Nonnetjes	67
	Mosselen	68
	Getijde- en Weerstations	69
	Visserij	71
	Aantallen Scholeksters	72
5.2.4	Voedseleecologie van de Scholekster	72
	Voedselbehoefte	72
	Functionele respons	72
	Digestive bottleneck	73
	Interferentie	73
	Verspreiding van de vogels	74
	Belangrijke aannamen	74
	Langer Foerageren	74
5.2.5	Alternatieve prooien	76
5.2.6	Winter effecten	77
5.2.7	De stress index	78
5.3	Enkele resultaten voor de gesimuleerde jaren	79
5.3.1	Diët	80
5.3.2	De Kokkelbalans	80
	Constructie van de kokkelbalans	80
	Verklaringen voor de systematische afwijking	83
	Discussie van de kokkelbalans	85

5.3.3	Vogel gewichten	87
5.4	Analyse van stress factoren	87
5.4.1	De stress Index voor de historische gegevens	87
5.4.2	1997: een gemiddelde zachte winter	89
5.4.3	Stress verhoging door strenge winters	90
5.4.4	Voedselstress	90
5.4.5	Stress verhoging door weggevisst voedsel	92
5.4.6	Veranderingen in de Droogvalduur	92
5.5	De relatie tussen de stress index en het voedsel	94
5.6	Voedselreservering	96
5.6.1	Referentie aantal scholeksters	96
5.6.2	Terugkeergetal, mortaliteit en de berekende stress index	98
5.6.3	Het gebruik van een terugkeergetal van 1	99
5.6.4	Fluctuaties in het kokkelbestand	99
5.6.5	Voedselreservering	100
5.7	Robuustheid van de resultaten	102
5.8	De draagkracht van de Oosterschelde voor Scholeksters	102
5.8.1	Achteruitgang van de Scholekster	102
5.8.2	Draagkracht <i>met</i> en <i>zonder</i> visserij	102
5.8.3	Draagkracht met de hoogtekaart van 2010	103
6	Visserij, vogels en het verloop van het kokkelbestand	105
6.1	Inleiding	105
6.2	Berekening van het kokkelbestand	105
6.3	Verloop van het kokkelbestand	109
6.4	Invloed op de draagkracht	110
7	Discussie	113
7.1	Bepaling van de voedselreservering	113
7.2	De achteruitgang van de Scholekster	115
7.3	De functie van goede kokkeljaren	116
7.4	Een lager (of hoger) aantal Scholeksters?	117
7.5	Cumulatieve effecten	117
	Bibliografie	119
	Bijlagen	125
A	Overlevingskansen berekend met verschillende statistische modellen	125
B	Het terugkeergetal	129
C	Oordeel Auditcommissie	130
	<i>P.L. de Boer, C.H.R. Heip en W.J. Wolff</i>	
	Detailopmerkingen	136

Lijst van figuren

2.1	Reconstructie van het gemiddeld aantal Scholeksters per maand in de westelijke Oosterschelde.	36
2.2	Reconstructie van het gemiddeld aantal Scholeksters per maand in de centrale Oosterschelde.	37
2.3	Reconstructie van het gemiddeld aantal Scholeksters per maand in de oostelijke Oosterschelde.	37
2.4	Reconstructie van het gemiddeld aantal Scholeksters per maand in de noordelijke Oosterschelde	38
2.5	Reconstructie van het gemiddeld aantal Scholeksters per telling in de westelijke Oosterschelde.	40
2.6	Reconstructie van het gemiddeld aantal Scholeksters per telling in de centrale Oosterschelde.	41
2.7	Reconstructie van het gemiddeld aantal Scholeksters per telling in de oostelijke Oosterschelde	41
2.8	Reconstructie van het gemiddeld aantal Scholeksters per telling in de noordelijke Oosterschelde.	42
2.9	Reconstructie van het gemiddeld aantal Scholeksters in de Oosterschelde.	43
2.10	Huidige ligging van de clusters.	44
3.1	Een vergelijking van de op basis van model 1,2 en 3 geschatte overleving	53
3.2	Geschatte overleving per winter voor model 1	54
3.3	De jaarlijkse overleving geschat uit ring gegevens en het aantal dood gevonden Scholeksters in de Oosterschelde	55
3.4	Het aantal dood gevonden Scholeksters als functie van de geschatte mortaliteit	55
4.1	Het aantal Scholeksters gemiddeld over het hele winterseizoen	57
4.2	Het aantal Scholeksters gemiddeld over de maanden september, oktober en november	58
4.3	Het terugkeergetal voor de Oosterschelde voor de jaren 1990 tot en met 2000	58
4.4	Het bestand kokkels, mosselen en nonnetjes in de Oosterschelde	60
4.5	Het terugkeergetal voor de Oosterschelde als functie van de hoeveelheid voedsel per vogel	61
4.6	Mortaliteit Scholeksters Oosterschelde	62
5.1	Een kaart met de deelgebieden (met afkortingen)	67
5.2	De verspreiding van kokkel en nonnetje in 1993 en 1999	68
5.3	“Droogvalduur locaties” voor de mossel spots	70
5.4	Kaart van de gerealiseerde droogvalduur voor de simulatie van seizoen 1991–1992	70

5.5	Voor 1992 gesimuleerde visserij	71
5.6	Functionele respons van Scholeksters op kokkels	72
5.7	Gesimuleerd diëet voor een zodanige verspreiding van de vogels dat de momentane opnamesnelheid maximaal is (“Ideal Free Distribution”)	75
5.8	Gesimuleerd diëet voor een verspreiding van de vogels over zoveel mogelijk verschillende plekken	75
5.9	Gesimuleerd gewichtsverloop in een strenge en zachte winter	77
5.10	Gewichtsverloop in een strenge en zachte winter gesimuleerd met een hogere minimale opnamesnelheid	78
5.11	Gesimuleerde foerageerintensiteiten voor deelgebied OSW	78
5.12	De kokkelbalans voor de Oosterschelde	81
5.13	De totstandkoming van de balanspunten voor de seizoenen 1992–1993 en 1997–1998	82
5.14	Gelijk aan Figuur 5.13 met een correctie op de zomergroei van de kokkels volgens Kamermans <i>et al.</i> (2003)	84
5.15	De kokkelbalans voor de Oosterschelde gecorrigeerd voor een bestandsafhankelijke zomergroei	85
5.16	De totstandkoming van de balanspunten voor de seizoenen 1994–1995 met een correctie op de zomergroei van de kokkels volgens Kamermans <i>et al.</i> (2003)	86
5.17	Gesimuleerde vogelgewichten voor de jaren 1990–1995	88
5.18	Gesimuleerde vogelgewichten voor de jaren 1996–2001	89
5.19	Met historische gegevens berekend stress niveau voor de winters 1990–1991 tot en met 2001–2002	90
5.20	De voedselsituatie van 1992 gecombineerd met het weer en getij van de overige jaren.	91
5.21	De stress index voor de standaard zachte winter vergeleken met de historische runs	91
5.22	De stress index berekend met referentie aantallen vogels vergeleken met de historische runs	92
5.23	De stress index berekend voor de ruime hoeveelheid voedsel van 1992 vergeleken met de historische runs	93
5.24	Hoeveelheid weggeviste kokkels tussen 1990 en 2001	93
5.25	De stress index berekend zonder visserij vergeleken met die voor historische runs	94
5.26	De invloed van de droogvalduur kaart op de stress index	95
5.27	De stress index voor de historische gegevens als functie van de hoeveelheid vlees per vogel	96
5.28	De stress index als functie van de voedselvoorraad per vogel berekend voor het getij en weer van 1998 toegepast op alle jaren	97
5.29	Het terugkeergetal als functie van de gesimuleerde stress index	98
5.30	Mortaliteit, voedsel en strenge winters	99
5.31	Grafiek voor het afleiden van de voedselreservering	100
5.32	Het terugkeergetal als functie van de hoeveelheid niet weggeviste kokkels per vogel	101
5.33	Draagkrachtberekening voor de Oosterschelde in de jaren negentig	103
5.34	Draagkrachtberekening voor de Oosterschelde met droogvalduren volgens de hoogtekaart van 2010	104
6.1	Gesimuleerde predatie van kokkels als functie van het bestand per scholekster	106
6.2	Vergelijking tussen berekende kokkelbestanden en de jaarlijkse bestands schattingen van het RIVO	108

6.3	Vergelijking tussen het berekende september bestand en de schatting in rapport H2 (Kamermans <i>et al.</i> , 2003)	109
6.4	Vergelijking tussen het berekende september bestand met en zonder de visserij in de voorafgaande jaren	109
6.5	Draagkracht berekening rekening houdend met effecten van visserij en aantal vogels op de ontwikkeling van het kokkel bestand	110

Lijst van tabellen

2.1	Aantal maanden met incomplete tellingen per cluster en seizoen . . .	32
2.2	Aantal volledige tellingen per maand per cluster	33
2.3	Maandmaxima van de tellingen per deelgebied	33
2.4	Correlatie-coëfficiënten tussen berekende aantallen en complete tellingen	34
2.5	Percentage van het geschat aantal vogeldagen wat gebaseerd is op daadwerkelijk getelde vogels.	39
3.1	Aantal nieuw geringde scholeksters per deelgebied	48
3.2	Aantal dood gevonden geringde vogels per deelgebied	49
3.3	IJnsen getal en aantal dood gevonden Scholeksters per deelgebied . .	50
3.4	Model selectie jaarlijkse overlevingskans en doodmeldkans in de Oos- terschelde	51
5.1	Mosselgegevens Oosterschelde	69
5.2	Getijde- en weerstations voor de verschillende deelgebieden	70
5.3	Gesimuleerd diët van de Scholeksters in modelruns voor de periode 1990–2001	80
5.4	Berekening van het referentie aantal scholeksters	97
A.1	Overlevingskansen van scholeksters in de Oosterschelde in de jaren 1981–2001 op basis van verschillende modellen	125

Woord vooraf

Voor u ligt het rapport “Scholeksters en hun voedsel in de Oosterschelde” dat door Alterra–Texel, het Centrum voor Schelpdier Onderzoek van het Nederlands Instituut voor Visserij Onderzoek (RIVO-CSO) en het Rijksinstituut voor Kust en Zee (RIKZ) vervaardigd is ten behoeve van de tweede evaluatiefase van het Nederlands schelpdiervisserij-beleid, EVA II. Het onderzoek is verricht met financiering vanuit het ministerie van LNV en vanuit het ministerie van V&W in het kader van het EVA II deelproject D2–1 “Voedselreservering voor scholeksters in de Oosterschelde”.

Dit rapport bevat een analyse van de voedselsituatie van scholeksters gedurende de negentiger jaren in de Oosterschelde. Uit die analyse worden conclusies getrokken met betrekking tot oorzaak van de achteruitgang van het aantal scholeksters ten opzichte van de jaren tachtig en met betrekking tot het niveau van de benodigde voedselreservering. Eerdere versies van dit rapport zijn becommentarieerd door het onderzoeksmanagement, de stuurgroep en de audit-commissie van EVA II. Het verslag van de audit-commissie is als Bijlage C in dit rapport opgenomen.

De berekeningen aan scholeksters en hun voedsel waarvan dit rapport verslag doet zijn gebaseerd op een grote hoeveelheid gegevens over de Oosterschelde. Wadvogeltellingen worden al sinds jaar en dag door vrijwilligers verricht en hun gegevens worden in een apart hoofdstuk van dit rapport uitgewerkt. Met vragen over de schelpdiergegevens van het RIVO ben ik vele malen te rade gegaan bij Pauline Kamermans en Joke Kesteloo-Hendrikse. De gebruikte hoogtekiarten zijn afkomstig van het RIKZ. Elze Dijkman tenslotte heeft een groot deel van al deze basisgegevens beheerd en bewerkt ten behoeve van het EVA II onderzoek.

Een heel andere verzameling gegevens betreft de voedsel­ecologie van scholeksters. Ik heb op dat gebied veel geleerd van Marcel Kersten, Bruno Ens, Richard Stillman, Jaap de Vlas en Leo Zwarts. Het is opmerkelijk dat veel van de hier toegepaste kennis het resultaat is van wat nog geen 10 jaar geleden fundamenteel onderzoek aan wadvogels was, beschreven in proefschriften en tijdschriftartikelen.

Bert Brinkman heeft geholpen met het berekenen van de verdeling van de vogels over droogvallende voedselgebieden. De stress-index voor het karakteriseren van een winter is het resultaat van een avond praten met Marcel Kersten. Het gebruik van terugkeergetallen is een suggestie van Cor Berrevoets en Jaap van der Meer heeft geholpen met een statistische analyse.

Resultaten van modelberekeningen zijn een aantal keren besproken met collega’s van het EVA II onderzoek en met Marnix van Stralen. Veel ideeën en verbeteringen

vinden hun oorsprong in die bijeenkomsten op Texel en in Yerseke. Tenslotte dank ik mijn collega's in Wageningen voor hun interesse in deze voor hen vreemde tak van toegepaste wetenschap en voor het ter beschikking stellen van hun computers toen er tenslotte gerekend moest worden.

Wageningen, november 2003
Kees Rappoldt

Samenvatting

Aantalsverloop en voedsel

Om een reconstructie te maken van de aantallen Scholeksters die voor de afsluiting van de Oosterscheldekering voorkwamen in de Oosterschelde zijn de gegevens uit die periode met drie modellen bewerkt. De noodzaak hiertoe komt voort uit het feit dat er in die jaren (1978–1983) relatief veel missende tellingen zijn. De uitkomsten van de modellering verschillen niet sterk van elkaar. Uit de analyse blijkt dat de aantallen voor de sluiting van de Oosterscheldekering niet veel hoger waren dan net na de sluiting. Alleen in het noordelijke deel van de Oosterschelde (grenzend aan het afgesloten Volkerakmeer) was er wel sprake van een duidelijke afname van de aantallen. Dit laatste is logisch omdat een aanzienlijk deel van het foerageergebied toen verloren ging. De aantallen bleven tot eind jaren tachtig relatief stabiel, daarna werden in diverse deelgebieden in korte tijd vaak grote afnames ($> 30\%$ van de populatie in één deelgebied) waargenomen.

De Nederlandse scholeksterpopulatie is zowel in de broedgebieden als in de overwinteringsgebieden afgenomen. De oorzaak van de afname zou dus zowel in de broedgebieden, met name de Nederlandse polderlandschappen, als in het wintergebied, d.w.z. de Waddenzee en de Deltawateren, gezocht kunnen worden (of in allebei). Echter, twee goed onderzochte broedpopulaties op respectievelijk Texel en Schiermonnikoog, die voor hun voedselvoorziening geheel en het jaar rond afhankelijk zijn van de Waddenzee en eventueel andere getijdengebieden, zijn ook sterk afgenomen. Om die reden is het aannemelijk dat de oorzaak van de achteruitgang van de scholekster vooral in de Waddenzee en de Deltawateren gezocht moet worden.

Voor de Oosterschelde is het gemiddelde aantal scholeksters dat er overwintert in de maanden september t/m maart in de jaren negentig afgenomen van 64000 tot ongeveer 40000. De oorzaken van deze draagkrachtvermindering van ≈ 24000 scholeksters zijn de verplaatsing van de mosselen naar het sublittoraal (≈ 9600 scholeksters minder), de kokkelvisserij (≈ 5700 scholeksters minder) en de veranderingen die zich in de Oosterschelde hebben voorgedaan na de gedeeltelijke afsluiting (≈ 8700 scholeksters minder). De voortgaande afvlakking van de droogvallende wadplaten zal vermoedelijk tot een verdere daling van het aantal scholeksters in de Oosterschelde leiden. Bij gelijkblijvend schelpdierbestand neemt de droogvalduur zodanig af dat het aantal scholeksters met nog eens 9000 kan afnemen. Als daarnaast het kokkelbestand verder achteruitgaat kan het aantal scholeksters in de Oosterschelde onder de 30000 komen.

Voordat deze draagkrachtberekeningen konden worden gedaan is de samenhang tussen het aantal scholeksters en het kokkelbestand onderzocht door middel van een statistische analyse van de gegevens en met behulp van modelberekeningen aan foe-

ragerende scholeksters.

Na sommige winters is het aantal scholeksters sterk gedaald en na andere winters is het weer gestegen. Deze aantalsveranderingen lijken inderdaad samen te hangen met de grootte van het kokkelbestand. Als er veel voedsel ligt nemen de aantallen toe en als er weinig voedsel ligt nemen de aantallen de volgende winter af. Er is een kans van 14% dat het gevonden verband op toeval berust maar het onderscheidend vermogen van de statistiek is gering als gevolg van het geringe aantal meetpunten en de omgekeerde conclusie, dat er geen verband is, is met een waarschijnlijkheid van 75% onjuist.

Een simulatiemodel

Om meer te kunnen zeggen over de hoeveelheid voedsel die er aan het begin van de winter moet zijn (de ecologische voedselbehoefte), is het foerageren van de vogels gesimuleerd met behulp van een daartoe geschreven computer programma. De dagelijkse voedselopname van de scholeksters wordt bepaald door de snelheid waarmee de vogels de schelpdieren kunnen vinden en opeten, door het vleesgewicht van de schelpdieren dat in de loop van de winter behoorlijk afneemt, door de mate waarin scholeksters last hebben van elkaar tijdens het foerageren, en natuurlijk van de droogvalduur van de prooien. De dagelijkse voedselbehoefte van de vogels hangt af van de temperatuur en ook enigszins van het gewicht van de vogels. De schelpdierbestanden zoals aangeleverd door het RIVO specificeren voor een groot aantal plekken het bestand aan kokkels en nonnetjes en die plekken hebben elk hun droogvalduur. Begin jaren negentig waren er ook nog mosselen op droogvallende mosselpercelen en daarvoor is een aparte schatting gemaakt.

Door het rekenwerk aan de voedselopname uit te voeren als een simulatie van de voedselopname van uur tot uur, de hele winter door, kunnen ook andere, subtielere factoren in rekening worden gebracht. In tijden van schaarste kunnen de vogels in de polder op wormen foerageren. De snelheid waarmee de vogels hun voedsel kunnen verteren is begrensd en ook hun maaginhoud is begrensd. Daardoor kunnen de vogels bijvoorbeeld niet in heel korte tijd voldoende eten, zelfs al ligt het voedsel voor het oprapen. Verder worden voor de periode 1990–2001 de door het RIKZ gemeten waterstanden en de dagelijkse minimum en maximum temperaturen gemeten door het KNMI gebruikt. Het aantalsverloop van de scholeksters is voor elk van de winterseizoenen geschat door het RIKZ op basis van de beschikbare tellingen. De visserij wordt in rekening gebracht via de vangstgegevens en ruimtelijke verspreiding van de visserij wordt afgeleid van de black box gegevens.

Enkele belangrijke processen zijn echter moeilijk te kwantificeren. In strenge winters is door ijsvorming het voedsel onbereikbaar voor de scholeksters en hebben ze de keuze tussen honger of uitwijken naar Frankrijk. De modelparameters die het effect van vorst op de foerageersnelheid beschrijven kunnen slechts grof geschat worden en de resultaten voor de strenge winters 1990–1991, 1995–1996 en 1996–1997 zijn daarom niet gebruikt in de berekening van de voedselreservering.

Verder is het onmogelijk om de verspreiding van de scholeksters tijdens laagwater op realistische wijze te simuleren. Het gedrag van de vogels in de simulatie is daarom gebaseerd op enkele vereenvoudigingen: (1) er zijn geen verschillen in voedselbehoefte en foerageerefficiëntie tussen de individuen, (2) de scholeksters hebben een volledige kennis van het schelpdierbestand en (3) de vogels kunnen zich momen-

taan en zonder energetische kosten verplaatsen binnen elk van de vier onderscheiden deelgebieden. De scholeksters in het model kunnen dus hun opnamesnelheid maximaliseren door zich voortdurend optimaal te verspreiden over de droogvallende delen van het voedselgebied.

Deze optimistische aannamen over het gedrag van de vogels worden gecompenseerd door het uitrekenen, en uiteindelijk begrenzen, van een stress niveau. Dat stress niveau is een maat voor de inspanning die de vogels moeten leveren gedurende een heel winterseizoen. Het berekende stress niveau stijgt kwadratisch met de “werkdruk” en de maximale prestatie van de alwetende en ideale vogel komt overeen met een stress niveau van 1. Een stress niveau van 0.36 komt overeen met een effectieve werkdruk die 60% is van het maximum ($\sqrt{0.36}=0.6$).

Voedselstress in de jaren negentig

De stress index berekend voor 64000 Scholeksters (de oorspronkelijke referentie aantallen) en 54400 Scholeksters (de tussentijds aangepaste referentie aantallen) heeft in twee van de negen winters tussen 1990 en 1998 een waarde bóven de 0.6. Dat betekent dat de *gemiddelde* en *ideale* vogel tenminste 80% van de maximale inspanning heeft moeten leveren om de winter door te komen. Dit resultaat is een tweede aanwijzing voor voedseltekort als de belangrijkste oorzaak voor de afname van het aantal overwinterende Scholeksters in de periode 1990–1997.

De voor werkelijke aantallen vogels in de zachte winters berekende stress indices zijn gerelateerd aan de mate waarin de vogels de volgende herfst zijn terug gekomen (gemeten aan de aantalsverandering). Dat verband is statistisch significant. Dus na een zachte winter met hoge stress daalt het aantal scholeksters en bij lage stress nemen de aantallen het volgende jaar toe. Ook dit resultaat wijst er dus op dat het aantal scholeksters in de Oosterschelde door door het kokkelbestand gereguleerd wordt.

Voedselstress en sterfte in de jaren negentig

Om te onderzoeken of er een verband is tussen voedsel stress en sterfte zijn de doodvondsten van scholeksters geanalyseerd. Het betreft Scholeksters die geringd zijn in de periode 1984–1991 in het kader van een samenwerking tussen RWS/NIOO-CEME onder leiding van Rob Lambeck. Uit het onderzoek komt naar voren dat de overleving sterk varieert tussen jaren en voor jaren waarin ook het effect van leeftijd kon worden geschat was er ook een groot effect van leeftijd. In de meeste jaren is de overleving zeer hoog (juvenielen: 71%; subadulten 93%; adulten: 96%), maar in strenge winters is de overleving aanzienlijk lager (juvenielen: 34%; subadulten 74%; adulten: 83%). Deze lagere overleving hangt waarschijnlijk samen met een grotere dagelijkse behoefte aan voedsel tijdens vorstperiodes in combinatie met een lagere beschikbaarheid van voedsel door opvriezing van slikken en platen, de geringere bereikbaarheid van prooidieren en het afsterven van prooidieren. De overleving van juvenielen in strenge winters is minder dan 50% van de overleving in zachte winters, terwijl de overleving van adulten in strenge winters meer dan 85% bedraagt van de overleving in zachte winters, maar dit verschil is niet significant.

Er is ook een relatie tussen de voor een winterseizoen berekende stress en de overle-

ving. Bij hoge stress is de overleving laag, zoals verwacht. Dit verband is het gevolg van de hoge stress in strenge winters. Bij minder extreme stress niveaus komt weliswaar een deel van de vogels het volgend jaar niet terug (of er vestigen zich geen jonge vogels), maar er is niet een *onmiddellijk* verhoogde sterfte.

Voedselreservering

Om te komen tot een voedselreservering moeten we ons realiseren dat de kokkelstand van nature sterk fluctueert. De enorme bestanden die na een goede broedval tot ontwikkeling komen, kunnen niet door de scholeksters worden geëxploiteerd. De scholekster is immers een lang levende vogelsoort met een lage reproductie en een sterfte van slechts enkele procenten in zachte winters. Het aantal scholeksters kan daarom nooit zo snel fluctueren als de kokkelstand hetgeen impliceert dat er in de rijkste kokkeljaren gevist kan worden zonder dat dat invloed heeft op de vogels.

Het aantal scholeksters dat van een fluctuerende kokkelstand kan leven zal uiteindelijk bepaald worden door de voedselstress die de vogels in slechte jaren ervaren. Scholeksters kunnen een voedseltekort echter voor een belangrijk deel opvangen door allerlei marginale prooien te eten. Ze gaan niet zo gauw dood, maar sommige (jonge) vogels zullen besluiten om het volgend jaar elders heen te gaan (met alle risico's van dien). Dat is meer dan speculatie: het aantal in Noord-Frankrijk doortrekkende scholeksters is de laatste jaren aanzienlijk toegenomen.

Als de frequentie van slechte voedseljaren te hoog is, dan zal het aantal scholeksters dus langzaam afnemen, totdat er een situatie bereikt is waarbij de risico's van slechte jaren weer gecompenseerd worden door goede jaren. Een op de lange termijn stabiel aantal scholeksters moet dus in goede jaren iets kunnen toenemen, bijvoorbeeld door de vestiging en overleving van jonge vogels in hun eerste winter. Dat betekent een voedselreservering die zodanig is dat goede jaren ook goed blijven en niet door visserij in gemiddelde jaren worden veranderd. Een lichte stijging van het stress niveau is dus wel acceptabel, maar mag niet leiden tot een druk op het aantal vogels.

De modelberekeningen in combinatie met de veranderingen in het aantal vogels leveren een schatting van de voedselreservering van 150 kg kokkelvlees per vogel, ofwel 2.5 keer de fysiologische voedselbehoefte. Dit getal wordt in essentie bepaald door de snelheid waarmee de vogels hun voedsel kunnen vinden, de droogvalduur van de prooien en de vermagering van de prooien in de loop van de winter. Dit zijn goed bekende eigenschappen van de vogelsoort en het gebied. De berekende reservering komt daarom overeen met de eerdere schatting van [de Vlas \(2002\)](#), die een minder gedetailleerd rekenmodel heeft gebruikt. Een reservering van 150 kg is verder consistent met de basisgegevens die bij *minder* voedsel gemiddeld een daling en bij *meer* voedsel een stijging van de aantallen laten zien. De standaard deviatie voor de benodigde voedselreservering bedraagt ruwweg 20 kg kokkelvlees. Voor een nauwkeurige kwantificering van de foutenmarge en in het bijzonder voor het berekenen van betrouwbaarheidsintervallen zijn de gegevens echter niet toereikend.

Een lichte stijging van de stress index door visserij komt conceptueel geheel overeen met de britse aanpak ([Goss-Custard et al., 2003](#)). Daar wordt een model gebruikt waarin de variatie tussen individuen in rekening wordt gebracht en waarmee een toename van de sterfte kan worden geschat. Een toename van de sterfte met 0.5% wordt acceptabel geacht en voor 3 verschillende estuaria leidt dat tot een reservering van 2.5, 5.0 en 5.5 keer de fysiologische behoefte.

Een reservering van 150 kg per kokkelvlees per vogel correspondeert met 9750 ton kokkelvlees als wordt uitgegaan van 65000 Scholeksters en 8160 ton kokkelvlees als wordt uitgegaan van 54400 Scholeksters. De laatste hoeveelheid was in de tachtiger jaren heel gewoon, maar heeft er slechts 3 keer gelegen in de negentiger jaren. Het aantal goede jaren lijkt dus te klein (en de gemiddelde voedselstress te hoog) om het aantal scholeksters op peil te houden. Dat aantal is dan ook gedaald. We kunnen dat ook uitdrukken door de draagkracht van het Oosterschelde te schatten. Een ruwe schatting met behulp van het simulatiemodel levert een draagkracht op van 38900 scholeksters voor de Oosterschelde in de negentiger jaren (met visserij). Deze draagkracht ligt ver onder het oorspronkelijke referentie-aantal van 65000 en ook duidelijk onder het aangepaste referentie-aantal. De geschatte draagkracht komt echter goed overeen met de huidige aantallen Scholeksters.

Cumulatieve effecten

Om te voorkomen dat grote fouten worden gemaakt in het verloop van het kokkelbestand gedurende de winter, is het simulatiemodel voor foeragerende scholeksters elk jaar opnieuw gestart met de geschatte bestanden voor september van dat jaar. Dat heeft tot gevolg dat *wel* de effecten van de visserij in datzelfde najaar kunnen worden geschat, maar *geen* meerjarige en cumulatieve effecten. Daartoe is het nodig dat een kokkelbestand gedurende een periode van meer dan één jaar kan worden doorge-rekend zowel met als zonder visserij. Dat kon niet met voldoende nauwkeurigheid gedaan worden.

Een recente verbetering in de berekende zomergroei (in rapport H2) van éénjarige kokkels brengt een berekening over meerdere jaren binnen bereik. Verkennende berekeningen wijzen uit dat het wegvissen van kokkels leidt tot een bestandsvermindering in volgende jaren met meer dan de helft van het weggeviste tonnage. Dit effect van de kokkelvisserij op de ontwikkeling van het kokkelbestand heeft vermoedelijk geleid tot voedseltekort in de winters van 1995–1996 en 1996–1997, waarin dat zonder visserij niet was gebeurd. Dat waren jaren met een afnemende bestands grootte (tegen het eind van een piek in het kokkelbestand), terwijl een nieuwe broedval nog uitbleef.

Draagkrachtberekeningen

De geschatte draagkracht *zonder* visserij voor de negentiger jaren bedraagt 42200 scholeksters, ongeveer 3300 méér dan de draagkracht van 38900 scholeksters *met* visserij. Alhoewel de draagkracht getallen zelf onnauwkeurig zijn is het verschil redelijk robuust: het visserij effect bedraagt ongeveer 8% van de draagkracht van het gebied.

In deze berekening is geen rekening gehouden met het cumulatieve effect van de visserij op het kokkelbestand. Verkennende berekeningen inclusief dat cumulatieve effect leveren een draagkracht mét visserij van 40500 vogels. Dat is iets hoger dan zonder cumulatief effect omdat niet alleen de visserij maar ook de predatie door vogels doorwerkt op het kokkelbestand in de volgende jaren. De draagkracht schatting zonder visserij bedraagt 46200 scholeksters, dat is 5700 scholeksters méér dan zonder visserij. Cumulatieve effecten zijn vooral opgetreden na 1994 toen in enkele opeenvolgende jaren een aanzienlijk deel van de kokkels is weggevist.

Deze resultaten betekenen dat de kokkelvisserij tot een verhoging van de voedselstress heeft geleid, maar dat de daling van het aantal scholeksters van 64000 tot ongeveer 40000 niet primair daardoor is veroorzaakt. De draagkracht van de Oosterschelde is aanzienlijk verder afgenomen dan alleen met het draagkrachteffect van de kokkelvisserij. Andere oorzaken zijn de verplaatsing van de mosselen naar het sublittoraal (± 9600 scholeksters minder) en de achteruitgang van het kokkelbestand in de Oosterschelde na de gedeeltelijke afsluiting (± 8700 *minder*).

Afkalving van de platen leidt tot een verminderde foerageertijd voor de scholeksters. In de onderzoeksperiode heeft dit niet geleid tot een verhoging van de foerageerstress voor de Scholeksters van enige betekenis. Wanneer echter gerekend wordt met de voor 2010 voorspelde droogvalduren wordt een afname van de draagkracht voor Scholeksters voorspeld ter grootte van 9400 vogels. Een vermindering dus ten opzicht van het huidige niveau van nog eens 20%. Indien daarnaast ook het kokkelbestand nog verder terug loopt dan kan het aantal scholeksters in de Oosterschelde onder de 30000 komen.

Een voorbehoud

In dit rapport worden de scholeksters beschouwd in samenhang met kokkels, non-netjes en mosselen in termen van hectaren, kilogrammen, vleesgewichten en droogvalduur. Het gaat daarbij om de voedselreservering, over de hoeveelheid voedsel die er aan het begin van de winter moet liggen voor een gezonde scholekster populatie. Dat leidt echter niet automatisch tot het behoud van andere natuurwaarden zoals de overige wadvogelsoorten, de bodemfauna zelf, oude mosselbanken als habitat, etc. Voedselreservering is dus niet de enige voorwaarde voor natuurbehoud, wel een noodzakelijke voorwaarde.

Hoofdstuk 1

Inleiding

In de Oosterschelde en Westerschelde wordt mechanisch gevist op kokkels. Tegelijkertijd zijn belangrijke delen van beide gebieden aangewezen als SBZ (Speciale Beschermings Zone) onder de EU-Vogelrichtlijn en de EU-Habitatrichtlijn. Met de aanwijzing tot SBZ verplicht een land zich in het betreffende gebied de natuur op de eerste plaats te stellen, waarbij bestaande menselijke gebruiksfuncties gecontinueerd kunnen worden zolang de bestaande natuurwaarden niet "significant" worden geschaad. Vogels vormen een belangrijk onderdeel van de bestaande natuurwaarden. In de Oosterschelde zijn scholeksters de meest talrijke wadvogel. Al geruime tijd is er sprake van een verhit debat tussen natuurbeschermers en vissers over de vraag in welke mate de huidige visserijpraktijken wel in overeenstemming zijn met de primaire functie natuur die aan deze beide gebieden is toegekend. In deze discussie speelt de geconstateerde afname in de aantallen scholeksters een belangrijke rol. Volgens de natuurbeschermers is de afname het gevolg van de kokkelvisserij, terwijl de vissers van mening zijn dat hun activiteit geen schade toebrengt en de afname van de scholeksters te wijten is aan structurele veranderingen van het ecosysteem die geen verband houden met de visserij.

1.1 Bestaande rapporten

Mede onder invloed van de discussie tussen natuurbescherming en schelpdiervisserij, die zich niet beperkt tot de Oosterschelde, is in 1993 een nieuw kustvisserijbeleid ingezet (LNV, 1993). Één van de onderdelen van dit nieuwe beleid is voedselreservering voor vogels. Dit houdt in dat in jaren met een laag schelpdierbestand geen visserij mag plaatsvinden om te voorkomen dat visserij de toch al slechte voedselvoorraad voor schelpdieretende vogels nog verder zou verslechteren. Als uitgangspunt is in principe het aantal vogels gekozen dat in de periode 1980–1990 gemiddeld in de betreffende wadgebieden verbleef. Voor de Oosterschelde zijn vanwege het gereedkomen van de stormvloedkering in 1986 uiteindelijk de aantallen uit de periode 1987–1990 als referentie gekozen. In de periode 1993–1998 werd de visserij op kokkels gesloten indien minder dan 2.04 miljoen kilo kokkelvlees (van meerjarige kokkels in dichtheden boven de 50 kokkels per m²). Dit is 60% van 3.4 miljoen kilo vlees, waarbij de achtergrond van 60% wordt gevormd door het idee dat de vogels ook nog andere prooien kunnen eten dan kokkels. Op basis van de tussentijdse evaluatie van het kustvisserijbeleid (LNV, 1998) werd in 1999 besloten dat de visserij op de platen

van de Oosterschelde gesloten zou worden indien in het najaar op de platen minder dan 5 miljoen kilo kokkelvlees aanwezig is in de vorm van kokkels ouder dan 1 jaar en in dichtheden groter dan 50 per m². Tegelijkertijd werd wetenschappelijk onderzoek gelast om een korte termijn advies over de voedselreservering op te leveren. Het betreffende rapport werd in 2000 opgeleverd ([Bult *et al.*, 2000c](#)). De conclusies uit dit korte termijn advies zijn hieronder weergegeven:

- Er is een duidelijke relatie vast te stellen tussen de voorraad schelpdieren en de aantallen scholeksters.
- In de periode 1985–1999 is de voedselvoorraad in de Oosterschelde voor de scholekster verminderd door een afname van de kokkelbestanden met ruim 70% en het vrijwel geheel verdwijnen van de mossel van de platen. De afname in de mosselbestanden is structureel. Of de afnamen in de bestanden van kokkels structureel zijn is vooralsnog niet duidelijk.
- De afname van de aantallen scholeksters in de Oosterschelde sinds begin jaren 90 is zeer waarschijnlijk het gevolg van voedseltekort.
- Het voedselreserveringsbeleid heeft geleid tot een verbetering van de voedselsituatie voor scholeksters in die zin dat werd afgezien van een verdergaande kokkelvisserij en aldus een deel van de voedselbehoefte van scholeksters veilig werd gesteld. Dit beleid kan de regelmatig optredende voedselschaarste echter niet voorkomen zolang er geen sterke jaarklasse kokkel optreedt in de Oosterschelde.
- Beleid m.b.t. het verbeteren van de kokkelbroedval is pas mogelijk als een duidelijker beeld is van de factoren en processen die deze broedval bepalen en indien deze factoren en processen mogelijkheden bieden voor menselijke beïnvloeding.
- De gevolgde berekeningsmethode over de voedselreservering is gebaseerd op de modernste inzichten over de beschikbaarheid van kokkels voor scholeksters (niet alle kokkels zijn oogstbaar). De berekening levert een exact getal, maar om te voorkomen dat dit getal te sterk verabsoluteerd zou worden, gegeven de onzekerheden in de berekening, is er voor gekozen in de conclusies alleen grenswaarden te presenteren: Uitgaande van een structurele verlaging van de referentie-aantallen scholeksters met 15%, in verband met het wegvallen van de mosselen, en een bijdrage van alternatieve prooien aan het diëet van scholeksters van 0%, moet er in totaal ca 4.6–9.1 miljoen kg kokkelvlees gereserveerd worden, aanzienlijk meer dan de pure vleesbehoefte van de vogels. Hierbij moet worden opgemerkt dat deze ouderejaars kokkels ook in dichtheden lager dan 50 per m² mogen voorkomen. Indien wordt uitgegaan van 40% alternatieve prooien dan is deze range 2.7–5.5 miljoen kg vlees. De bijdrage van alternatieve prooien aan het diëet van de scholeksters in de Oosterschelde is niet direct vastgesteld voor de scholeksterpopulatie als geheel. Op basis van kennis over het foerageergedrag van de scholekster, de seizoensveranderingen in de beschikbaarheid van de prooidieren en de omvang van de bestanden van de verschillende schelpdieren is voor de huidige Oosterschelde berekend dat deze bijdrage echter eerder richting 0% dan richting 40% gezocht moet worden.

Op basis het korte termijn advies is in november 2000 ([LNV, 2000](#)) het beleid van voedselreservering in de Oosterschelde aangepast tot 4.1 miljoen kg kokkels in dichtheden groter dan 50 per m².

1.2 Vraagstelling

In het korte termijn advies worden ook een aantal suggesties voor onderzoek gedaan:

relatie Japanse oester - kokkel

effecten mechanische kokkelvisserij op ontwikkelingen in kokkelbestanden

relatie sediment - jonge kokkel

oogstbaarheid kokkels voor scholeksters / hoogteligging platen

validatie en verbetering van modelberekeningen

alternatieve prooien

De eerste vragen hebben te maken met de ontwikkelingen van de draagkracht voor kokkels in de Oosterschelde en de mate waarin deze draagkracht bepaald wordt door de opkomst van de Japanse oester, de effecten van de mechanische kokkelvisserij en de verlaging van de platen als gevolg van de Oosterschelde werken. Deze vragen zijn verder gepreciseerd en onderzocht in het kader van EVA II deelproject D2-2 over de veranderende draagkracht voor kokkels in de Oosterschelde ([Geurts van Kessel et al., 2003](#)).

Om de laatste vragen te beantwoorden wordt in dit rapport (EVA II deelproject D2-1) gebruik gemaakt van de gedetailleerde gegevens over vogelaantallen en schelpdierbestanden welke voor de jaren negentig beschikbaar zijn. Allereerst is nagegaan of er een verband bestaat tussen de aantallen scholeksters en de schelpdierbestanden in de Oosterschelde. Vervolgens maken we gebruik van de beschikbare gegevens over de voedselbehoefte van scholeksters, het foerageergedrag van scholeksters en de abiotische omstandigheden, om na te gaan bij wat voor een grootte van het schelpdierbestand de vogels in moeilijkheden komen.

In het korte termijn advies werd gebruik gemaakt van een door de Vlas ontwikkeld spreadsheet ([de Vlas, 2002](#)). In dat model wordt aangenomen dat een vast percentage van het diët uit „alternatieve” prooien bestaat, d.w.z. andere prooien dan kokkels. In het in dit rapport gebruikte model wordt de opname van „alternatieve” prooien geschat op basis van de aanwezige bestanden mosselen en nonnetjes en schattingen van de opnamesnelheid die de vogels kunnen halen in de weilanden en op de wadplaten als ze niet kunnen foerageren op kokkels, mosselen of nonnetjes ([Rappoldt et al., 2003a](#)).

In beide modellen worden de scholeksters beschouwd in samenhang met kokkels, nonnetjes en mosselen in termen van hectaren, kilogrammen, vleesgewichten en droogvalduur. Bij deze aanpak past een wetenschappelijk voorbehoud. De beschouwde natuurwaarde is “het aantal overwinterende scholeksters” en andere natuurwaarden komen uitdrukkelijk niet aan de orde. Daarbij kan gedacht worden aan andere wadvogelsoorten, de bodemfauna zelf, mosselbanken als habitat, etc. Dat wil dus zeggen dat voedselreservering wel een noodzakelijke voorwaarde is voor natuurbehoud, maar geen voldoende voorwaarde.

1.3 Scholeksters

De scholekster (*Haematopus ostralegus*) behoort tot de best bestudeerde vogelsoorten en de uitgebreide wetenschappelijke literatuur is goed toegankelijk via het boek van Goss-Custard (1996a), een speciaal nummer van het tijdschrift Ardea (Blomert *et al.*, 1997), het proefschrift van Leo Zwarts (1997), de Nederlandstalige ecologische atlas van van der Kam *et al.* (1999), de in deze publicaties genoemde referenties en een aantal artikelen van recenter datum. Er kan in dit rapport onmogelijk recht gedaan worden aan alle betrokken auteurs, maar er zal toch iets gezegd moeten worden over enkele relevante aspecten van de ecologie van de scholekster.

Scholeksters hebben een snavel die het de vogels mogelijk maakt grotere mosselen (*Mytilus edulis*) en kokkels (*Cerastoderma edule*) open te krijgen en het schelpdier-vlees op te eten (Hulscher, 1996). Dat kunnen andere wadvogelsoorten niet en het stelt scholeksters in staat om in grote aantallen te overwinteren in het Waddengebied en de Oosterschelde.

Scholeksters eten tijdens de winterperiode voornamelijk kokkels en mosselen. Dat blijkt uit het feit dat de verspreiding van de vogels tijdens laagwater overeenkomt met de ligging van kokkel- en mosselbanken. Lokaal worden ook de wat kleinere strandgapers (*Mya arenaria*), platte slijkgapers (*Scrobicularia plana*) en nonnetjes (*Macoma baltica*) gegeten. De bestanden van die soorten zijn echter veel kleiner dan de mossel- en kokkelbestanden. Bovendien zitten strandgapers, slijkgapers en nonnetjes ‘s winters dieper in de bodem (Zwarts & Wanink, 1993) waardoor de feitelijke beschikbaarheid van de prooien veel geringer is dan die van mosselen en kokkels. Ook met behulp van zeeduizendpoten (*Nereis diversicolor*) kunnen scholeksters niet de winter doorkomen zoals onder andere blijkt uit het feit dat er in de Dollard, waar wel veel wormen maar geen kokkels en mosselen voorkomen, ook geen scholeksters overwinteren.

Tijdens perioden met verhoogde waterstanden, tengevolge van noordwesten wind en doortij bijvoorbeeld, kan het gebeuren dat de wadplaten niet of slechts kort droogvallen. Dan verspreiden de scholeksters zich tijdens de lange hoogwaterperioden over nabijgelegen weilanden en foerageren op regenwormen. Dit doen de vogels overigens alleen bij daglicht en de wormen zijn alleen bereikbaar als het niet vriest.

Scholeksters zijn een lang levende vogelsoort. In zachte winters bedraagt de sterfte onder volwassen individuen slechts enkele procenten (zie bijvoorbeeld Atkinson *et al.* (2003); Bruinzeel & van de Pol (2003) en Rappoldt *et al.* (2003b, Hoofdstuk 3)). Dat betekent dat scholeksters gemakkelijk 10 of 20 jaar oud kunnen zijn. Van de in de jaren tachtig in de Oosterschelde geringde vogels, bijvoorbeeld, is ongeveer de helft nog in leven.

Dat impliceert ook dat bij een stabiele populatie de jaarlijkse reproductie, gemeten als het aantal jonge vogels dat ook volwassen wordt, verrassend klein is, van de orde van 0.1 per paar per jaar. Dat is véél minder dan het aantal eieren of pullen dat wordt geproduceerd. Het verlies van legsels, de sterfte van pullen en de sterfte onder jonge vogels (zie bijvoorbeeld Kersten & Brenninkmeijer, 1995) vertegenwoordigen een aanzienlijke beperking van de maximale jaarlijkse populatiegroei. Bij kort levende dieren is een verdubbeling van de populatie in één jaar een gewoon verschijnsel, maar voor een lang levende soort als de scholekster verlopen groei en achteruitgang van de populatie veel geleidelijker.

In strenge winters met drijfs en een bevroren wadbodem treedt onder scholeksters soms massale sterfte op doordat de vogels hun voedsel niet meer kunnen bereiken (zie over wintereffecten [Camphuysen et al., 1996](#); [Hulscher, 1989, 1990, 2000](#)). Als de kou aanhoudt kan dat meer dan 10% van de scholeksters het leven kosten. Om het verhongeren te vermijden verlaat bij invallende vorst een deel van de scholeksters de Waddenzee. In de Oosterschelde en in Frankrijk nemen de aantallen dan tijdelijk toe, maar die reis is ook niet zonder risico's.

[Atkinson et al. \(2003\)](#) rapporteren over enkele jaren met massale sterfte van scholeksters in de Wash door voedselgebrek:

"The three mass mortality events were associated with atypical behaviour for oystercatchers around the Wash. Large numbers of birds vacated the normal intertidal feeding grounds and moved inland to feed on earth worms and other invertebrates on grass fields, in gardens and even in the centre of busy roundabouts."

Bij een gebrek aan voedsel steken de scholeksters dus extreem veel tijd in het foerageren en gaan op zoek naar allerlei marginale prooien. Deze flexibiliteit leidt ertoe dat massale en opvallende sterfte niet snel zal optreden en gebeurtenissen zoals in de Wash zijn dan ook zeldzaam. Het gevolg van voedselgebrek is veeleer een verhoogde kans om de winter niet te overleven. Juist de lange levensduur en de lage sterfte- en reproductiecijfers impliceren dat een geringe toename van de jaarlijkse sterfte een heel gelijdelijke achteruitgang van het aantal scholeksters kan bewerkstelligen ([Goss-Custard et al., 1996a](#)).

De grootte van de scholekster populatie moet daarom gezien worden als een tamelijk traag gereguleerde en dynamische grootte die het netto resultaat is van broedsucces, overleving van jonge vogels, sterfte onder volwassen vogels en extra sterfte in strenge winters ([Goss-Custard et al., 1996a](#), Table 13.1). Het beeld van een populatiegrootte die van jaar tot jaar gereguleerd wordt door één bepaalde beperkende factor zoals een "de capaciteit van de overwinteringsgebieden" of "de grootte van het broedgebied" is onjuist.

Het is overigens niet zo dat broedsucces en overwintering geheel onafhankelijk zijn van elkaar. Voor trekkende kust- en weidevogels is herhaaldelijk een verband gevonden tussen investeringen en broedsucces enerzijds en de conditie van de vogels anderzijds ([Ebbinge & Spaans, 1995](#); [Madsen, 1994](#); [Hegyí & Sasvári, 1998b,a](#)).

Scholeksters kunnen in principe de gevolgen van een te krappe hoeveelheid voedsel ook vermijden door (op termijn) naar andere overwinteringsgebieden uit te wijken ([Van Latesteijn & Lambeck, 1986](#)). Ook dat leidt tot een vermindering van het aantal vogels in de Oosterschelde, terwijl de populatiegrootte niet noodzakelijkerwijs daalt. Dat dit niet alleen een hypothetische mogelijkheid is blijkt uit een recente mededeling van Patrick Triplet (pers. comm.) over het passeren van een "great number of Oystercatchers in Baie de Somme at the end of July and in August, while a few years ago, these passages were mainly at the end of August and September and dealt with less birds".

Het kan niet de bedoeling zijn van dit rapport om het laatste woord te spreken over de regulatie van de scholekster populatie en over de regulatie van het aantal scholeksters dat in de Oosterschelde overwintert. Aan de orde is hier slechts of de overwinterende vogels in de jaren negentig in de Oosterschelde een voedseltekort hebben gehad en hoe groot de voedselreservering dient te zijn om dat te voorkomen.

Het antwoord op die vragen moet echter wel consistent te zijn met wat we over de ecologie van de scholekster weten.

1.4 De negentiger jaren

Uit maandelijks tellingen van het Rijksinstituut voor Kust en Zee (RIKZ) blijkt dat sinds het begin van de jaren tachtig het aantal in de Oosterschelde overwinterende scholeksters is gehalveerd (zie Hoofdstuk 2). Deze afname wordt geweten aan (Ens *et al.*, 2003b):

1. completering van de Deltawerken in het midden van de jaren tachtig, waardoor grote delen van het voedselgebied in het noordelijk en oostelijk deel van de Oosterschelde verloren gingen,
2. verplaatsing van de mosselpercelen van de droogvallende platen naar dieper water in het begin van de jaren negentig, zodat ze niet meer beschikbaar zijn als voedselgebied,
3. een afname van het bestand Kokkels, op dit moment de belangrijkste voedselbron van de scholeksters in de Oosterschelde.
4. een populatie afname van de scholekster door processen in de broedgebieden.

Hieruit blijkt wel dat de situatie in de negentiger jaren mogelijk gecompliceerd is. Zoals in Hoofdstuk 1.1 en in Bult *et al.* (2000c) al is aangegeven wordt met het wegvallen van de littorale mosselen rekening gehouden in het huidige beleid van voedselreservering.

De vraag die vervolgens kan worden gesteld is of er al dan niet sprake is geweest van voedseltekort in de negentiger jaren, ook als we op dezelfde wijze als in Bult *et al.* (2000c) rekening houden met het verdwijnen van de mosselen. Als dat het geval is kunnen we ons vervolgens afvragen in hoeverre het afnemende kokkelbestand het gevolg is van de Deltawerken, de explosieve toename van de Japanse Oester, dan wel direct of indirect veroorzaakt is door de mechanische kokkelvisserij.

1.5 Leeswijzer

In Hoofdstuk 2 wordt aan de hand van de beschikbare vogeltellingen het aantalsverloop van de scholekster in de Oosterschelde uitgebreid besproken. In Hoofdstuk 3 wordt de jaarlijkse mortaliteit berekend uit terugmeldingen van geringde vogels. Het resultaat wordt vergeleken met het aantal dood gevonden scholeksters.

In Hoofdstuk 4 wordt ingegaan op de afname van de scholekster in de Oosterschelde. Dat gebeurt met behulp van een eenvoudige analyse van de relatie tussen het aantal scholeksters en de bestanden aan kokkels, nonnetjes en mosselen in de Oosterschelde over de periode 1990 tot 2001. Deze analyse levert een duidelijke aanwijzing voor het feit dat het aantal vogels achteruit is gegaan ten gevolge van een tekort aan voedsel.

In Hoofdstuk 5.2 wordt een computerprogramma besproken waarmee kan worden berekend hoe groot de inspanning is die de vogels moeten leveren om aan hun dagelijkse energiebehoefte te voldoen. Deze inspanning wordt grotendeels bepaald door

het foerageergedrag van de vogels, de droogvalduur van de prooien, de hoeveelheid en verspreiding van de prooien, het aantal vogels en het weer. Deze factoren zijn voor de jaren negentig alle bekend en elk seizoen kan vervolgens worden gekarakteriseerd door middel van een index die aangeeft hoe moeilijk of makkelijk de scholeksters het die winter gehad hebben.

Met behulp van dit computerprogramma (het model *WEBTICS* ofwel de “Wader Energy Budget and Tidal Cycle Simulator”) wordt in de Hoofdstukken 5.4 en 5.5 nagegaan bij wat voor een schelpdierbestand de vogels in moeilijkheden komen. Het resultaat komt overeen met de statistische schatting uit Hoofdstuk 4.

In Hoofdstuk 5.6 wordt vervolgens getracht een zo goed mogelijke schatting te geven van de voedselreservering die nodig is voor een op de lange termijn stabiel aantal scholeksters, *voor de situatie waarin de Oosterschelde in de jaren negentig verkeerde*. In Hoofdstuk 5.8 wordt voor diezelfde jaren negentig een schatting gegeven van het aantal scholeksters dat op langere termijn gemiddeld in de Oosterschelde kan overwinteren.

In Hoofdstuk 6 wordt de invloed van visserij en het aantal vogels op het verloop van het kokkelbestand bekeken. Er wordt daarbij niet bedoeld op effecten van visserij op de broedval, maar op het effect van het wegvissen of opeten van kokkels op het kokkelbestand in volgende jaren.

In Hoofdstuk 7 worden de resultaten van de analyse vervolgens bediscussieerd in het licht van de wetenschappelijke literatuur over voedselreservering, de veranderingen in de Oosterschelde en mogelijk autonome ontwikkelingen in de broedgebieden.

1.6 Technische opmerkingen

De verschillende winters worden in dit rapport aangeduid met het jaar waarin het schelpdierbestand gemeten is. Dat is dus *het eerste* van de twee jaartallen en dus *niet* het jaar waarin de maand januari valt. In grafieken, tabellen en figuren heeft dus bijvoorbeeld het seizoen 1994 betrekking op de overwinterende vogels tussen de nazomer van 1994 en het voorjaar van 1995.

Tenzij anders aangegeven worden foutenmarges in dit rapport aangegeven als standaard deviaties. Het gebruik van 95%-intervallen vereist nauwkeurige kennis over de statistische verdeling van de grootte in kwestie. Bij het beoordelen van opgegeven foutenmarges moet worden bedacht dat het schatten van een foutenmarge weliswaar belangrijk is, maar niet het doel is van een meting of bepaling.

Op enkele plaatsen in dit rapport is een poweranalyse uitgevoerd voor een lineaire regressie. Daarbij wordt nagegaan wat de kans is om een niet-significant verband te vinden, gegeven een regressie coëfficiënt met een zekere spreiding en een bepaald significantieniveau. Deze kans is de type 2 fout, de kans dat er wel een effect is maar dat dat niet wordt gevonden en dat een verband dus mogelijk onterecht wordt genegeerd.

In verband met het automatisch bewerken van gegevens en het grote aantal grafieken in dit rapport was het ondoenlijk om de Nederlandse decimale comma te gebruiken zoals bijvoorbeeld in “0,45”. In plaats daarvan wordt de decimale punt gebruikt zoals in de engelstalige literatuur. Duizendtallen worden *niet* aangegeven met een

punt of comma. Af en toe, zoals in 200000, leidt dat tot “het tellen van nullen”, waarvoor excuses aan de lezer.

Hoofdstuk 2

Oude Tijdsreeks Scholeksters Oosterschelde

Cor Berrevoets

2.1 Inleiding

In het kader van EVAII is het RIKZ gevraagd om de ontwikkelingen van de aantallen Scholeksters in de Oosterschelde voor de afsluiting van de compartimenteringsdammen te beschrijven. In een eerdere rapportage waren namelijk alleen de gegevens na 1987 beschreven. De onderliggende rapportage richt zich voornamelijk op de beschrijving van aantallen Scholeksters die in de Oosterschelde voorkwamen in de jaren 1978/79–1982/83. Daartoe zijn alle tellingen in de periode 1978/79 tot 1986/87 bewerkt op een manier die vergelijkbaar is met de technieken zoals die ook voor de jaren na 1986/87 in de eerdere rapportage zijn gebruikt. Daarnaast wordt ook de lange-termijn ontwikkeling in de aantallen per deelgebied (west, centraal, oost, noord) van 1978/79 tot 2001/2002 beschreven.

Tellingen van watervogels in de Oosterschelde zijn sinds het midden van de jaren zeventig vrijwel maandelijks uitgevoerd. Vanaf 1978 was er sprake van een programma wat als doel had maandelijks het gehele Oosterschelde-bekken dekkend op watervogels te tellen. Wel is het zo dat dit lang niet altijd lukte, op diverse momenten vielen tellingen (soms op grote schaal) uit. Het overgrote deel van de tellingen werd in het verleden door vrijwilligers uitgevoerd en de inzet van schepen om bijvoorbeeld de droogblijvende hoogwatervluchtplaatsen (HVP) op de Roggenplaat te tellen was nog niet structureel. Gedurende een reeks van jaren werd het telprogramma steeds verder versterkt. In 1983/84 en 1984/85 werd gekozen om de maandelijkse tellingen tijdelijk te stoppen om te rapporteren over de voorgaande reeks van jaren (Meininger *et al.* 1984, Meininger *et al.* 1985). Vanaf juli 1985 werden de maandelijkse tellingen opnieuw gestart. Eind jaren tachtig werd het tellen steeds professioneler mede doordat de tellingen vanaf 1989 een onderdeel werden van MWTL (Monitoring Waterstaatkundige Toestand van het Land). Vanaf die tijd is de systematiek tijdens de tellingen verder geoptimaliseerd door zoveel mogelijk deelgebieden van de Oosterschelde (west, midden, noord en oost) op één dag in zijn geheel te tellen. Daarbij

wordt de inzet van mensen en middelen afgestemd op een simultaan-telling van alle belangrijke HVP's binnen enkele uren tijdens hoogwater. De dataset vanaf 1978 is daardoor over de reeks van jaren verschillend wat betreft het aantal geteld gebieden en de kwaliteit van de tellingen. Analyses/publicaties die vóór 1997 zijn gepubliceerd hebben als basis datasets gehad die niet onderzocht waren op deze aspecten.

In de jaarlijkse rapportages na 1996 is gekozen om de reeks tellingen vanaf 1987 eenduidig te analyseren. Het uitvallen van tellingen was vooral in de oudere jaren niet ongebruikelijk terwijl dit later uitzonderlijk is. Ook heeft de huidige – meer op integrale tellingen gerichte – systematiek tot nieuwe inzichten geleidt. Vogels die HVP's gebruiken zijn mobiel, indien aangrenzende gebieden niet of op een compleet andere datum zijn geteld kan dit leiden tot onbetrouwbare resultaten. Doordat vooral voor 1987 relatief veel incomplete tellingen aanwezig zijn in de dataset is besloten een uitvoerige analyse van de aanwezige data uit te voeren met als doel de reconstructie van de aantallen die toen aanwezig waren. Eerdere rapporten waarin deze tellingen beschreven zijn worden in bijlage 1 weergegeven.

2.2 Methode

Om problemen in de tijdreeks te detecteren werd allereerst een overzicht van alle beschikbare telineformatie gemaakt. Deze analyse had als doel het signaleren van missende en incomplete tellingen op een niveau groter dan het individuele telgebied. Daartoe zijn groepen van telgebieden gebruikt, de ruim 120 telgebieden rondom de Oosterschelde zijn samengevoegd tot 14 clusters (Figuur 2.10). Tussen de telgebieden in een cluster is de verwachting dat Scholeksters dagelijks van plaats kunnen veranderen. Tussen de clusters worden dagelijkse verplaatsingen niet of in mindere mate verwacht. De toekenning van telgebieden aan clusters is gebaseerd op de huidige kennis van het voorkomen en de vliegbewegingen van Scholeksters in de Oosterschelde. Een telling van een cluster wordt in deze analyse als incompleet beschouwd indien informatie uit één of meerdere belangrijke gebieden binnen een cluster ontbreekt. Indien er echter een voor Scholeksters onbelangrijke gebied niet is geteld zal dit geen effecten hebben op het totaal. Een dergelijke telling wordt dus niet als incompleet beschouwd. Om een scheiding te kunnen maken tussen belangrijke/onbelangrijke gebieden zijn alle telgebieden waar Scholeksters voorkomen onderzocht op hun belang voor Scholeksters.

Aangezien Scholeksters een jaarlijks vergelijkbaar gebruik van hoogwatervluchtplaatsen kennen is er voor gekozen om een telling als compleet te beschouwen indien alle “belangrijke” hoogwatervluchtplaatsen binnen een cluster (groep van telgebieden) zijn geteld. Een telgebied wordt daarbij als belangrijk beschouwd indien er tijdens een maandelijkse telling minimaal 5% van het jaarlijkse maximum - van het bijbehorende cluster - werd geteld. Een voorbeeld :

- cluster A, bestaande uit gebieden A1...A5. Tijdens een van de maandelijkse tellingen in een jaar worden maximaal 10000 Scholeksters waargenomen in het cluster. Vervolgens wordt onderzocht wat de maxima voor telgebieden A1...A5 in datzelfde jaar waren. Elk telgebied binnen dit cluster waar meer dan 5% (=500) van het maximum werd gezien wordt hierna als belangrijk voor het cluster beschouwd.

Een aantal clusters is tussen 1978 en 2001 kleiner geworden of zelfs verdwenen. De

belangrijkste veranderingen zijn:

- afsluiting Markiezaatsdam in 1984; reductie foerageergebied cluster 12 (oost).
- afsluiting Oesterdam in 1986; reductie foerageergebied cluster 11/12 (oost).
- afsluiting Philipsdam in 1987; reductie foerageergebied cluster 8 (noord).
- afsluiting Philipsdam in 1987; verdwijnen foerageergebied/HVP's in cluster 9 (noord).

In Tabel 2.1 staat een overzicht van het aantal incomplete tellingen per cluster. Onderaan de tabel staan voor een aantal reeksen van jaren ook de maximaal geteld aantallen vermeld als indicator van het (veranderende) belang van de diverse clusters binnen de vier deelgebieden in de Oosterschelde.

Na het onderkennen van de incomplete tellingen is de oudere dataset verder onderzocht. Allereerst is getracht een overzicht te maken van het gemiddelde aantalsverloop gedurende een seizoen binnen een cluster. Hierbij is alleen gebruik gemaakt van de als volledige gemerkte tellingen per cluster. Uitgangspunt voor een dergelijke analyse is dat het seizoenspatroon vergelijkbaar is geweest over de periode 1978/79–1982/83 en dat minimaal één goede telling per maand in een cluster aanwezig is.

Indien alle tellingen in een maand voor een cluster geslaagd zijn is in Tabel 2.2 de waarde 5 (= aantal seizoenen) zichtbaar. Het is duidelijk dat b.v. in cluster 9 er geen complete tellingen (0!) in september en oktober beschikbaar zijn. Ook zijn er diverse clusters met slechts één geslaagde telling voor diverse maanden.

2.2.1 Reconstructie seizoenspatroon (aantalsverloop juli > juni) per deelgebied in de jaren 1978/79–1982/83

Om het gemiddeld aantalsverloop in een seizoen (seizoenspatroon) voor de vier deelgebieden in de Oosterschelde te reconstrueren is getracht de bestaande informatie op een aantal manieren te beschrijven.

(Optie 1) gemiddeld aantal per cluster (clusavg variabele)

Door per cluster het gemiddeld aantal getelde vogels per maand (voor de 5 seizoenen) voor de complete tellingen berekenen ontstaat een gemiddeld seizoenspatroon per cluster. Door nu deze seizoenspatronen van de diverse clusters binnen een deelgebied bij elkaar op te tellen ontstaat een gemiddeld beeld van de aantallen en het aantalsverloop in een deelgebied. Indien er maanden zijn waarbij voor een cluster geen geslaagde tellingen beschikbaar zijn wordt het aantal op nul gezet.

(Optie 2) absolute maandmaxima per deelgebied (sekmax variable)

Hierbij is getracht het seizoenspatroon te reconstrueren op basis van de daadwerkelijk getelde aantallen per deelgebied. Zonder verder de volledigheid te beschouwen zijn de totalen per maand berekend voor de 5 seizoenen. Vervolgens is per maand de hoogste telling als basis voor het seizoenspatroon gebruikt. Dat dit nog steeds problemen geeft blijkt uit Tabel 2.3. In november zouden er in het oostelijke deelgebied minder dan 6000 Scholeksters hebben gezeten en in december weer meer dan

Tabel 2.1. Aantal maanden met incomplete tellingen per cluster en seizoen.

Cluster 4,5,17 = Oosterschelde West

Cluster 6,10,14,15,16 = Oosterschelde Centraal

Cluster 11,12,13 = Oosterschelde Oost

Cluster 7,8,9 = Oosterschelde Noord (9=Oostelijk deel K-Volkerak)

Seizoen	W 4	W 5	C 6	N 7	N 8	N 9	C 10	O 11	O 12	O 13	C 14	C 15	C 16	W 17
1978	9	8	9	2	7	11	5	7	7	8	1	9	1	5
1979	11	6	10	2	1	5	10	10	8	12	1	8	6	6
1980	1	2	3	4	3	11	12	9	12	3	1	9	4	9
1981	2	1	3	3	10	7	12	10	11	8	3	4	1	5
1982	3	1	9	8	8	11	12	12	2	8	2	3	2	9
1983	alleen telling in januari, data niet gebruikt													
1984	alleen telling in januari, data niet gebruikt													
1985	8	8	2	3	7	7	7	12	1	4	1	4	0	1
1986	7	6	0	4	10	4	10	11	8	10	0	3	0	2
1987	4	4	0	0	0	nvt	10	0	0	1	0	0	0	0
1988	0	1	0	3	1	nvt	11	0	0	1	0	2	0	0
1989	1	1	0	4	1	nvt	12	0	1	1	1	2	0	0
1990	1	1	0	1	0	nvt	9	0	0	0	0	3	0	0
1991	0	0	0	5	4	nvt	11	0	0	0	0	0	0	0
1992	0	0	0	0	0	nvt	6	0	0	0	0	0	0	0
1993	0	0	0	0	0	nvt	6	0	0	0	0	0	0	0
1994	0	0	0	0	0	nvt	0	0	0	0	0	0	0	0
1995	0	0	0	0	0	nvt	0	0	0	0	0	0	0	0
1996	0	0	0	0	0	nvt	0	0	0	0	0	0	0	0
1997	0	1	0	0	0	nvt	0	0	0	0	0	0	0	0
1998	0	0	0	0	0	nvt	0	0	0	0	0	0	0	0
1999	0	0	0	0	0	nvt	0	0	0	0	0	0	0	0
2000	0	0	0	0	0	nvt	0	0	0	0	0	0	0	0
2001	0	0	0	0	0	nvt	0	0	0	0	0	0	0	0
maxima 1979– 1982	13070	23014	1552	17785	14820	3785	25900	5390	25460	2387	9500	5900	11850	3590
maxima 1985– 1990	11000	17205	1850	13283	14580	3114	30100	8704	14888	5210	10700	9422	7503	2018
maxima 1991– 1995	6240	15614	1528	15330	4017	nvt	18550	4935	16783	7588	8080	10246	6480	925
maxima 1995– 2000	3818	9408	796	17598	5947	nvt	11935	3827	10789	4505	10522	3616	3720	580

25000. Doordat er weinig complete tellingen in november hebben plaatsgevonden in clusters 11,12 en 13 ontstaat een dergelijk afwijkend beeld.

(Optie 3) modelleren van missende tellingen

Als laatste optie is de telreeks gereconstrueerd met behulp van een model. Imputing-modellen vullen missende waarden en/of incomplete tellingen aan met behulp van schattingen. In de gebruikte modellen zijn de tellingen steeds per cluster gemodel-

Tabel 2.2. Aantal volledige tellingen per maand per cluster in de periode 1978/79–1982/83 ($\max=5$)

cluster	jul	aug	sep	okt	nov	dec	jan	feb	mrt	apr	mei	jun
4	2	4	3	3	3	3	2	3	1	3	3	4
5	4	4	4	4	4	3	2	3	3	3	4	4
6	3	3	1	1	2	2	3	2	2	1	3	3
7	3	4	3	4	3	4	4	4	3	2	4	3
8	3	2	2	3	3	3	1	2	2	2	4	4
9	1	3	0!	0!	1	2	2	1	2	1	1	1
10	2	1	1	1	1	1	1	0!	0!	1	0!	0!
11	1	1	1	2	1	1	0!	2	2	1	0!	0!
12	1	3	1	3	2	2	2	1	1	2	2	0!
13	1	1	1	2	2	2	3	3	1	3	1	1
14	4	5	3	4	5	4	5	5	5	4	3	5
15	2	3	2	3	3	3	3	3	1	1	1	2
16	4	4	5	4	5	5	4	4	3	4	2	2
17	3	3	1	3	3	4	1	1	1	2	3	1

Tabel 2.3. Maandmaxima van de tellingen in de periode 1978/79–1982/93 per deelgebied

	jul	aug	sep	okt	nov	dec	jan	feb	mrt	apr	mei	jun
West	8480	20748	20580	25172	22581	20830	24420	26606	14207	5163	5148	4250
Centr	2884	7853	28853	29616	38361	28695	21673	39820	19772	6458	2955	1620
Noord	5482	19121	24819	20131	22694	22221	20300	14062	9787	6904	3462	3026
Oost	7105	13032	19684	18010	5776	26730	4380	11162	6204	4933	4660	4543
Totaal	23951	60754	93936	92929	89412	98476	70773	91650	49970	23458	16225	13439

leerd. De modellen gebruiken voor de schattingen seizoenspatronen die per cluster verschillend zijn maar een trend over alle jaren hetzelfde is voor de clusters. In het geval van een incomplete telling wordt de modelwaarde alleen gebruikt indien deze hoger is dan de incomplete telling. De modellen zijn berekend met UINDEX (Underhill 1994). De gebruikte modellen hebben de volgende vorm:

- Voorspeld aantal in cluster x in maand y en seizoen $z = (\text{cluster}_x \text{ maand}_y) \times \text{seizoen}_z$.
Seizoen $_z$ staat hierbij voor de seizoensfactor die voor alle clusters gelijk is, $(\text{cluster}_x \text{ maand}_y)$ is het gemiddelde (voorspelde) aantal in cluster x voor maand y .

Doordat bij imputing van een constant seizoenspatroon per cluster uitgaat is het in één keer modelleren van een langere tijdreeks alleen logisch indien het seizoenpatroon relatief stabiel is. Voor de Scholekster in de Oosterschelde is uit eerdere analyses bekend dat er veranderingen in het seizoenpatroon zijn opgetreden (zie o.a. RIKZ rapport 2000.003). Daarom is gekozen om de modellen op een drietal manieren op te bouwen :

- de seizoenen 1978/89- 1982/83 (im7882)
- de seizoenen 1978/79 - 1985/86 (im7886)
- de gehele datareeks vanaf 1978/79 tot 2000/2001 (im7800).

Inmiddels zijn ook de gegevens voor het seizoen 2001/2002 beschikbaar. Aangezien er in dit seizoen geen tellingen zijn uitgevallen is deze data op diverse plaatsen in deze rapportage zonder verdere bewerkingen toegevoegd aan de eerdere resultaten.

2.3 Analyses

De uitkomsten van de diverse analyses worden hierna per deelgebied beschreven. Allereerst wordt het seizoenspatroon voor de sluiting van de compartimenteringsdammen beschreven gevolgd door een overzicht van de trendmatige ontwikkelingen vanaf 1978 tot 2001/2002. De hiervoor gebruikte datasets bestaan in meer of mindere mate uit modelwaardes. In de bijgevoegde grafieken zijn steeds ook de daadwerkelijk getelde aantallen te zien, vooral in de jaren voor 1987 zijn de aanvullingen met modelwaardes belangrijk.

2.3.1 Kwaliteit van de gebruikte modellen

Om de kwaliteit van de gebruikte modellen enigszins te kunnen vergelijken zijn de modelvoorspellingen gecorreleerd met de complete tellingen. Door de correlatiecoëfficiënten tussen de voorspelde en getelde aantallen te berekenen ontstaat inzicht in hoeverre de modellen deze tellingen kunnen voorspellen. Dit is overigens geen garantie dat de overige – en daarmee oncontroleerbare – modelvoorspellingen daarmee ook juist zijn. Bij een gering aantal complete tellingen in een deelgebied kan het model deze vaak erg gemakkelijk goed voorspellen !

Tabel 2.4. *Correlatie-coëfficiënten tussen berekende aantallen en complete tellingen*

Cluster	im7882	im7886	im7800
4	0.623	0.626	0.690
5	0.888	0.885	0.875
6	0.848	0.564	0.391
7	0.787	0.719	0.643
8	0.877	0.879	0.765
9	0.604	0.534	0.562
10	0.831	0.842	0.863
11	0.688	0.607	0.610
12	0.645	0.671	0.771
13	0.988	0.567	0.544
14	0.853	0.787	0.746
15	0.869	0.882	0.807
16	0.836	0.761	0.754
17	0.722	0.613	0.697

Model 7882 (in de grafieken im7982)

In dit model zijn alleen de tellingen uit de periode 1978/79 tot 1982/83 gebruikt, de dataset bestaat voor een groot deel uit missende tellingen. De gevonden correlatiecoëfficiënten in Tabel 2.4 variëren van 0.60 (cluster 9) tot 0.99 (cluster 13). De helft van de coëfficiënten is hoger dan 0.80 en daarmee is er sprake van sterke correlaties

tussen de tellingen en de voorspellingen. Juist bij deze dataset bestaat er een grote kans dat dit een gevolg is van het geringe aantal complete tellingen.

Model 7886 (in de grafieken im7886)

In dit model zijn de tellingen uit de periode 1978/79 tot 1986/87 gebruikt. De gevonden correlatie-coëfficiënten in Tabel 2.4 variëren van 0.53 (cluster 9) tot 0.88 (cluster 5 en 15). Slechts 4 van de 14 coëfficiënten zijn hoger dan 0.80, in vergelijking met model 7882 is er duidelijk sprake van minder sterke correlaties.

Model7800 (in de grafieken im7800)

In dit model zijn alle tellingen gebruikt. De laagste correlatie werd gevonden in cluster 6 (0.39), de hoogste in cluster 5 (0.88) (zie in Tabel 2.4). Slechts 3 van de 14 clusters hebben een coëfficiënt hoger dan 0.80. Voor vrijwel alle clusters is het model slechter dan 7882. De reden voor deze lage correlaties komt voort uit het feit dat over een dergelijk grote datareeks aan de voorwaarde dat het seizoenspatroon (gem. aantal per maand) stabiel is over de gehele reeks niet kan worden voldaan. De huidige seizoenspatronen zijn dominant (veel complete tellingen) en wijken teveel af van het oude seizoenspatroon.

Daardoor is het logisch om voor de gegevens uit de periode 1978/79 tot 1982/83 het model 7882 als het meest ideale te beschouwen. Wel bestaat hierdoor de kans dat het gebrek aan complete tellingen leidt tot schijnbaar betere modellen. Zoals later zal blijken zijn de resultaten tussen de diverse modellen voor de gehele Oosterschelde niet al te verschillend.

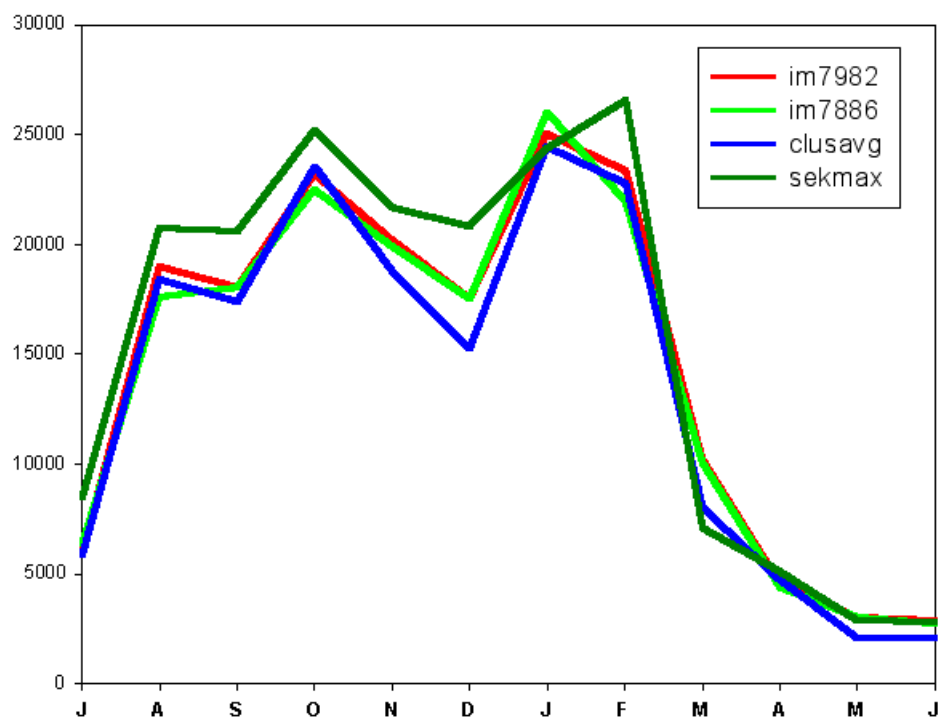
2.3.2 Reconstructie seizoenspatroon 1978/79–1982/83

In deze rapportage wordt getracht een reconstructie van de aantallen voor de sluiting van de compartimenteringsdammen te beschrijven. Aangezien in 1983/84 en 1984/85 vrijwel geen tellingen zijn georganiseerd is besloten om als referentie te kiezen voor de seizoenen 1978/79–1982/83.

Oosterschelde West

Uit Figuur 2.1 blijkt dat de absolute deelgebiedmaxima (sekmax) aanzienlijke hogere schattingen voor de meeste maanden opleveren (m.u.v. januari) maar dat de patronen van de diverse methodes goed vergelijkbaar zijn. Op zichzelf is dit verschil niet onlogisch omdat de deelgebiedmaxima in dit relatief goed getelde gebied de hoogste tellingen weergeven. De modellen (im7982/im7886) leveren schattingen die sterk lijken op de clustergemiddelden (clusavg).

Vanaf augustus tot februari waren er steeds meer dan 15000 Scholeksters aanwezig, in de periode oktober tot januari/februari zaten er 20000–25000. De dip in aantallen in november/december en de piek in januari februari lijken onlogisch en zijn waarschijnlijk een gevolg van een gebrek aan tellingen waarbij de NeetjeJansplaat en Roggenplaat met een boot werd bezocht.



Figuur 2.1. Reconstructie van het gemiddeld aantal Scholeksters per maand in de westelijke Oosterschelde 1978–1982 met behulp van vier methodes.

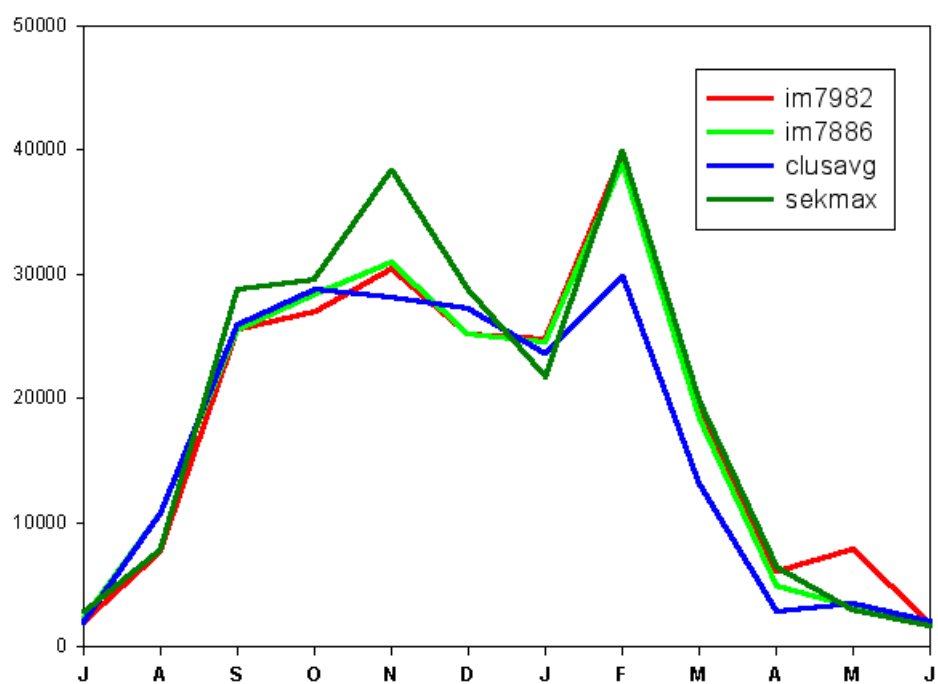
Oosterschelde Centrum

Ook voor het centrale deel van de Oosterschelde (Figuur 2.2) geldt dat de sektormaxima (sekmax) in vrijwel alle maanden hoger zijn. Alleen in januari zijn alle andere schatters hoger dan de sektormaxima. De sektormaxima lijken daarnaast te wijzen op een patroon met twee opvallende pieken of een duidelijk dal. Net als in het westelijke deelgebied is dit niet als een realistisch patroon te beschouwen. Gedurende de winter zullen er geen vogels vertrokken zijn uit het gebied. De aantallen in februari zijn opmerkelijk hoog behalve voor de clustergemiddeldes (clusavg).

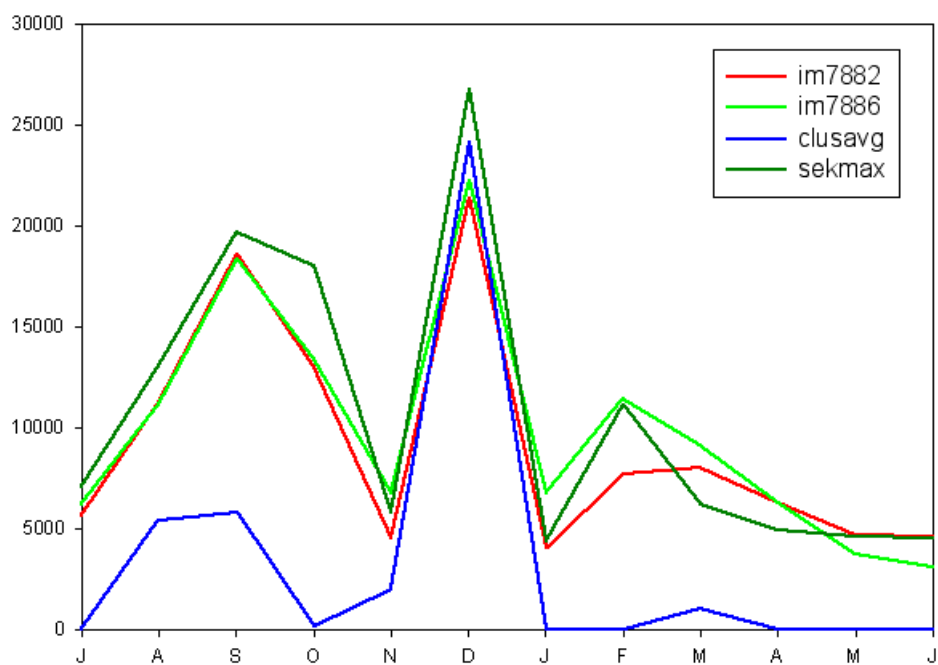
Een duidelijk seizoenpatroon ontbreekt hierdoor in deze sektor, vanaf september tot februari waren er 25000–30000 (misschien zelfs tot 40000) Scholeksters aanwezig.

Oosterschelde Oost

Dit deelgebied kent de grootste problemen omdat veel gebieden niet of slecht zijn geteld. Het door de modellen voorspelde seizoenspatroon is opmerkelijk (Figuur 2.3). Na een aanvankelijk hoog aantal in september/oktober vallen de aantallen terug in november. Daarna volgt een opvallende piek in december en opnieuw een terugval in januari. Zowel in november als januari zullen de aantallen hoger zijn geweest. In de maanden september–januari (februari ?) zaten er waarschijnlijk 10000–20000 Scholeksters in dit gebied.

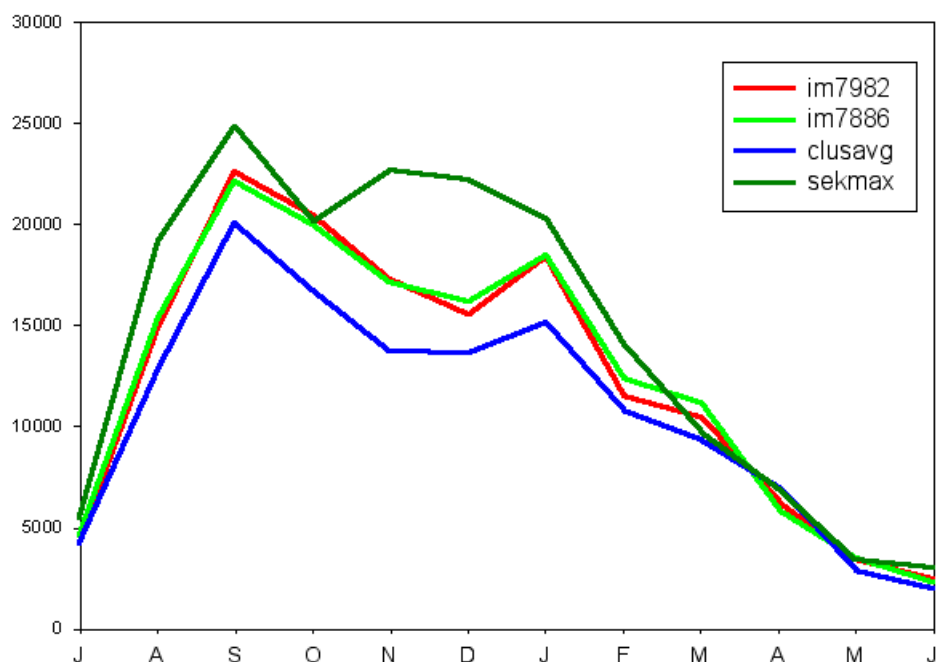


Figuur 2.2. Reconstructie van het gemiddeld aantal Scholeksters per maand in de centrale Oosterschelde 1978 – 1982 met behulp van vier methodes.



Figuur 2.3. Reconstructie van het gemiddeld aantal Scholeksters per maand in de oostelijke Oosterschelde 1978–1982 met behulp van vier methodes.

Oosterschelde Noord



Figuur 2.4. *Reconstructie van het gemiddeld aantal Scholeksters per maand in de noordelijke Oosterschelde 1978–1982 met behulp van vier methodes*

Andermaal geven de sektormaxima de hoogste niveau's weer. In dit deelgebied lijken de uitkomsten van de diverse opties goed op elkaar (Figuur 2.4).

Verder is het seizoenspatroon beduidend anders dan in de andere deelgebieden. Het voorkomen een hoge aantallen in het najaar (augustus-september) schijnt in dit gebied in die jaren normaal te zijn geweest. Na de piek (> 20000) daalden de aantallen maandelijks, in januari zaten er echter nog steeds meer dan 15000 Scholeksters.

Oosterschelde Totaal

De twee imputingmodellen (im7982/im7886) leveren een vergelijkbaar overzicht. Het seizoenspatroon gebaseerd op de modellen blijft in de meeste maanden steken op 70000–80000. De sommen van de absolute sektormaxima wijzen in veel maanden (m.u.v. januari) op 90000–95000 Scholeksters.

Gebaseerd op het bovenstaande lijkt het aannemelijk dat jaarlijks tussen de 80000 en 90000 Scholeksters vanaf september tot februari in de Oosterschelde aanwezig waren.

2.3.3 Veranderingen in het gemiddeld aantal Scholeksters per deelgebied

Hieronder staan per deelgebied de veranderingen in het aantal scholeksters wat per seizoen gebruik maakt van de Oosterschelde vanaf 1978. De grafieken presenteren

steeds het gemiddeld aantal scholeksters voor alle maandelijkse tellingen (aangevuld met modelvoorspellingen voor de diverse missende tellingen). Het aantal vogeldagen per seizoen is te berekenen door het gemiddeld aantal over alle tellingen te vermenigvuldigen met 365. Er is gewerkt met een drietal modellen, een die alleen de periode 1978-82 (im7982) bestrijkt, een voor de periode 1978- 1986 (im7886) en een voor 1978 – 2000 (im7800). De modellen met de kortste periode passen beschrijven vaak de ontwikkelingen over een beperkt aantal jaren het best tenzij er sprake is van veel missende tellingen.

Om ook de actuele situatie weer te geven zijn de gegevens voor het seizoen 2001/2002 toegevoegd. Deze gegevens zijn niet opgenomen in het model 7800. De laatste seizoenen (vanaf 1994) zijn de tellingen echter vrijwel jaarlijks compleet en daarmee speelt imputing geen rol meer. Verder zou het toevoegen van één seizoen binnen het model 7800 geen significante effecten hebben op eerdere jaren.

Tabel 2.5. *Percentage van het geschat aantal vogeldagen wat gebaseerd is op daadwerkelijk getelde vogels.*

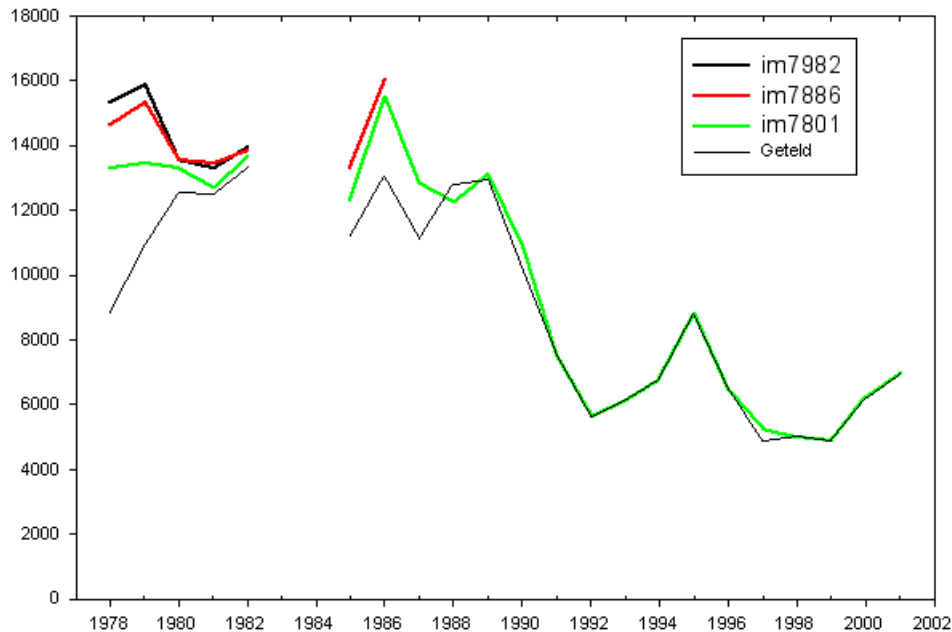
Seizoen	West	Centrum	Oost	Noord
1978	47	73	40	79
1979	59	57	42	90
1980	85	53	12	83
1981	87	48	22	72
1982	97	60	52	62
1983		te weinig tellingen		
1984		te weinig tellingen		
1985	69	45	75	70
1986	67	75	37	70
1987	81	65	100	100
1988	94	47	99	87
1989	94	46	97	70
1990	89	57	100	89
1991	100	64	100	55
1992	100	63	100	100
1993	100	77	100	100
1994	100	100	100	100
1995	100	100	100	100
1996	100	100	100	100
1997	89	100	100	100
1998	100	100	100	100
1999	100	100	100	100
2000	100	100	100	100
2001	100	100	100	100

Zoals uit 2.5 blijkt zijn de tellingen sinds 1994 voor de Oosterschelde vrijwel probleemloos verlopen. In de jaren daarvoor zijn er grote verschillen in kwaliteit tussen de deelgebieden. Een verdere beschrijving van de problemen is per deelgebied opgenomen.

Hieronder wordt per deelgebied de verandering van de aantallen per seizoen besproken. In de grafieken worden daartoe het totaal aantal scholeksters per seizoen gepresenteerd. Bij volledige tellingen is dit gebaseerd op de som van de 12 tellingen per seizoen in een deelgebied. Bij incomplete tellingen zijn deze aangevuld met modelwaardes. De labels in figuren 2.5 tot en met 2.8 geven de verschillende imputing-modellen weer:

- im7982; alle tellingen tussen 1978/79 en 1982/83 gebruikt
- im7886; alle tellingen tussen 1978/79 en 1986/87 gebruikt
- im7801; alle tellingen tussen 1978/79 en 2001/02 gebruikt
- geteld ; de basis voor de modellen

Oosterschelde West (Figuur 2.5)



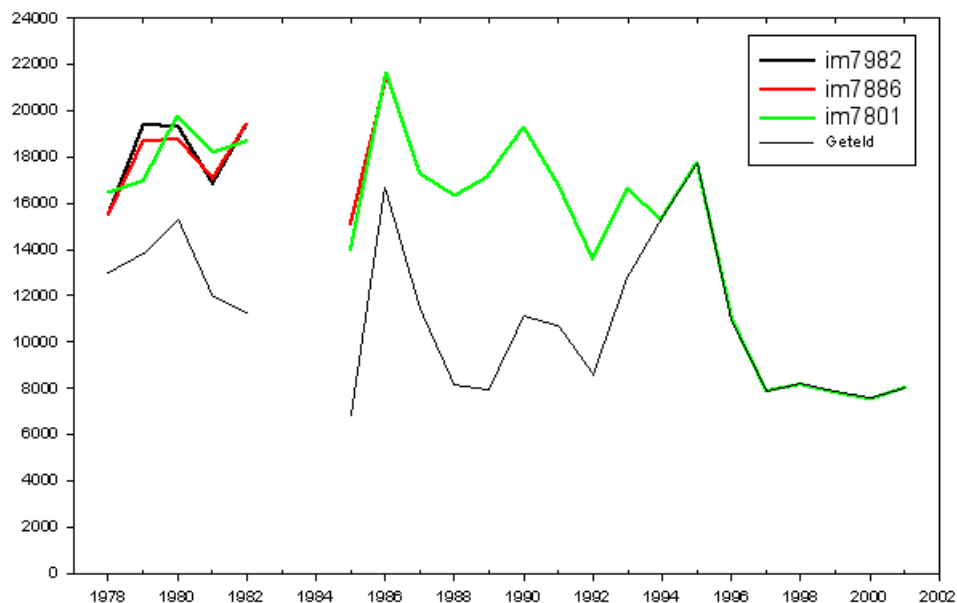
Figuur 2.5. Reconstructie van het gemiddeld aantal Scholeksters per telling in de westelijke Oosterschelde tussen 1978/1979 en 2001/2002.

In de westelijke Oosterschelde zijn de tellingen vanaf 1980 relatief volledig (vanaf dat moment is de inzet van een boot structureler geworden). Tussen in 1985 en 1986 ontbrak opnieuw een aanzienlijk deel van de tellingen (Tabel 2.5). Vanaf 1988 is er sprake van hoogstens een geringe aanvulling met modelwaardes.

Oosterschelde Centrum (Figuur 2.6)

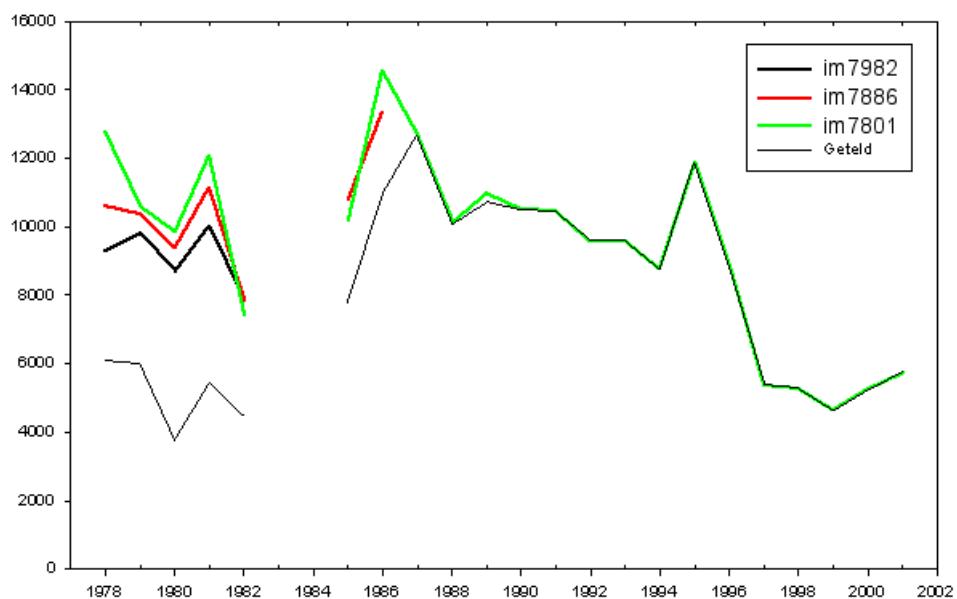
In de centrale Oosterschelde is het beeld erg wisselend, dit is voor een deel te wijten aan de wijzigingen in de tellers. Pas na 1994 is meer dan 80% van het aantal vogeldagen gebaseerd op tellingen (Tabel 2.5).

Ook in het centrale deel van de Oosterschelde schommelt het aantal vogeldagen per seizoen tussen 1978–1987 sterk. Van duidelijke of structurele veranderingen was echter geen sprake. Na 1987 lijken de aantallen stabiel (minder schommelingen), dit is echter voor een groot deel te wijten aan het feit dat meer dan 40% van de aantallen tussen 1987 en 1994 gebaseerd zijn op modeluitkomsten. Na 1994 is er sprake van een sterke terugval van in totaal bijna 50%. Aangezien de tellingen in de periode 1994–2000 vrijwel compleet zijn is deze terugval geen artefact van modelbewerkingen.



Figuur 2.6. *Reconstructie van het gemiddeld aantal Scholeksters per telling in de centrale Oosterschelde tussen 1978/1979 en 2001/2002.*

Oosterschelde Oost (Figuur 2.7)

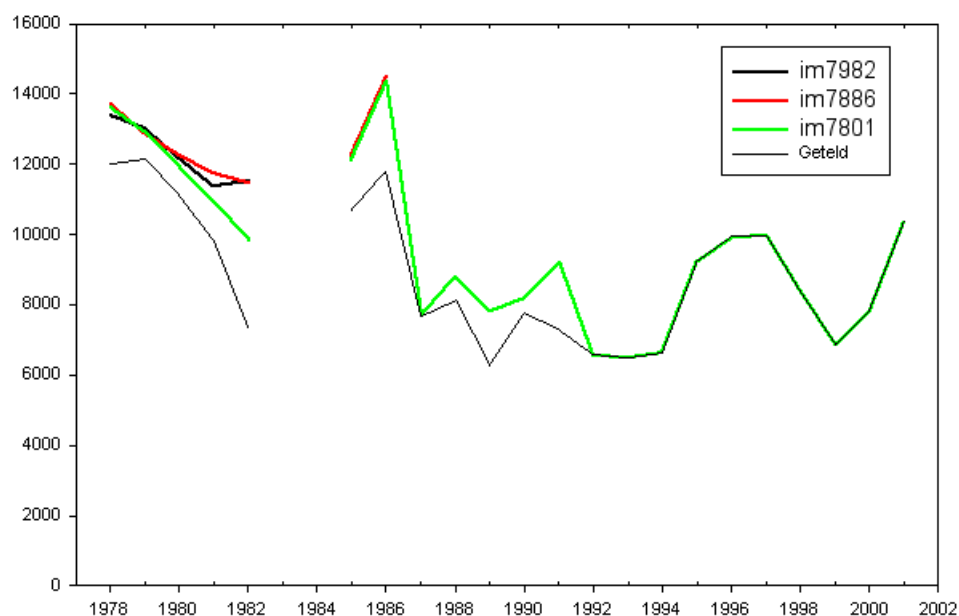


Figuur 2.7. *Reconstructie van het gemiddeld aantal Scholeksters per telling in de oostelijke Oosterschelde tussen 1978/79 en 2001/2002.*

In de oostelijke Oosterschelde zijn de tellingen voor 1986 zeer problematisch verlopen. In dit gebied zijn deze problemen onder andere veroorzaakt door de onbereikbaarheid van bijvoorbeeld het werkeiland Molenplaat. De tellingen zijn pas daardoor vanaf 1987 redelijk vollediger, in de jaren daarvoor variëren de problemen van relatief gering (1985) tot zeer groot in 1980 (Tabel 2.5).

Andermaal is er sprake van grote schommelingen in het aantal vogeldagen tussen 1978 en 1987. Dit wordt ook in dit gebied veroorzaakt door incomplete tellingen. Vanaf 1987 tot 1996 is er sprake van een geleidelijke afname van de aantallen. Daarna (na de laatste koude winter) is sprake van een snelle terugval (30%) gevolgd door een verdere geleidelijke afname. De geconstateerde veranderingen na 1987 zijn zeer zeker als reëel te beschouwen, het gebrek aan informatie in de jaren daarvoor maakt het realisme van de beschrijving hoogst onzeker.

Oosterschelde Noord (Figuur 2.8)



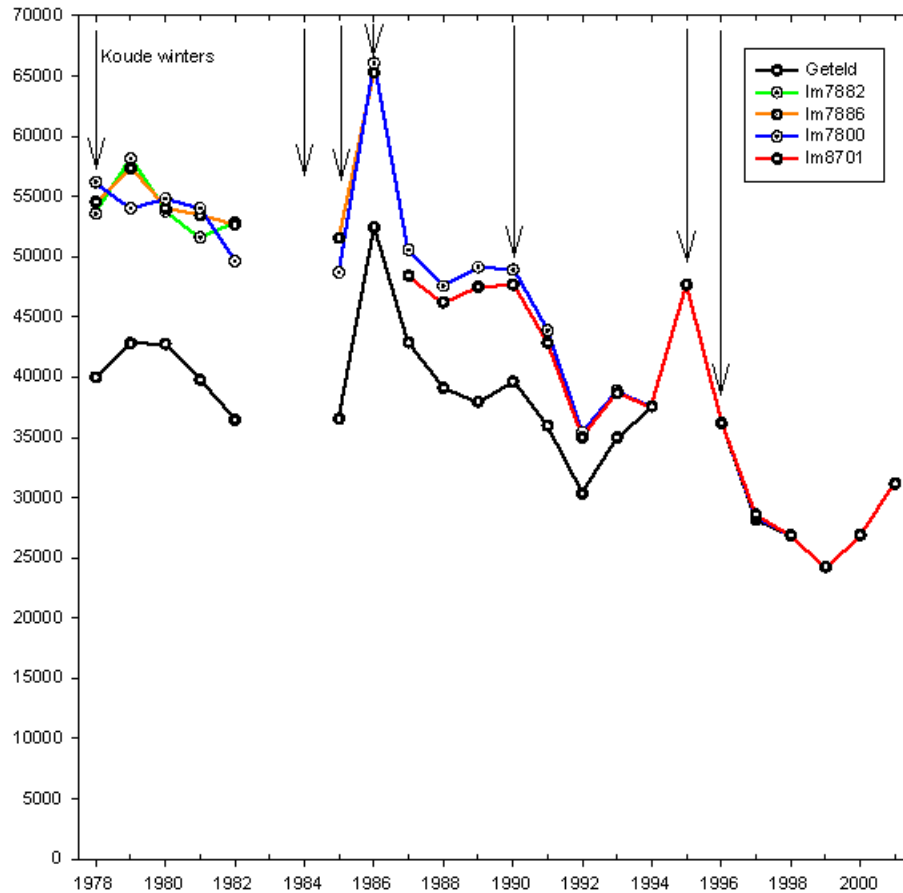
Figuur 2.8. Reconstructie van het gemiddeld aantal Scholeksters per telling in de noordelijke Oosterschelde tussen 1978/1979 en 2001/2002.

Ook in de noordelijke Oosterschelde is de mate van volledigheid sterk verschillend tussen jaren. Pas vanaf 1992 (Tabel 2.5) is er sprake van een dekkend systeem, voor de afsluiting waren er ook aanzienlijke problemen om alle gebieden in het Volkerak maandelijks te tellen.

Het aantal vogeldagen tussen 1978 en 1982 lijkt jaarlijks te dalen. In 1985 en 1986 zijn de aantallen vogeldagen echter nog vergelijkbaar hoog als in 1978-82. Waarom er sprake was van een daling voor de feitelijke sluiting van de compartimenteringsdammen is onduidelijk. In 1987/88 (na de afsluiting van het Volkerakmeer) is duidelijk sprake van een sterke terugval. Daarbij dient wel te worden aangetekend dat de aantallen in de strenge winter van 1986/87 relatief hoog waren ten gevolge van influxen van Scholeksters. Een deel van de Scholeksters uit het Krammer-Volkerak moest een nieuwe plaats zoeken en ze vonden die schijnbaar niet in het overgebleven deel van de noordelijke Oosterschelde. Na deze terugval (30%) bleven de aantallen tot 1991/1992 relatief stabiel. Vanaf 1992/93 lijken de gemiddelde aantallen te variëren. De laatste twee seizoenen is er sprake van een toename. De noordelijke oosterschelde is daarmee het enige gebied waar veranderingen vooral rondom de sluiting hebben plaatsgevonden. Daarna zijn aantallen (vergeleken met de rest van

de Oosterschelde) redelijk stabiel.

De gehele Oosterschelde (Figuur 2.9)



Figuur 2.9. Reconstructie van het gemiddeld aantal Scholeksters in de Oosterschelde (gem. van maandelijkse tellingen) tussen 1978/1979 en 2001/2002.

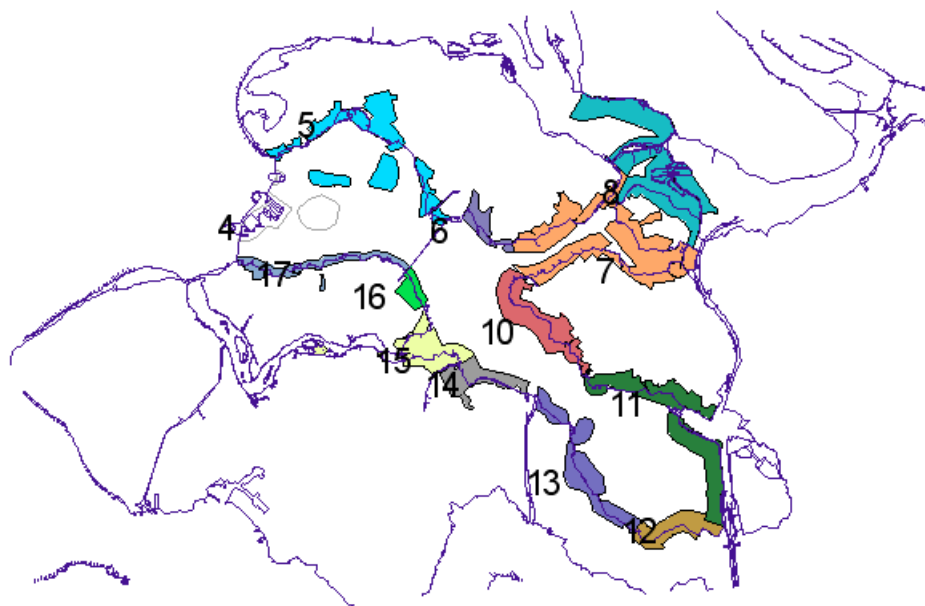
In Figuur 2.9 staat ook het model im8701, dit is een model wat werkt met gegevens vanaf 1987 tot heden en voor de jaarlijkse RIKZ rapportages wordt gebruikt).

2.4 Conclusie

Met behulp van een drietal modellen is getracht een beeld te vormen van de aantallen Scholeksters die in de Oosterschelde voorkwamen voor de sluiting van de compartimenteringsdammen. De drie modellen verschillen slechts in één opzicht: de lengte van de gemodelleerde periode. De uitkomsten van de modellen zijn – zeker gezien in het licht van de hoeveelheid missende tellingen – erg vergelijkbaar. Op basis van de correlatie-coëfficiënten (vergelijking getelde aantal vs modelvoorspelling) lijkt het model dat alleen de te reconstrueren jaren bevat (im7882) het best te passen bij de waargenomen veranderingen. De verschillen tussen de diverse modellen zijn echter gering.

Het eerst wat opvalt in de reconstructie is het feit dat de gemiddelde aantallen Scholeksters in de Oosterschelde voor en net na de sluiting van de compartimenteringsdammen (1986/1987) grotendeels vergelijkbaar zijn. Alleen in de noordelijke Oosterschelde was sprake van een afname in het jaar na de sluiting. Dit is grotendeels terug te voeren op het wegvallen van aanzienlijke oppervlakken foerageergebied in het Volkerak. Na deze terugval zijn de aantallen in dit deelgebied relatief stabiel te noemen. In de westelijke Oosterschelde en centrale Oosterschelde veranderde in die periode nog niets. Ook de eerdere afsluiting van het Markiezaatsmeer in 1983/84 leidde niet tot een duidelijke verandering in het aantal Scholeksters in de oostelijke Oosterschelde. Wel zijn er erg veel missende tellingen in dit deelgebied waardoor een reconstructie problematisch is.

Vanaf 1987 zijn de tellingen in de Oosterschelde steeds vaker compleet en daardoor zijn de veranderingen ook betrouwbaarder. De eerste opmerkelijke verandering na 1987/88 was de terugval in de westelijke Oosterschelde die geconstateerd werd tussen 1989–1992 (50% afname). In de periode 1995–1997 viel vervolgens het aantal Scholeksters in de centrale Oosterschelde sterk terug (50% afname). Na de strenge winter van 1996/97 nam het aantal Scholeksters in de oostelijke Oosterschelde snel af (30%). In de centrale en oostelijke Oosterschelde lijken de aantallen momenteel te stabiliseren terwijl in de westelijke en noordelijke Oosterschelde sprake lijkt te zijn van een lichte toename in de aantallen.



Figuur 2.10. *Huidige ligging van de clusters.*

Bijlage 1

Eerdere basis-rapportages met Scholeksteraantallen in de Oosterschelde

Meininger P.L., Baptist H.J.M. & Slob G.J. 1984. Vogeltellingen in het Deltagebied in 1975/76–1979/80. Rijkswaterstaat nota DDMI-84.23/Staatsbosbeheer Zeeland.

Meininger P.L., Baptist H.J.M. & Slob G.J. 1985. Vogeltellingen in het zuidelijk Deltagebied in 1980/81–1983/84. Rijkswaterstaat nota DGWM-85.001/Staatsbosbeheer Zeeland.

Meininger P.L., van Haperen A.M.M. 1988. Vogeltellingen in het zuidelijk Deltagebied in 1974/85–1986/87. Rijkswaterstaat nota GWAO-88.1010/Min. Landbouw & Visserij.

Meininger P.L., Berrevoets C.M. & Strucker R.C.W. 1994. Watervogeltellingen in het zuidelijk Deltagebied 1987–1991. Rijkswaterstaat rapport RIKZ-94.005.

Meininger P.L., Berrevoets C.M. & Strucker R.C.W. 1995. Watervogels in de Zoute Delta 1991–1994. Rijkswaterstaat rapport RIKZ-95.025.

Meininger P.L., Berrevoets C.M. & Strucker R.C.W. 1996. Watervogels in de Zoute Delta 1994/95. Rijkswaterstaat rapport RIKZ-96.009.

In de rapportages hierna zijn de gegevens op een manier bewerkt die vergelijkbaar is met de huidige methodiek. Ook de eerder gepubliceerde tellingen zijn daartoe onderzocht op volledigheid en kwaliteit.

Meininger P.L., Berrevoets C.M. & Strucker R.C.W. 1997. Watervogels in de Zoute Delta 1995/96. Rijkswaterstaat rapport RIKZ-97.001.

Meininger P.L., Berrevoets C.M. & Strucker R.C.W. 1998. Watervogels in de Zoute Delta 1996/97. Rijkswaterstaat rapport RIKZ-98.001.

Berrevoets C.M., Strucker R.C.W. & Meininger P.L. 1999. Watervogels in de Zoute Delta 1997/98. Rijkswaterstaat rapport RIKZ-99.001.

Berrevoets C.M., Strucker R.C.W. & Meininger P.L. 2000. Watervogels in de Zoute Delta 1998/99. Rijkswaterstaat rapport RIKZ-2000.003.

Berrevoets C.M., Strucker R.C.W. & Meininger P.L. 2001. Watervogels in de Zoute Delta 1999/2000. Rijkswaterstaat rapport RIKZ/2001.001.

Berrevoets C.M., Strucker R.C.W. & Meininger P.L. 2002. Watervogels in de Zoute Delta 2000/2001. Rijkswaterstaat rapport RIKZ/2002.002.

Berrevoets C.M., Strucker R.C.W. & Meininger P.L. (in prep). Watervogels in de Zoute Delta 2001/2002. Rijkswaterstaat.

Overige rapportages waarin Scholeksteraantallen uit de Oosterschelde zijn geanalyseerd.

Van der Meer J. 1993. Statistical methods for the analysis of long-term wader counts in the Oosterschelde and Westerschelde, SW-Netherlands. Rapport RIKZ/NIOZ. (NB: de in deze rapportage gepresenteerde data is nog van voor de herziening van de datasets in 1996).

Overige literatuur

Underhill L.G. & Prys-Jones R.P. 1994. Index numbers for waterbird populations. I. Review and methodology. *J. Appl. Ecol.* 31: 463-480.

Hoofdstuk 3

Overleving van Scholeksters in de Oosterschelde in de winters van 1982–2002

Niels Dingemanse en Bruno Ens

3.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt een schatting gemaakt van de overleving van Scholeksters in de Oosterschelde voor de afgelopen 20 jaar (winters 1981/1982 t/m 2001/2002). De overlevingsschattingen zijn opgezet aan de hand van doodmeldingen van vogels die eerder geringd waren in de Oosterschelde. Met behulp van geavanceerde rekenmodellen worden de best mogelijke jaarlijkse schattingen van de overleving gegeven, waarbij rekening wordt gehouden met de kans om een geringd dood dier terug te vinden. Deze schattingen kunnen worden vergeleken met het aantal dode vogels dat tijdens speciale zoekacties is gevonden in jaren met hoge sterfte.

3.2 Methode

3.2.1 Gebruikte data

Het grootste deel van de gebruikte data is afkomstig van een ringproject (onderdeel van een samenwerking tussen RWS/NNIOO-CEME) uitgevoerd onder leiding van Rob Lambeck in het Deltagebied tussen 1984–1991 ([Lambeck, 1991](#)). Daarvoor zijn ook enkele vangsten uitgevoerd door Cees Swennen in medewerkers i.s.m. Rijkswaterstaat. Vele duizenden overwinterende scholeksters werden gevangen, gemeten en voorzien van een ring weer losgelaten. Een deel van deze vogels kreeg aan elke poot een identieke kleurring met inscriptie. Terugmeldingen van doodgemelde vogels zijn afkomstig van het Vogeltrekstation. Tevens is er in strenge winters, waarin door het RIKZ verhoogde sterfte onder wadvogels geconstateerd werd, in samenwerking

met veel vrijwilligers intensief gezocht naar dode watervogels. Om deze reden is onderzocht of het nodig was de overlevingskansen te corrigeren voor het effect van verhoogde vindkans in deze winters (zie Resultaten).

Tabel 3.1. *Aantal nieuw geringde scholeksters per leeftijdsklasse per deelgebied.*

Jaar	Totaal				Centraal			Oost			Noord			West		
	Juv	Sub	Ad	Totaal	Juv	Sub	Ad	Juv	Sub	Ad	Juv	Sub	Ad	Juv	Sub	Ad
1981	10	74	562	646	4	16	86	0	0	0	6	58	476	0	0	0
1982	38	111	894	1043	30	42	282	0	0	0	8	69	612	0	0	0
1983	87	109	114	310	53	107	109	0	0	0	0	0	0	34	2	5
1984	523	446	5139	6108	52	74	1341	38	103	1277	131	158	887	302	111	1634
1985	944	907	6391	8242	37	195	1866	240	268	1926	33	56	639	634	388	1960
1986	187	475	2511	3173	13	13	183	55	118	521	24	6	99	95	338	1708
1987	276	138	2878	3292	41	38	1174	81	41	593	48	26	411	106	33	700
1988	263	163	976	1402	31	58	443	110	19	124	66	19	57	56	67	352
1989	23	3	16	42	2	1	3	18	2	2	0	0	0	3	0	11
1990	8	24	395	427	0	0	16	8	24	379	0	0	0	0	0	0

Omdat het grootste deel van de vondsten bestond uit ongeringde vogels, bieden de vondsten ook een kans om de overlevingsschattingen te controleren. Naar schatting 80% van de dood gevonden vogels was ongeringd. Overlevingsschattingen zijn gebaseerd op vogels die gevangen en geringd zijn in de Oosterschelde van 1981–1991 (Tabel 3.1), en de jaarlijkse overleving van dit hele cohort is geschat van 1981–2001. Daarbij is tevens onderscheid gemaakt tussen juveniele (1e kalenderjaar (kj) in jul-dec; 2e kj in jan-jun), sub-adulten (2e kj in jul-dec, 3e kj in jan-jun), en adulten (3 kj in jul-dec en ouder). Jaren lopen voor de berekeningen van 1 april tot en met 31 maart. Van de in totaal 23.021 geringde dieren werd tot op heden (2002) 11.5% dood gevonden. Tabel 3.2 geeft een overzicht van de tot op heden dood gemelde dieren, uitgesplitst naar oorspronkelijke vanglocatie en naar leeftijd. In Tabel 3.3 wordt voor alle winters (aangeduid met het jaar waarin de wintermaanden januari en februari vallen) het IJnsen getal gegeven, gebaseerd op de meetgegevens van het weerstation in Vlissingen. Dit getal is een goede maat voor de strengheid van de winter (IJnsen, 1988, 1991). In dezelfde tabel is ook het aantal dood gevonden Scholeksters opgenomen voor jaren waarin intensief naar dode vogels is gezocht.

3.2.2 Statistische analyse

Programmatuur

Er is gebruik gemaakt van het programma MARK v2.1 om jaarlijkse overlevingskansen te schatten (White & Burnham, 1999, <http://www.cnr.colostate.edu/~gwhite/mark/mark.htm>). Met MARK kunnen verschillen in overleving (tussen jaren, locaties, leeftijdsklassen etc.) gescheiden worden van verschillen in vangkans of doodmeldkans. MARK gebruikt individuele *encounter histories* van individueel gemerkte vogels om deze parameters te schatten, waarbij individu de eenheid van analyse is. Afhankelijk van de aard van de verzamelde data kunnen bepaalde parameters wel of niet worden geschat. Er is gebruik gemaakt van het ‘*dead recovery model*’ waarin de overlevingskans (S , *survival probability*) en doodvondstkans (r , *reporting probability*) tegelijkertijd geschat kunnen worden op basis van doodvondsten van eerder

Tabel 3.2. Aantal dood gevonden vogels per deelgebied waarin oorspronkelijk geringd. Het grootste deel van de doodvondsten (68%) is afkomstig uit Zeeland.

Jaar	Totaal	Centraal			Oost			Noord			West		
		Juv	Sub	Ad	Juv	Sub	Ad	Juv	Sub	Ad	Juv	Sub	Ad
1981	5	1	0	2	0	0	0	1	0	1	0	0	0
1982	2	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
1983	4	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0
1984	133	8	4	26	3	2	15	2	1	13	42	0	17
1985	637	21	26	188	5	20	35	23	18	163	29	19	90
1986	428	0	6	50	3	6	96	3	3	33	12	4	212
1987	83	0	1	16	0	0	16	1	1	4	3	2	39
1988	81	1	0	19	2	1	15	0	2	12	0	2	27
1989	52	0	2	15	1	2	13	1	0	11	2	5	0
1990	104	0	0	29	0	1	20	1	1	20	5	15	12
1991	83	1	1	21	1	2	10	1	0	7	2	5	32
1992	105	0	1	32	1	0	13	1	4	13	0	3	37
1993	65	0	0	14	0	1	17	0	1	5	1	1	25
1994	50	1	0	11	0	0	14	0	0	9	2	2	11
1995	148	0	5	47	0	2	24	1	1	17	1	2	48
1996	427	6	17	135	8	16	107	3	5	32	5	13	80
1997	40	1	1	14	1	1	4	0	2	5	1	0	10
1998	29	0	2	12	0	0	5	0	0	3	0	0	7
1999	19	0	0	8	0	0	1	0	1	2	1	1	5
2000	15	0	1	5	0	1	3	0	0	0	0	0	5
2001	6	0	0	0	0	1	1	0	0	1	2	0	1
totaal	2659	40	67	645	25	56	409	38	40	356	108	74	801

geringde vogels.

Tevens is gepoogd gebruik te maken van terugmeldingen van levende vogels. De combinatie van doodvondsten en terugvangsten geeft namelijk de mogelijkheid om ook een uitspraak te doen over de mate van plaatstrouw aan het overwinteringsgebied. Daarom is voor de periode 1984–1988 de data ook geanalyseerd met een ‘*Burnham joint live and dead recovery model*’, waarin overlevingskans, doodvondstkans, vangkans (p , *live capture probability*) en plaatstrouwheid (F , *fidelity*; kans dat het individu in het studiegebied blijft en gevangen kan worden gegeven dat het in leven is) op basis van zowel terugvangsten als doodvondsten geschat kunnen worden. Op basis van dit model konden de verschillende parameters niet betrouwbaar geschat worden, omdat er enorme overdispersie was ($\hat{c} = 5.124$). Bij hoge overdispersie ($\hat{c} > 3.5$) worden de aannames waarop de modellen en toetsen gebaseerd zijn dermate geschonden dat de resultaten onbetrouwbaar worden. Hoge overdispersie is in dit geval mogelijk veroorzaakt doordat gekleurringde vogels een veel grotere kans hebben om teruggemeld te worden in vergelijking met de ongekleurde vogels (i.a.w. alleen een metalen ring). De onder resultaten beschreven analyses zijn daarom uitsluitend gebaseerd op het ‘*dead recovery model*’ en niet op het ‘*Burnham joint live and dead recovery model*’.

Model selectie procedure

MARK heeft de mogelijkheid om de relatie tussen overleving en doodmeldkans en andere parameters (factoren of continue variabelen) te onderzoeken en op basis van

Tabel 3.3. *Het IJnsen getal (IJnsen, 1988) dat de strengheid van de winter aangeeft (aangeduid met het jaar waarin de wintermaanden januari en februari vallen) en per deelgebied in Oosterschelde en Westerschelde het aantal dood gevonden Scholeksters. In de winter van 1996 zijn 146 Scholeksters niet aan een deelgebied toegekend, maar wel aan het totaal toegevoegd.*

winter	IJnsen	Oosterschelde					Westerschelde			
		Centraal	Noord	Oost	West	totaal	Midden	Oost	West	totaal
1982	9.49									
1983	2.43									
1984	2.67									
1985	24.17					850				100
1986	18.99					3531				264
1987	21.90					2119				270
1988	0.84									
1989	0.02									
1990	0.18									
1991	8.08	249	159	185	451	1044	49	4	219	272
1992	2.99									
1993	3.10									
1994	4.12									
1995	0.80									
1996	18.25	105	149	193	238	685	354	26	745	1125
1997	17.37	1402	390	1462	619	4019	311	90	499	900
1998	1.06									
1999	2.80									
2000	0.13									
2001	0.70									
2002	0.89									

een objectief criterium het model te kiezen dat de data het beste beschrijft. Hiervoor maakt MARK gebruik van het Akaike's Informatie Criterium (AIC), waarbij het model met de laagste AIC-waarde (of QAICc, na correctie voor overdispersie) de beste combinatie van verklaarde variantie ($-2\log$ Likelihood of *deviance*) ten opzichte van het aantal verklarende variabelen heeft en daarom de data het best beschrijft (Akaike, 1985). Verschillen in verklaarde variatie tussen genestte modellen (waarbij het ene model een simplificatie is van een ander model) zijn vergeleken door gebruik te maken van likelihood ratio testen (LRL).

Notatie

MARK gebruikt een specifieke notatie om het gefitte model weer te geven, waarbij voor zowel de overlevingskans S als de doodmeldkans r de verklarende variabelen door komma's worden gescheiden en interactie-termen worden weergegeven door een asterisk (*). Het model $S(a,t)r(a * t)$ schat bijvoorbeeld een additief effect van leeftijd a en jaar t op overlevingskans S , en aparte doodmeldkansen r voor iedere combinatie van leeftijd en jaar (interactie effect $a * t$). In Tabel 3.4 staan alle modellen die onderzocht zijn. De modellen zijn gerangschikt van het beste model volgens het Akaike Informatie Criterium (model 1, $\{S(a+t)r(.)\}$) naar het slechtste model (model 41, $\{S(a)r(y)\}$).

Tabel 3.4. Model selectie jaarlijkse overlevingskans S en doodmeldkans r van scholeksters in de Oosterschelde in de jaren 1981–2001 in relatie tot jaar t , leeftijd a (juveniel, subadult, adult) of aJ (juveniel vs ouder), en winterstrengheid y (IJnsen-index als covariaat) of $y15$ (IJnsen-index als factor: < 15 vs > 15) (effectieve steekproefgrootte=20550; ‘dead recovery model’). Modellen zijn gesorteerd op QAICc waarden na correctie voor overdispersie ($\hat{c} = 3.1696$). Niet alle mogelijke modellen zijn weergegeven.

Nummer	Model	QAICc	Delta QAICc	QAICc Weight	Model Likelihood	#Par	QDeviance
1	$s(a+t)r(.)$	8794.9	0.0	0.40940	1.0000	24	437.809
2	$s(a+t)r(y15)$	8796.0	1.2	0.22637	0.5529	25	436.990
3	$s(a+t)r(y)$	8796.1	1.3	0.21426	0.5234	25	437.100
4	$s(aJ+t)r(.)$	8797.3	2.5	0.12020	0.2936	23	442.264
5	$s(a*t)r(.)$	8802.0	7.2	0.01147	0.0280	31	430.925
6	$s(a+y15)r(t)$	8803.1	8.2	0.00674	0.0165	25	444.017
7	$s(a*t)r(y15)$	8803.9	9.1	0.00436	0.0106	32	430.854
8	$s(a+y)r(t)$	8804.7	9.8	0.00301	0.0074	25	445.633
9	$s(a*y)r(t)$	8805.1	10.3	0.00243	0.0059	27	442.050
10	$s(a*y15)r(t)$	8805.8	10.9	0.00175	0.0043	27	442.706
11	$s(a)r(t)$	8826.8	31.9	0.00000	0.0000	24	469.722
12	$s(a+t)r(t)$	8831.6	36.8	0.00000	0.0000	44	434.466
13	$s(a*t)r(t)$	8839.2	44.4	0.00000	0.0000	51	428.000
14	$s(t)r(.)$	8852.3	57.4	0.00000	0.0000	22	499.225
15	$s(t)r(y15)$	8854.2	59.3	0.00000	0.0000	23	499.113
16	$s(t)r(y)$	8854.3	59.4	0.00000	0.0000	23	499.214
17	$s(y)r(t)$	8856.7	61.9	0.00000	0.0000	23	501.683
18	$s(a+y)r(y)$	8876.0	81.2	0.00000	0.0000	6	555.035
19	$s(a*y)r(y)$	8877.9	83.0	0.00000	0.0000	8	552.870
20	$s(.)r(t)$	8884.2	89.4	0.00000	0.0000	22	531.194
21	$s(t)r(t)$	8889.4	94.5	0.00000	0.0000	42	496.211
22	$s(a*t)r(y)$	8899.4	104.6	0.00000	0.0000	32	526.332
23	$s(y)r(y)$	8923.2	128.4	0.00000	0.0000	4	606.215
24	$s(a)r(y15)$	8939.5	144.7	0.00000	0.0000	5	620.523
25	$s(a+y15)r(y15)$	8941.2	146.4	0.00000	0.0000	6	620.210
26	$s(a+y)r(y15)$	8941.5	146.7	0.00000	0.0000	6	620.516
27	$s(a*y)r(y15)$	8942.9	148.1	0.00000	0.0000	8	617.935
28	$s(a*y15)r(y15)$	8943.9	149.0	0.00000	0.0000	8	618.865
29	$s(a+y15)r(y)$	8952.1	157.3	0.00000	0.0000	6	631.115
30	$s(a*y15)r(y)$	8955.1	160.3	0.00000	0.0000	8	630.127
31	$s(a+y15)r(.)$	8967.8	172.9	0.00000	0.0000	5	648.761
32	$s(a*y15)r(.)$	8970.2	175.4	0.00000	0.0000	7	647.245
33	$s(.)r(y15)$	8982.5	187.7	0.00000	0.0000	3	667.556
34	$s(y)r(y15)$	8984.5	189.7	0.00000	0.0000	4	667.522
35	$s(a*y)r(.)$	8989.8	194.9	0.00000	0.0000	7	666.794
36	$s(a+y)r(.)$	8989.9	195.1	0.00000	0.0000	5	670.921
37	$s(.)r(y)$	8994.5	199.6	0.00000	0.0000	3	679.487
38	$s(y)r(.)$	9031.2	236.4	0.00000	0.0000	3	716.233
39	$s(a)r(.)$	9408.9	614.1	0.00000	0.0000	4	1091.949
40	$s(.)r(.)$	9498.0	703.2	0.00000	0.0000	2	1185.020
41	$s(a)r(y)$	10102.5	1307.6	0.00000	0.0000	5	1783.546

3.3 Resultaten

3.3.1 Jaarlijkse variatie in overleving

Er is een groot aantal modellen onderzocht, maar slechts een beperkt aantal modellen speelt een rol van betekenis in de volgende bespreking:

Model 1: overleving hangt af van leeftijd en jaar; doodmeldkans verschilt niet tussen jaren

Model 2: overleving hangt af van leeftijd en jaar; doodmeldkans verschilt tussen strenge en zachte winters

Model 3: overleving hangt af van leeftijd en jaar; doodmeldkans verschilt tussen jaren

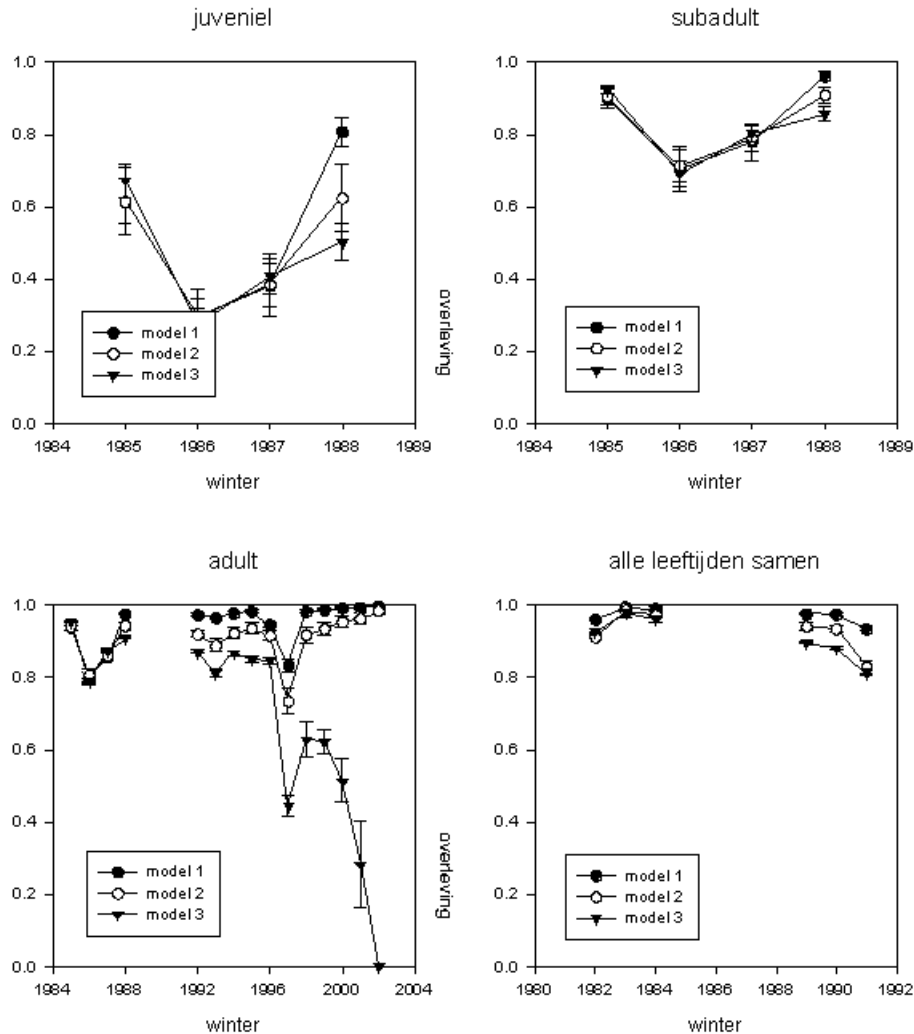
Model 14: overleving hangt alleen af van jaar; doodmeldkans verschilt niet tussen jaren

De parameter schattingen en de bijbehorende betrouwbaarheidsintervallen zijn te vinden in Bijlage A op bladzijde 125.

Jaarlijkse verschillen in doodmeldkansen kunnen een groot effect hebben op overlevingsschattingen. Doodmeldkansen verschilden echter niet tussen de jaren (model 1 *vs* 12, $\chi^2=3.342$, $df=20$, $p=1.000$), en hingen ook niet samen met strengheid van de winter (gemeten aan de hand van de IJnsen index; model 1 *vs* 2, $\chi^2=0.819$, $df=1$, $p=0.365$ en model 1 *vs* 3, $\chi^2=0.709$, $df=1$, $p=0.400$; doodmeldkans = 0.087 ± 0.008 in zachte winters en 0.209 ± 0.041 in strenge winters). Het model waar de doodmeldkans samenhangt met de IJnsen-index (model 2 en 3) beschreef de data desalniettemin bijna net zo goed als het (beste) model met een constante doodmeldkans (model 1), wat opgemaakt kan worden uit het minieme verschil in Delta QAICc. Omdat *a priori* bekend was dat in strenge winters intensief gezocht was naar geringe dode scholeksters, zijn de onderstaande overlevingsschattingen zowel gebaseerd op een modellen met een constante doodmeldkans alsmede op modellen waar doodmeldkansen samenhangen met de IJnsen-index (waarbij ook onderscheid is gemaakt tussen zachte (IJnsen – index < 15) en strenge (IJnsen – index > 15) winters). De jaarlijkse overlevingsschattingen van beide type modellen waren sterk gecorreleerd (juvenielen: $r = 0.946$, $n = 4$, $p = 0.054$; sub-adulten: $r = 0.980$, $n = 4$, $p < 0.020$; adulten: $r = 0.869$, $n = 21$, $p < 0.0001$), hoewel het model waarin gecorrigeerd was voor de relatie tussen IJnsen-index (zachte *vs* strenge winters) en doodmeldkans resulteerde in lagere overlevingsschattingen voor adulten (gepaarde t-test: $t_{20} = 5.885$, $p < 0.0001$; gemiddelde verschil in overleving is 0.039 ± 0.030).

In Figuur 3.1 zijn de modellen per onderscheiden leeftijdsklasse met elkaar vergeleken. De schattingen ontlopen elkaar weinig voor de juveniele en subadulte vogels, maar bij de adulte vogels zijn er grote verschillen voor de latere jaren. Dat heeft te maken met de geringe steekproefgrootte voor die latere jaren (zie Tabel 3.2). Op basis van model 1 kan berekend worden dat er van de 23.018 geringde dieren in de loop der jaren 9.450 nog in leven moeten zijn. Dat betekent dat 41% van de oorspronkelijk geringde dieren levend de winter van 2002/2003 in ging. De zeer lage overlevingen van adulte vogels in de latere jaren zijn zeer onwaarschijnlijk.

In de periode 1981–2001 varieerde de overleving van scholeksters zowel tussen de jaren (model 1 *vs* 39, $\chi^2=654.140$, $df=20$, $p < 0.0001$; model 2 *vs* 41, $\chi^2=183.533$,



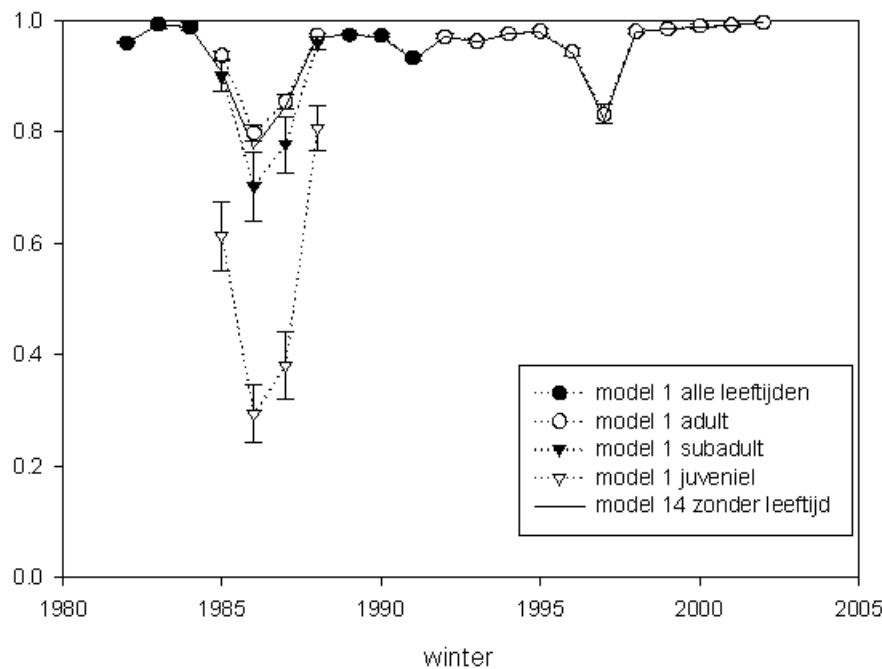
Figuur 3.1. Een vergelijking van de op basis van model 1,2 en 3 geschatte overleving ($\pm$ SE) per onderscheiden leeftijd voor de jaren waarin een schatting mogelijk was (zie tekst voor meer details).

df = 20, $p < 0.0001$) als tussen de twee leeftijdsklassen (model 1 vs 12, $\chi^2 = 61.416$, df = 2, $p < 0.0001$; model 2 vs 15, $\chi^2 = 62.123$, df = 2, $p < 0.0001$; effect van jaar en leeftijd: model 1 vs 40, $\chi^2 = 747.211$, df = 22, $p < 0.0001$; model 2 vs 33, $\chi^2 = 230.566$, df = 22, $p < 0.0001$), waarbij aangetekend moet worden dat gezien de steekproef van juveniele vogels het onderscheid tussen leeftijdsklassen alleen in de jaren 1983–1987 gemaakt kon worden (Tabel 3.1). Juveniele vogels overleefden slechter dan subadulte en adult, en subadulte overleefden ook slechter dan adulte vogels (model 1 vs 4, $\chi^2 = 4.456$, df = 1, $p < 0.034$).

Een gedeelte van de jaarlijkse variatie in overlevingskansen kon verklaard worden door strengheid van de winter (model 36 vs 39, $\chi^2 = 421.028$, df = 1, $p < 0.0001$), maar niet wanneer gecorrigeerd werd voor hogere doodmeldkansen in strenge winters (model 26 vs 24, $\chi^2 = 0.008$, df = 1, $p = 0.929$). Vooral in zeer strenge winters (IJsens index > 15) trad grotere sterfte op (overleving juvenielen: 0.791 ± 0.038 (zacht) en 0.406 ± 0.057 (streng); overleving sub-adulten: 0.923 ± 0.011 (zacht) en 0.683 ± 0.034 (streng)).

(streng); overleving adulten: 0.956 ± 0.002 (zacht) en 0.801 ± 0.008 (streng); vergelijk QAICc van model 31 met 36, en model 25 met 26). Hoewel de overleving van juveniele vogels in strenge winters dus slechts 52% bedroeg van hun overleving in zachte winters, terwijl de overleving van adulten in strenge winters nog altijd 84% bedroeg van hun overleving in zachte winters, was er statistisch geen bewijs dat juveniele vogels relatief slechter overleefden dan oudere vogels in bepaalde jaren (model 1 *vs* 5, $\chi^2 = 6.884$, $df = 7$, $p = 0.4411$; model 2 *vs* 7, $\chi^2 = 9.136$, $df = 7$, $p = 0.523$), zoals in strenge winters.

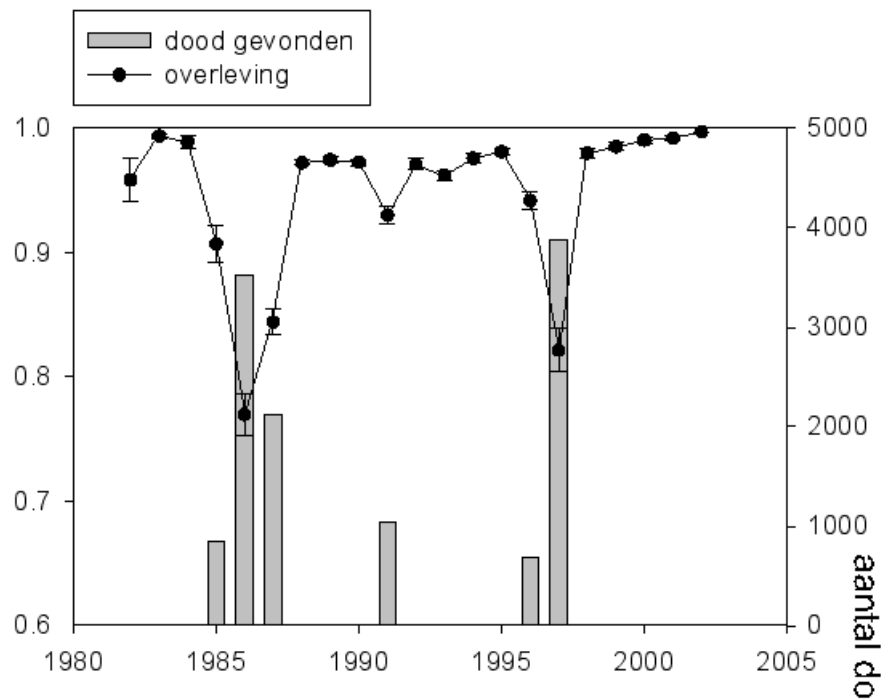
Jaarlijkse variatie in overleving werd niet uitsluitend veroorzaakt door variatie in strengheid van de winter, omdat modellen met jaar als factor de data veel beter beschreven dan modellen met de IJnsen index als verklarende variabele (vergelijk bijvoorbeeld QAICc van model 1 met 36, 2 met 26).



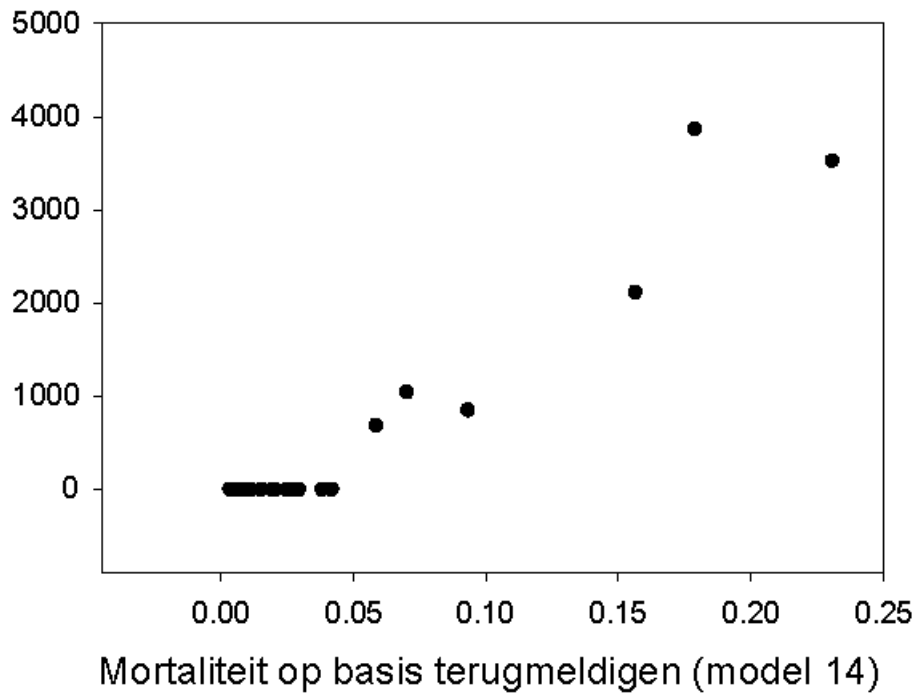
Figuur 3.2. *Geschatte overleving ($\pm$ SE) per winter voor model 1 (opgesplitst per leeftijds-klasse) en model 14 (het best passende model zonder leeftijdsklassen).*

Een belangrijke praktische vraag is welke overlevingsgetallen gebruikt moeten worden bij het valideren van het scholekster model. Model 1 is het beste model volgens het Akaike Informatie Criterium. De geschatte overleving met dit model is weergegeven in [Figuur 3.2](#).

Het probleem met dit model is dat het onderscheid naar leeftijd slechts voor een beperkt aantal jaren gemaakt kan worden. In de eerste (winters 1982, 1983, 1984) en laatste (winters 1989, 1990, 1991) vangjaren was het aantal gevangen juveniele en subadulte vogels te laag om tot een goede schatting van hun overleving te komen. Nadat het vangen gestopt was (laatste grote vangst in de winter van 1990/1991), was het überhaupt onmogelijk om de overleving van juvenielen en subadulten te schatten. Ter vergelijking is in [Figuur 3.3](#) ook model 14 weergegeven. Model 14 is het best passende model onder de modellen waarin geen onderscheid gemaakt wordt naar leeftijd. De overlevingsschattingen van dit model verschillen nauwelijks van de schattingen voor de adulte vogels in de jaren waarin onderscheid naar leeftijd



Figuur 3.3. De jaarlijkse overleving (geschat volgens model 14) en het aantal dood gevonden Scholeksters in de Oosterschelde.



Figuur 3.4. Het aantal dood gevonden Scholeksters als functie van de geschatte mortaliteit (op basis van de met model 14 berekende overleving).

mogelijk was. Dat is niet verwonderlijk, omdat in alle jaren juvenielen een kleine minderheid in de populatie vormden. De schattingen zijn precies gelijk voor de jaren waarin geen onderscheid naar leeftijd gemaakt kon worden, of alleen nog maar adulten in leven waren. Om deze redenen zijn de overlevingsschattingen van model 14 als uitgangspunt genomen in het verder onderzoek. Deze schattingen kunnen vergeleken worden met de aantallen tijdens de speciale zoekacties dood gevonden vogels. De overeenkomst is frappant: in jaren met veel dood gevonden vogels is de geschatte overleving laag (Figuur 3.3). Onder de 12.248 dood gevonden vogels bevonden zich 2.287 geringde dieren. Er is dus geen sprake van een cirkelredenering, omdat slechts een kleine minderheid (19%) van de dood gevonden vogels geringd was en derhalve is gebruikt voor de met MARK berekende overleving.

Wanneer de geschatte overleving direct wordt uitgezet tegen het aantal dood gevonden Scholeksters ontstaat een duidelijk lineair verband (Figuur 3.4). Daarbij is het aantal dood gevonden Scholeksters op nul gezet voor de jaren waarin geen speciale zoekacties op touw werden gezet, omdat er nauwelijks dode vogels te vinden waren.

3.4 Samenvatting

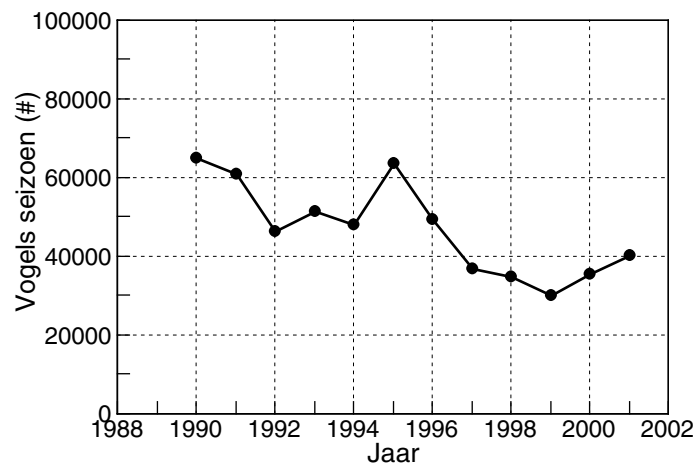
Uit het onderzoek komt naar voren dat de overleving sterk varieert tussen jaren en voor jaren waarin ook het effect van leeftijd kon worden geschat was er ook een groot effect van leeftijd. In de meeste jaren is de overleving zeer hoog (juvenielen: 71%; subadulten 93%; adulten: 96%), maar in strenge winters is de overleving aanzienlijk lager (juvenielen: 34%; subadulten 74%; adulten: 83%). Deze lagere overleving hangt waarschijnlijk samen met een grotere dagelijkse behoefte aan voedsel tijdens vorstperiodes in combinatie met een lagere beschikbaarheid van voedsel door opvriezing van slikken en platen, de geringere bereikbaarheid van prooidieren en het afsterven van prooidieren. De overleving van juvenielen in strenge winters is minder dan 50% van de overleving in zachte winters, terwijl de overleving van adulten in strenge winters meer dan 85% bedraagt van de overleving in strenge winters, maar dit verschil is niet significant. Slechts een deel van de jaarlijkse variatie in overleving kon verklaard worden door verschillen in de strengheid van de winter, en een groot deel van de jaarlijkse variatie in overleving zal daarom samenhangen met andere factoren.

Hoofdstuk 4

Voedsel en vogels: een eerste analyse

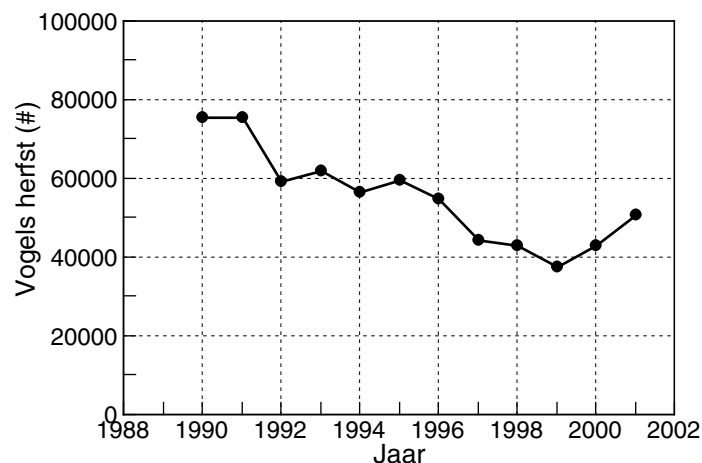
4.1 De vogels

Figuur 4.1 toont het aantal Scholeksters aanwezig in de Oosterschelde gemiddeld tussen 1 september en 1 april. Hierin is het jaarnummer steeds het jaar waarin de maand september ligt. Het aantal voor 1994 is dus het gemiddeld aantal vogels tussen september 1994 en april 1995.



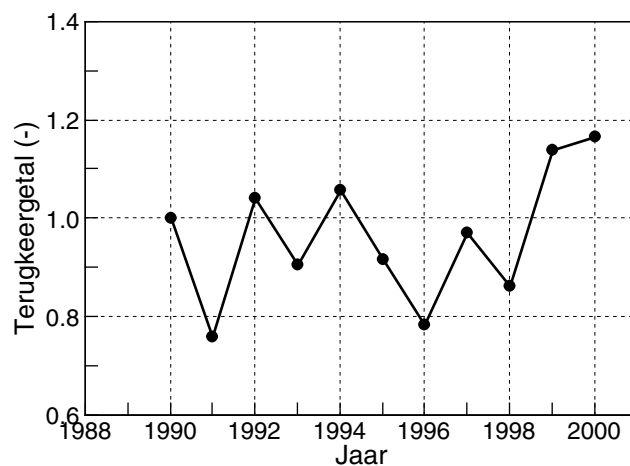
Figuur 4.1. *Het aantal Scholeksters in de Oosterschelde gemiddeld over de periode 1 september tot 1 april. De aantallen zijn afgeleid van complete en incomplete tellingen met behulp van de technieken beschreven in Hoofdstuk 2.*

De in Figuur 4.1 getoonde aantallen zijn gebaseerd op integrale vogeltellingen in de Oosterschelde. De seizoensgemiddelden zijn berekend uit het aantalsverloop voor ieder winterseizoen dat met behulp van imputing geschat is uit enkele complete en een groot aantal incomplete tellingen (zie Hoofdstuk 2). Figuur 4.2 geeft het gemiddelde aantal in de herfst (de periode tussen 1 september en 1 december). De herfst aantallen gebruiken we om het zogenaamde terugkeergetal te berekenen. Dat



Figuur 4.2. Het aantal Scholeksters in de Oosterschelde gemiddeld over de periode 1 september tot 1 december.

is voor ieder jaar X de verhouding tussen het herfst aantal in het *volgende* jaar $X + 1$ en in jaar X zelf. Aantalsveranderingen worden veroorzaakt door de feitelijke terugkeer van oude vogels en de vestiging van jonge vogels. Het betreft dus de ontwikkeling van de populatie (sterfte en reproductie) *in combinatie met* emigratie en immigratie van volwassen vogels. Voor het gemak echter zal het netto resultaat van deze processen met “terugkeer” worden aangeduid. Als de terugkeer groter is dan 1 neemt het aantal dus toe. Is de terugkeer kleiner dan 1 dan is “volgend jaar” het aantal lager (zie verder Bijlage B voor een correctie op terugkeergetallen die sterk afwijken van 1).



Figuur 4.3. Het terugkeergetal voor de Oosterschelde voor de jaren 1990 tot en met 2000. Het terugkeergetal voor jaar n is de verhouding tussen het gemiddeld herfst aantal (zie Figuur 4.2) in jaar $n + 1$ en dat in jaar n zelf.

Figuur 4.3 laat het terugkeergetal zien tussen 1990 en 2000. Deze grafiek geeft dus een kwantitatieve beschrijving van de toe- en afname van de Scholekster in de

Oosterschelde.

4.2 De schelpdieren

4.2.1 Kokkel

Figuur 4.4A geeft voor elk jaar het kokkelbestand weer in tonnen vlees zoals dat wordt berekend uit de gegevens van de RIVO schelpdiersurvey. De biomassa zijn omgerekend naar 1 september volgens de methode die door [Kamermans *et al.* \(2003, Bijlage B.1\)](#) wordt aangeduid als de “tussenstand”. Voor details omtrent de verhouding tussen versgewicht en vleesgewicht verwijzen we naar de technische documentatie in [Rappoldt *et al.* \(2003a\)](#). In seizoen 1997–1998 bereikte de kokkelstand in de Oosterschelde een minimum. Een grote broedval leidde vervolgens tot een herstel in de daarop volgende jaren. Merk op dat broedval (0-de jaars kokkels) in de maanden van de survey nog niet aanwezig is.

Voor schattingen van de foutenmarges in deze bestanden verwijzen we naar [Kamermans *et al.* \(2003\)](#) en [Bult *et al.* \(2003\)](#).

4.2.2 Mossel

Afkomstig uit RIVO bestands schattingen, dezelfde die eerder gebruikt zijn door de Vlas.

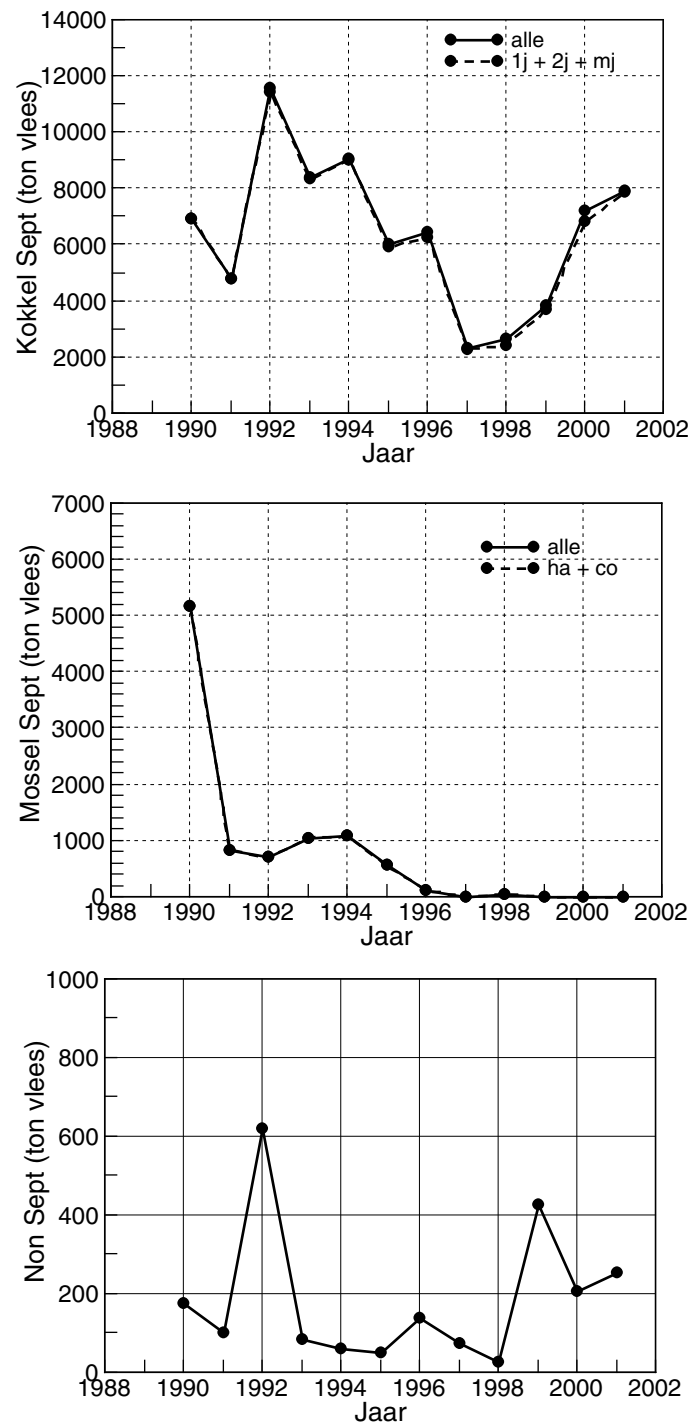
4.2.3 Nonnetje

Ook de gegevens over het nonnetje (Figuur 4.4C) zijn ontleent aan de voorjaarssurvey van het RIVO.

4.3 Aantalsveranderingen en het voedsel

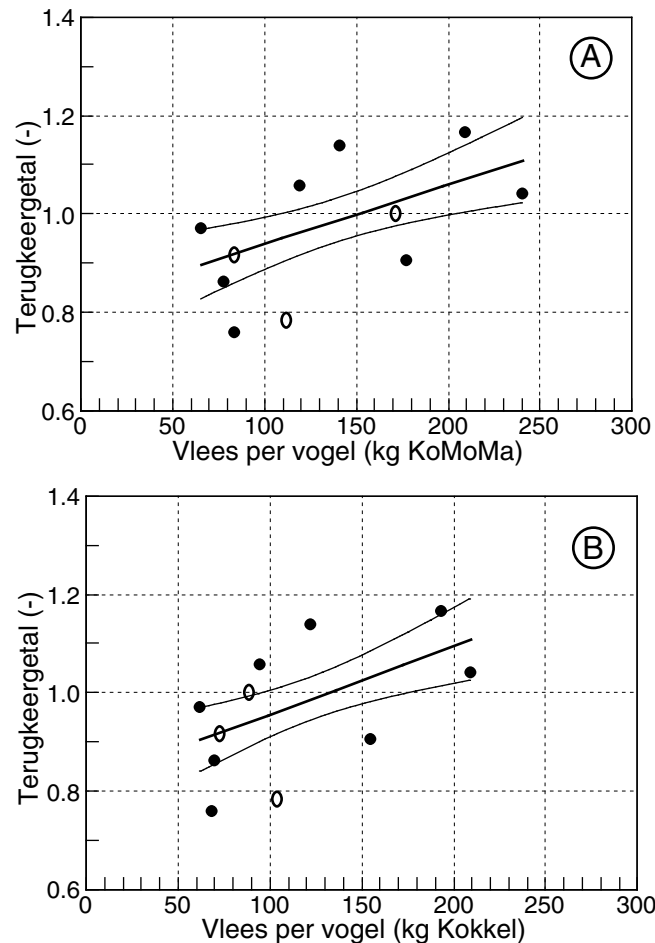
De eenvoudigste verklaring voor de afname van het aantal Scholeksters is voedselgebrek. Een winter met weinig voedsel zou kunnen leiden tot een geringer aantal Scholeksters in de volgende winter, dus tot een terugkeergetal kleiner dan 1. Omgekeerd biedt een winter met veel voedsel gelegenheid aan jonge vogels om zich te vestigen en hun eerste herfst en winter te overleven. Dat leidt tot een “terugkeergetal groter dan 1.

De belangrijkste prooien van de Scholekster zijn kokkel, mossel en nonnetje. In Figuur 4.5A is daarom het terugkeergetal uitgezet tegen de hoeveelheid schelpdiervlees per vogel (minus de geviste hoeveelheid kokkels). Omdat de terugkeer na strenge winters mogelijk anders is dan na zachte winters is de regressielijn berekend op basis van alleen de 8 zachte winters (de punten voor strenge winters van 1990, 1995 en 1996 zijn apart aangegeven).



Figuur 4.4. Het bestand kokkels, mosselen en nonnetjes in de Oosterschelde uitgedrukt in tonnen nat vlees. De afkortingen gebruikt in de legenda zijn 1j, 2j en mj voor respectievelijk eerste-jaars, tweede-jaars en meerjarige kokkels, ha voor halfwas mosselen en co voor consumptiemosselen.

De regressielijn geeft aan dat er waarschijnlijk een verband is tussen de hoeveelheid voedsel per vogel en het terugkeergetal in het volgende jaar ($n=8$, $R^2=0.32$, $P=0.15$, $\beta_{0.05}=0.77$). De dunne, kromme lijnen in de grafiek geven het betrouwbaarheidsinterval (de standaarddeviatie) voor afgelezen gemiddelde waarden van het terugkeergetal bij een bepaald voedselaanbod (berekend volgens [Draper & Smith, 1981](#)).



Figuur 4.5. Het terugkeergetal voor de Oosterschelde als functie van de hoeveelheid voedsel per vogel in september, berekend voor de gegevens in de Figuren 4.3 en 4.4. Bij het berekenen van een hoeveelheid vlees per vogel is steeds het gemiddelde seizoensaantal vogels gebruikt (september t/m maart) en de in de herfst opgeviste kokkels zijn van de voedselvoorraad afgetrokken. A. Als functie van de hoeveelheid vlees in de kokkels en mosselen en nonnetjes. B. Als functie van de hoeveelheid vlees in alleen de kokkels.

Figuur 4.5B laat het terugkeergetal zien als functie van de hoeveelheid (niet opgevist) kokkelvlees per vogel. De kwaliteit van de regressielijn is dezelfde als die in Figuur 4.5A ($n=8$, $R^2=0.31$, $P=0.14$, $\beta_{0.05}=0.75$).

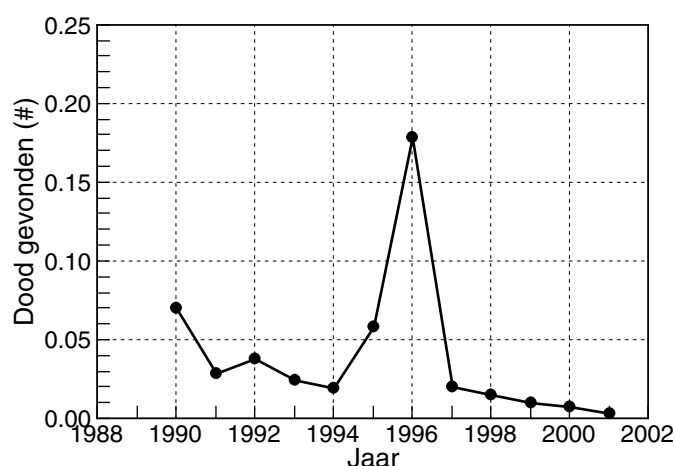
Statistisch gesproken is er ongeveer 14% kans dat het direct uit de schelpdierbestanden en vogelaantallen gevonden verband op toeval berust. We zouden daarom het verband tussen voedsel en terugkeergetal kunnen afwijzen, maar ook dat zou ook een onjuiste beslissing zijn omdat de zogenaamde type 2 fout ongeveer 75% bedraagt.

Dat wil zeggen dat het afwijzen van een verband met een waarschijnlijkheid van 75% een onjuiste beslissing is.

Het onderscheidend vermogen van de regressie analyse is dus onvoldoende groot om met een redelijke zekerheid een besluit te nemen omtrent het verband tussen terugkeer en voedsel. Die onzekerheid heeft verschillende oorzaken. Zowel in de vogelaantallen als in de schelpdierbestanden zijn onzekerheden aanwezig. Een biologische reden voor een zwak verband is verder nog dat een kokkelbestand in tonnen niet hetzelfde is als beschikbaar voedsel. Dichtheden en grootte van de kokkels kunnen verschillen bij dezelfde bestands grootte evenals droogvalduur.

De regressielijnen worden daarom beschouwd als een duidelijke aanwijzing dat er een verband bestaat tussen de ontwikkeling van de Scholekster aantallen en het schelpdierbestand. Als er een verband bestaat dan ligt de hoeveelheid vlees die nodig is voor een zodanige overwintering dat de scholeksters het volgend jaar weer terugkomen (in een zachte winter) tussen de 100 en 175 kilogram per vogel (afgelezen in Figuur 4.5B).

Om de impasse die besloten ligt in de statistiek van Figuur 4.5 te doorbreken worden in Hoofdstuk 5 berekeningen gedaan aan de voedselopname van Scholeksters gebaseerd op de literatuur over deze vogelsoort. De berekeningen zijn erop gericht om een tweede schatting te verkrijgen van de grens, in termen van voedsel, tussen een gemakkelijke en een moeilijke overwintering voor de vogels.



Figuur 4.6. *Mortaliteit Scholeksters Oosterschelde.*

Figuur 4.6 laat de mortaliteit van geringde Scholeksters zien voor de bestudeerde periode. De gegevens zijn gebaseerd op terugmeldingen van in de jaren tachtig geringe vogels (zie Hoofdstuk 3). Het aantal doodgevonden vogels wordt gedomineerd door de strenge winters.

4.4 De betekenis van het Terukeergetal

Het is van belang hier iets op te merken over de biologische betekenis van het terugkeergetal dat in Figuur 4.5 gebruikt is. Die betekenis is namelijk verschillend voor

“terugkeer metingen” op verschillende schaalniveaus.

4.4.1 Getijdepopulaties

De vogels die tijdens laagwater op wadplaten foerageren kunnen verdeeld worden in “getijdepopulaties”. De vogels van een getijdepopulatie verdelen zich tijdens afgaand water over een bepaald droogvallend gebied en worden tijdens opkomend water naar één of enkele hoogwatervluchtplaatsen teruggedreven. Bepaalde hoogwatervluchtplaatsen “horen” dus meestal bij bepaalde foerageergebieden en de indeling in getijdepopulaties is vrijwel onveranderlijk omdat deze voortkomt uit de wijze waarop het water opkomt en afgaat. De vogels leggen daarbij aanzienlijke afstanden lopend af.

De grootte van het foerageergebied dat bij een bepaalde getijdepopulatie vogels behoort vormt een maatstaf voor de begrippen kleinschalig en grootschalig. De kleinschalige verspreiding van de vogels is de verspreiding binnen het foerageergebied van een getijdepopulatie, of nog kleiner, de verspreiding over plekken met een verschillende voedseldichtheid. De grootschalige verspreiding is de verspreiding van de vogels over verschillende getijdepopulaties.

4.4.2 Het Terukeergetal

Binnen een foerageergebied wordt de terugkeer gedomineerd door de keuze van de vogels voor bepaalde plaatsen. De verspreiding van de vogels over een foerageergebied kan op kleine schaal worden voorspeld door aan te nemen dat de vogels hun opnamesnelheid maximaliseren (Goss-Custard, 1996b; Stillman *et al.*, 2000). Terugkeer van jaar tot jaar op kleine schaal is bestudeerd door Leo Zwarts *et al.* (1996d, page 422). Zij laten zien dat de scholekster dichtheid op het foerageergebied sterk gerelateerd is aan de biomassa van (vangbare) prooien. In jaren met een lage biomassa en (dientengevolge) een opname snelheid van minder dan 1.0 mg s^{-1} bedroeg de vogeldichtheid ongeveer 5 vogels per hectare of minder. Opnamesnelheden boven 1.0 mg s^{-1} corresponderen met vogeldichtheden van meer dan 20 ha^{-1} . Op kleine schaal reageren scholeksters dus heel snel op verschillen in de voedselsituatie.

Op de schaal van getijdepopulaties en estuaria speelt plaatstrouw een belangrijke rol. Dat gaat zover dat vogels soms nog eerder dood gaan ten gevolge van voedselgebrek dan dat ze het gebied waarin ze overwinteren verlaten (Lambeck *et al.*, 1996; Atkinson *et al.*, 2003). Uiteraard treedt op den duur een herverdeling van de vogels op als voedselgebieden ten opzichte van elkaar in kwaliteit veranderen. Maar dat verwacht je zelfs in het geval van volledige plaatstrouw, tengevolge van sterfte in het ene gebied en vestiging van jonge vogels in het andere gebied.

Op de schaal van het Waddengebied waar een belangrijk deel van de scholekster populatie overwintert valt er *relatief* minder te kiezen voor de vogels. Het aantal scholeksters en het terugkeergetal op die schaal zal dus in sterkere mate de populatie ontwikkeling weerspiegelen dan in het geval van een klein deelgebied. Dat wil dus zeggen, hoe groter de schaal waarop we een terugkeergetal berekenen, des te sterker is de terugkeer gekoppeld aan de populatiegrootte en des te minder aan keuzes die de vogels maken (emigratie en immigratie). Dat betekent niet dat emigratie en immigratie voor het Waddengebied geen rol spelen, maar het gebied is zo belangrijk

dat aantalsveranderingen op zijn minst voor een deel zullen samenhangen met (of leiden tot) populatieschommelingen.

Hoofdstuk 5

Modelstudie

5.1 Doelstelling

De Scholekster is bijna de enige soort wadvogel waarvan zoveel gedetailleerde gegevens bekend zijn dat het mogelijk is uit te rekenen hoeveel voedsel de vogels nodig hebben en hoelang ze daarvoor moeten foerageren, gegeven het aantal vogels en de verspreiding en droogvalduur van de belangrijkste prooien. Een andere soort waarvan ondertussen veel bekend is, is de Kanoetstrandloper ([van Gils *et al.*, 2003.](#)).

De berekeningen aan de voedselopname worden in de eerste plaats gedaan om uit te zoeken of er nu wel of niet sprake is geweest van een voedseltekort in de jaren met relatief lage kokkelbestanden (zie Figuur 4.5). Dat blijkt inderdaad het geval. Vervolgens wordt het model gebruikt om effecten van variatie in weer, strenge winters en voedseltekort kwantitatief met elkaar te vergelijken.

De voedselreservering is een waarde in kilogram kokkelvlees per vogel, ergens op de horizontale as van Figuur 4.5B. Modelberekeningen worden gebruikt voor een zo nauwkeurig mogelijke schatting van de benodigde reservering. Vervolgens wordt ook de draagkracht van de Oosterschelde voor Scholeksters geschat zoals die in de jaren negentig geweest is.

De berekeningen zijn uitgevoerd met een daartoe geschreven computer programma *WEBTICS*, de afkorting van “Wader Energy Budget and Tidal Cycle Simulator”. Hieronder wordt het model *beknopt* beschreven waarbij resultaten voor de Oosterschelde dienen als illustratie. Geprobeerd wordt de essentiële bestanddelen van het model alle te bespreken om recht te doen aan enerzijds de grote hoeveelheid beschikbare kennis over de Scholekster en anderzijds de toch altijd noodzakelijke vereenvoudigingen die het kenmerk zijn van iedere modelbeschrijving.

In wetenschappelijk onderzoek worden modellen voor veel verschillende doeleinden gebruikt. Het karakter van het hier gebruikte computer programma is in hoge mate het doorrekenen van beschikbare informatie over foerageergedrag, prooidierbestanden en abiotische factoren. Daarbij moeten enkele aannamen worden gemaakt over de vogels en hun gedrag, maar de modelparameters die bepalend zijn voor de uitkomst van de analyse zijn alle bekend en hoeven niet uit de modeluitkomsten zelf (achteraf) geschat te worden. Voor enkele minder belangrijke parameters die wel geschat moesten worden wijst een gevoeligheidsanalyse uit dat ze inderdaad van

weinig belang zijn. Verder wordt het moeilijk te kwantificeren effect van ijswinters buiten de analyse van de voedselreservering gehouden.

5.2 Beknopte modelbeschrijving

5.2.1 Een simulatiemodel

Het model *WEBTICS* bootst de getijdencyclus van de vogels na door met tijdstappen van een kwartier te berekenen welke plekken van het wad droogliggen. De vogels worden op een bepaalde manier (zie Hoofdstuk 5.2.4) over de droogvallende plekken verdeeld. Afhankelijk van het type prooi en de dichtheid kunnen de vogels met een bepaalde snelheid eten. Na een kwartier kan de verspreiding van de vogels weer veranderen en het eten gaat verder. Dit gaat zo door totdat de vogels voor de betreffende getijdeperiode genoeg gegeten hebben of totdat er geen droogvallend wad meer is.

In principe kan de voedselbehoefte van de vogel voor een heel seizoen vrij eenvoudig uit het gewichtsverloop van de vogels en de dagelijkse temperaturen worden berekend. Ook kan maximale voedselopname voor een gemiddelde droogvalduur wel op eenvoudiger wijze worden geschat dan door 400 getijdencycli te simuleren.

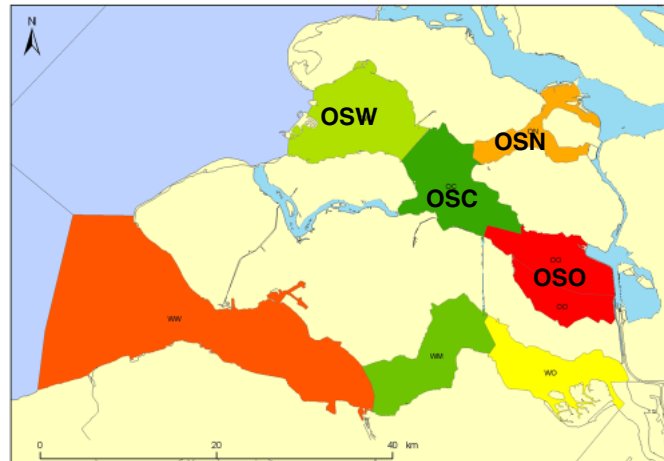
Een simulatiemodel heeft echter als voordeel dat heel veel basisgegevens over het getij, het weer, het schelpdier bestand en de visserij als invoergegevens functioneren zonder dat ze eerst bewerkt (gemiddeld, geïnterpreteerd en vereenvoudigd) worden. Het simulatiemodel koppelt de basisgegevens over getij, weer en voedsel met een beschrijving van de voedsel生态学 van de Scholeksters.

Een simulatiemodel maakt het bovendien mogelijk om met een paar belangrijke “effecten” op een heel natuurlijke manier rekening te houden. Zo is van de Scholeksters bekend dat ze niet in heel korte tijd hun maag kunnen volproppen en vervolgens urenlang gaan verteren. Bij verhoogde waterstanden kunnen de vogels daardoor voedselgebrek hebben, zelfs al ligt er elke laagwaterperiode een heel goed voedselgebied voor een korte tijd droog. In het simulatiemodel kan één en ander vrij eenvoudig worden opgenomen (Rappoldt *et al.*, 2003a, Chapter 5) en het resultaat is dat de vogels inderdaad voedselgebrek hebben tijdens perioden met verhoogde waterstanden. Als reactie daarop gaan de Scholeksters dan binnendijs foerageren. Daar is de voedselopname weliswaar onvoldoende groot om van te leven, maar het helpt natuurlijk wel.

5.2.2 Deelgebieden

De indeling in deelgebieden wordt getoond in Figuur 5.1. De grenzen tussen de deelgebieden zijn zo gekozen dat aan elk deelgebied één of meerdere wadvogelgebieden en visserij enquête gebieden kunnen worden toegekend.

Modelberekeningen zijn gemaakt voor de deelgebieden afzonderlijk. Dat betekent dat voor de vogels in elk deelgebied zich, in de modelberekeningen, vrijelijk bewegen over alle voedselgebieden die tot dat deelgebied behoren. De onderscheiden deelgebieden zijn altijd nog groter dan een getijdepopulatie. Dat betekent dat de



Figuur 5.1. De op de kaart aangegeven deelgebieden van de Oosterschelde zijn OSW (Oosterschelde West), OSC (Oosterschelde Centraal), OSO (Oosterschelde Oost) en OSN (Oosterschelde Noord). Het model is toegepast op de deelgebieden afzonderlijk. In dit rapport ligt de nadruk op de resultaten voor de Oosterschelde als geheel die zijn verkregen door optelling en middeling van de resultaten per deelgebied.

binnen het model gesimuleerde verplaatsingen van de vogels groter zullen zijn dan in werkelijkheid het geval is.

5.2.3 Invoergegevens

Hieronder worden de gegevens met betrekking tot de prooien van de Scholekster, het getij, het weer en de visserij kort besproken. In het simulatiemodel worden deze gegevens gecombineerd met een beschrijving van de voedsleecologie van de Scholeksters, waarvan enkele essentiële elementen in Hoofdstuk 5.2.4 wordt besproken.

Kokkels en Nonnetjes

De jaarlijkse kokkelsurvey van het RIVO is omgerekend naar bestanden voor september (Kamermans *et al.*, 2003). Het bemonsteringsgrid van de survey is ook als uitgangspunt genomen voor de simulatie van de verdeling van de vogels over de droogvallende delen van het wad. Dat betekent dat er gerekend wordt met “plekken” of “spots” van elk 26.7 ha.

Figuur 5.2 laat de *verspreiding* van kokkels en nonnetjes zien voor 1993 en 1999 (hoeveelheid vlees per oppervlak). De hoogste dichtheden zijn rood en de kleur wit geeft aan dat de dichtheid een factor 1000 kleiner is. Aan de kaarten is te zien dat het belang van Oosterschelde Oost in de jaren negentig kleiner is geworden ten opzichte van dat van de Roggeplaat (Oosterschelde West) (zie ook Geurts van Kessel *et al.*, 2003).



Figuur 5.2. De verspreiding van kokkel en nonnetje in 1993 en 1999 uitgedrukt in nat vlees per oppervlak op een relatieve kleurschaal (rood is de maximum waarde, wit is 1000 of meer keer kleiner). De groene spots zijn sublittoraal. Een klein deel van de visserij heeft betrekking op deze locaties. De geschatte hoeveelheid is in mindering gebracht op de littoraal geviste hoeveelheden.

Mosselen

Mosselpercelen hebben niet echt een geografische positie in het model. Het model werkt met “plekken” of “spots” die een oppervlak hebben, een hoeveelheid mosselen en een gemiddelde droogvalduur. Uit de gemiddelde droogvalduur wordt een hoogteligging afgeleid en de “mosselsspots” kunnen dan in de modelberekeningen door de vogels gebruikt worden op dezelfde wijze als de overige plekken met Kokkels en Nonnetjes (zie ook [Rappoldt et al., 2003a](#)). Immers, energetische kosten van verplaatsing worden in het model verwaarloosd, dus de feitelijke positie van de voedselgebieden doet er voor de simulatieresultaten niet toe.

In de Oosterschelde zijn littorale mosselpercelen uit de zeventiger en tachtiger jaren grotendeels vervangen door sublittorale percelen. Slechts in het begin van de jaren negentig is nog sprake van een littoraal mosselbestand dat van enige betekenis is

Tabel 5.1. Mosselgegevens Oosterschelde overgenomen uit [Bult et al. \(2000b, Tabel 3.1\)](#): “Het mosselbestand op de droogvallende platen in de Oosterschelde 1985–1999. De cursief gedrukte getallen zijn een ruwe schatting uit de gegevens van de RIVO surveys”. In de modelberekeningen worden het oppervlak in hectares en het bestand in tonnen vers verdeeld over “mossel spots” (zie tekst en [Figuur 5.3](#)).

jaar	OS West		OS Centraal		OS Oost		OS Noord	
	ha	ton vers	ha	ton vers	ha	ton vers	ha	ton vers
1985	312	1395	347	10412	0	0	25	748
1986	?	?	?	?	?	?	?	?
1987	?	?	?	?	?	?	?	?
1988	30	891	331	9921	0	0	40	1188
1989	54	1146	123	2273	0	0	15	914
1990	<i>159</i>	<i>6057</i>	<i>371</i>	<i>10421</i>	<i>239</i>	<i>1989</i>	0	0
1991	25	506	76	1571	0	0	49	978
1992	<i>26</i>	<i>102</i>	<i>318</i>	<i>2233</i>	<i>133</i>	<i>169</i>	0	0
1993	<i>26</i>	<i>2854</i>	0	0	<i>53</i>	<i>236</i>	<i>26</i>	<i>660</i>
1994	0.6	152	70	3713	0	0	0	0
1995	0.5	49	30	1901	0	0	1.4	43
1996	1.0	127	13	327	0	0	0	0
1997	0	0	0	0	0	0	0	0
1998	0.6	105	2.1	101	0	0	0	0
1999	0	0	0	0	0	0	0	0

voor de Scholeksters. Voor het kwantificeren van dat bestand is uitgegaan van [Bult et al. \(2000b, Tabel 3.1\)](#) die hier gereproduceerd is als [Tabel 5.1](#).

Per deelgebied zijn het totaal oppervlak en de totale hoeveelheid per overgenomen uit [Tabel 5.1](#) en de droogvalduur is bepaald aan de hand van een kaartje van mosselpercelen (Baars (RIVO), pers. comm.) gelijkend op dat in [Bult et al. \(2000a, Figuur 2.6.b\)](#). Voor ieder deelgebied is het oppervlak en tonnage gelijkelijk verdeeld over de (virtuele) mossel spots met een droogvalduur overeenkomend met de in [Figuur 5.3](#) aangegeven locaties.

Getijde- en Weerstations

Voor enkele stations zijn de metingen van de waterstanden zijn door het RIKZ. Uit de waterstanden (elke 10 minuten) zijn alle hoog- en laagwatertijden en standen berekend, alsmede de karakteristieken van het getijdestation die in het model gebruikt worden (zie [Rappoldt et al., 2003a, Hoofdstuk 2.4](#)). De getijdegegevens worden gecombineerd door voor iedere “plek” of “spot” in het model de hoogteligging en de gemiddelde droogvalduur af te lezen van de betreffende kaarten van het RIKZ. Tussen deze kaarten, die gemaakt zijn voor de jaren 1983 en 1989, 2001 en 2010 wordt geïnterpoleerd in de tijd.

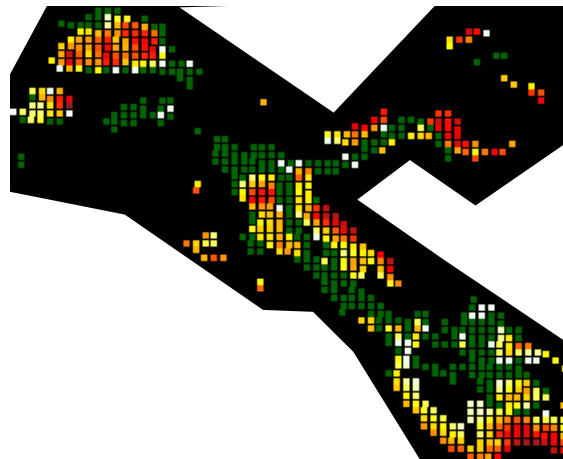
De getijde- en weerstations zoals die voor de verschillende deelgebieden gebruikt worden genoemd in [Tabel 5.2](#). Er wordt gewerkt met slechts twee getijdestations. Dat lijkt erg weinig, maar voor iedere “plek” of “spot” in het model wordt de hoogteligging zodanig gecorrigeerd dat de voor die plek opgegeven *gemiddelde* droogvalduur precies wordt gerealiseerd door de waterstanden van het getijdestation waar de plek



Figuur 5.3. Voor de in rood aangegeven locaties zijn de droogvalduren toegekend aan mosselspots in het model. Oppervlak en tonnage uit Tabel 5.1 is vervolgens (per deelgebied) gelijkmatig verdeeld over de mosselspots. De (virtuele) mosselspots kunnen dan in de modelberekeningen door de vogels gebruikt worden op dezelfde wijze als de overige plekken met Kokkels en Nonnetjes. Zie Figuur 5.2 voor uitleg omtrent de groene, sublittorale spots.

Tabel 5.2. Getijde- en weerstations voor de verschillende deelgebieden. Het gebruik van slechts twee getijdestations wordt verklaard in de tekst.

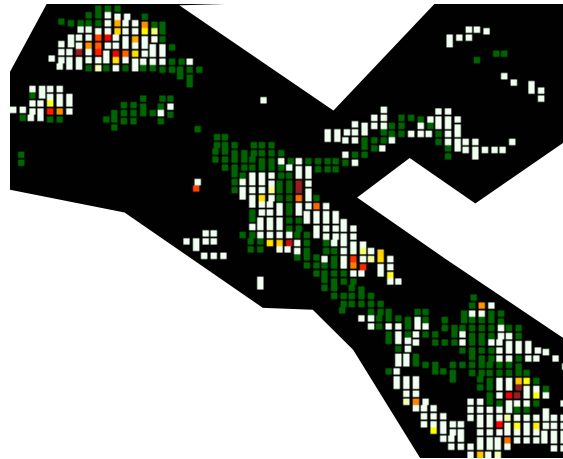
deelgebied	getijdestation	weerstation
OSW	Roompot	Vlissingen
OSC	Yerseke	Vlissingen
OSO	Yerseke	Vlissingen
OSN	Yerseke	Vlissingen



Figuur 5.4. Kaart van de gerealiseerde droogvalduur voor de simulatie van seizoenen 1991–1992. De droogvalduur is uitgedrukt op een lineaire kleurschaal van rood (maximum droogvalduur) tot wit (nul).

bij hoort. Dat betekent dat alleen afwijkingen van de gemiddelde droogvalduur (ten gevolge van verhoogde of verlaagde waterstanden) van de specifieke waterstanden bij het getijdestation afhangen. De afwijkingen van gemiddeld getij leiden in het model tot een verlenging of verkorting van de foerageerduur op bepaalde plekken, maar slechts op sommige dagen tot een andere voedselopname. Voor het simuleren van deze effecten lijken twee getijdestations, een oostelijk en een westelijk, daarom voldoende.

Figuur 5.4 geeft voor de simulatie van het seizoen 1990–1991 de gerealiseerde gemiddelde droogvalduur op een kleurschaal van rood tot wit.



Figuur 5.5. Kaart van de voor 1992 gesimuleerde visserij uitgedrukt in een hoeveelheid kokkels per oppervlak op een relatieve kleurschaal van rood (maximum waarde) tot wit (1000 of meer keer kleiner). In 1992 is ongeveer 15% van het kokkelbestand weggevisht.

Visserij

De black box gegevens van de schepen zijn in bewerkte vorm invoer gegevens voor het model. Voor iedere “spot” in het model (zie Hoofdstuk 5.2.3) is een uit de black box gegevens geschat welke fractie van het oppervlak bevist is. In het model wordt “gevisht” door op 1 oktober een deel van de kokkels te verwijderen.

Een probleem daarbij is dat er een grote foutenmarge zit in de voedselgegevens voor de individuele spots. Er zijn relatief rijke spots en relatief arme maar die liggen in het model ongetwijfeld iets anders verdeeld dan in werkelijkheid. Daarom worden ten behoeve van de visserij berekening de spots verdeeld in klassen van gelijke droogvalduur. Per klasse wordt dan de beviste fractie van het totale oppervlak berekend en er wordt vervolgens op de rijkste spots van die klasse gevisht. Figuur 5.5 geeft een voorbeeld van het resultaat.

De bedoeling van deze procedure is het verkrijgen van een *patroon* van visserij dat past bij de survey gegevens van de kokkels. Dat patroon kan anders zijn dan de ruimtelijke verdeling van de visserij zoals die in werkelijkheid is geweest. Beschadiging (en sterfte) van te kleine kokkels en nonnetjes wordt berekend volgens de in Rappoldt *et al.* (2003a, Hoofdstuk 7.2) gegeven parameters.

Aantallen Scholeksters

De tellingen en de methodiek voor het schatten van totaal aantallen is uitvoerig besproken in Hoofdstuk 2.

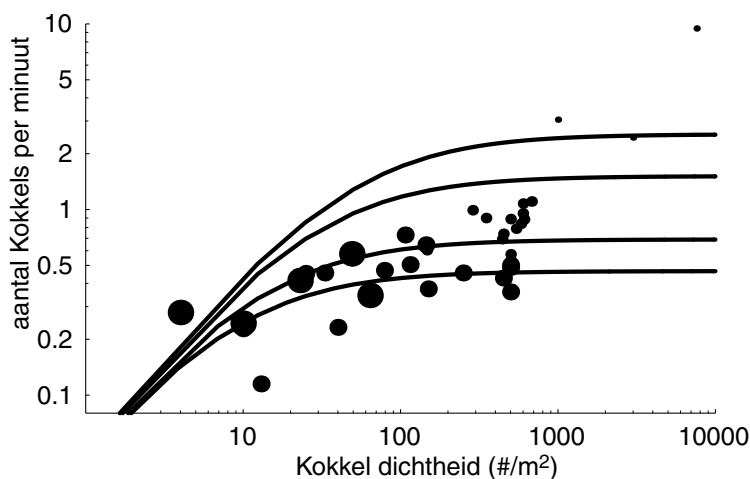
5.2.4 Voedseleecologie van de Scholekster

Voedselbehoefte

Hoeveel voedsel een Scholekster iedere dag nodig heeft is goed bekend (bijvoorbeeld [Zwarts *et al.*, 1996a](#)). Die hoeveelheid hangt enigszins af van het gewicht van de vogel en neemt verder bij lage temperaturen toe. In de modelberekeningen wordt nagegaan, voor iedere laagwaterperiode tussen 1 september en 1 maart, of de vogels aan hun voedselbehoefte kunnen voldoen. Kunnen ze dat niet, dan nemen ze in gewicht af. Kunnen ze dat wel dan eten ze niet *meer* dan ze nodig hebben, behalve als hun gewicht onder hun normale gewicht ligt.

Functionele respons

De functionele respons is de hoeveelheid voedsel die een vogel kan opnemen afhankelijk van de hoeveelheid die er ligt. Er is heel veel veldwerk naar de functionele respons van de Scholekster verricht en [Zwarts *et al.* \(1996b\)](#) heeft de resultaten voor het eten van kokkels samengevat in een grafiek die hier gegeven is als Figuur 5.6.



Figuur 5.6. *Functionele respons van Scholeksters op kokkels met datapunten van [Zwarts *et al.* \(1996b\)](#). De lijnen zijn berekend uit het regressiemodel voor kokkelgewichten van 20, 50, 200 and 400 mg AFDW (dezelfde waarden als die in [Zwarts *et al.* \(1996b, Figure 16\)](#)), zie voor details de technische documentatie ([Rappoldt *et al.*, 2003a](#)).*

In [Rappoldt *et al.* \(2003a\)](#) wordt een regressiemodel beschreven waarin de voedselopname afhangt van de dichtheid en de grootte van de kokkels. Dit model verklaard 83% van de variantie in de data in Figuur 5.6. In de figuur zijn voor vier kokkelgrootten regressielijnen ingetekend.

Het foerageren op nonnetjes is beschreven door [Hiddink \(2003\)](#) en is gebaseerd op gegevens in [Bunskoeke *et al.* \(1996\)](#), [Hulscher \(1982\)](#) en Ens(pers. comm.). Het combineren van de functionele respons voor plekken waar kokkels in meerdere grootten aanwezig zijn, eventueel samen met nonnetjes, wordt beschreven in [Rappoldt *et al.* \(2003a, Hoofdstuk 5.8\)](#).

In het model gaat het eten van mosselen *niet* samen met dat van kokkels en/of nonnetjes. “Mosselspots” zijn plekken met een hoeveelheid mosselen van een bepaalde grootte en een oppervlak in hectares waar de Scholeksters alleen mosselen kunnen eten (zie ook Hoofdstuk 5.2.3). Omdat mosselen in zulke hoge dichtheden voorkomen en bovendien duidelijk zichtbaar zijn is de functionele respons onafhankelijk van de dichtheid aan mosselen. De opnamesnelheid hangt echter wél af van de grootte van de mosselen. Dat is beschreven in [Zwarts *et al.* \(1996b, Fig. 12B\)](#). In het model wordt de opname snelheid bij extreem lage dichtheden wel gereduceerd om te voorkomen dat er meer mosselen worden weg gegeten dan er zijn. Details over de gebruikte mosselgewichten, de omrekening van versgewicht naar vleesgewicht en dergelijke zijn te vinden in [Rappoldt *et al.* \(2003a\)](#).

Digestive bottleneck

Evenals andere dieren beschikken Scholeksters een over beperkte maaginhoud en een beperkte snelheid waarmee het voedsel verteerd en opgenomen kan worden. Deze beperkingen zijn gemeten door middel van zeer gedetailleerd ecologisch veldwerk beschreven in [Kersten & Visser \(1996\)](#).

De beperkte verteringssnelheid in combinatie met een relatief hoge energiebehoefte in de winter betekent dat de vogels maximaal 378 gr vlees per dag kunnen verteren. Bij een behoefte die ‘s winters gemakkelijk 300 gr per dag kan bedragen (afhankelijk van de temperatuur) moeten de vogels dus zorgen dat ze bijna voortdurend iets in hun maag hebben om te verteren. Als het voedselgebied slechts korte tijd droogvalt dan kunnen de vogels hun maag weliswaar snel vol eten (mits er veel voedsel ligt), maar een volle maag levert slechts ongeveer 5 uur verteren op. Dat betekent dat er behalve voldoende voedsel ook voldoende foerageertijd moet zijn. Als de goede voedselgebieden slechts kort droogvallen, doordat ze laag liggen of doordat de waterstanden verhoogd zijn, dan kunnen de vogels dus honger leiden omdat ze onvoldoende voedsel kunnen meenemen in hun maag om aan de dagelijkse energiebehoefte te voldoen.

Interferentie

Interferentie tussen dicht bij elkaar foeragerende vogels kan allerlei vormen aannemen, prooien van elkaar stelen bijvoorbeeld en elkaar ontlopen. De vogels raken hierdoor tijd en prooien kwijt en de gemiddelde opname snelheid is kleiner als de dichtheid aan vogels (het aantal vogels per hectare) groter is. [Ens & Cayford \(1996\)](#) geven een samenvatting van wat er bekend is op dit gebied voor Scholeksters. [Stillman *et al.* \(2002\)](#) voor verschillende prooien ook een reductiefactor voor de opnamesnelheid afhankelijk van de dichtheid aan vogels. De reductiefactor blijkt heel dicht bij een eenvoudige exponentiële functie te liggen ([Rappoldt *et al.*, 2003a, Appendix](#)) en daarvan hebben we gebruik gemaakt in onze berekeningen.

Verspreiding van de vogels

Op een bepaald moment in de getijdencyclus zijn een aantal plekken voor de vogels bereikbaar en andere staan nog onder water. Er kan dan een vogelverdeling worden uitgerekend zodanig dat de opnamesnelheid maximaal is. Op de rijkste plekken is de dichtheid aan vogels groot en wordt de opnamesnelheid gereduceerd door interferentie. Op armere plekken is de vogeldichtheid kleiner, de reductie door interferentie dus minder sterk en daardoor kan opnamesnelheid er even hoog zijn als op rijke plekken. Overigens zitten op veel plekken helemaal geen vogels doordat ook bij zeer lage vogeldichtheid de opnamesnelheid lager is dan wat elders gehaald kan worden.

Deze wijze van verspreiding staat bekend als de “Ideal Free Distribution” van de vogels (Fretwell & Lucas, 1970). De momentane opname snelheid is maximaal en ten gevolge daarvan zal de foerageertijd die nodig is om de behoefte te dekken minimaal zijn. In Hoofdstuk 5.2.4 hieronder wordt nog een alternatief besproken waarbij de vogels langer foerageren op een lagere snelheid. Dat biedt de mogelijkheid tot verspreiding van de vogels over *meer* plekken.

Belangrijke aannamen

Achter deze berekeningswijze gaan enkele belangrijke aannamen schuil:

Alle vogels zijn gelijk In werkelijkheid zijn er verschillen tussen individuen wat betreft de opnamesnelheid voor verschillende prooien en de mate van dominantie in interactie met andere vogels.

Perfekte kennis van het gebied De vogels beschikken alle over een perfecte kennis van de verspreiding van het voedsel in het gebied. Dat kan natuurlijk niet juist zijn, hetgeen betekent dat de mate waarin de schelpdier bestanden geëxploiteerd kunnen worden door het model zal worden overschat.

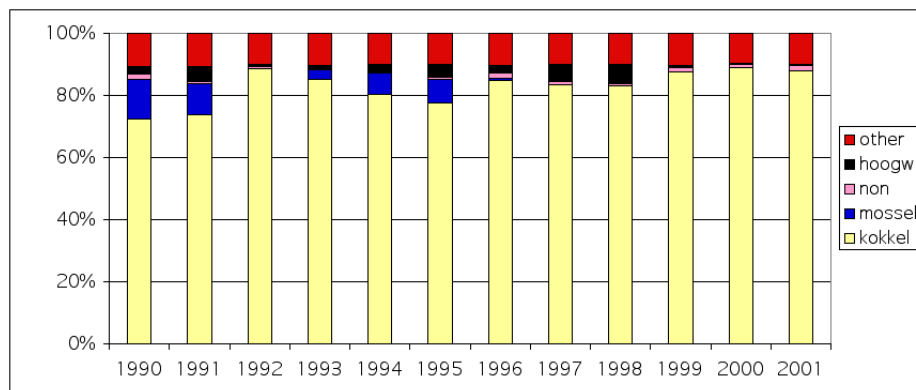
Geen verplaatsingskosten In het model wordt aangenomen dat er geen extra energetische kosten verbonden zijn aan de verplaatsing van de ene plek naar de andere. Nu zijn die kosten in werkelijkheid inderdaad niet erg groot omdat de vogels veel lopen en slechts korte afstanden vliegend afleggen tijdens de getijdencyclus. Deze beperking is in het model echter niet aanwezig hetgeen ook weer leidt tot een overschatting van de mogelijkheden van de vogels.

Onder deze aannamen, waarop we hieronder zullen terugkomen, berekend het model dus voor ieder tijdstip van de getijdencyclus een maximale opnamesnelheid.

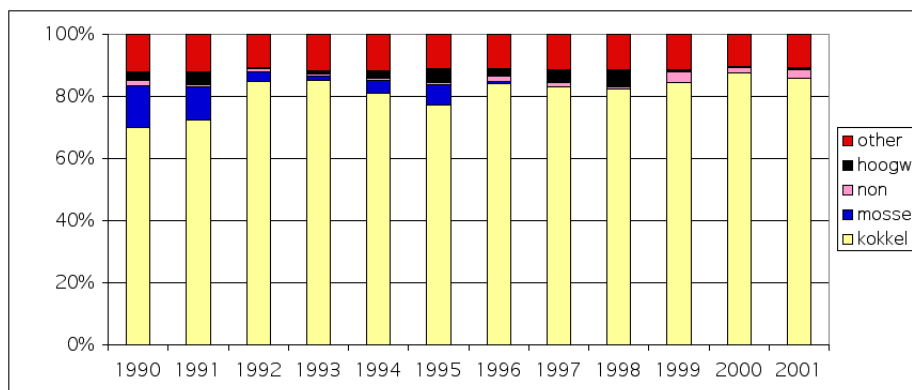
Langer Foerageren

Onder normale omstandigheden komt het vaak voor dat de dagelijkse voedselbehoefte kan worden gedekt door slechts een beperkte tijd te foerageren. Verder kunnen de vogels in goede voedselgebieden hun maag snel vol te eten en vervolgens moeten ze hun opnamesnelheid beperken tot de verteringssnelheid. Als de vogels echter, in plaats van een relatief korte tijd met maximale snelheid, een langere tijd met gereduceerde snelheid eten, dan is het eindresultaat hetzelfde. In het model wordt daarvan gebruik gemaakt.

Zonder de totale voedselopname voor een gesimuleerde laagwaterperiode te beïnvloeden kan de opnamesnelheid worden teruggebracht tot het gemiddelde niveau. De consequentie is dat op alle plaatsen waar dat gemiddelde niveau kan worden gehaald ook kan worden gevoerd. Dat biedt dus de mogelijkheid de vogels over méér verschillende “spots” te verspreiden, zonder dat de totale opname voor de getijdeperiode verandert. Het diëet van de vogels verandert echter wel, omdat het aandeel prooien dat in lagere dichtheden over grote oppervlakken voorkomt zal stijgen ten koste van de prooien die de grootste opnamesnelheid bieden (mossel en kokkel).



Figuur 5.7. *Diëet met (“ideal Free”) vogelverdeling voor een maximale opnamesnelheid en een minimale foerageerduur. De vogels bezoeken alleen de beste plekken en daardoor worden er iets meer mosselen en kokkels gegeten dan bij een gelijkmatiger verspreiding van de vogels (vergelijk Figuur 5.8).*



Figuur 5.8. *Diëet van de vogels voor de “standaard” parameter settings met historische gegevens. De verspreiding van de vogels over droogvallend wad wordt uitgerekend met behulp van de methode beschreven in Hoofdstuk 5.2.4. De vogels worden verspreid over zoveel mogelijk verschillende plekken, maar wel zodanig dat ze gedurende de laagwater periode aan hun voedselbehoefte kunnen voldoen (indien dat mogelijk is).*

Figuur 5.7 toont het gesimuleerde diëet voor een “Ideal Free” verdeling van de vogels (de maximale opname snelheid tot het genoeg is). In Figuur 5.8 is te zien dat er in het geval van een langere foerageerduur, inderdaad iets meer nonnetjes worden gegeten. Het verschil is echter veel kleiner dan in de berekeningen voor het Waddengebied, omdat er in de Oosterschelde relatief weinig nonnetjes voorkomen.

Als de vogels door voedselschaarste gedurende de hele laagwaterperiode op maximale snelheid moeten foerageren, dan werkt deze methode uiteraard niet meer. Zouden de vogels dan anders verspreid worden dan “Ideal Free” dan daalt de voedselopname.

5.2.5 Alternatieve prooien

Als de vogels tijdens gesimuleerde laagwaterperioden “hard moeten werken” om aan hun behoefte te voldoen gaan ze ook tijdens hoogwater in de weilanden op wormen foerageren. De mate waarin dat gebeurt neemt toe bij toenemende “werkdruk” (zie voor details [Rappoldt *et al.*, 2003a](#)). In overeenstemming met veldobservaties gebeurt dit echter alleen overdag als het licht is (bij nachtelijk hoogwater overtijden de vogels meestal *niet* binnendijks) en ook niet als het vriest omdat dan de bodem bevriest en de wormen te diep zitten. De opnamesnelheid voor het foerageren op wormen bedraagt 0.53 mg s^{-1} ([Stillman *et al.*, 2000](#), after Goss-Custard, unpublished data).

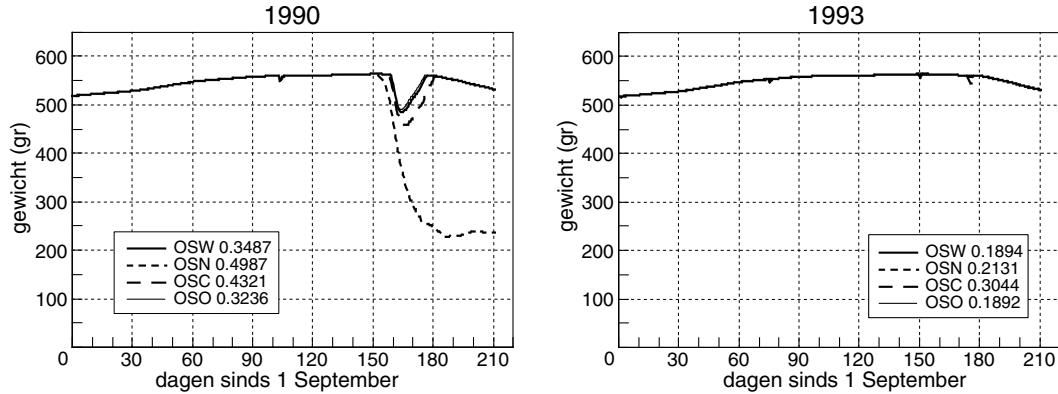
Naast kokkels, mosselen en nonnetjes is aangenomen dat er op de droogvallende platen nog ander voedsel wordt gegeten. Wat dat is wordt niet gespecificeerd in het model, maar we kunnen denken aan andere schelpdiersoorten, wormen en kreeftachtigen. Op twee manieren wordt een bijdrage van zulke “andere prooien” in rekening gebracht. In de eerste plaats wordt voor alle spots een minimale opnamesnelheid aangenomen van 0.3 mg s^{-1} , ook als er geen reguliere prooien (kokkel, nonnetje, mossel) aanwezig zijn. Zijn er wel reguliere prooien dan wordt bij een functionele respons onder deze minimale waarde, de opnamesnelheid “aangevuld” met andere prooien tot het aangenomen minimum. Op dit minimum zijn vervolgens nog wel het effect van interferentie en het effect van vorst (zie Hoofdstuk 5.2.6) van toepassing. Onder normale omstandigheden is 0.3 mg s^{-1} geen interessante opnamesnelheid voor een scholekster (minder dan de helft van de verteringssnelheid), maar het vormt een aanvulling vlak voor en vlak na hoogwater of in tijden van schaarste.

De tweede bijdrage van “andere prooien” is een fractionele. Van de berekende opname van mosselen, kokkels en nonnetjes wordt een fractie niet in rekening gebracht op de betreffende prooibestanden. Deze fractie van de functionele respons (10%) wordt toegekend aan de “andere prooien”. Dit veroorzaakt dus niet een hogere opnamesnelheid, maar wel een iets minder snelle achteruitgang van de bestanden door predatie en daardoor heeft het voor een heel winterseizoen toch een effect. De achtergrond van deze bijdrage is dat mossel- en kokkelbanken op rijke delen van het wad liggen waar ook niet nader gespecificeerde andere prooien (gemiddeld) een bijdrage leveren. De momentane opnamesnelheid van individuele vogels gaat daar echter niet door omhoog.

In Figuur 5.8 is te zien dat het aandeel “andere” prooien in de simulaties voor de Oosterschelde tussen de 10% en 15% bedraagt, afhankelijk van het jaar. Omdat het moeilijk te zeggen is wat hiervoor een redelijke waarde is, zijn de berekeningen ook gedaan voor een minimale opnamesnelheid van 0.5 mg s^{-1} op alle spots (zie ook Hoofdstuk 5.7).

5.2.6 Winter effecten

In perioden met aanhoudend strenge vorst wordt een belangrijk deel van het voedsel door ijs en bevriezing van het wad onbereikbaar voor de vogels.

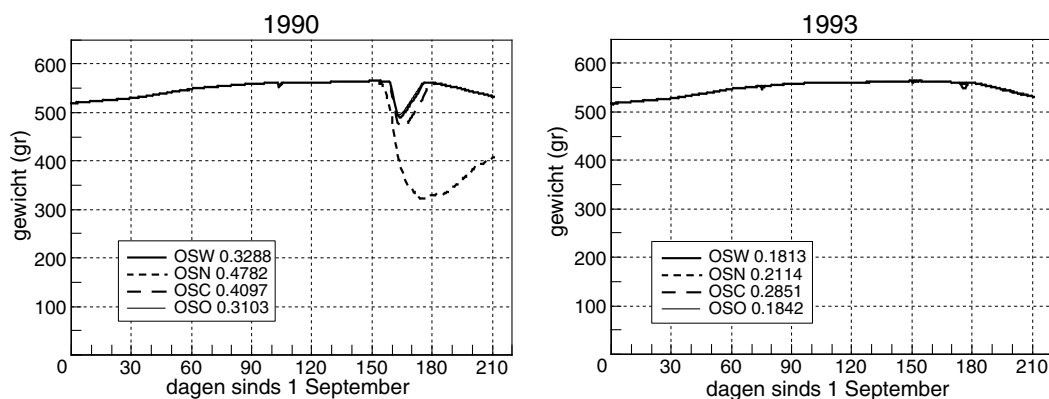


Figuur 5.9. Gewichtsverloop gesimuleerd in een strenge winter (1990–1991) en in een zachte winter (1993–1994). De simulaties zijn gedaan voor het in de tekst beschreven koude effect en met de een minimale opnamesnelheid van 0.3 mg s^{-1} (zie Hoofdstuk 5.2.5). De stress indices (Hoofdstuk 5.2.7) voor de deelgebieden zijn gegeven in de legenda. Zie Figuur 5.10 voor het resultaat met een hogere opnamesnelheid.

Zonder een effect van de vorst op de bereikbaarheid van het voedsel kunnen daarom geen zinvolle berekeningen voor strenge winters worden gedaan. Het effect is moeilijk te kwantificeren, maar hoe slecht bekend ook, ten behoeve van de seizoenen waarin dit optreedt (1990–1991, 1995–1996 en 1996–1997) wordt de opnamesnelheid van de vogels gereduceerd als de gemiddelde etmaal temperatuur onder 0°C komt en wel zodanig dat bij -10°C er helemaal niet meer gegeten kan worden. De reductie tussen -10°C en 0°C is lineair. De grens van -10°C is in overeenstemming met het feit dat bij ijzige koude veel vogels inderdaad niets meer doen (en hopen dat het over gaat), maar kwantitatieve gegevens hierover bestaan niet. De gekozen grenswaarde is zodanig dat, in het model, de *gemiddelde* vogel in de meeste deelgebieden de winter door komt. Figuur 5.9 laat gesimuleerde gewichtsverlopen zien voor een zachte en strenge winter gesimuleerd met een minimale opnamesnelheid van 0.3 mg s^{-1} .

Het verschil tussen net wel en net niet voldoende voedsel krijgen is echter zodanig subtiel dat de gesimuleerde vogelgewichten voor strenge winters gevoelig zijn voor de precieze waarde van de minimale opnamesnelheid (zie Hoofdstuk 5.2.5). De berekeningen zijn daarom herhaald met een hogere waarde voor dat minimum (Figuur 5.10). De grote gevoeligheid van het gesimuleerde vogelgewicht betekent dat bijvoorbeeld het minimum gewicht geen goede maat is voor de mate waarin de vogels in moeilijkheden zijn geweest.

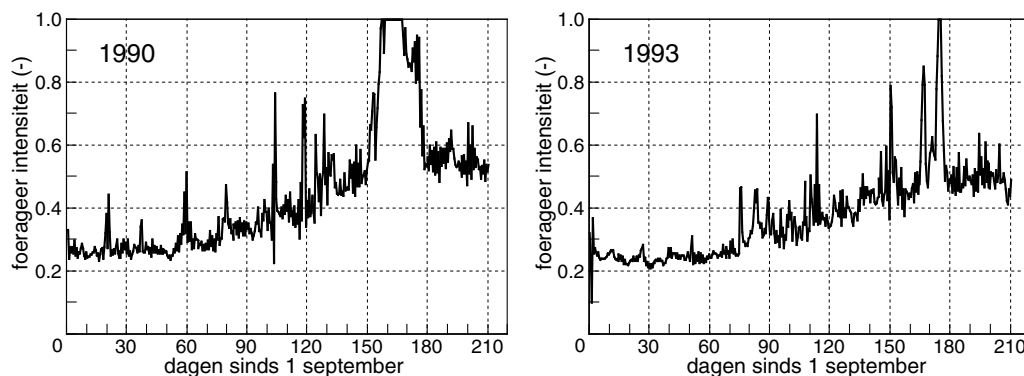
In een situatie met lage temperaturen en/of voedselgebrek beginnen de moeilijkheden bovendien veel eerder dan dat zichtbaar is in een gesimuleerd gewicht. Het gewicht begint pas te dalen als de voedselopname onder de behoefte zakt. Daarvóór moeten de vogels al 100% van hun tijd op maximale snelheid voedsel zoeken en, gezien de aannamen die in Hoofdstuk 5.2.4 betekent dat er dan al problemen zijn. In Hoofdstuk 5.2.7 wordt daarom een stress index geïntroduceerd waarmee dit gekwantificeerd kan worden.



Figuur 5.10. Gewichtsverloop gesimuleerd in een strenge winter (1990–1991) en in een zachte winter (1993–1994). De simulaties zijn gedaan voor het in de tekst beschreven koude effect en met de een minimale opnamesnelheid van 0.5 mg s^{-1} (zie Hoofdstuk 5.2.5). De stress indices (Hoofdstuk 5.2.7) voor de deelgebieden zijn gegeven in de legenda. Zie Figuur 5.9 voor het resultaat met een lagere minimale opnamesnelheid.

5.2.7 De stress index

Tijdens de simulatie van een laagwaterperiode wordt door het model bijgehouden hoeveel voedsel de vogels maximaal zouden kunnen eten bij een ongelimiteerde behoefte en ook zonder beperking van de maag inhoud. De fractie van dit maximum die ze werkelijk eten wordt de foerageer intensiteit genoemd. Het is de “werkdruk” onder de omstandigheden van de betreffende laagwaterperiode en wordt bepaald door het voedselaanbod, de droogvalduur. Ook het aantal vogels speelt een rol (via interferentie, Hoofdstuk 5.2.4).



Figuur 5.11. Voorbeeld van de gesimuleerde foerageerintensiteiten voor deelgebied OSW. De intensiteiten berekend voor 1990 leiden worden samengevat door een waarde van de stress index van 0.35. De intensiteiten voor 1993 leiden tot een stress index van 0.19 (zie ook Figuur 5.9).

In Figuur 5.11 laat twee voorbeelden zien van gesimuleerde foerageerintensiteiten voor het deelgebied OSW. De foerageerintensiteit stijgt in de loop van de winter doordat de schelpdieren vermageren en er dus steeds meer moeten worden gevonden en gegeten en verder, in geval van een krappe hoeveelheid voedsel, ook door een

geleidelijke uitputting. De pieken hebben betrekking op perioden met verhoogde waterstanden of lagere temperaturen. Bij lage temperaturen neemt de voedselbehoefte toe terwijl bij vorst bovendien de bereikbaarheid van het voedsel slechter wordt.

Nu wordt in het model de *gemiddelde* vogel gesimuleerd onder een aantal tamelijk optimistische veronderstellingen (zie Hoofdstuk 5.2.4). De mate waarin een deel van de vogels problemen heeft zal daarom toenemen met de grootte van de foerageerintensiteit. Omdat het met name de hoge waarden voor de foerageerintensiteit zijn die bijdragen aan deze “stress” worden de berekende waarden voor de foerageerintensiteit per getijdencyclus gekwadraterd. Vervolgens wordt het gemiddelde van al deze kwadraten berekend over de meteorologische winter (december, januari en februari).

Het resultaat is een stress index die “meet” hoe frequent hoge waarden van de foerageerintensiteit zijn voorgekomen. Door de kwadratering telt een foerageerintensiteit van 0.80 immers 16 maal zo zwaar als een intensiteit van 0.20. In het theoretische geval van een constante intensiteit van bijvoorbeeld 0.6 (een werkdruk van 60% van het maximum voor de gemiddelde vogel) wordt de stress index 0.36, het kwadraat van 0.6. Een constante werkdruk van 90% leidt tot een stress index van 0.81. Bij hogere waarden van de werkdruk (de foerageerintensiteit) loopt de stress index dus snel op tot een maximale waarde van 1. De foerageerintensiteiten voor het deelgebied OSW in Figuur 5.11 leiden tot een stress index van 0.35 in 1990 en 0.19 in 1993 (zie ook Figuur 5.9).

De stress index biedt in de eerste plaats de mogelijkheid een heel seizoen te karakteriseren met behulp van een enkel getal. Dat is belangrijk voor het vergelijken van winters en voor het uitvoeren van “experimenten” met het model, het weglaten van de visserij bijvoorbeeld, of het toevoegen van vogels. In de tweede plaats biedt de stress index de mogelijkheid om te compenseren voor de optimistische aannamen die op bladzijde 74 gemaakt zijn over de foeragerende vogels. Dat kan door middel van het opleggen van een grenswaarde aan de stress index. Het negeren van de variatie tussen vogels (in werkelijkheid heeft de één eerder voedselgebrek dan de ander) en de aannamen over het foerageergedrag worden dan gecompenseerd door een beperking van de inspanning die de *gemiddelde* vogel hoeft te leveren.

5.3 Enkele resultaten voor de gesimuleerde jaren

Hieronder worden allereerst enkele resultaten getoond van model runs met het weer, getij, het voedsel, de vogels en de visserij zoals die beschreven worden in de invoerfiles voor de jaren negentig. Dit zijn de “historische runs”. In Hoofdstuk 5.4 wordt vervolgens de stress index met behulp van enkele model experimenten nader geanalyseerd en in Hoofdstuk 5.6 wordt ingegaan op de voedselreservering.

Bij de bespreking beperken we ons eerst tot de resultaten voor de Oosterschelde als geheel. Die zijn berekend uit de resultaten voor de 4 deelgebieden door aantallen en hoeveelheden op te tellen, en stress indices te middelen met gebruikmaking van het aantal scholeksters in de winter als gewichtsfactor.

We merken verder nogmaals op dat de seizoenen worden genoemd naar het jaar waarin september valt, de beginmaand van de simulatie. Resultaten voor 1995 hebben dus betrekking op een simulatie voor de periode van september 1995 tot en

met maart 1996.

5.3.1 Diëet

Het gesimuleerde diëet van de Scholeksters is weergegeven in Tabel 5.3. Deze tabel bevat dezelfde resultaten als Figuur 5.8 en is berekend op basis van de standaard parameter settings voor alternatieve prooien (Hoofdstuk 5.2.5) en wintereffecten (Hoofdstuk 5.2.6). Dat is 10% andere prooien, een minimale opnamesnelheid van 0.3 mg s^{-1} op alle spots en een reductie van de voedselopname bij vorst tot 0% bij een temperatuur van -10°C .

Tabel 5.3. *Diëet van de Scholeksters in modelruns voor de periode 1990–2001. De getallen geven de relatieve bijdrage op basis van energie inhoud van de verschillende prooidieren. Voor een grafische weergave zie Figuur 5.8.*

winter	kokkel	mossel	non	hoogwater	andere
1990–1991	0.701	0.133	0.019	0.026	0.121
1991–1992	0.724	0.105	0.008	0.041	0.122
1992–1993	0.849	0.031	0.009	0.004	0.108
1993–1994	0.852	0.013	0.009	0.010	0.116
1994–1995	0.810	0.041	0.007	0.024	0.119
1995–1996	0.773	0.065	0.008	0.043	0.111
1996–1997	0.840	0.007	0.019	0.023	0.110
1997–1998	0.832	0.000	0.013	0.041	0.114
1998–1999	0.823	0.001	0.006	0.055	0.115
1999–2000	0.846	0.000	0.033	0.005	0.115
2000–2001	0.875	0.000	0.019	0.002	0.103
2001–2002	0.859	0.000	0.028	0.005	0.108

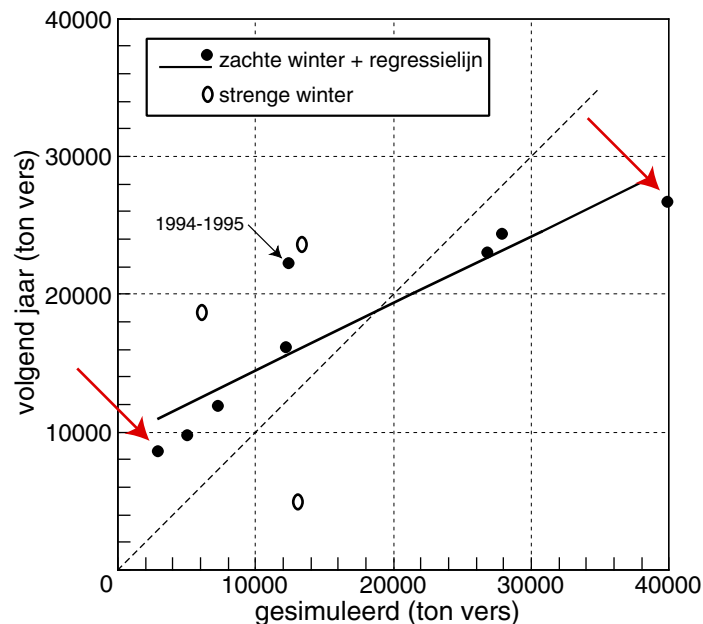
Het belang van foerageren tijdens hoogwater in Tabel 5.3 blijft in alle jaren onder de 6%. Het aandeel “andere prooien” komt overeen met de 10% (van het voedsel van de wadplaten) die ook in het model is gestopt. In de eerste twee gesimuleerde winters is de bijdrage van mosselen en nonnetjes samen nog 15% en 11%. Daarna wordt het een zaak van enkele procenten ten gevolge van de verplaatsing van de mosselen naar dieper water. Dit komt ruwweg overeen met de schattingen Bult *et al.* (2000c, Figuur 5.1), die om die reden 15% van het referentie aantal scholeksters aftrekken in de berekening van de benodigde voedselreservering.

5.3.2 De Kokkelbalans

Constructie van de kokkelbalans

Figuur 5.12 toont de kokkelbalans voor modelruns tussen 1990 en 2001. Op de horizontale balans staat de hoeveelheid kokkels in ton versgewicht die aan het eind van de simulatie (eind maart) run “over” is. Op de verticale as staat de hoeveelheid tweejarige en meerjarige kokkels die een maand later in de schelpdier survey is gevonden (eigenlijk de schatting van de gewichten per 1 mei op basis van de survey in mei/juni).

De strenge winters zijn apart aangegeven omdat in die jaren er soms veel kokkels dood gaan door ijsvorming. Dat verschijnsel is niet gemodelleerd.



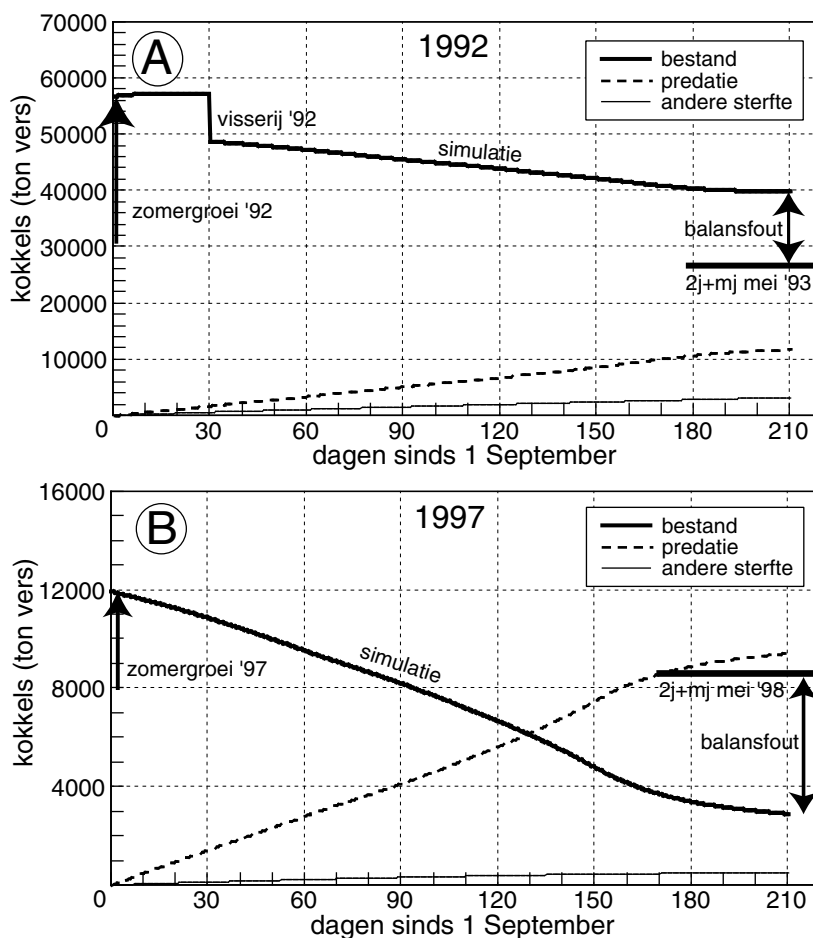
Figuur 5.12. De kokkelbalans voor de Oosterschelde berekend als de combinatie van de balans voor de 5 deelgebieden OSW, OSN, OSC en OSO (zie Figuur 5.1). De richting van de regressielijn (0.49 ± 0.09) voor zachte winters wijkt af van 1. De twee rode pijlen wijzen naar de balanspunten voor de seizoenen 1992–1993 en 1997–1998 die in Figuur 5.13 nader bestudeerd worden. In de strenge winter van 1996–1997 is een groot deel van de kokkels dood gegaan door bevroering.

Als de invoergegevens exact zouden kloppen en het model ook precies de werkelijke voedselopname zou beschrijven, dan zouden alle punten op de gestippelde diagonaal van de grafiek liggen. Dat is niet het geval en de regressielijn in Figuur 5.12 voor zachte winters laat een te kleine helling zien, wat wil zeggen dat een deel van de afwijkingen systematisch van aard is. Hieronder gaan we in op verschillende verklaringen voor de systematische afwijking. Het is echter van belang om het tot stand komen van de punten op de balans eerst nog wat nauwkeuriger te bekijken.

Het gesimuleerde verloop van het totale versgewicht kokkels voor de seizoenen 1992–1993 en 1997–1998 is te zien in Figuur 5.13. De hoeveelheid kokkels die tijdens de simulatie wordt gegeten door de scholeksters is in beide grafieken weergegeven door een stippellijn en de dunne doorgetrokken lijn is berekend op basis van een natuurlijke achtergrondsterfte van de kokkels van 1% per maand.

In het seizoen 1997–1998 was het kokkelbestand relatief klein en de afname ten gevolge van predatie domineert het beeld voor de winterperiode. Het kokkelbestand aan het einde van de simulatie (210 dagen na 1 september) is aanzienlijk lager dan wat er werkelijk lag. In het seizoen 1992–1993 daarentegen was het kokkelbestand hoog en zowel predatie als achtergrondsterfte zijn relatief klein ten opzichte van de totale hoeveelheid kokkels. Desalniettemin is het kokkelbestand aan het einde van de simulatie nu gróter dan in werkelijkheid.

Deze twee voorbeelden geven een indruk van de kwantitatieve opbouw van de kok-



Figuur 5.13. Een punt van de kokkelbalans in Figuur 5.12 komt tot stand door omrekening van de gegevens uit de voorjaarssurvey naar 1 september (de pijl links), simulatie van een geringe najaarsgroei van de kokkels, visserij (in het model per 1 oktober), gesimuleerde predatie en achtergrond sterfte (1% per maand). De dubbele pijl rechts geeft de afwijking in de kokkelbalans aan. A. Seizoen 1992–1993 is een jaar met veel kokkels. B. Seizoen 1998–1999 is een jaar met weinig kokkels.

kelbalans zoals die uiteindelijk tot stand komt in de verschillende punten van Figuur 5.12. Bij het beoordelen van de toevallige afwijkingen van de balanspunten moet worden bedacht dat elk punt gebaseerd is op twee schelpdierbestanden en de vogelaantallen zoals die in de simulatie zijn gebruikt. De toevallige afwijkingen in deze invoergegevens zijn een toevallige fout van ruwweg 10% in de vogelaantallen (standaard deviatie) en een marge van ongeveer 20% in de kokkelbestanden (95%-interval, zie Kamermans *et al.* (2003); Bult *et al.* (2003)). De meeste afwijkingen van de regressielijn in de kokkelbalans zijn niet in tegenspraak met deze foutenmarges. Er is één zachte winter met een grote afwijking (het punt voor 1994–1995, met een pijltje aangegeven in Figuur 5.12). Er is één strenge winter (1996–1997) waarin vermoedelijk veel kokkels zijn doodgevroren en er zijn twee strenge winters waarna relatief veel kokkels zijn aangetroffen.

Verklaringen voor de systematische afwijking

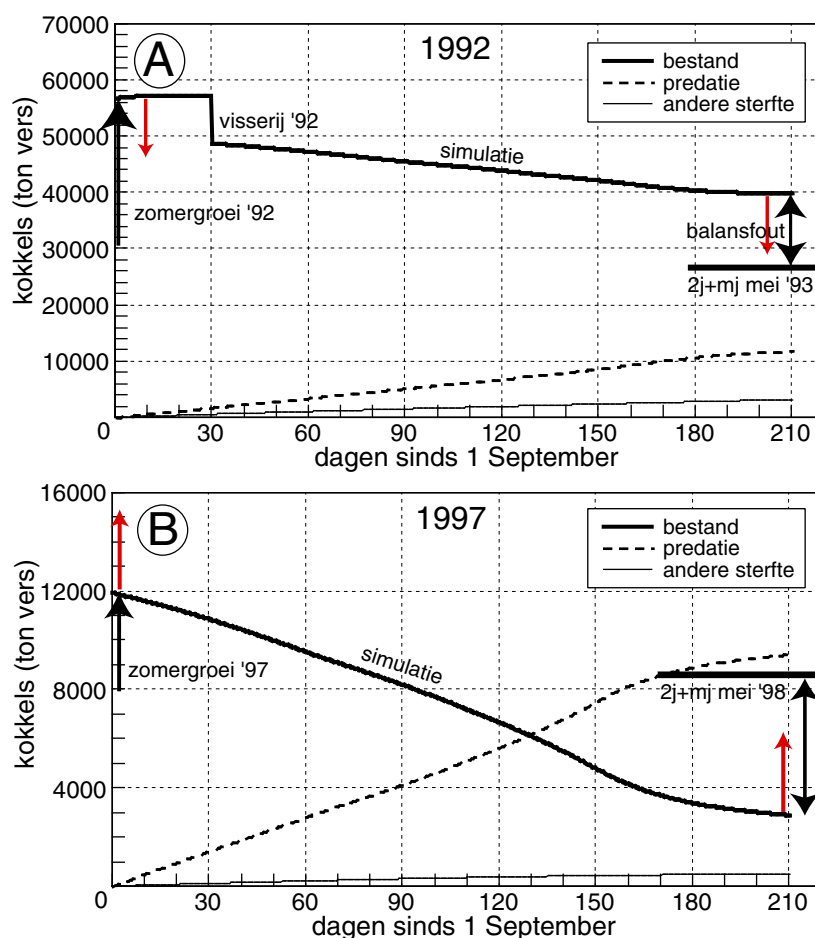
De balanspunten voor de twee in detail beschouwde seizoenen zijn in Figuur 5.12 met een rode pijl aangegeven en passen in het beeld dat door de afwijkende helling wordt weergegeven: kleine bestanden in jaar n leiden tot een onderschatting van het werkelijke bestand in jaar $n + 1$ en grote bestanden tot een overschatting. Er zijn verschillende verklaringen mogelijk voor deze systematische afwijking.

1. De predatie door scholeksters in arme jaren wordt overschat. Een lagere predatie betekent een groter bestand aan het einde van de simulatie en daarmee gemiddeld een verbetering van de kokkelbalans voor lage bestanden.
2. Een bestandsafhankelijke groei van de kokkels in de zomer. Dat leidt in arme jaren tot een snellere groei en een hoger kokkelbestand in september, en daarmee ook aan het einde van de simulatie. In rijke jaren leidt een langzamere zomergroei tot een lagere bestandsschatting voor september en via het gesimuleerde verloop weer tot een verkleining van de balansfout.
3. Een hogere achtergrondsterfte in goede kokkeljaren. Dat leidt tot een vermindering van het bestand aan het einde van de simulatie en een verbetering van de kokkelbalans voor seizoenen met een groot kokkelbestand.

Verklaring 1 impliceert dat de scholeksters in jaren met relatief weinig kokkels minder kokkels eten dan wordt berekend uit droogvalduur, functionele respons en voedselbehoefte. In de modelberekeningen wordt de aanname gemaakt dat de vogels volledige kennis hebben van de aanwezige voedselvoorraad (zie Hoofdstuk 5.2.4 op bladzijde 74). Juist voor kleinere kokkelbestanden zou deze aanname tot een overschatting van de kokkelpredatie kunnen leiden. Ook als de vogels de beste plekken wel kan het juist bij kleinere bestanden moeilijker worden om de maximale opname ook daadwerkelijk te halen in verband de af te leggen afstanden. Een overschatting van de opname bij kleine kokkelbestanden impliceert dat de vogels het in de betreffende arme jaren (nog) moeilijker gehad hebben dan het model aangeeft. Verder lijken de afwijkingen in de kokkelbalans te groot om op deze wijze te corrigeren: de afwijking in Figuur 5.13B kan op deze wijze alleen gecorrigeerd worden als de scholeksters haast geen kokkels eten.

Verklaring 2 is gebaseerd op de aanname dat ook de grootte van de kokkelpopulatie, hoe variabel ook, toch op een of andere wijze gereguleerd wordt. Op theoretische gronden moet dat zo zijn, maar de vraag is alleen bij wat voor dichtheden die effecten merkbaar worden. In de laatste versie van hun rapport hebben Kamermans *et al.* (2003, figuur 4.5) inderdaad een dichtheidsafhankelijkheid beschreven en wel een bestandsafhankelijke zomergroei van de éénjarige kokkels. In Figuur 5.14 zijn de resultaten uit Figuur 5.13 nogmaals te zien, maar daarbij is nu aangegeven wat de consequenties zijn van de correctie op de zomergroei. Voor beide seizoenen wordt de balansfout aanzienlijk kleiner.

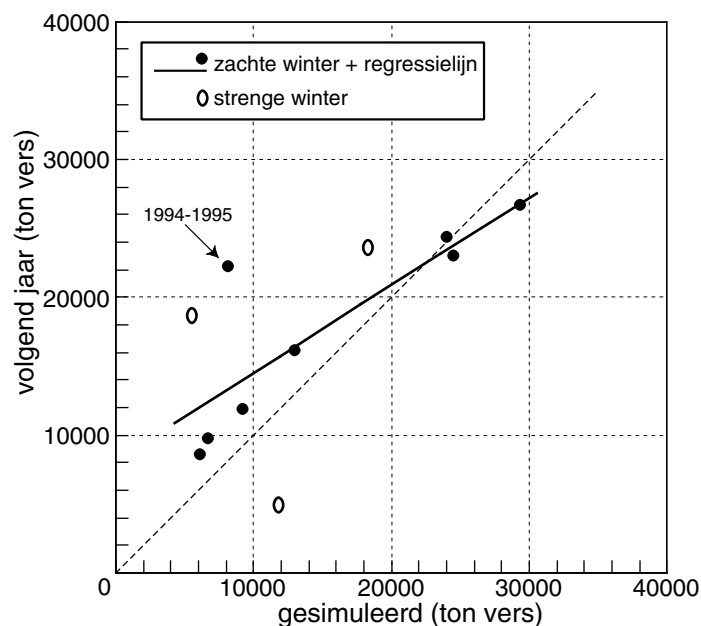
Verklaring 3 betreft het vergroten van de achtergrondsterfte die nu op 1% per maand gesteld is, de waarde die ook gebruikt is door de Vlas (2002). Bij deze waarde is er nauwelijks invloed van de achtergrondsterfte op de bestandsontwikkeling en daarmee op de foerageermogelijkheden voor scholeksters (zie Figuur 5.12). Er is dus een aanzienlijke verhoging nodig om gaten in de balans te dichten en in het licht van het bovenstaande over bestandsafhankelijke zomergroei lijkt er geen aanleiding voor zo'n verhoging. In gegevens over sterfte van kokkels is het aandeel "predatie



Figuur 5.14. Gelijk aan Figuur 5.13 met een correctie op de zomergroei van de kokkels, aangegeven als rode pijlen. De correctie is berekend als het verschil tussen de kokkelbestanden “tussenstand” en “alternatief” in Kamermans et al. (2003, figuur B1). A. Seizoen 1992–1993. B. Seizoen 1997–1998.

door vogels” altijd een onzekere factor zodat ook een onafhankelijke meting van de achtergrondsterfte heel moeilijk is.

Corrigeren we voor alle jaren de eindstand van de simulatie met de correctie op de zomergroei uit Kamermans et al. (2003, figuur B1) dan krijgen we de kokkelbalans in Figuur 5.15. De richting van de regressielijn (0.64 ± 0.17) ligt nog steeds onder de 1 hetgeen, maar de meeste balanspunten zijn wel aanzienlijk verbeterd. De systematische afwijking van de kokkelbalans van in Figuur 5.12 wordt dus op zijn minst voor een belangrijk deel verklaard door het ontbreken van bestandsafhankelijkheid in de zomergroei van de voor de simulaties gebruikte kokkelbestanden.



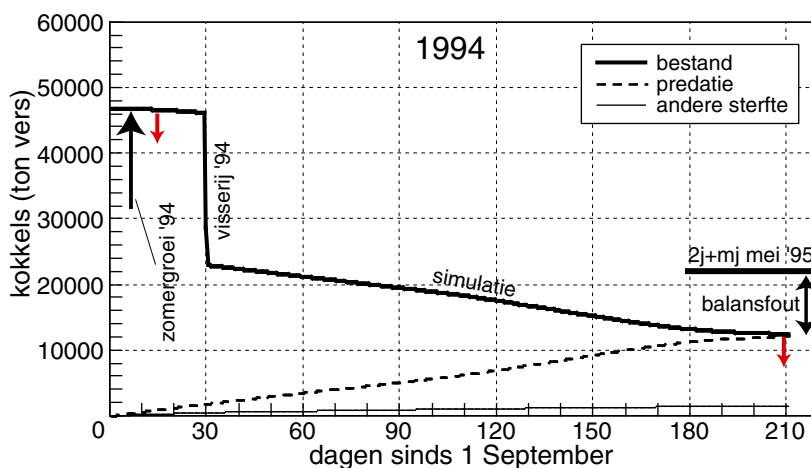
Figuur 5.15. De kokkelbalans voor de Oosterschelde met een gesimuleerde hoeveelheid die gecorrigeerd is voor het verschil tussen de bestanden “tussenstand” en “alternatief” in Kamermans et al. (2003, figuur B1). Het nog steeds sterk afwijkende punt voor de zachte winter 1994–1995 wordt in Figuur 5.16 nog nader onderzocht.

Discussie van de kokkelbalans

Vier balanspunten voor kleine kokkelbestanden en zachte winters liggen iets boven de lijn $y=x$. De oorzaak kan gelegen zijn in verklaring nummer 1 (zie bladzijde 83), een iets te grote kokkelpredatie bij kleine bestanden. Dat betekent dat de vogels het bij kleine bestanden moeilijker hebben dan het model suggereert en voor een groter deel afhankelijk zijn van marginale prooien.

Het punt voor het seizoen 1994–1995 blijft sterk afwijkend. In Figuur 5.16 wordt het nog eens precies bekeken. De correctie op de zomergroei levert een *verslechtering* van de balans op. Wat ook merkwaardig is, is dat het verschil tussen het gecorrigeerde september bestand van 42000 ton en het twee- en meerjarige kokkelbestand van 22000 ton in mei 1995 kleiner is dan het weg geviste tonnage (22000 ton). Voegen aan de weg geviste kokkels nog toe de predatie door vogels en een kleine achtergrondsterfte dan kan de balans dus niet kloppen. Dat betekent dat we voor dit seizoen de verklaring voor de afwijking niet alleen bij het model of bij de zomergroei moeten zoeken. Dat geldt ook voor twee van de drie strenge winters. Het bekijken van de situatie per deelgebied kan hier wellicht uitsluitsel geven, maar dat kan in het kader van deze rapportage niet meer gebeuren.

De bestandsafhankelijke zomergroei wordt door Kamermans et al. (2003) beschreven als een verfijning. De gemiddelde correctie van het geschatte kokkelbestand in september bedraagt 3 miljoen kg op een schaal van 0 tot 50 miljoen kg. *Relatief* is de verfijning echter van groter belang en blijkt bovendien een niet onaanzienlijke effect te hebben op de kokkelbalans. Dit kan begrepen worden uit het feit dat de balanspunten worden opgemaakt door van een septemberbestand de weggeviste kokkels, de



Figuur 5.16. De totstandkoming van de balanspunten voor de seizoenen 1994–1995 met een correctie op de zomergroei van de kokkels, aangegeven als rode pijlen. De correctie is berekend als het verschil tussen de kokkelbestanden “tussenstand” en “alternatief” in [Kamermans et al. \(2003, figuur B1\)](#).

sterfte en de predatie af te trekken en het resultaat vervolgens te vergelijken met het bestand aan twee- en meerjarige kokkels in het volgende jaar. Deze procedure leidt ertoe dat kleine fouten in de verschillende termen tot een *relatief* grote balansfout kunnen leiden.

De beoordeling van de balansfouten in de simulaties die voor dit verslag zijn gebruikt (Figuur 5.12) hangt af van het doel van de berekeningen. Als het model gebruikt zou worden voor het voorspellen van de kokkelstand over een aantal jaren, dan is een balans als die in Figuur 5.12 een aanwijzing voor afwijkingen van het model. Het feit dat een bestandsafhankelijke zomergroei deze afwijkingen voor een belangrijk deel teniet doet is op zichzelf interessant. De met het model berekende predatiedruk kan een element vormen van berekeningen aan de bestandsontwikkeling van kokkels. Dergelijke berekeningen zijn noodzakelijk indien we de meerjarige effecten van visserij willen kwantificeren. Dan moeten we over een reeks van jaren zonder visserij (als die in werkelijkheid wel heeft plaats gevonden) de bestandsontwikkeling na een broedval doorrekenen.

De bedoeling van de modelstudie in dit rapport is echter te berekenen bij wat voor kokkelbestand de vogels in de problemen komen en of het resultaat van die berekening overeen komt met dat van de analyse van de basisgegevens in Hoofdstuk 4. Juist omdat het (nog) niet de bedoeling is om kokkelbestanden te voorspellen is het model elk jaar opnieuw geïnitieerd met de door het RIVO geschatte schelpdierbestanden voor september. Dat garandeert dat de gesimuleerde winterbestanden ongeveer zullen zijn wat ze in werkelijkheid ook waren, maar impliceert tegelijkertijd dat alleen effecten van de visserij in het gesimuleerde jaar doorgerekend kunnen worden.

Het is natuurlijk jammer dat de berekeningen niet meer konden worden herhaald voor de allerlaatste schattingen van het RIVO, waarin de bestandsafhankelijke zomergroei is opgenomen. Ook met de grotere zomergroei blijven slechte kokkeljaren echter slechte kokkeljaren en de invloed op de resultaten van de modelstudie is klein. Bij de bespreking van de resultaten zal deze kwestie daarom niet altijd opnieuw ge-

noemd worden.

5.3.3 Vogel gewichten

De Figuren 5.17 en 5.18 laten de gesimuleerde vogelgewichten zien per deelgebied. In de legenda zijn bovendien de stress getallen voor de verschillende deelgebieden vermeld. We zien dat in zachte winters de curve van het “streefgewicht” gewoonlijk nauwkeurig wordt gevolgd (het streefgewicht is een invoer gegeven dat voor de Oosterschelde iets lager is dan voor de Waddenzee (Zwarts *et al.*, 1996c, Fig. 15)).

Dat betekent echter niet dat de vogels het nooit moeilijk gehad zouden hebben. Het “net wel” of “net niet” in gewicht afnemen is gevoelig voor allerlei parameter waarden en bovendien zegt het niets als de vogels “net niet” in gewicht afnemen omdat in *WETICS* alleen de *gemiddelde* vogel wordt gesimuleerd (zie de aannamen op bladzijde 5.2.4). Om deze redenen werken we verder met de stress index (zie Hoofdstuk 5.2.7). Deze stress index wordt groter naarmate de vogels harder hebben moeten werken en is ongevoelig voor het “net wel” of “net niet” in gewicht afnemen. Daarom is de stress index een meer robuuste maat voor de mate waarin de vogels problemen hebben gehad.

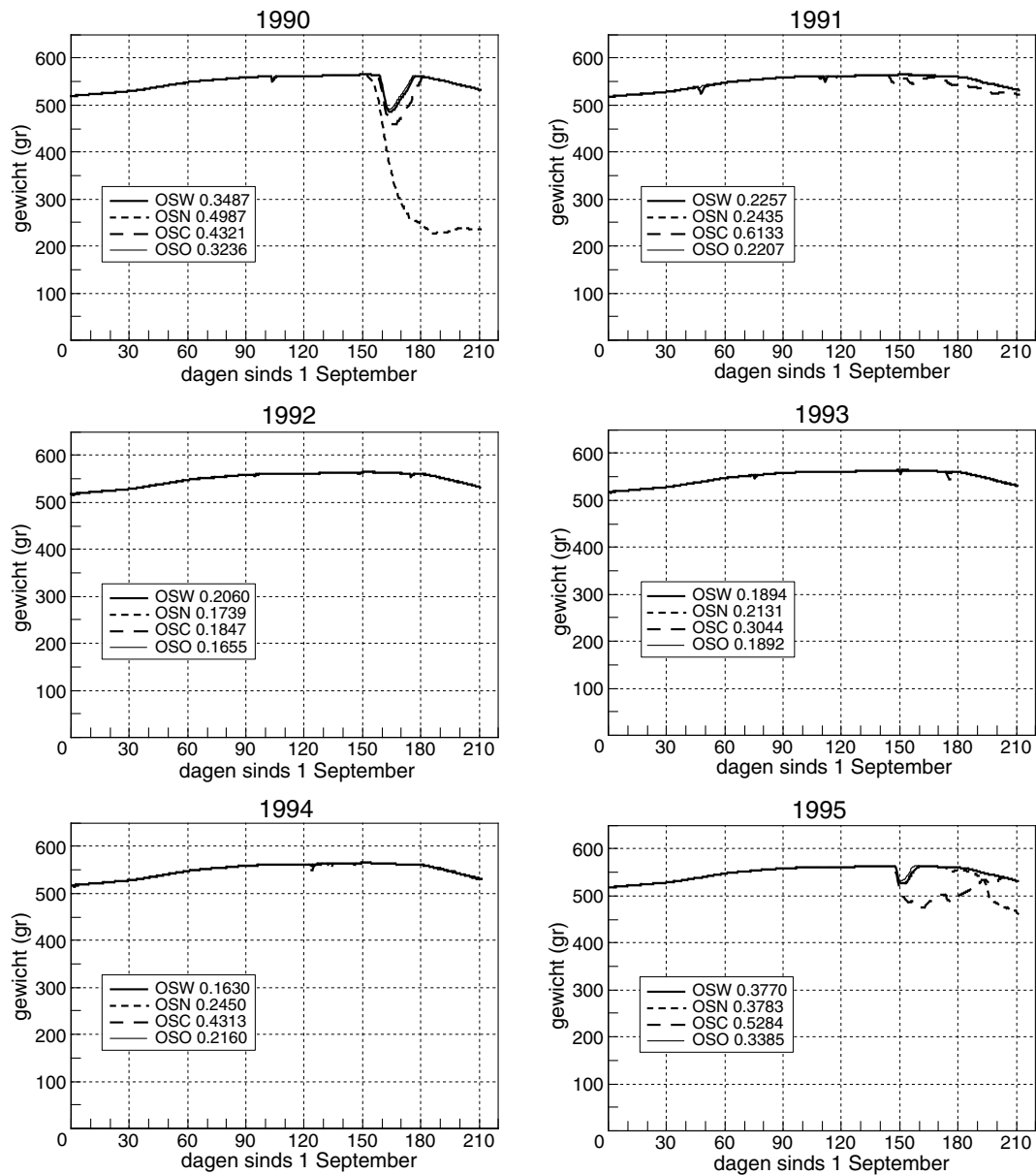
In strenge winters of door voedselgebrek, kunnen de gewichten omlaag gaan. Hoeveel omlaag hangt af van de beschikbare hoeveelheid voedsel, van alternatieve voedselbronnen, en van de kwantificering van het effect van vorst (zie Hoofdstukken 5.2.6 en 5.2.5). De gevoeligheid voor de betreffende parameter waarden is aanzienlijk omdat het verschil tussen een afname en een toename van het gewicht afhangt van “net genoeg te eten” of “net niet genoeg” te eten. Het realistisch simuleren van vorsteffecten is daarom heel moeilijk en de resultaten voor strenge winters worden daarom in de analyse van stress factoren in Hoofdstuk 5.4 steeds apart aangegeven.

Het probleem dat in de simulaties voor historische aantallen vogels en historische schelpdierbestanden de gesimuleerde gewichten te lage waarden bereiken wordt ook deels opgelost als de simulaties zouden worden herhaald voor de in Hoofdstuk 5.3.2 al besproken “alternatieve” schelpdierbestanden (Kamermans *et al.*, 2003, figuur B1). Ten gevolge van bestandsafhankelijke zomergroei van de kokkels zijn die recente schattingen voor de slechte kokkeljaren iets hoger dan de hier feitelijk gebruikte bestanden.

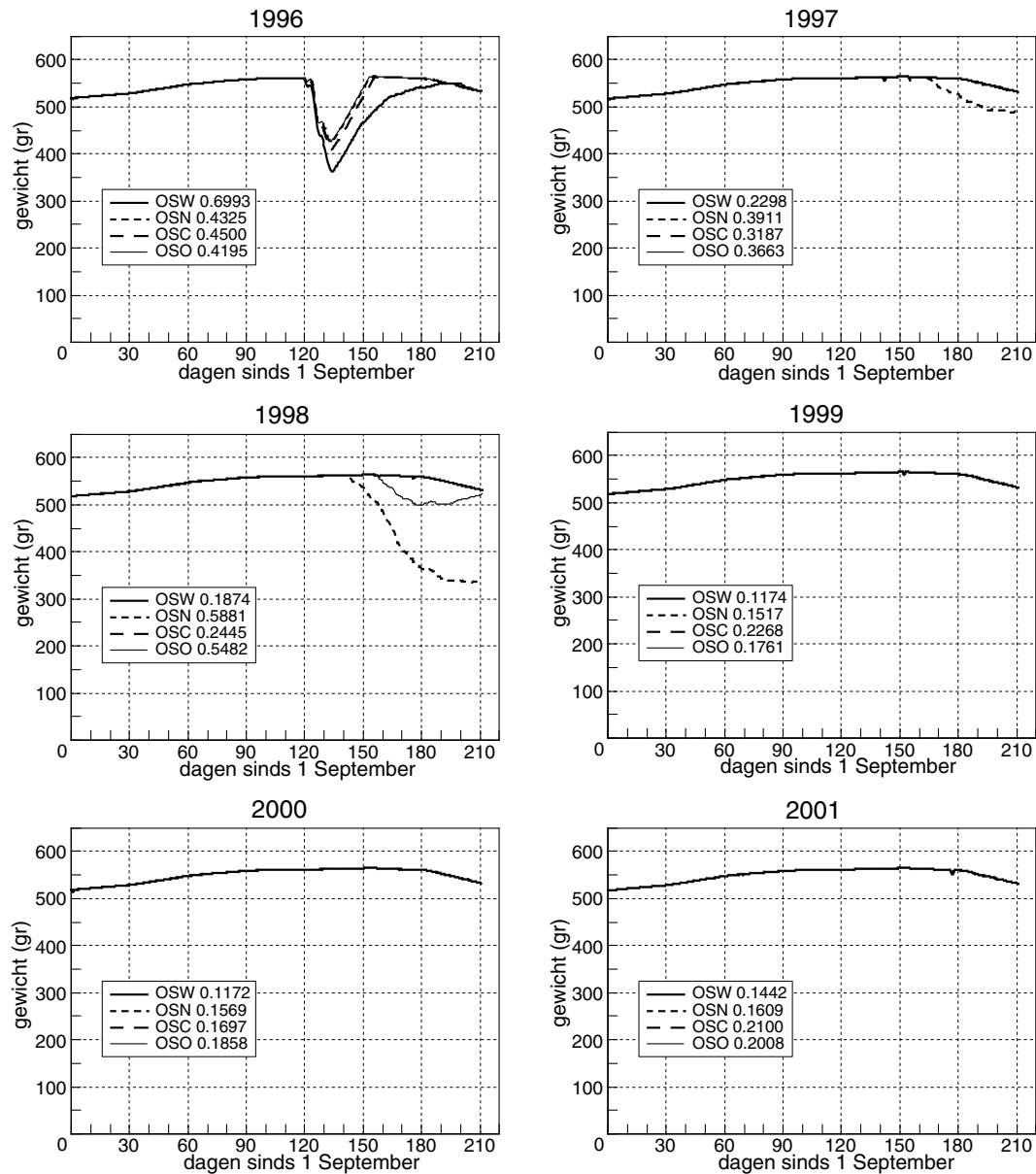
5.4 Analyse van stress factoren

5.4.1 De stress Index voor de historische gegevens

Figuur 5.19 toont de stress index voor de verschillende jaren, berekend met de historische gegevens (de “historische stress index”). Tussen 1990 en 1997 zijn er een aantal hoge waarden, maar de stress niveaus lopen veel minder hoog op dan in de Waddenzee.



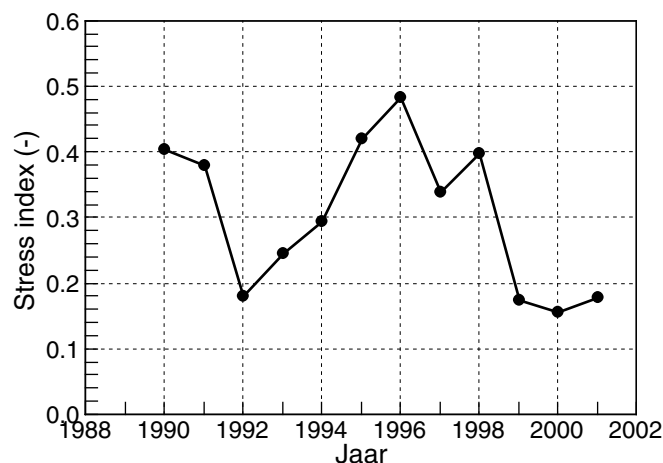
Figuur 5.17. Gesimuleerde vogelgewichten voor de jaren 1990–1995 (zie Figuur 5.18 voor de jaren 1996–2001). De stress indices voor de deelgebieden zijn gegeven in de legenda. Het gewichtsverloop in strenge winters is gevoelig voor de aanwezigheid van marginale en/of uitzonderlijke prooien en voor de kwantitatieve beschrijving van het effect van ijsgang. Het gebruik van de gewichten als stress indicatie is ook niet wenselijk omdat de vogels al lang voordat ze in gewicht gaan afnemen in moeilijkheden kunnen zijn (in WEBTICS wordt alleen de gemiddelde vogel gesimuleerd). Deze nadelen gelden niet voor de “stress index” die berekend wordt uit de benodigde foerageertijd (zie Hoofdstuk 5.2.7).



Figuur 5.18. vervolg op Figuur 5.17.

5.4.2 1997: een gemiddelde zachte winter

Figuur 5.20 laat de stress zien voor alle gesimuleerde seizoenen waarbij echter de mogelijkheid van voedselstress is uitgeschakeld door voor alle jaren met de survey gegevens van 1992 te werken. De strenge winters van 1990–1991, 1995–1996 en 1996–1997 springen er uit met een verhoogde stress tengevolge van een grotere voedselbehoefte en effecten van kou op de beschikbaarheid van de prooien. De stress index in de overige winters ligt rond de 0.17 en het gemiddelde resultaat voor een zachte winter (een stress van 0.167) wordt heel dicht benaderd in het jaar 1997 met een stress index van 0.168.



Figuur 5.19. Met historische gegevens berekend stress niveau voor de winters 1990–1991 tot en met 2001–2002. Het stress niveau is de gemiddelde waarde van de het kwadraat van de foerageer inspanning. Dus een constante inspanning van 0.8 (80% van het maximum) voor de gemiddelde vogel onder de aannamen in Hoofdstuk 5.2.4 levert een stress index op van 0.64.

De variatie veroorzaakt door verschillen in weer en getij kan nu uit de simulatie weg worden gefilterd door het werkelijke weer en getij te vervangen door dat van 1997.

5.4.3 Stress verhoging door strenge winters

In Figuur 5.21 wordt de historische stress index vergeleken met die voor het gebruik van de standaard zachte winter (1997) voor alle jaren. De resultaten voor zachte winters schommelen inderdaad rond die voor de standaard zachte winter en voor 1997 vallen de twee waarden uiteraard samen.

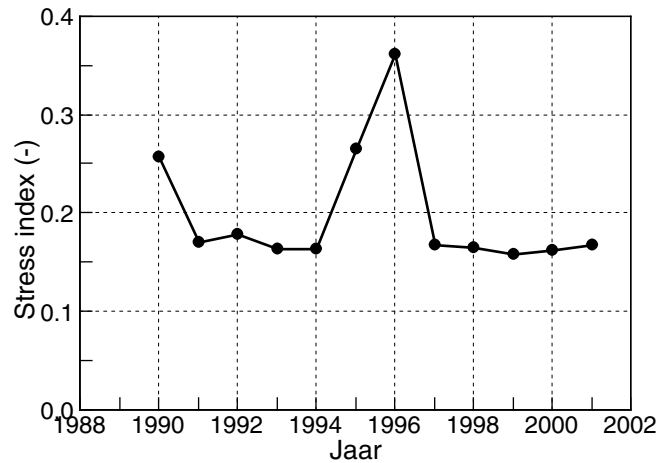
5.4.4 Voedselstress

Eén manier om voedselstress in beeld te brengen is om het aantal scholeksters gelijk te houden aan het referentie aantal van 65000 vogels voor de periode 1987–1990 (gemiddeld aantal september t/m maart, zie Tabel 5.4 op bladzijde 97).

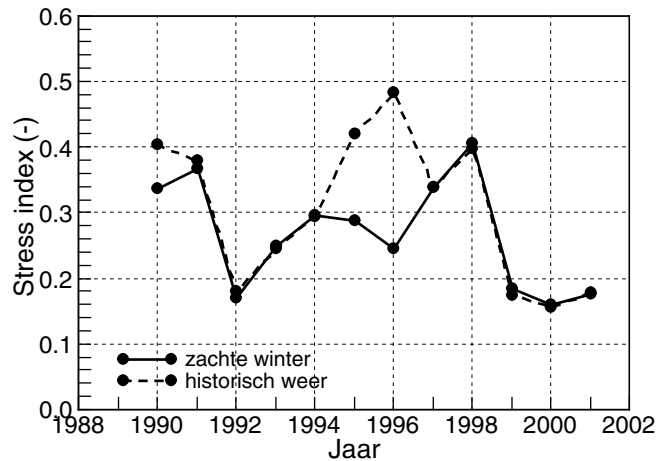
MINUS 15% als compensatie voor het verdwijnen van de littorale mosselpercelen).

In Figuur 5.22 wordt een vergelijking gemaakt tussen de stress indices berekend voor de historische aantallen vogels en de stress indices voor een vast aantal van hetzij 64000 vogels, hetzij 15% minder ofwel 54400 vogels (zie Tabel 5.4 op bladzijde 97 in Hoofdstuk 5.6.1 voor uitleg over deze aantallen). Alle runs zijn gedaan voor het weer en getij van de standaard zachte winter (1997, zie Hoofdstuk 5.4.2). Aan het eind van de negentiger jaren is de voedselsituatie zodanig (zie Figuur 4.4) dat een verhoging van het aantal vogels tot een aanzienlijke stress verhoging leidt.

Een andere manier om de voedselstress in beeld te brengen is om de prooisurvey te vervangen door een jaar met heel grote schelpdierbestanden. Inspectie van Fi-



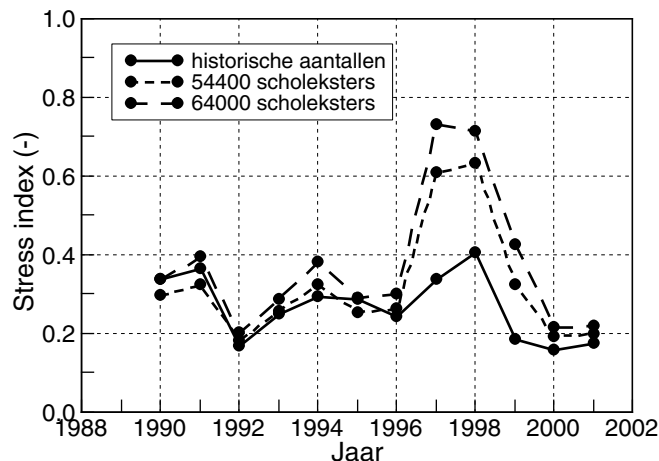
Figuur 5.20. De voedselsituatie en de vogelaantallen van 1992 gecombineerd met het weer en getij van de overige jaren. De strenge winters van 1990–1991, 1995–1996 en 1996–1997 leiden tot extra koudestress.



Figuur 5.21. De stress index voor de standaard zachte winter (1997) vergeleken met de historische runs. De kou in de strenge winters leidt tot een relatief kleine verhoging op de met zacht winterweer al hoge stress niveaus tussen 1990 en 1997.

guur 4.4 leert dat 1992 een goede keuze moet zijn. Het resultaat van deze berekening wordt in Figuur 5.23 vergeleken met de historische runs.

De stress indices voor het voedsel van 1992 laten voor de zachte winters een basis niveau zien van ongeveer 0.17. Tengevolge van de vorst in 1990 1995 en 1996 is in die jaren de stress hoger. *Hoeveel* hoger hangt af van het aanbod van marginale prooien in de winter en van de grootte van het effect van ijsgang, zaken die moeilijk te modelleren zijn (zie Hoofdstuk 5.2.6). In de figuur is daarom het stress niveau voor de strenge winters met een pijltje en een vraagteken gemarkeerd. De gemiddelde stress verhoging over de jaren 1990, 1991 en 1993 t/m 1998 bedraagt 0.16. Dat is aanzienlijk minder dan de verhoging in de vergelijkbare berekeningen voor het Waddengebied.



Figuur 5.22. *De stress indices berekend met referentie aantallen vogels vergeleken met die voor de historische aantallen vogels. De verhoging ten opzichte van de historische aantallen vogels wijst op voedseltekort.*

5.4.5 Stress verhoging door weggevisst voedsel

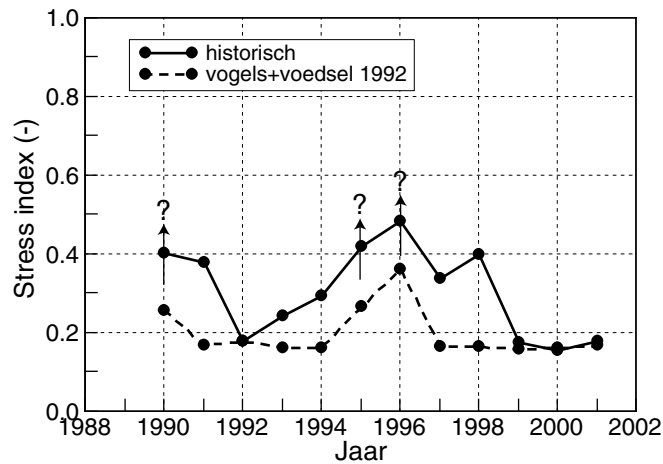
In Figuur 5.24 geeft voor elk jaar het gewicht van de door kokkelvisserij verdwenen en beschadigde kokkels. Om de tonnen vers te vergelijken met de tonnen vlees in Figuur 4.4A moeten de tonnen versgewicht door ongeveer een factor 5 gedeeld worden.

In Figuur 5.25 worden de met *WEBTICS* berekende stress indices met en zonder visserij met elkaar vergeleken. De vergelijking is gemaakt voor de gemiddelde stress niveaus berekend voor de hele Oosterschelde, dus inclusief de gesloten gebieden. Daarbij is voor alle jaren gebruik gemaakt van het weer en getij van de “standaard zachte winter” 1997 (zie Hoofdstuk 5.4.2). Dit om te voorkomen dat visserij effecten ondergaan in het effect van winterkou en verschillen tussen weer en getij. De stressverhoging voor 1990, 1991, 1994, 1995 en 1996 bedroeg gemiddeld 0.05.

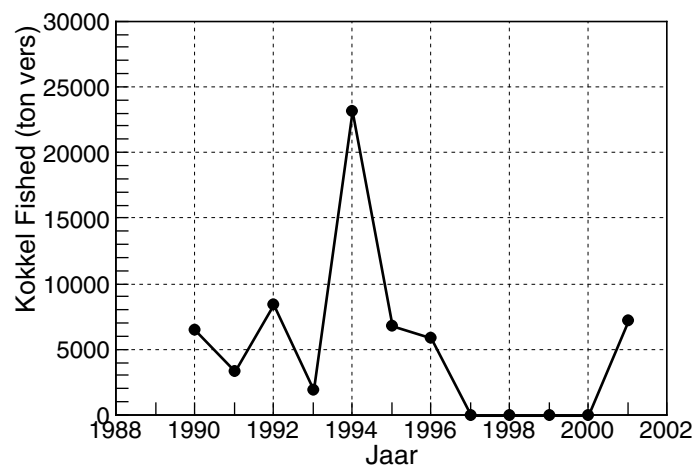
5.4.6 Veranderingen in de Droogvalduur

Droogvalduur wordt door het model berekend door middel van lineaire interpolatie tussen jaren op basis van kaartmateriaal voor 1983, 1989, 2001, 2010 (droogvalduur). Het jaar waarvoor de droogvalduur wordt berekend kan echter ook constant gehouden worden. In Figuur 5.26 wordt een vergelijking gemaakt tussen resultaten berekend voor de historische droogvalduren en die van 1990 en 2010.

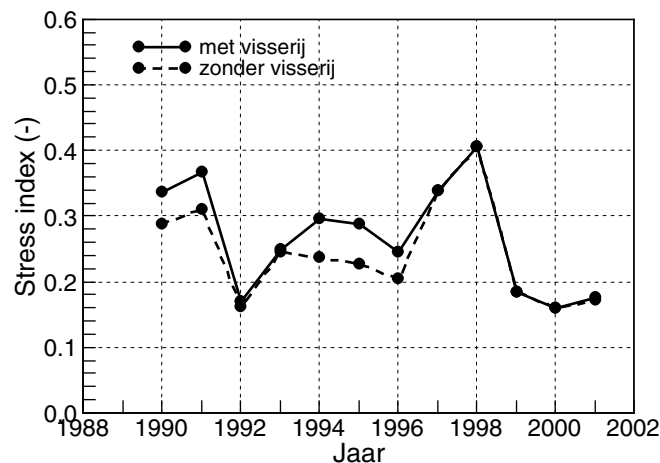
De modelruns voor de droogvalduren uit 1990 liggen dicht bij die voor historische droogvalduren. Blijkbaar is er in de loop van de negentiger jaren nog niet zoveel veranderd. Simulatieresultaten voor 2010 laten echter een aanzienlijke stress verhoging zien ten gevolge van een verkorting van de droogvalduur. Dit is in overeenstemming met de verwachtingen uitgesproken in (Geurts van Kessel *et al.*, 2003). In Hoofdstuk 5.8.3 wordt naar aanleiding van dit resultaat ook een draagkracht berekening gedaan voor de droogvalduren van 2010.



Figuur 5.23. De stress index berekend voor de ruime hoeveelheid voedsel van 1992 (dezelfde als in Figuur 5.20) vergeleken met de historische runs. Het verschil tussen de twee stressniveaus is de (extra) stress door de lagere hoeveelheid voedsel (per vogel) in alle jaren behalve 1992. Het pijltje bij de strenge winters geeft aan dat de daar zichtbare stress verhoging door koude en ijsgang hoger kan zijn geweest (het kwantificeren van de effecten van een ijswinter is moeilijk).



Figuur 5.24. Hoeveelheid weggeviste kokkels tussen 1990 en 2001 plus de door het vissen beschadigde en gedode schelpdieren (Rappoldt et al., 2003a, Hoofdstuk 7.2). Om de tonnen vers te vergelijken met de tonnen vlees in Figuur 4.4A moeten de tonnen versgewicht door ongeveer een factor 5 gedeeld worden.



Figuur 5.25. De stress index berekend zonder visserij vergeleken met die voor historische runs. Door met het weer en getij van de standaard zachte winter (1997) te rekenen zijn effecten van ijswinters in deze grafiek afwezig. Voor ieder afzonderlijk jaar is het visserij effect berekend door met en zonder visserij te rekenen. Er is dus geen meerjarig cumulatief effect dat werkt via grotere kokkelbestanden (zie Hoofdstuk 6).

5.5 De relatie tussen de stress index en het voedsel

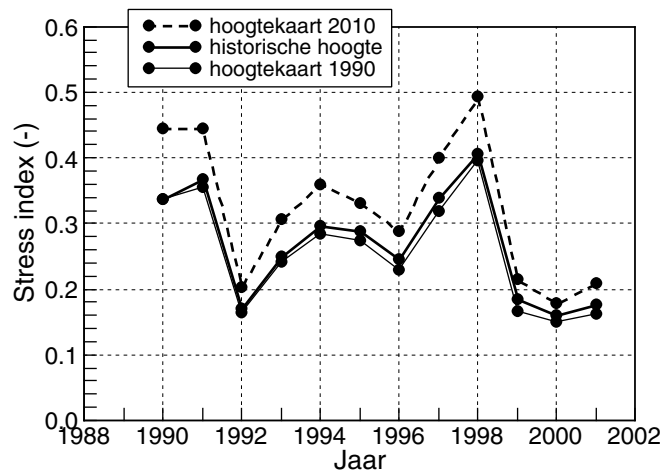
Figuur 5.27 laat zien wat de relatie is tussen het voedselaanbod en de stress index. De voor de historische situatie berekende stress index is uitgezet tegen zowel de hoeveelheid kokkelvlees per vogel in september als de hoeveelheid kokkel, mossel en nonnetjes vlees per vogels in september. Deze grafiek laat zien dat bij een heel grote hoeveelheid voedsel een bepaald basisniveau aan “stress” bereikt wordt. De vogels kunnen gemakkelijk voedsel vinden en het enige wat tijd kost is het openmaken van de schelpen en het eten.

De relatie tussen voedselaanbod en stress niveau is een modeleigenschap die zich ook los van de historische gegevens laat beschrijven. Figuur 5.28 laat het resultaat zien van berekeningen uitgevoerd met het weer en getij van de standaard zachte winter (1997) in combinatie met de historische schelpdierbestanden, historische vogel aantallen en zonder visserij. De doorgetrokken regressielijn is de gefitte exponentiële curve

$$y = 0.178 + 0.822 \exp\left(-\frac{x}{43.4}\right) \quad (5.1)$$

waarin y de stress index en x de hoeveelheid kokkelvlees in september per vogel is. De regressie analyse is uitgevoerd met 2 onafhankelijke parameters, het basisniveau (0.178) en de noemer in de exponent (43.4). De factor 0.822 vóór de exponent is gelijk aan $1 - 0.178$. De overblijvende spreiding rond de regressielijn is het gevolg van verschillen in de droogvalduur van de kokkels tussen de verschillende jaren en verschillen in het aantal vogels.

Deze laatste (kleine) bron van spreiding is nog te verwijderen door het aantal vogels over de reeks jaren gelijk te houden. In Figuur 5.28 ook het resultaat toegevoegd van een berekening voor 40000 scholeksters. Alhoewel het totaal aantal vogels in deze simulatieruns dus niet het historische aantal is, is de relatieve verdeling van de vogels over de deelgebieden wél gelijk gehouden aan de historische verdeling. Merk



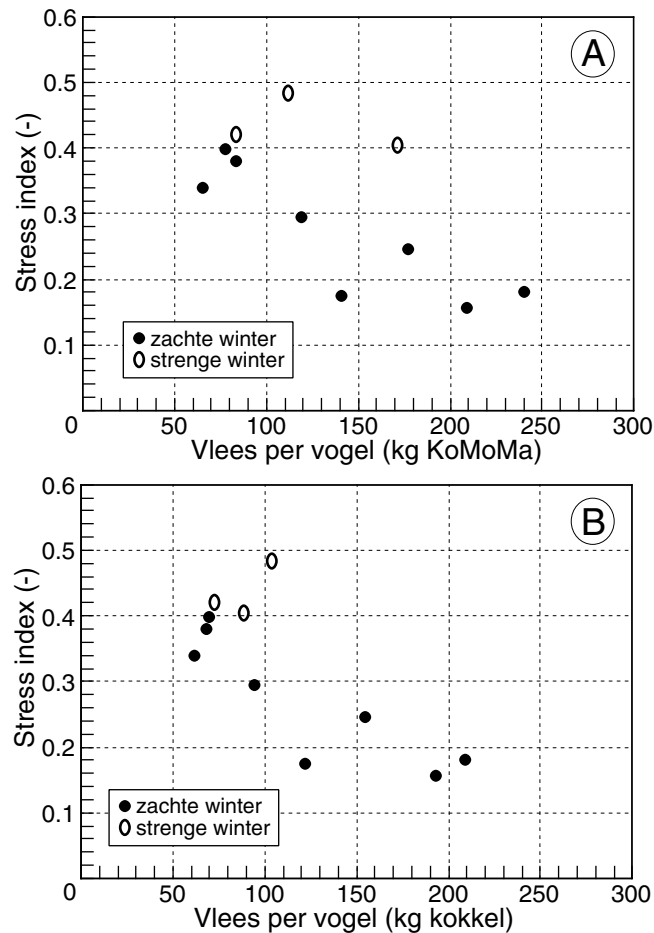
Figuur 5.26. De stress index berekend voor de historische droogvalduren en die van 1990 en 2010. Droogvalduren voor jaren waarvoor geen kaart is, zijn berekend op basis van interpolatie. Alle stress indices zijn berekend voor een standaard zachte winter (1997) met de historische voedselsituatie en vogelaantallen.

op dat de resultaten voor de verschillende jaren (de grote open ronde punten in Figuur 5.28) liggen bij andere x -waarden dan die voor historische vogelaantallen (de dichte ronde punten) omdat de kokkelvoorraad door andere aantallen vogels gedeeld wordt.

De regressielijn voor 40000 vogels (de stippellijn in Figuur 5.28 is vrijwel gelijk aan die voor historische aantallen. Voor het foerageren op kokkels is het belang van interferentie dus niet erg groot en de analyse in Figuur 5.28 laat zien dat de stress index voor kokkel etende scholeksters bij benadering een functie is van de hoeveelheid kokkelvles per vogel. In Figuur 5.28 zijn ook nog toegevoegd de punten voor historische jaren (dezelfde als die in Figuur 5.27B). Deze punten passen goed bij de regressielijnen behalve uiteraard de punten voor de strenge winters (de kleine open rondjes), die een stressverhoging ten gevolge van de vorsteffecten laten zien.

Figuur 5.28 laat verder zien dat bij een grote voedselvoorraad de stress index een zeker basisniveau bereikt. Dat niveau wordt bepaald door de inspanning die de vogels altijd moeten leveren, ook al is er een overmaat aan voedsel. Voor de Oosterschelde in de negentiger negentiger jaren wordt het basisniveau bereikt bij ongeveer 200 kilogram kokkelvles per vogel in september. Dat resultaat is onafhankelijk van de historische ontwikkeling van het aantal scholeksters en het kokkelbestand. De grens tussen een makkelijk en een moeilijk jaar wordt bepaald door het kokkelbestand, de daarbij behorende droogvalduren, het foerageergedrag en de voedselbehoefte van de scholeksters, en de omstandigheden van een zachte winter.

De range in voedselvoorraad waarover de berekende stress index daalt komt goed overeen met de range in Figuur 4.5B waarover het terugkeergetal oploopt. Dat wil zeggen, jaren met minder dan 100 kg kokkelvles per vogel zijn ook volgens het model jaren met een sterk verhoogde stress index en boven de 200 kg kokkelvles per vogel is ook op basis van het foerageermodel geen verandering in de terugkeer van de vogels meer te verwachten. De analyse van de terugkeergetallen in Figuur 4.5B is dus consistent met de uitkomsten van het mechanistische foerageermodel.



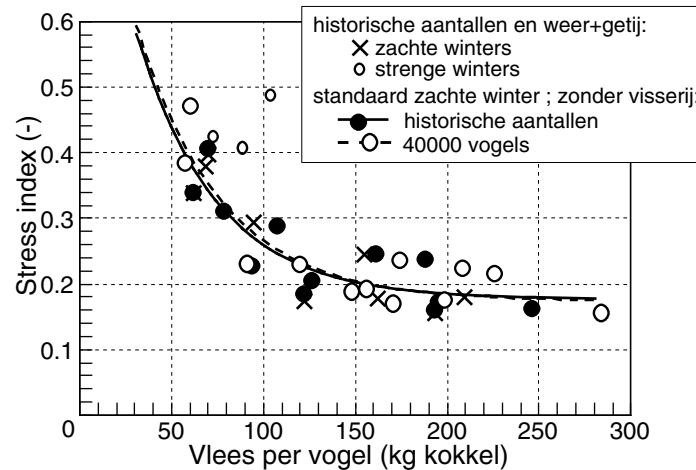
Figuur 5.27. De relatie tussen de stress index berekend voor de historische gegevens en de hoeveelheid (niet weggevisst) vlees per vogel. A. Met de som van kokkel, mossel en nonnetjes vlees (data 1990–2001) per vogel op de horizontale as. B. De hoeveelheid kokkel vlees per vogel.

5.6 Voedselreservering

De analyse van de basisgegevens in Hoofdstuk 4 en de modeluitkomsten kunnen gebruikt worden voor een schatting van de benodigde voedselreservering. Op grond de analyse in het voorgaande Hoofdstuk 5.5 ligt het voor de hand dat de benodigde voedselreservering ergens tussen de 100 en 200 kilogram kokkelvlees per vogel ligt. De marge van zo'n schatting is echter groot. Het gaat er nu om die schatting te verbeteren, zo goed mogelijk gebruik makend van de beschikbare gegevens.

5.6.1 Referentie aantal scholeksters

Het referentie aantal scholeksters dat gebruikt wordt in de berekeningen voor de voedselreservering is gebaseerd op de aantallen in de periode 1987–1991. Per deel-



Figuur 5.28. De stress index als functie van de voedselvoorraad per vogel berekend voor het getij en weer van 1998 toegepast op alle jaren en met weglating van visserij. De regressielijn voor historische aantallen scholeksters is gegeven in Vergelijking (5.1). De curve voor 40000 scholeksters wordt gegeven door $y = 0.175 + 0.825 \exp(-x/45.4)$.

gebied en per seizoen is een berekend seizoensgemiddelde gegeven in Tabel 5.4. De gemiddelden zijn berekend uit het aantalsverloop voor ieder seizoen dat is gereconstrueerd door middel van lineaire interpolatie tussen de maandelijkse aantallen toegelicht in Hoofdstuk 2.

Tabel 5.4. Vogelaantallen gemiddeld over de hele winterperiode (van 1 september tot 1 april) in de door het SOVON bewerkte gegevens over de periode 1987 tot 1991. De aantallen zijn gegeven voor de in Figuur 5.1 onderscheiden deelgebieden. Het gemiddelde totaal aantal bedraagt 63948 dat afgerond wordt tot 64000.

jaar	OSW	OSN	OSC	OSO	Totaal
1987	16699	9816	23057	17213	66785
1988	15918	10470	23087	14186	63661
1989	16687	10001	23377	13567	63632
1990	13302	11091	27044	13394	64831
1991	10131	12403	23812	14483	60829
gemiddeld					63948

Het hier berekende referentie aantal heeft betrekking op de periode september tot en met maart. In maart en daarna neemt het aantal scholeksters in Waddenzee en Oosterschelde snel af daarom horen de maanden april en mei beslist niet in een analyse van de wintersituatie thuis.

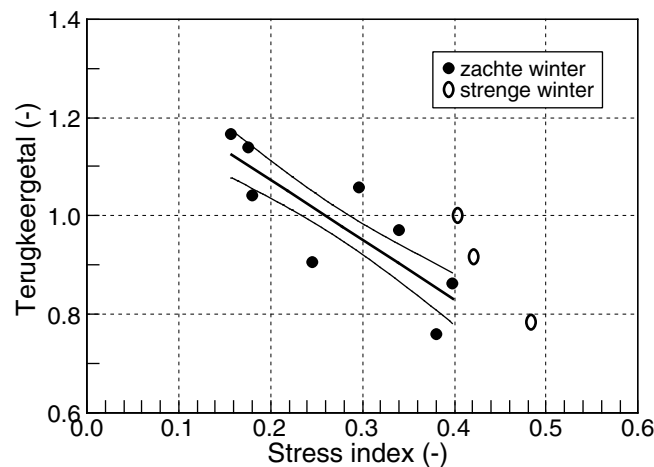
In Bult *et al.* (2000c) wordt geschat dat 15% van de Scholeksters in de referentieperiode leefde van mosselen. In de reserveringsberekening wordt daarom door Bult *et al.* (2000c) het referentie aantal verminderd met 15%. Op basis van de cijfers in Tabel 5.4 voor het seizoen september tot en met maart levert dat een gereduceerd referentie aantal op van 54400 scholeksters.

De berekeningen in dit rapport worden weergegeven als een voedselreservering per

scholekster. Hoe veranderingen die zich in de Oosterschelde hebben voorgedaan en zullen voordoen in rekening gebracht moeten worden bij de voedselreservering maakt geen deel van dit rapport.

5.6.2 Terugkeergetal, mortaliteit en de berekende stress index

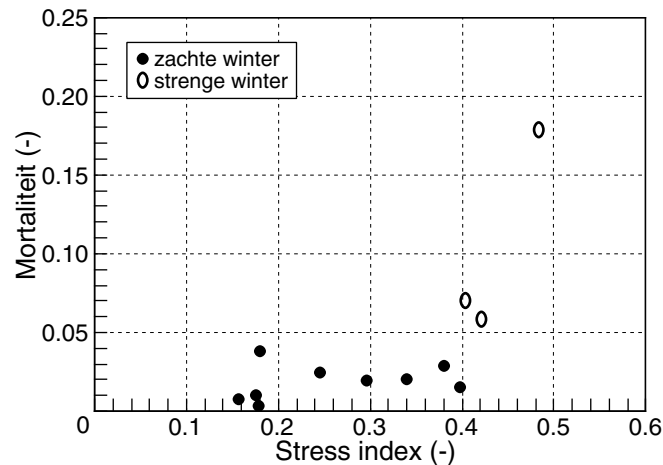
Figuur 5.29 laat de het terugkeergetal zien als functie van de met het model gesimuleerde (historische) stress index. De regressielijn is berekend uit de punten voor de zachte winters. Statistische analyse laat zien dat de regressie significant is, ($n=8$, $R^2=0.69$, $P=0.011$, $\beta_{0.05}=0.14$).



Figuur 5.29. Het terugkeergetal als functie van de gesimuleerde stress index voor de jaren 1990–2000. Het terugkeergetal voor 2001 vergt vogel aantallen voor 2002 en kon nog niet berekend worden. De regressielijn. De regressielijn zonder de strenge winters is $y = 1.317 - 1.213x$ ($n=8$, $R^2=0.69$, $P=0.011$, $\beta_{0.05}=0.14$).

In Figuur 5.29 liggen de terugkeergetallen voor strenge winters hoger dan voor zachte winters met een vergelijkbaar stressniveau, behalve in het geval van een ijswinter met massale sterfte (een mortaliteit van 17%). De voor de hand liggende verklaring daarvoor is dat een strenge winter geen reden is om *niet* naar een gebied terug te keren terwijl een krappe hoeveelheid voedsel dat wel is. Om die reden, en omdat het effect van ijswinters moeilijk met het model is te schatten, houden we de strenge winters buiten de analyse.

Deze verklaring is consistent met de resultaten van Hoofdstuk 3 over de mortaliteit. Figuur 5.30 laat zien dat voedselstress niet of nauwelijks tot een verhoogde mortaliteit heeft geleid en dat alle seizoenen met een sterk verhoogde sterfte strenge winters zijn. In seizoenen met voedselstress gaan de scholeksters dus niet onmiddellijk dood (behalve in extreme gevallen [Atkinson et al., 2003](#)), maar de vogels komen niet terug en gaan het volgende jaar elders overwinteren, met alle risico's van dien.



Figuur 5.30. De in Hoofdstuk 3 uit ring gegevens bepaalde mortaliteit hangt in zachte winters niet af van de voedselstress. Wel is er duidelijk een verhoogde sterfte in strenge winters.

5.6.3 Het gebruik van een terugkeergetal van 1

Aangenomen dat gemiddeld over een lange reeks van jaren het aantal Scholeksters gelijk blijft dan is het *gemiddelde* terugkeergetal 1.0. Gemiddeld voor alleen zachte winters is het terugkeergetal iets hoger omdat in ijswinters extra sterfte optreedt. Om te compenseren voor een extra sterfte van 10% elke 5 jaar moeten we de regressielijn in Figuur 5.29 aflezen voor een terugkeergetal van 1.02. Dat levert een stress niveau op van 0.245 met een onzekerheidsmarge van 0.215 tot 0.269 (één standaard deviatie).

Het stress niveau van 0.245 (*zonder* strenge winters) moet *gemiddeld* niet overschreden mogen worden om het aantal vogels over een reeks van jaren *gemiddeld* gelijk te houden. Dit betekent dus *niet* dat er in jaren dat het stress niveau onder de 0.245 ligt gevestigd kan worden totdat, door vermindering van de hoeveelheid voedsel, een niveau van 0.245 is bereikt. In jaren met veel voedsel bereikt de stress een basisniveau van slechts ongeveer 0.18. Als dan visserij ertoe zou leiden dat de stress in die jaren alsnog 0.245 gaat bedragen, dan stijgt daarmee het gemiddelde hetgeen leidt tot een afname van het aantal scholeksters dat in de Oosterschelde overwintert.

Nog afgezien van de onzekerheidsmarge in het kritisch niveau van 0.245 is het niet goed voorstelbaar hoe een *gemiddelde* over een reeks van jaren als uitgangspunt zou moeten dienen voor de voedselreservering. Het is immers onduidelijk hoe dan, in een *bepaald* jaar een visbare hoeveelheid kokkels kan worden bepaald. Bovendien is het gebied ook aan lange termijn veranderingen onderhevig. Het lijkt dus zo goed als onmogelijk om op basis van een *gemiddeld* stress niveau voedsel te reserveren.

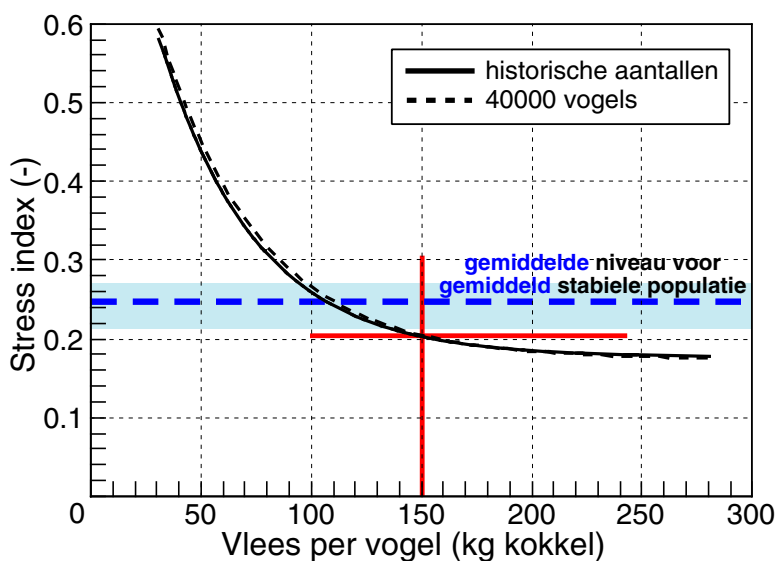
5.6.4 Fluctuaties in het kokkelbestand

De grote fluctuaties in het kokkelbestand zijn een natuurlijke karakteristiek van het gebied. We kunnen daarom niet doen alsof het systeem afgeregeld kan worden rond een stabiel gehouden populatie Scholeksters die leeft van een voor die Scholeksters

gereserveerde hoeveelheid voedsel (Goss-Custard *et al.*, 1996b). Dat beeld is onjuist en kan ook niet “bij benadering” worden gebruikt als uitgangspunt voor de voedselreservering.

We moeten daarom grote fluctuaties in het kokkelbestand als een natuurlijke factor beschouwen. Het zijn echter ook precies die fluctuaties die het mogelijk maken om in rijke jaren op kokkels te vissen zonder de Scholekster populatie te beïnvloeden. Scholeksters zijn een lang levende vogelsoort met een verbazend lage reproductiesnelheid (zie ook Hoofdstuk 1.3) en zijn beslist niet in staat om de kokkelbestanden in de jaren na een grote broedval te volledig te exploiteren. In dergelijke jaren staan de overwinterende Scholeksters niet onder voedselstress en kan in principe gevestigd worden zonder, of met slechts een marginale invloed op het stress niveau van de vogels.

Dat de rijke kokkeljaren de meeste mogelijkheden voor visserij opleveren is natuurlijk niets nieuws, maar de reservering kan dus *niet* gebaseerd zijn op een *gemiddeld* te halen stressniveau, maar het uitgangspunt moet zijn een marginale verhoging van de stress in goede jaren. Dat komt overeen met het criterium van Goss-Custard *et al.* (2003) voor voedselreservering. Zij simuleren het effect van voedselstress als een toegenomen sterfte omdat verschillend tussen individuen in het model expliciet beschouwd worden. Een marginale verhoging van de sterfte in hun model komt dus overeen met een marginale verhoging van de stress index in *WEBTICS*.

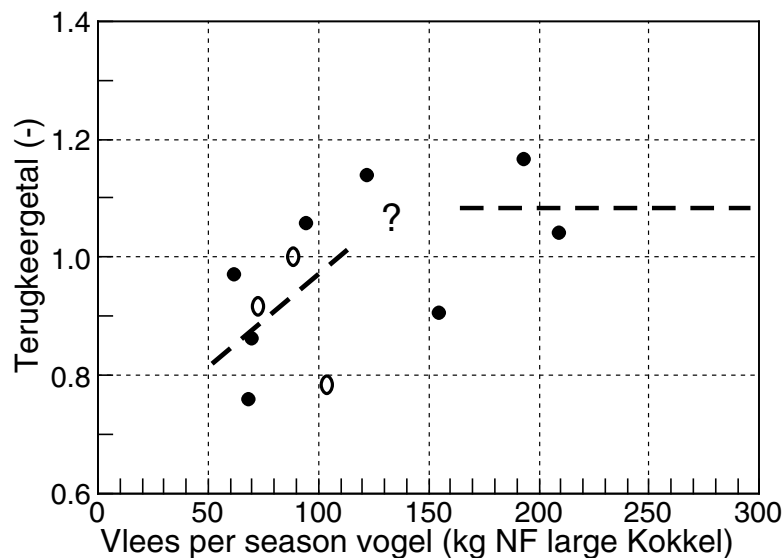


Figuur 5.31. De stress index als functie van de hoeveelheid kokkelvlees per vogel in september weergegeven door middel van de regressielijnen uit Figuur 5.28. De horizontale blauwe stippellijn is het gemiddelde stress niveau 0.245 dat correspondeert met een stabiele populatie scholeksters. De rode lijnen geven de in de tekst besproken voedselreservering weer.

5.6.5 Voedselreservering

In Figuur 5.31 staan nogmaals de regressielijnen uit Figuur 5.28 op bladzijde 97 in grafiek. De curven geven het verband tussen de stress index en de voedselvoorraad per scholekster. In de grafiek is verder ingetekend een blauw gestreepte horizon-

tale lijn op het stress niveau van 0.245 dat *gemiddeld* noodzakelijk is voor stabiele populatie.



Figuur 5.32. *Het terugkeergetal als functie van de hoeveelheid niet weggeviste kokkels per vogel*

De blauwe lijn snijdt de doorgetrokken de twee curven bij ongeveer 110 kg kokkelvlees per vogel. Het stress niveau voor de voedselreservering moet echter lager liggen dan het gemiddeld noodzakelijke en de hoeveelheid voedsel dus hoger dan 110 kg (zie Hoofdstuk 5.6.3 en 5.6.4). In de grafiek is een waarde gekozen van 150 kg. Dat is een bescheiden 35% boven het snijpunt van 110 kg, maar méér lijkt ook niet nodig voor een stress index die slechts weinig boven het basisniveau ligt. Deze procedure correspondeert met die van [Goss-Custard et al. \(2003\)](#) die een criterium kiezen in termen van een verhoogde sterfte van 0.5%.

Ter verificatie kijken we nog eens naar de basisgegevens uit Figuur 4.5B op bladzijde 61. De regressielijn in deze grafiek afgelezen voor een terugkeergetal van 1.02 levert een hoeveelheid vlees per vogel op tussen 115 en 200 kg per vogel met een gemiddelde waarde van 144 kg. Een alsmear stijgende regressielijn is echter ecologisch niet erg realistisch. Bij een grote voedselvoorraad zal het terugkeergetal nagenoeg onafhankelijk zijn van de voedselvoorraad. Daarom zijn in Figuur 5.32 de gegevens nogmaals weergegeven maar nu met weglating van de alsmear stijgende regressielijn. Voor een grote voedselvoorraad is een horizontale stippellijn getekend. Bekijken we de grafiek dan is een voedselreservering van 150 kg in overeenstemming met de basisgegevens. Bij een dergelijke hoeveelheid voedsel hebben de Scholeksters de mogelijkheid voor de onvermijdelijke slechte jaren te compenseren.

De onzekerheid in de benodigde reservering kan geschat worden uit de in Hoofdstuk 5.6.3 op bladzijde 99 genoemde range in stress niveau [0.215, 0.269]. De ondergrens van deze range levert een snijpunt op van 135 kg en een voedselreservering van 180 kg. De bovengrens levert een snijpunt op van 97 kg en een voedselreservering van 130 kg. Het resultaat is dus een voedselreservering van 150 ± 20 kg per scholekster, waarbij de onzekerheid gelezen moet worden als ruwweg één standaarddeviatie. Over de statistische verdeling van de grootte weten we te weinig om de onzeker-

heid nauwkeurig te kwantificeren. In het bijzonder kan de opgegeven marge niet gebruikt worden om een 95%-interval te schatten. Daartoe ontbreekt de benodigde kennis over de vorm van de waarschijnlijkheidsverdeling.

5.7 Robuustheid van de resultaten

Zoals ook in het rapport over de Waddenzee ([Rappoldt *et al.*, 2003c](#)) uiteengezet wordt het verschil tussen een makkelijke en moeilijke winter voor de scholeksters in essentie bepaald door de voedselvoorraad, de droogvalduur, het weer, de voedselbehoefte en de functionele respons. Dat zijn allemaal goed bekende grootheden.

Ruw geschat zijn alleen de minimale opnamesnelheid op alle plekken (die de bijdrage van allerlei marginale prooien representeert), een aandeel “andere prooien” en het effect van vorst. Verhogen we nu bijvoorbeeld het aandeel andere prooien dan verandert het verband tussen de stress index en de voedselvoorraad (de lijn komt iets lager te liggen). Het verband tussen de stress index en de terugkeergetallen verandert echter ook en de resulterende voedselreservering is heel weinig gevoelig voor dergelijke veranderingen. In het rapport over de Waddenzee ([Rappoldt *et al.*, 2003c](#)) wordt dat aan de hand van een voorbeeld berekening gedemonstreerd.

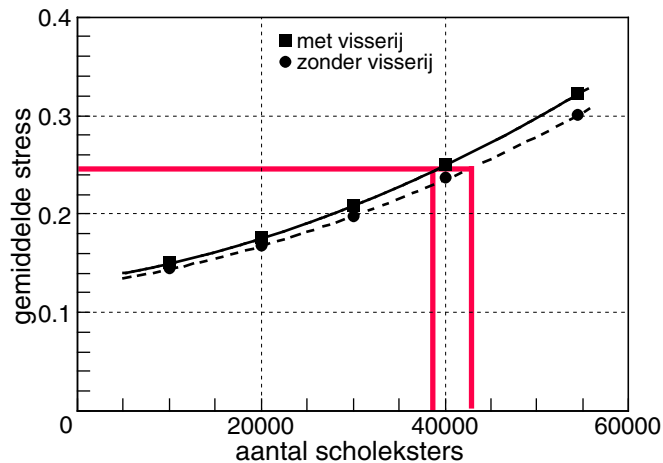
5.8 De draagkracht van de Oosterschelde voor Scholeksters

5.8.1 Achteruitgang van de Scholekster

Het gemiddelde stress niveau voor zachte winters bedroeg in de bestudeerde periode 0.261. Het gemiddelde niveau voor alle jaren met daarop toegepast het weer en getij van de standaard zachte winter 1997 ligt daar heel dicht bij, 0.269. Dat is maar weinig hoger dan de waarde van 0.245 die nodig is om de populatie op niveau te houden volgens de regressielijn in Figuur 5.29 (rekening houdend met een extra vorststerfte van 10% elke 5 jaar, zie Hoofdstuk 5.6.3 op bladzijde 99). Als het aantal vogels echter gelijk wordt gehouden aan het referentie aantal 64000 (zie Tabel 5.4 in Hoofdstuk 5.6.1 op bladzijde 97), dan bedraagt het gemiddelde stress niveau 0.376 (weer gemiddeld over runs voor de standaard zachte winter, zie Figuur 5.22 op bladzijde 92). Wordt een aantal van 54400 gehanteerd dan komt het gemiddelde stress niveau op 0.323. Het gemiddelde stress niveaus voor het referentie aantal is dus groter dan de waarde van 0.245 die nodig is voor een stabiel aantal. Dat verklaart de daling van het aantal Scholeksters in de jaren negentig.

5.8.2 Draagkracht *met* en *zonder* visserij

We kunnen het foerageermodel gebruiken om uit te rekenen hoe groot het aantal Scholeksters is waarbij de gemiddelde stress index over zachte winters gelijk is aan de waarde 0.245 voor een gemiddeld stabiel aantal vogels. We gaan er daarbij van uit dat de kokkelbestanden in de jaren negentig representatief zijn voor de komende jaren. Of beter gezegd: we rekenen de draagkracht van de Oosterschelde voor Scholeksters uit voor de voedselsituatie in de jaren negentig.



Figuur 5.33. Gemiddeld stress niveau berekend voor de voedselsituatie in de jaren negentig in combinatie met een standaard zachte winter, berekend voor 5 verschillende (vaste) aantallen Scholeksters zowel met als zonder visserij. Het aantal Scholeksters afgelezen bij een gemiddeld stress niveau van 0.245 is een schatting van de draagkracht van het gebied.

In Figuur 5.33 staan twee lijnen. De bovenste is berekend met visserij zoals die historisch heeft plaatsgevonden en de onderste zonder visserij. Elk van de vijf punten waarmee de lijnen zijn berekend is het resultaat van een simulatie over de jaren 1990 tot 2001 voor een bepaald vast gekozen aantal vogels (op de horizontale as). Voor ieder jaar is de historische voedselsituatie gecombineerd met het weer en getij van de standaard zachte winter (1997). De lijnen door de berekende punten zijn parabolen en de fit is nagenoeg perfect.

We kunnen nu uit Figuur 5.33 het aantal Scholeksters aflezen dan overeenkomt met een gemiddeld stress niveau van 0.245. Het resultaat is een “draagkracht” van 38900 met visserij en 42200 zonder visserij. In beide getallen zit een onzekerheid van ongeveer 4000 vogels die voortkomt uit onder andere de onzekerheid in het gebruikte stress niveau (zie Figuur 5.29).

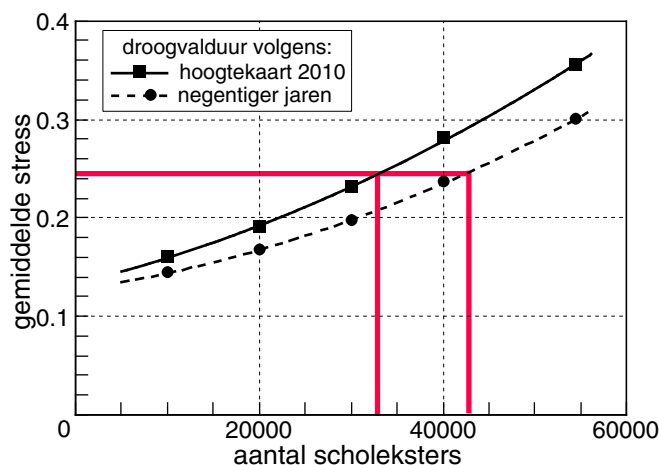
Deze draagkracht schattingen wijken maar weinig af van de aantallen Scholeksters in de periode 1997 tot 2001. Dat betekent dat er geen aanleiding is dat het aantal Scholeksters nog verder zal dalen bij een ongewijzigde voedselsituatie.

Het verschil tussen de draagkracht *met* en de draagkracht *zonder* visserij bedraagt 3300 vogels ofwel ongeveer 8%. Hierbij moet worden opgemerkt dat dit alleen een schatting is van het directe effect van visserij op de draagkracht van het gebied voor Scholeksters. Cumulatieve effecten over meerdere jaren konden nog niet worden beschouwd omdat er geen model beschikbaar is van de ontwikkeling van een kokkelbestand over meerdere jaren.

5.8.3 Draagkracht met de hoogtekaart van 2010

De stress indices in Figuur 5.26 in Hoofdstuk 5.4.6 (bladzijde 95) laten een groot effect zien van de toekomstige verkorting van de droogvalduur tengevolge van de zandhonger van de geulen (Hesselink *et al.*, 2003). Op dezelfde wijze als in het

vorige Hoofdstuk 5.8.2 kan ook een draagkrachtberekening worden gedaan voor de hoogtekaart van 2010 in plaats van de historische hoogten en droogvalduren.



Figuur 5.34. Gemiddeld stress niveau berekend voor de voedselsituatie in de jaren negentig in combinatie met een standaard zachte winter, berekend voor 5 verschillende (vaste) aantallen Scholeksters. De simulatieruns zijn gedaan voor de historische droogvalduren van de negentiger jaren en voor de droogvalduren volgens de hoogtekaart van 2010, in beide gevallen zonder visserij. Het aantal Scholeksters afgelezen bij een gemiddeld stress niveau van 0.245 is een schatting van de draagkracht van het gebied.

In Figuur 5.34 wordt de berekening voor de jaren negentig zonder visserij (dezelfde curve als die in Figuur 5.33 vergeleken met die voor de hoogtekaart van 2010. Voor die laatste curve wordt een draagkracht afgelezen van 32800 vogels. Dat is $42200 - 32800 = 9400$ scholeksters *minder* dan voor de droogvalduren van de negentiger jaren.

Deze berekening is gedaan voor de *droogvalduren* volgens de kaart voor 2010, maar de kokkels zijn blijven liggen waar ze in de negentiger jaren lagen. Inspectie van de droogvalduurkaarten leert dat de kokkels nog *iets* zouden kunnen opschuiven naar plekken die *nu* nog hoger liggen. Dat zou de hierboven berekende verlaging van de draagkracht voor een klein deel kunnen compenseren. Anderzijds zal de verwachte vermindering van de kokkelbestanden (Geurts van Kessel *et al.*, 2003) het effect juist weer vergróten. Naast het verlies van kokkelhabitat kan ook de oprukkende Japanse Oester een afname van het kokkelbestand veroorzaken. Het lijkt er daarom op dat de draagkracht van de Oosterschelde voor scholeksters de komende jaren aanzienlijk zal afnemen.

Hoofdstuk 6

Visserij, vogels en het verloop van het kokkelbestand

6.1 Inleiding

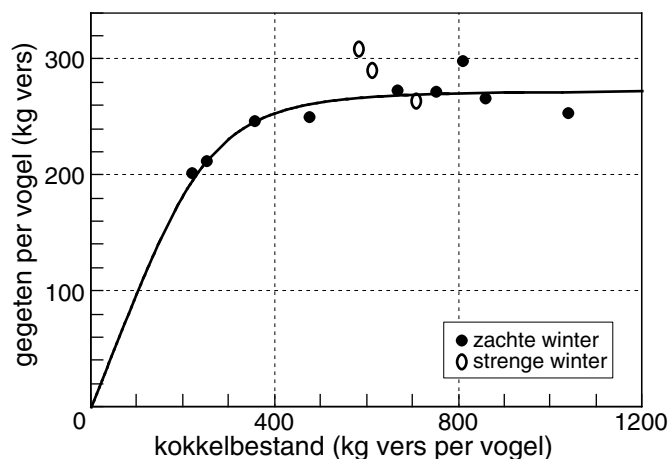
Het effect van kokkelvisserij zoals dat in Hoofdstuk 5 met het simulatiemodel geanalyseerd, is slechts het directe effect op de voedselsituatie in het seizoen waarin de visserij plaats vind. Dat komt omdat het model elk jaar opnieuw geïnitieerd wordt met de geschatte schelpdierbestanden van september. Het weglaten van de visserij in de herfst heeft dan effect op de simulatie van de scholeksters in dat betreffende seizoen maar, door de initialisatie in de volgende maand september, *niet* op de resultaten van volgende seizoenen.

Zoals opgemerkt in Hoofdstuk 5.3.2 leidt de de bestandsafhankelijke groei van éénjarige kokkels tot een aanzienlijke verbetering van de voorspelde kokkelbestanden voor het volgend voorjaar, hetgeen impliceert dat we dan ook *zonder* her-initialisatie zouden kunnen doorrekenen en het effect van de visserij over meerdere jaren schatten.

In dit hoofdstuk doen we dat niet met het simulatiemodel *WEBTICS* maar met een veel eenvoudiger rekenmodel. Daarin wordt elke jaarklasse kokkels geïnitieerd in het jaar volgend op de broedval, dus in het jaar dat de jaarklasse als “1j” wordt aangeduid. Vervolgens worden overleving, sterfte, groei, predatie en visserij in rekening gebracht volgens de inzichten uit rapport H2 (Kamermans *et al.*, 2003) en dit rapport. Dat leidt tot een berekend kokkelbestand, elk jaar “gevoed” door slechts de nieuwe éénjarige kokkels. Dit berekende bestand kan eerst worden vergeleken met het werkelijke en vervolgens wordt de visserij weggelaten om te zien wat er gebeurt.

6.2 Berekening van het kokkelbestand

Voor elk jaar worden de gegevens uit de RIVO survey voor de klassen “0j” en “1j” samengevoegd, omdat de classificatie van “0j” in de voorjaarssurvey meestal betrekking heeft op kleine en late kokkels van het vorige jaar. Vervolgens wordt door optelling een hoeveelheid kokkels (versgewicht) bepaald per gewichtsklasse met een klassebreedte van 1 gram (vers). De gewichten en hoeveelheden worden vervolgens



Figuur 6.1. Met *WEBTICS* Gesimuleerde predatie van kokkels als functie van het bestand per scholekster. De regressielijn is gegeven in Vergelijking (6.1).

voor ieder volgend jaar onderworpen aan de volgende operaties:

1. **Zomergroei en overleving** worden berekend volgens de beschrijving in [Kamermans et al. \(2003, Hoofdstuk 4.2.3\)](#), dus rekening houdend met de bestandsafhankelijke groei in [Kamermans et al. \(2003, Tabel 4.6\)](#) voor de éénjarige kokkels en de groeicurven in [Kamermans et al. \(2003, Tabel 4.2\)](#) voor de jaren dat de jaarklasse 2 of meer jaren oud is. De sterfte door predatie en ander oorzaken in de zomer bedraagt 28% [Kamermans et al. \(2003, Tabel 3.9\)](#).
2. **Groei in de herfst** In [Rappoldt et al. \(2003a, Hoofdstuk 6.4\)](#) is een curve berekend door groeicijfers voor de Oosterschelde in [Kamermans et al. \(2003, Figuur 4.4\)](#). Deze curven zijn in het simulatiemodel *WEBTICS* gebruikt voor het berekenen van groeicijfers op dagbasis. Hier worden dezelfde curven slechts gebruikt om voor 1 oktober een relatieve groeisnelheid af te lezen van 35.4% per jaar voor éénjarige kokkels, 27.3% per jaar voor tweejarige kokkels en 0% per jaar voor meerjarige kokkels. Deze snelheden zijn toegepast voor een periode van 2 maanden, dus de gewichtstoename bedraagt een zesde van de genoemde percentages.
3. **Bevinging** De bevinging is in rekening gebracht volgens de gegevens verkregen via het RIVO. Een extra sterfte van 5% is in rekening gebracht en de geviste hoeveelheden komen vrijwel exact overeen met die in [Figuur 5.24](#). De visserij wordt verdeeld over de gewichtsklassen door voor iedere gewichtsklasse een grootte uit te rekenen met de parameters in [Rappoldt et al. \(2003a, Hoofdstuk 6.7\)](#). De relatieve bijdrage aan de bevinging is dan voor kokkels kleiner dan 22.0 mm op 0 gesteld en voor kokkels groter dan 30.0 mm op 1. Daartussen wordt lineair geïnterpoleerd.
4. **Predatie** De predatie door scholeksters wordt berekend met behulp van een curve die gefit is door de in Hoofdstuk 5 gesimuleerde predatie (zie [Figuur 6.1](#)).

De regressielijn wordt beschreven door ¹

$$y = 273.1 \left[\frac{\left(\frac{x}{273.1}\right)^{3.34}}{1 + \left(\frac{x}{273.1}\right)^{3.34}} \right]^{\frac{1}{3.34}}. \quad (6.1)$$

Om de curve af te lezen is het bestand na bevissing gebruikt. De relatieve bijdrage aan het predatie is dan voor kokkels lichter dan 2.0 gram (vers) op 0 gesteld en voor kokkels zwaarder dan 8.0 gram op 1. Daartussen wordt lineair geïnterpoleerd.

5. **Additionele Wintersterfte** Voor de additionele sterfte (anders dan door predatie en visserij) zijn percentages van 10% en 20% toegepast en de keuze voor 10% is op basis van de uitkomsten gemaakt.
6. **Voorjaarsgroei** Op dezelfde wijze als voor de groei in de herfst zijn groeipercentages toegepast op de gewichten van de kokkels, weer voor een periode van 2 maanden (maart en april). De gebruikte percentages zijn 46.4% per jaar voor éénjarige kokkels, 12.3% per jaar voor tweejarige kokkels en 0% per jaar voor meerjarige kokkels. Voor de groei over 2 maanden moeten deze percentages weer worden gedeeld door 6.

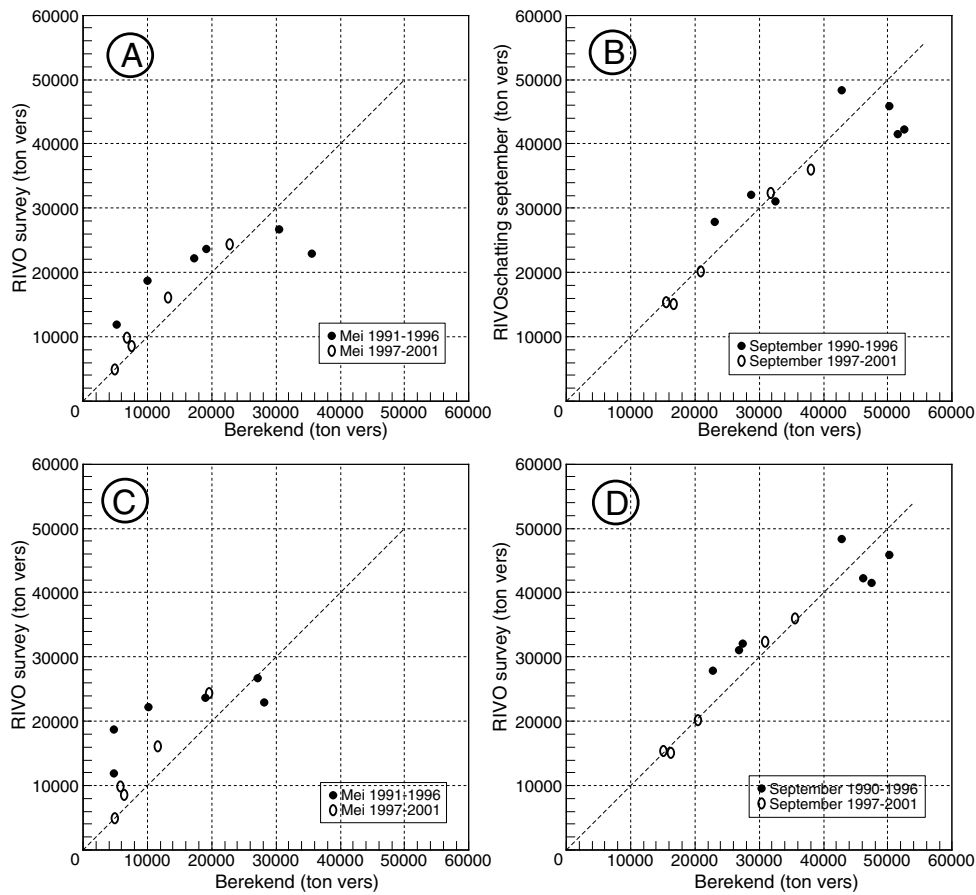
Het resultaat van deze operatie is een kokkel bestand in mei dat kan worden vergeleken met het werkelijk gevonden bestand aan twee- en meerjarige kokkels en waaraan dan vervolgens de nieuwe éénjarige kokkels worden toegevoegd. Na een strenge winter echter is veelal een groot deel van de kokkels doodgevroren. Aan de kokkelbalans te zien lijkt dat in de Oosterschelde alleen gebeurd te zijn in de winter van 1996–1997. Het berekende bestand voor het voorjaar van 1997 wordt door proportionele verlaging in alle gewichtsklassen gelijk gemaakt aan het waargenomen bestand. Dat betekent dat het hierboven beschreven model in essentie het verloop van het bestand berekend voor twee perioden, de kokkelpiek vóór 1997 en die ná 1997.

Voor het eerste jaar van de berekening (1990) worden de twee- en meerjarige kokkels gebruikt om de kokkelhoeveelheden voor de jaargang 1988 en 1987 te initialiseren (de éénjarige kokkels vormen jaargang 1989).

Zoals in de opsomming hierboven is vermeld, is de groei in herfst en voorjaar op ongeveer dezelfde wijze beschreven als in het simulatiemodel *WEBTICS* in Hoofdstuk 5, terwijl de wintergroei op 0 gesteld is. In essentie hebben we dus een vereenvoudigde versie van de beschrijving die in *WEBTICS* is gebruikt voor het simuleren van de groei van dag tot dag.

De meest foutgevoelige balans tussen berekende bestanden en waargenomen hoeveelheden is de vergelijking tussen het kokkel bestand aan het einde van de winter en nog *voor* de nieuwe éénjarige kokkels in mei bij het kokkelbestand opgeteld worden. De Figuren 6.2A en 6.2C laten balansen zien voor een additionele wintersterfte van 10% en 20% (sterfte anders dan door visserij en predatie). De balanspunten voor de jaren na 1997 liggen beter voor 10% additionele wintersterfte. De balanspunten voor de jaren vóór 1997 laten afwijkingen zien van dezelfde aard als die in de kokkelbalans in Figuur 5.15 op bladzijde 85. Het probleemjaar 1994–1995 komt ook hier terug in de vorm van een grote afwijking tussen het berekende bestand in het voorjaar van 1994 en het waargenomen bestand (het meest afwijkende balanspunt uiterst rechts in de Figuren 6.2A).

¹Deze formule beschrijft een verzadigingscurve die lineair is voor kleine x waarden en vervolgens met meer of minder scherpe knik overgaat in een constant plateau.



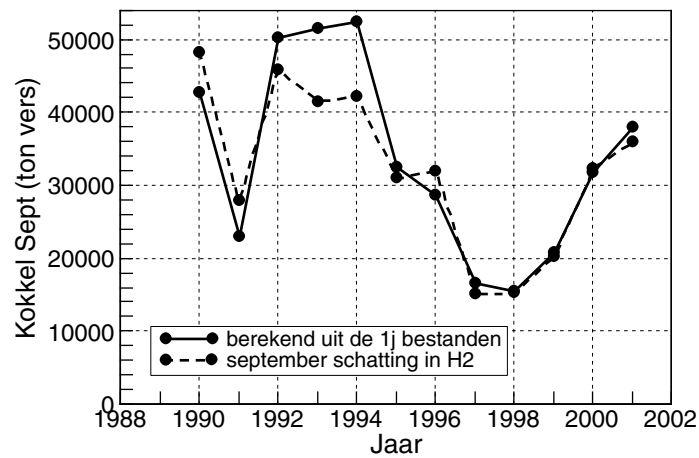
Figuur 6.2. *Vergelijking tussen berekende kokkelbestanden en de jaarlijkse bestands schattingen van het RIVO. De berekening is uitgevoerd op basis van alleen de gegevens over éénjarige kokkels. Die bestanden worden over de periode 1990–2001 doorgerekend met behulp van de gegevens over groei, zomersterfte, predatie en visserij uit Kamermans et al. (2003) en dit rapport. Na de strenge winter 1996–1997 is het berekende bestand gelijk gemaakt aan het (lage) waargenomen bestand. A. Twee- en meerjarige kokkelbestand in mei berekend voor een additionele wintersterfte van 10%, B. Septemberbestand voor een additionele wintersterfte van 10%, C. Twee- en meerjarige kokkelbestand in mei berekend voor een additionele wintersterfte van 20%, D. Septemberbestand voor een additionele wintersterfte van 20%.*

Zoals ook opgemerkt in Hoofdstuk 5.3.2 kan de oorzaak van deze afwijkingen in het kader van dit rapport niet meer achterhaald worden. Verkennende berekeningen aan het cumulatieve effect van visserij worden hieronder gedaan voor een additionele wintersterfte van 10%, dezelfde waarde als die gebruikt voor de Waddenzee.

De Figuren 6.2B en 6.2D laten de vergelijking zien tussen de hier berekende bestanden en de RIVO schattingen voor september uit het H2 rapport (Kamermans et al., 2003, Figuur B1 “alternatief”).

De herfst- en voorjaarsgroei zijn uiteraard tot op zekere hoogte uitwisselbaar met de wintersterfte. Er is echter een verschil. De groei hangt af van de ouderdom van de kokkels en is een toename van gewicht en grootte, terwijl de wintersterfte een vermindering van het *aantal* kokkels bewerkstelligd. Er is geen uitgebreide analyse

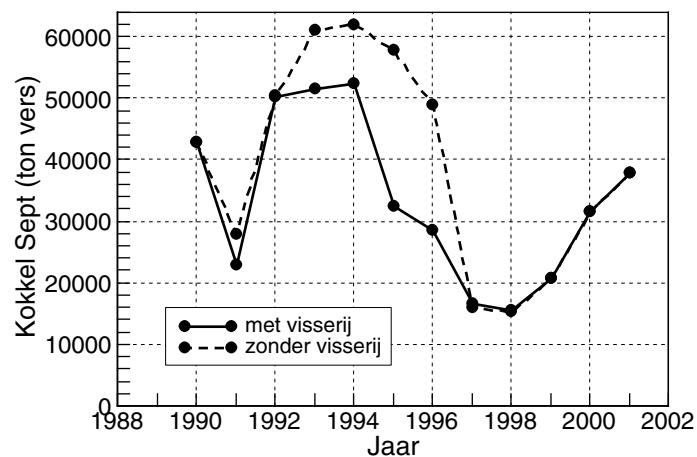
gedaan van het effect van verschillende keuzen. De berekening is consistent gehouden met de simulaties in Hoofdstuk 5.



Figuur 6.3. *Vergelijking tussen het kokkel bestand berekend uit de éénjarige kokkelbestanden en de september schatting in rapport H2 (Kamermans et al., 2003, Figuur B1 “alternatief”). De berekeningen met de éénjarige kokkels zijn hier gedaan in combinatie met de historische aantallen vogels en de historische visserij*

6.3 Verloop van het kokkelbestand

Figuur 6.3 laat voor de punten in Figuur 6.2B het tijdsverloop zien. Afwijkingen tussen de berekende bestand en de RIVO schatting voor september treden op voor de jaren 1993 en 1994. Voor de overige jaren is er een goede overeenstemming en ondanks de afwijkingen zijn daarom verkennende berekeningen gedaan aan het van het cumulatieve effect van de kokkelvisserij op de het kokkelbestand.

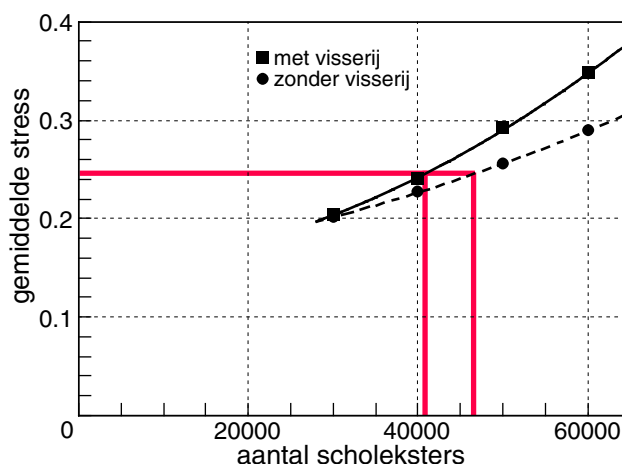


Figuur 6.4. *Vergelijking tussen het berekende september bestand met en zonder de (historische) visserij in de voorafgaande jaren. Hier is het cumulatieve effect van visserij op de bestandsontwikkeling te zien. De berekeningen zijn gedaan voor de historische vogelaantallen.*

We kunnen de visserij uit de bestandsberekeningen weglaten en het effect daarvan op de ontwikkeling van het kokkelbestand bekijken. In Figuur 6.4 wordt de vergelijking gemaakt tussen het berekende bestand met visserij (hetzelfde als in Figuur 6.3) en dat zonder visserij. Voor de periode ná 1997 is er geen visserij effect om de eenvoudige reden dat visserij pas weer heeft plaatsgevonden in de herfst van 2001, ná het laatste punt in Figuur 6.4 voor september 2001. Voor de periode vóór 1997 laat Figuur 6.4 een heel groot effect zien. Het verschil tussen de bestanden met en zonder visserij in 1995 bedraagt 25200 ton (vers). In 1994 is weggevist 22100 ton, in 1993 1820 ton en in 1992 8600 ton. Dat betekent dat er in aanzienlijke mate sprake is geweest van het wegvissen van het kokkelbestand. De grootte van deze cumulatieve effecten komt overeen met de schattingen van [de Vlas \(2002, bladzijde 30\)](#).

6.4 Invloed op de draagkracht

Stress indices kunnen worden berekend door gebruikt te maken van regressielijnen zoals die in Figuur 5.28 op bladzijde 5.28. Uit de hoeveelheid kokkelvles per vogel (minus de bevinging) in september wordt via een regressielijn de stress index voor het betreffende seizoen geschat (onder de aanname van een zachte winter en een vleesfractie van 17%). In Figuur 6.5 wordt met behulp van de op deze wijze berekende gemiddelde stress index voor de jaren 1990-2001 een draagkracht schatting gedaan voor een situatie met en een situatie zonder visserij, inclusief de cumulatieve effecten van zowel de visserij als de predatie door vogels op het kokkelbestand.



Figuur 6.5. Gemiddeld stress niveau berekend voor de voedselsituatie in de jaren negentig in combinatie met een standaard zachte winter, berekend voor 4 verschillende (vaste) aantallen Scholeksters zowel met als zonder visserij. De stress niveaus zijn berekend met het rekenmodel beschreven in Hoofdstuk 6.2 op bladzijde 105 dat het effect van visserij en aantal vogels op de ontwikkeling van het kokkelbestand in rekening brengt. Het aantal Scholeksters afgelezen bij een gemiddeld stress niveau van 0.245 is een schatting van de draagkracht van het gebied. Aflezingen van de draagkracht zijn 40491 en 46198 scholeksters.

De draagkracht met visserij (40500) is iets hoger dan die welke geschat is in Hoofdstuk 5.8.2 zonder cumulatieve effecten. Dat komt omdat 40500 scholeksters lager is dan de historische aantallen en de kokkelbestanden dus iets hoger zijn dan de historische bestanden als alles verder gelijk is. De draagkracht zonder visserij be-

draagt 46200 vogels. Er is dus een visserij effect van ongeveer 5700 scholeksters. Het grootste deel van dat effect is veroorzaakt door de aanzienlijke visserij rond 1994.

Hoofdstuk 7

Discussie

Hieronder worden de resultaten van dit rapport verder besproken in het licht van de wetenschappelijke literatuur over voedselreservering, de rol van mosselbanken en mogelijk autonome ontwikkelingen in de broedgebieden.

7.1 Bepaling van de voedselreservering

De voedselreservering van 150 kg kokkelvlees per scholekster die in dit rapport wordt afgeleid is gebaseerd op verschillende analyses en op hun onderlinge consistentie. Deze reservering geldt voor de bijdragen van nonnetjes en mosselen zoals die zich in de jaren negentig hebben voorgedaan. Het is dus niet zo dat een bijdrage van nonnetjes van de reservering kan worden afgetrokken.

De analyse *zonder model* in Figuur 4.5 (bladzijde 61) geeft een aanwijzing voor een verband tussen de aantalsontwikkeling en de schelpdierbestanden. Bij kokkelbestanden van minder dan ongeveer 130 kg per vogel daalt het aantal scholeksters in de Oosterschelde. Bij kokkelbestanden van boven de 130 kg is er na een zachte winter gemiddeld een stijging. Dit verband is niet significant maar afwijzing ervan is met een waarschijnlijkheid van 75% onjuist.

Met behulp van het computer programma *WEBTICS* is het foerageergedrag van de scholeksters doorgerekend voor de schelpdierbestanden van de jaren negentig, de droogvalduur van die bestanden en de energiebehoefte van de vogels. Uit deze berekeningen blijkt dat de inspanning die de vogels moeten leveren om aan hun energiebehoefte te voldoen afneemt van een theoretisch maximum zonder kokkels tot een basisniveau dat bereikt wordt bij ongeveer 200 kg kokkelvlees per vogel in september. Dit resultaat wordt bepaald door de efficiëntie waarmee de vogels hun voedsel kunnen verzamelen, door de afname van de prooigewichten in de loop van de winter en door de droogvalduur. Het staat dus los van de aantallen scholeksters en de analyse van terugkeergetallen.

De range in hoeveelheid kokkelvlees per vogel waarover de inspanning (stress-index) daalt is in overeenstemming met de analyse van de terugkeergetallen. Deze consistentie maakt aannemelijk dat zich bij kleine kokkelbestanden inderdaad een aanzienlijke voedselstress heeft voorgedaan. Ook het statistisch significante verband tussen het terugkeergetal en de met het model berekende stress index geeft aan dat de stress

index een ecologisch relevante maat voor de wintersituatie is.

Uit de relatie tussen terugkeertal en stress index kan een waarde voor de stress index niveau worden bepaald waarvoor het aantal scholeksters *gemiddeld* gelijk blijft. Met dit stress niveau correspondeert een hoeveelheid kokkelvlees per vogel en de benodigde voedselreservering is nog wat hoger omdat goede jaren voor de scholeksters niet allemaal door kokkelvisserij in gemiddelde jaren veranderd kunnen worden. Scholeksters zijn een lang levende vogelsoort en in goede jaren moet gecompenseerd kunnen worden voor de slechte jaren die met kokkels als voornaamste voedselbron onvermijdelijk zijn.

Een reservering van 150 ± 20 kg komt overeen met ongeveer 2.5 maal de energiebehoefte van de vogels van september tot en met maart (equivalent aan ongeveer 60 kg vlees). Dat de ecologische voedselbehoefte aanzienlijk groter is dan de fysiologische werd ook al vastgesteld door [de Vlas \(2002\)](#) die voor de Oosterschelde een getal geeft van 3.0 maal de kokkelconsumptie (uitgaande van 90% kokkels). Dat komt ongeveer overeen met het resultaat van dit rapport.

De geschatte marge in de voedselreservering van 20 kg kokkelvlees is niet bedoeld als een nauwkeurig getal. Het is een schatting van de breedte van een kansverdeling, de standaard deviatie, maar er kan niet een bepaald overschrijdingspercentage aan worden gekoppeld zoals dat voor een normaal verdeelde grootte mogelijk is. In het bijzonder kan de opgegeven marge niet gebruikt worden om een 95%-interval te schatten. Daartoe ontbreekt de benodigde kennis over de vorm van de statistische verdeling.

[Goss-Custard et al. \(2003\)](#) rapporteren in een overzichtsartikel over voedselreserveringen berekend voor vijf verschillende Britse en Franse estuaria. Voor drie van die estuaria zijn de reserveringen in termen van kokkels 2.5, 5.0 en 5.5 maal de energiebehoefte van de vogels.

Voedselreservering is het reserveren van een hoeveelheid kokkels die er moet blijven liggen voor een overwintering van scholeksters zonder, of met slechts een heel geringe voedselstress, de ecologische voedselbehoefte. Winters zonder voedselstress vormen een noodzakelijke compensatie voor winters met een kleine kokkelstand en voor strenge winters. De ecologische voedselbehoefte is aanzienlijk hoger dan de energiebehoefte van de vogels. De redenen daarvoor zijn:

Schelpdieren vermageren in de loop van de winter. Een hoeveelheid vlees in september is dus groter dan wat er uiteindelijk van wordt opgegeten.

De vogels kunnen een schelpdierbestand nooit geheel benutten. Een beperkte efficiëntie in het zoeken van prooien maakt het onmogelijk om voldoende te eten bij lage prooidichtheden.

Een beperkte droogvalduur van de prooien.

Concurrentie tussen vogels beperkt het aantal vogels dat per hectare kan foerageren. Ook dat leidt ook tot een beperkte benutting van dichte kokkel- en mosselbanken.

Deze factoren zijn in dit rapport uitgebreid aan de orde geweest en behoren tot de basis van een ecologische beschouwing over voedselreservering. Ook in verwant onderzoek elders komen altijd weer deze punten terug (zie bijvoorbeeld [Atkinson et al., 2003](#); [Goss-Custard et al., 2003](#))

7.2 De achteruitgang van de Scholekster

De met het simulatiemodel berekende stress index berekend op basis van de inspanning die de ideale vogels moeten leveren om in hun voedselbehoefte te voorzien. De “ideale” vogels zijn allemaal gelijk, kennen de voedselvoorraad perfect en verplaatsen zich zonder energetische kosten zodat ze ten allen tijde hun voedselopname kunnen maximaliseren als dat nodig is. De maximale waarde van deze index (1.0) kan daarom bij lange na niet gehaald worden door echte Scholeksters. De berekende stress index is statistisch significant gerelateerd aan het terugkeergetal en uit die relatie blijkt dat een acceptabel *gemiddeld* stress niveau over een reeks van jaren 0.245 bedraagt, hetgeen overeenkomt met een effectief gemiddelde winter inspanning van ongeveer 50% van het maximum (voor de ideale vogel). Hiervan gebruik makend zijn er draagkracht berekeningen gedaan met het foerageermodel voor de Oosterschelde onder verschillende aannamen.

Mèt de visserij zoals die heeft plaatsgevonden is de geschatte draagkracht van de kokkelbestanden van de negentiger jaren ongeveer 38900 scholeksters. Rekening houdend met cumulatieve effecten is dat iets hoger, 40500 scholeksters. Dat hogere aantal komt tot stand doordat in een dynamische berekening van de kokkelbestanden (zie Hoofdstuk 6) de berekende kokkelbestanden bij ongeveer 40000 vogels wat hoger zijn dan de historische bestanden (omdat het historisch aantal vogels hoger was dan 40000 en daarmee ook de kokkelpredatie).

Zonder visserij is de draagkracht voor de historische kokkelbestanden naar schatting 42200 scholeksters. Rekening houdend met het (nu juist ontbrekende) cumulatieve effect van de visserij wordt dat 46200 vogels.

We concluderen hieruit dat het aantal scholeksters in de oosterschelde is afgenomen ten gevolge van de voedselsituatie. Het aandeel van de kokkelvisserij in deze afname bedraagt naar schatting ongeveer 4000-7000 vogels. Dat is dus slechts een deel van de afname van de aantallen, van 64000 tot circa 40000. Het grootste deel van de afname lijkt te worden veroorzaakt door de afname van het kokkelbestand sinds de tachtiger jaren (Geurts van Kessel *et al.*, 2003).

De genoemde schattingen van de draagkracht zijn gevoelig voor het gemiddelde stress niveau dat overeenkomt met een stabiele scholekster populatie. De schattingen zijn daar echter allemaal op dezelfde wijze gevoelig voor zodat verschillen tussen berekeningen, met en zonder visserij bijvoorbeeld, robuust zijn. De draagkracht berekend voor de huidige situatie van ongeveer 40000 scholeksters komt bovendien aardig overeen met het huidige aantal vogels.

De situatie voor de kokkels en scholeksters lijkt er in de toekomst niet beter op te worden ten gevolge van het verder afkalven van de wadplaten ten gevolge van zandhonger van de geulen. Dit effect komt tot uitdrukking in de hoogtekaart van het RIKZ voor 2010. Met behulp van die hoogtekaart en de bijbehorende droogvalduren is een verdere draagkracht vermindering geschat van 9400 scholeksters.

De achteruitgang betekent niet noodzakelijkerwijs dat de verdwenen vogels zijn dood gegaan. Conditieverlies en verminderd broedsucces (Ebbinge & Spaans, 1995; Madssen, 1994; Hegyi & Sasvári, 1998b,a) zijn ook mogelijk. Er kunnen ook andere overwinteringsgebieden worden opgezocht. Het is in dat verband opvallend dat het aantal in Noord-Frankrijk doortrekkende Scholeksters de laatste jaren aanzienlijk is toegenomen (Patrick Triplet, pers. comm.)

Dat de waargenomen daling in de aantallen kan voortkomen uit tamelijk subtiele processen blijkt ook als we de daling per jaar uitrekenen. Die bedraagt gemiddeld 4%. Het betekent wèl een daling van bijna 30% over de 11 beschouwde winter seizoenen. Zonder de strenge winters bedroeg de gemiddelde daling 2% per jaar, terwijl dat in het geval van een stabiele populatie natuurlijk een kleine stijging zou

moeten zijn. Het is daarom goed te begrijpen dat de achteruitgang niet terug te vinden is in grote aantallen dode vogels *buiten* de strenge winters.

7.3 De functie van goede kokkeljaren

Een laag stress niveau in goede jaren is noodzakelijk om het *gemiddelde* niveau, en daarmee de populatiegrootte niet of slechts marginaal te beïnvloeden. Het is van belang iets op te merken over het ecologische belang van winters zonder voedselstress. In die winters kunnen jonge vogels relatief eenvoudig hun eerste winter doorkomen, iets dat anders vaak mis gaat. Zonder dergelijke jaren zal een Scholekster populatie vermoedelijk langzaam kleiner worden totdat een niveau bereikt is waarbij de pieken in het kokkelbestand ook weer de mogelijkheid bieden voor populatiegroei. Marginale prooien stellen de vogels weliswaar in staat om winters met voedselstress te overleven, maar een stabiele populatie vraagt meer dan dat.

We wijzen hier nogmaals op het dynamische karakter van zowel de scholekster populatie als het kokkelbestand. Er bestaat geen statisch kokkelbestand en een stabiele populatie vogels waar sterfte door ouderdom netjes in evenwicht is met de reproductie. Voor een lang levende vogelsoort in een dynamisch milieu bestaan slechts reproductie en overleving in goede jaren, voedseltekort in slechte jaren en extra sterfte in koude winters (Goss-Custard *et al.*, 1996a, Tabel 13.1). De populatiegrootte wordt bepaald door het netto resultaat van dit alles. Er bestaat dus ook niet zoiets als “de beperkende factor voor de populatiegrootte”, die in discussies dan soms in het overwinteringsgebied gezocht wordt en soms in het broedgebied van de vogels. Een citaat van Goss-Custard (1993) is in dit verband illustratief:

“It is not useful to ask whether a population is limited on its breeding or its wintering grounds, as often has been done; to do so is rather asking whether the area of a rectangle depends on its width or its breadth”

Overigens zijn goede jaren niet alleen belangrijk voor de overleving van jonge vogels, maar ook voor de conditie waarmee vogels uit de winter komen. Die conditie op zijn beurt bepaalt in ieder geval bij andere soorten trekvogels mede het broedsucces (bijvoorbeeld Ebbinge & Spaans, 1995; Madsen, 1994; Hegyi & Sasvári, 1998b,a). Het is in dit verband opvallend dat het broedsucces in de negentiger jaren zo sterk achteruit is gelopen (Hulscher & Verhulst, 2003), maar dat kan ook komen door autonome ontwikkelingen in het broedgebied.

Een te klein broedsucces dat *niet* veroorzaakt wordt door problemen in de winter betekent dat de vogels problemen hebben in het broedgebied zelf. Zoals hierboven uiteengezet betekent dat niet dat overwintering dan niet meer van belang is. De voedselreservering blijft van evenveel belang voor de vogels, al was het maar om te voorkomen dat de aantallen nog sneller afnemen. Echter, de *afleiding* van de voedselreservering in dit rapport kan wel beïnvloed zijn doordat alle terugkeergetallen systematisch te laag liggen ten gevolge van problemen in het broedgebied. Onder de aanname dat de achteruitgang over de onderzoeksperiode *geheel* wordt veroorzaakt door problemen in het broedgebied zouden we dan een terugkeergetal van 0.99 kunnen hanteren in plaats van 1.02, waarmee een stressniveau correspondeert van 0.36. De voedselreservering zou dan uitkomen op ongeveer 150 kg kokkelvles per vogel.

Autonome ontwikkelingen in de weilanden als *enige* verklaring voor de achteruitgang van de scholeksters in de Oosterschelde is in ieder geval in strijd met wat we weten over het optreden van voedselstress in de Waddenzee en Oosterschelde in de jaren negentig, de achteruitgang van de scholeksters op Schiermonnikoog en Texel, waar

niet van weilanden gebruik wordt gemaakt en waar geen vossen voorkomen, en de toenemende doortrek van scholeksters in Noord-Frankrijk.

Als de achteruitgang van de scholekster deels geweten wordt aan het broedgebied dan dient er echter wel duidelijkheid te zijn over de *aard* van die problemen en met name over het al of niet autonome karakter ervan (zie ook [Ens *et al.* \(2003a\)](#) opgenomen in het Waddenzee rapport [Rappoldt *et al.* \(2003c\)](#) als Bijlage). Als het slechte broedsucces het gevolg is van problemen gedurende de winter, dan hebben we gewoon te maken met het *mechanisme* van de achteruitgang en niet met een onafhankelijk proces.

7.4 Een lager (of hoger) aantal Scholeksters?

Het is wellicht niet erg realistisch om een voedselreservering van 150 kg te betrekken op 64000 Scholeksters die er alleen zullen zijn als de kokkelbestanden aanzienlijk hoger zullen zijn dan nu voorzien wordt. Voedselreservering op basis van actuele aantallen vogels is echter heel gevaarlijk omdat dat systeem instabiel is: een te lage reservering leidt tot een lager aantal vogels waarvoor dan nog minder gereserveerd wordt, etc. Reserveren op het actuele aantal vogels is dus ecologisch gezien heel gevaarlijk. Men moet volstrekt zeker zijn van een voldoende hoge reservering en het is vermoedelijk wenselijker om een minimum aantal vogels te hanteren.

7.5 Cumulatieve effecten

Enkele malen is opgemerkt dat het effect van visserij zoals dat met behulp van het simuleren van foeragerende scholeksters in Hoofdstuk 5 geanalyseerd is, slechts het directe effect is op de voedselsituatie in het seizoen waarin de visserij plaats vond. Dankzij de recent verbeterde schatting van de zomergroei van kokkels door [Kamermans *et al.* \(2003, Figuur 4.5\)](#) kon in Hoofdstuk 6 het kokkelbestand worden doorgerekend op basis van *alleen éénjarige kokkels* als invoer. Een eventueel effect van visserij op broedval wordt hiermee dus niet beschreven.

De ecologie van predatie, kokkelgroei en visserij kan met behulp van deze berekeningen beter worden verkend. Daarbij kan bijvoorbeeld worden gekeken hoe de totale kokkelgroei uiteindelijk verdeeld wordt over predatie door vogels, visserij en overige sterfte. Dat kon in het kader van dit rapport echter nog niet uitvoerig gedaan worden. Een eerste analyse heeft wel enkele aanvullingen opgeleverd op de resultaten van het simulatiemodel.

In de cumulatieve effecten van visserij zoals die rond 1994 in de Oosterschelde zijn opgetreden (zie ook [de Vlas, 2002](#), bladzijde 30) zit een stochastisch element. In jaren dat er geen broedval is leven zowel de scholeksters als de vissers in essentie van het bestand zoals dat in de voorafgaande jaren is gegroeid. Voedselreservering impliceert dat de visserij dan op een gegeven moment stopt, maar hoe lang het dan nog duurt voordat het kokkelbestand weer stijgt hangt (gemiddeld) af van de frequentie waarmee een grote broedval optreedt. In de Waddenzee is het kokkelbestand in 1995 doodgevroren voordat het kon worden opgegeten door de scholeksters. In de Oosterschelde zijn er vóór de strenge winters van 1995–1996 en 1996–1997 wel grote visserij effecten op de kokkelstand geweest (zie Figuur 6.4 op bladzijde 109).

Bibliografie

- Akaike, H., 1985. Prediction and entropy. In: Atkinson, A. C., Fienberg, S. E. (Eds.) A Celebration of Statistics: The ISI Centenary Volume, pp. 1–24. Springer Verlag, New York.
- Atkinson, P. W., Clark, N. A., Bell, M. C., Dare, P. J., Clark, J. A., Ireland, P. L., 2003. Changes in commercially fished shellfish stocks and shorebird populations in the Wash, England. *Biological Conservation* 114, 127141.
- Blomert, A., Ens, B. J., Goss-Custard, J. D., Hulscher, J. B., Zwarts, L., 1997. Oystercatchers and their estuarine food supplies. Speciaal aan scholeksters gewijd nummer.
- Bruinzeel, L., van de Pol, M., 2003. De afname van de Scholekster op Schiermonnikoog. *Limosa* 76, 24–38. Onderdeel van "Studiedag van de NOU en de NSWG over de achteruitgang van de Scholekster in Nederland".
- Bult, T. P., Baars, D., Ens, B. J., Kats, R. K. H., Leopold, M. F., 2003. Pooi-beschikbaarheid en alternatieve prooien voor vogels die grote schelpdieren eten. rapportage in het kader van EVA II deelproject b3. Technical report, RIVO, Yerseke, the Netherlands. RIVO Rapport.
- Bult, T. P., Ens, B. J., Lanfers, R., Smaal, A., Zwarts, L., 2000a. Korte termijn advies voedselreservering Oosterschelde, samenvattende rapportage in het kader van EVA II. Technical report, RIKZ, Middelburg, the Netherlands. Rapport RIKZ 2000.042.
- Bult, T. P., Ens, B. J., Lanfers, R., Smaal, A., Zwarts, L., 2000b. Werkdocument - EVA II, voedselreservering Oosterschelde, korte termijn advies. RIKZ, Alterra, RIVO.
- Bult, T. P., Ens, B. J., Lanfers, R. L. P., Smaal, A. C., Zwarts, L., 2000c. Korte termijn advies voedselreservering Oosterschelde: Samenvattende rapportage in het kader van EVA II. Technical report, RIKZ, Middelburg, the Netherlands. Rapport RIKZ/2000.042.
- Bunskoeke, E. J., Ens, B. J., De Vlas, S. J., 1996. Why do oystercatchers *Haematopus ostralegus* L. switch from feeding on baltic tellin *Macoma balthica* to feeding on the ragworm *Nereis diversicolor* during the breeding season? *Ardea* 84A, 91–104.
- Camphuysen, C. J., Ens, B. J., Heg, D., Hulscher, J. B., van der Meer, J., Smit, C. J., 1996. Oystercatcher *Haematopus ostralegus* L. winter mortality in the netherlands: the effect of severe weather and food supply. *Ardea* 84A, 469–492.

- de Vlas, J., 2002. Scholeksters en voedselreservering, berekeningen naar aanleiding van de voedselreservering in de vorm van kokkels in Waddenzee en Oosterschelde gedurende de periode 1993-1998. Technical report, RIKZ, Haren, the Netherlands. Rapport RIKZ/2002.042.
- Draper, N. R., Smith, H., 1981. Applied Regression Analysis, Second Edition. John Wiley & Sons, New York.
- Ebbinge, B. S., Spaans, B., 1995. The importance of body reserves accumulated in spring staging areas in the temperate zone for breeding in dark-bellied brent geese *branta b. bernicla* in the high arctic. *J. Avian Biol.* 26, 105–113.
- Ens, B. J., Berrevoets, C., Bruinzeel, L., Bult, T., Haanstra, L., Hulscher, J., Koks, B., van de Pol, M., Rappoldt, K., Teunissen, W., Verhulst, S., 2003a. Synthese: wat veroorzaakt de huidige achteruitgang van scholeksters in nederland? *Limosa* 76, 24–38. Onderdeel van "Studiedag van de NOU en de NSWG over de achteruitgang van de Scholekster in Nederland".
- Ens, B. J., Berrevoets, C., Dingemanse, N., 2003b. Aantallen en mortaliteit van Scholeksters in het Deltagebied. *Limosa* 76, 29–31. Onderdeel van "Studiedag van de NOU en de NSWG over de achteruitgang van de Scholekster in Nederland".
- Ens, B. J., Cayford, J. T., 1996. Feeding with other oystercatchers. In: Goss-Custard, J. D. (Ed.) *The Oystercatcher: From Individuals to Populations*, pp. 77–104. Oxford University Press, Oxford.
- Fretwell, S., Lucas, H. L., 1970. On territorial behavior and other factors influencing habitat distribution in birds. 1. theoretical development. *Acta Biotheor.* 19, 16–36.
- Geurts van Kessel, A. J. M., Kater, B. J., Prins, T. C., 2003. Veranderende draagkracht van de Oosterschelde voor kokkels. rapportage van Thema's 2 en 3 uit het "Lange Termijn Onderzoeksprogramma Voedselreservering Oosterschelde", in het kader van de Tweede Evaluatie van het Nederlands Schelpdiervisserijbeleid, EVA II. Technical report, RIKZ, Middelburg, The Netherlands. RIKZ Rapport RIKZ/2003.xxx.
- Goss-Custard, J. D., 1993. The effect of migration and scale on the study of bird populations: 1991 witheby lecture. *Bird Study* 40, 81–96.
- Goss-Custard, J. D., 1996a. *The Oystercatcher, from individuals to populations*. Oxford University Press, New York.
- Goss-Custard, J. D., 1996b. Where to feed. In: Goss-Custard, J. D. (Ed.) *The Oystercatcher, from individuals to populations*, pp. 105–132. Oxford University Press, New York.
- Goss-Custard, J. D., le V. dit Durell, S., Clarke, R. T., Beintema, A. J., Caldow, R. W. G., Meinige, P. L., Smit, C. J., 1996a. Population dynamics: predicting the consequences of habitat change at the continental scale. In: Goss-Custard, J. D. (Ed.) *The Oystercatcher, from individuals to populations*, pp. 352–381. Oxford University Press, New York.
- Goss-Custard, J. D., Stillman, R. A., West, A. D., Caldow, R. W. G., Triplet, P., le V. dit Durell, S. E. A., McGrorty, S., 2003. When enough is not enough: shorebirds and shellfishing. In press.

- Goss-Custard, J. D., West, A. D., Clarke, R. T., Caldow, R. W. G., le V. dit. Durell, S. E. A., 1996b. The carrying capacity of coastal habitats for oystercatchers. In: Goss-Custard, J. D. (Ed.) *The Oystercatcher: From Individuals to Populations*, pp. 327–351. Oxford University Press, Oxford.
- Hegyi, Z., Sasvári, L., 1998a. Components of fitness in lapwings *Vanellus vanellus* and black-tailed godwits *Limosa limosa* during the breeding season: do female body mass and egg size matter? *Ardea* 86, 43–50.
- Hegyi, Z., Sasvári, L., 1998b. Parental condition and breeding effort in waders. *Journal of Animal Ecology* 67, 41–53.
- Hesselink, A. W., Maldegem, D. C., van der Male, K., Schouwenaar, B., 2003. Verandering van de morfologie van de Oosterschelde door aanleg van de Deltawerken. Technical report, RIKZ, Middelburg, The Netherlands. RIKZ Werkdocument RIKZ/OS/2003.810x.
- Hiddink, J. G., 2003. Modelling the adaptive value of intertidal migration and nursery use in the bivalve *Macoma balthica*. *Marine Ecology Progress Series* 252, 173–185.
- Hulscher, J. B., 1982. The oystercatcher *Haematopus ostralegus* L. as a predator of the bivalve *Macoma balthica* in the dutch wadden sea. *Ardea* 70, 89–152.
- Hulscher, J. B., 1989. Sterfte en overleving van Scholeksters *Haematopus ostralegus* bij strenge vorst. *Limosa* 62, 177–181.
- Hulscher, J. B., 1990. Survival of Oystercatchers during hard winter weather. *Ring* 13, 167–172.
- Hulscher, J. B., 1996. Food and feeding behaviour. In: Goss-Custard, J. D. (Ed.) *The Oystercatcher, from individuals to populations*, pp. 7–29. Oxford University Press, New York.
- Hulscher, J. B., 2000. Winterharde wadvogels: over vorstvluchten en elfstedentochten. In: Tinbergen, J. M., Bakker, J. P., Piersma, T., van den Broek, J. M. (Eds.) *The Oystercatcher, from individuals to populations*, pp. 170–176. KNNV Uitgeverij, Utrecht, The Netherlands.
- Hulscher, J. B., Verhulst, S., 2003. Opkomst en neergang van de scholekster *Haematopus ostralegus* in friesland in 1966–2000. *Limosa* 76, 11–22.
- IJnsen, F., 1988. Het karakteriseren van winters: koudegetallen en wintercijfers. *Zenit* 15, 5055.
- IJnsen, F., 1991. Karaktergetallen van de winters vanaf 1707. *Zenit* 18, 69–73.
- Kamermans, P., Kesteloo-Hendrikse, J. J., Baars, D., 2003. EVA II deelproject H2: Evaluatie van de geschatte omvang en ligging van kokkelbestanden in de wadden-zee, ooster- en westerschelde. Technical report, RIVO, Yerseke, the Netherlands. RIVO Rapport.
- Kersten, M., Brenninkmeijer, A., 1995. Growth, fledging success and post-fledging survival of juvenile oystercatchers *Haematopus ostralegus*. *Ibis* 137, 396–404.
- Kersten, M., Visser, W., 1996. The rate of food processing in the oystercatcher: food intake and energy expenditure constrained by a digestive bottleneck. *Functional Ecology* 10, 440–448.

- Lambeck, R. H. D., 1991. Changes in abundance, distribution and mortality of wintering Oystercatchers after habitat loss in the Delta area, SW Netherlands. In: Acta XX Congr. Intern. Ornithol., pp. 2208–2218.
- Lambeck, R. H. D., Goss-Custard, J. D., Triplet, P., 1996. Oystercatchers and man in the coastal zone. In: Goss-Custard, J. D. (Ed.) The Oystercatcher, from individuals to populations, pp. 289–326. Oxford University Press, New York.
- LNV, 1993. Vissen naar evenwicht: Regeringsbeslissing structuurnota zee- en kustvisserij (fishing for balance government decision sea and coastal fishery). Technical report, Department of Agriculture of the Netherlands, Den Haag, The Netherlands.
- LNV, 1998. Structuurnota zee- en kustvisserij evaluatie kustvisserijbeleid 1993 - 1997. Technical report, Department of Agriculture of the Netherlands, Den Haag, Groningen, The Netherlands.
- LNV, 2000. Besluit vaststellen voedselreservering oosterschelde. Technical report, Department of Agriculture of the Netherlands, Den Haag, The Netherlands. Correspondentie met het parlement (Trc 2000/10817), 1-4.
- Madsen, J., 1994. Impacts of disturbance on migratory waterfowl. *Ibis* 137, S67–S74.
- Meire, H. S. A. P. L. M. A. P. M., 1994. Changes in the waterbird populations in the Oosterschelde (SW Netherlands) as a result of large-scale coastal engineering works. *Hydrobiologia* 282/283, 509–524.
- Rappoldt, C., Ens, B., Kersten, M., Dijkman, E., 2003a. Wader Energy Balance & Tidal Cycle Simulator WEBTICS, technical documentation version 1.0. Rapport voor de deelprojecten B1 en D2 van EVA II, de tweede fase van het evaluatieonderzoek naar de effecten van schelpdiervisserij op natuurwaarden in de Waddenzee en Oosterschelde 1999-2003. Technical report, Alterra, Wageningen, the Netherlands. Alterra-rapport 869.
- Rappoldt, C., Ens, B. J., Berrevoets, C., Geurts van Kessel, A. J. M., Bult, T. P., Dijkman, E., 2003b. Scholeksters en hun voedsel in de Oosterschelde, rapport voor deelproject D2 thema 1 van EVA II, de tweede fase van het evaluatieonderzoek naar de effecten van schelpdiervisserij op natuurwaarden in de waddenzee en oosterschelde 1999-2003. Technical report, Alterra, Wageningen, the Netherlands. Alterra-rapport 883.
- Rappoldt, C., Ens, B. J., Bult, T. P., Dijkman, E., 2003c. Scholeksters en hun voedsel in de Waddenzee, rapport voor deelproject B1 van EVA II, de tweede fase van het evaluatieonderzoek naar de effecten van schelpdiervisserij op natuurwaarden in de waddenzee en oosterschelde 1999-2003. Technical report, Alterra, Wageningen, the Netherlands. Alterra-rapport 882.
- Rappoldt, C., Kersten, M., Smit, C., 1985. Errors in large-scale shorebird counts. *Ardea* 73, 13–24.
- Stillman, R. A., Goss-Custard, J. D., West, A. D., le V. dit. Durell, S. E. A., Caldow, R. W. G., McGrorty, S., Clarke, R. T., 2000. Predicting mortality in novel environments: tests and sensitivity of a behaviour-based model. *Journal of Applied Ecology* 37, 564–588.

- Stillman, R. A., Poole, A. E., Goss-Custard, J. D., Caldow, R. W. G., Yates, M. G., Triplet, P., 2002. Predicting the strength of interference more quickly using behaviour-based models. *Journal of Animal Ecology* 71, 532–541.
- van der Kam, J., Ens, B., Piersma, T., Zwarts, L., 1999. *Ecologische atlas van de Nederlandse wadvogels*. Schuyt & Co, Haarlem, the Netherlands.
- van Gils, J. A., Schenk, I. W., Bos, O., Piersma, T., 2003. Incompletely informed shorebirds that face a digestive constraint maximize net energy gain when exploiting patches. *American Naturalist* 161, 777–793.
- Van Latesteijn, H. C., Lambeck, R. H. D., 1986. The analysis of monitoring data with the aid of time-series analysis. *Environmental Monitoring and Assessment* 7, 287–297.
- White, G. C., Burnham, K. P., 1999. Program MARK: survival estimation from populations of marked animals. *Bird Study* 46 (supplement), 120–138.
- Zwarts, L., 1997. *Waders and their estuarine food supplies*. Ministerie van verkeer en waterstaat, Lelystad, the Netherlands. Proefschrift Rijksuniversiteit Groningen.
- Zwarts, L., Ens, B. J., Goss-Custard, J. D., Hulscher, J. B., Kersten, M., 1996a. Why Oystercatchers *Haematopus ostralegus* cannot meet their daily energy requirements in a single low water period. *Ardea* 84A, 269–290.
- Zwarts, L., Ens, B. J., Goss-Custard, J. D., Hulscher, J. B., le V. dit. Durell, S. E. A., 1996b. Causes of variation in prey profitability and its consequences for the intake rate of the oystercatcher *Haematopus ostralegus*. *Ardea* 84A, 229–268.
- Zwarts, L., Hulscher, J. B., Koopman, K., Piersma, T., Zegers, P. M., 1996c. Seasonal and annual variation in body weight, nutrient stores and mortality of oystercatchers *Haematopus ostralegus*. *Ardea* 84A, 327–356.
- Zwarts, L., Wanink, J. H., 1993. How the food supply harvestable by waders in de Wadden Sea depends on the variation in energy density, body weight, biomass, burying depth and behaviour of tidal-flat invertebrates. *Netherlands journal of sea research* 31, 441–476.
- Zwarts, L., Wanink, J. H., Ens, B. J., 1996d. Predicting seasonal and annual fluctuations in the local exploitation of different prey by oystercatchers *Haematopus ostralegus*: a ten-year study in the wadden sea. *Ardea* 84A, 401–440.

Bijlage A

Overlevingskansen berekend met verschillende statistische modellen

Niels Dingemanse en Bruno Ens

Tabel A.1. *Overlevingskansen van scholeksters in de Oosterschelde in de jaren 1981–2001 (effectieve steekproefgrootte=23021; ‘dead recovery model’), op basis van verschillende modellen (zie Hoofdstuk 3.3 op bladzijde 52).*

MODEL 1 $s(a+t)r(\cdot)$						
winter	leeftijd	parameter	overleving	SE	lower 95%	upper 95%
1982	alle	S	0.96040	0.00141	0.95753	0.96308
1983	alle	S	0.99374	0.00708	0.94471	0.99932
1984	alle	S	0.98930	0.00773	0.95671	0.99742
1985	ad	S	0.93802	0.00729	0.92210	0.95086
1986	ad	S	0.79874	0.01466	0.76847	0.82595
1987	ad	S	0.85471	0.01261	0.82821	0.87772
1988	ad	S	0.97540	0.00286	0.96911	0.98043
1989	alle	S	0.97527	0.00155	0.97205	0.97814
1990	alle	S	0.97348	0.00258	0.96793	0.97810
1991	alle	S	0.93321	0.00492	0.92289	0.94224
1992	ad	S	0.97224	0.00479	0.96115	0.98023
1993	ad	S	0.96388	0.00428	0.95448	0.97140
1994	ad	S	0.97681	0.00399	0.96755	0.98347
1995	ad	S	0.98174	0.00409	0.97173	0.98824
1996	ad	S	0.94493	0.00689	0.92976	0.95698
1997	ad	S	0.83186	0.01681	0.79630	0.86229
1998	ad	S	0.98107	0.00467	0.96937	0.98835
1999	ad	S	0.98601	0.00387	0.97601	0.99188
2000	ad	S	0.99070	0.00356	0.98039	0.99562
2001	ad	S	0.99259	0.00282	0.98443	0.99649
2002	ad	S	0.99701	0.00167	0.99111	0.99900

wordt vervolgd op de volgende bladzijde

Tabel A.1. *vervolg*

winter	leeftijd	parameter	overleving	SE	lower 95%	upper 95%
1985	juv	S	0.61302	0.06206	0.48682	0.72568
1986	juv	S	0.29348	0.05121	0.20382	0.40264
1987	juv	S	0.38108	0.05921	0.27350	0.50176
1988	juv	S	0.80581	0.04044	0.71431	0.87320
1985	sub	S	0.90021	0.02739	0.83230	0.94253
1986	sub	S	0.70287	0.06082	0.57206	0.80718
1987	sub	S	0.77810	0.05096	0.66287	0.86213
1988	sub	S	0.95940	0.01166	0.92930	0.97700
1982–2002	alle	r	0.20254	0.10030	0.06994	0.46173

MODEL 2 $s(a+t)r(y > 15)$

winter	leeftijd	parameter	overleving	SE	lower 95%	upper 95%
1982	alle	S	0.91155	0.00430	0.90275	0.91963
1983	alle	S	0.98455	0.01774	0.86638	0.99841
1984	alle	S	0.97284	0.02183	0.87643	0.99450
1985	ad	S	0.94017	0.00959	0.91838	0.95642
1986	ad	S	0.80500	0.01757	0.76826	0.83716
1987	ad	S	0.86015	0.01504	0.82799	0.88711
1988	ad	S	0.94226	0.01047	0.91796	0.95967
1989	alle	S	0.94075	0.01154	0.91366	0.95971
1990	alle	S	0.93422	0.01042	0.91060	0.95193
1991	alle	S	0.82704	0.01924	0.78603	0.86157
1992	ad	S	0.91889	0.00852	0.90054	0.93410
1993	ad	S	0.88833	0.01765	0.84878	0.91853
1994	ad	S	0.92218	0.01496	0.88734	0.94689
1995	ad	S	0.93509	0.01327	0.90371	0.95673
1996	ad	S	0.91523	0.01259	0.88708	0.93686
1997	ad	S	0.73277	0.03414	0.66084	0.79420
1998	ad	S	0.91720	0.02261	0.86072	0.95205
1999	ad	S	0.93455	0.01729	0.89136	0.96131
2000	ad	S	0.95411	0.01481	0.91463	0.97582
2001	ad	S	0.96203	0.01558	0.91655	0.98318
2002	ad	S	0.98421	0.01034	0.94417	0.99567
1985	juv	S	0.61346	0.09117	0.42758	0.77127
1986	juv	S	0.29425	0.07534	0.16996	0.45914
1987	juv	S	0.38315	0.08675	0.23225	0.56051
1988	juv	S	0.62235	0.09287	0.43169	0.78143
1985	sub	S	0.90429	0.02150	0.85307	0.93894
1986	sub	S	0.71282	0.04352	0.62068	0.79015
1987	sub	S	0.78714	0.03683	0.70619	0.85050
1988	sub	S	0.90750	0.02216	0.85398	0.94272
1982	alle	r	0.08651	0.00775	0.07248	0.10295
1983	alle	r	0.08651	0.00775	0.07248	0.10295
1984	alle	r	0.08651	0.00775	0.07248	0.10295
1985	alle	r	0.20969	0.04192	0.13912	0.30344
1986	alle	r	0.20969	0.04192	0.13912	0.30344
1987	alle	r	0.20969	0.04192	0.13912	0.30344
1988	alle	r	0.08651	0.00775	0.07248	0.10295
1989	alle	r	0.08651	0.00775	0.07248	0.10295
1990	alle	r	0.08651	0.00775	0.07248	0.10295
1991	alle	r	0.08651	0.00775	0.07248	0.10295
1992	alle	r	0.08651	0.00775	0.07248	0.10295
1993	alle	r	0.08651	0.00775	0.07248	0.10295
1994	alle	r	0.08651	0.00775	0.07248	0.10295
1995	alle	r	0.08651	0.00775	0.07248	0.10295
1996	alle	r	0.20969	0.04192	0.13912	0.30344

wordt vervolgd op de volgende bladzijde

Tabel A.1. *vervolg*

winter	leeftijd	parameter	overleving	SE	lower 95%	upper 95%
1997	alle	r	0.20969	0.04192	0.13912	0.30344
1998	alle	r	0.08651	0.00775	0.07248	0.10295
1999	alle	r	0.08651	0.00775	0.07248	0.10295
2000	alle	r	0.08651	0.00775	0.07248	0.10295
2001	alle	r	0.08651	0.00775	0.07248	0.10295
2002	alle	r	0.08651	0.00775	0.07248	0.10295

MODEL 3 $s(a+t)r(y)$

winter	leeftijd	parameter	overleving	SE	lower 95%	upper 95%
1982	alle	s	0.92447	0.00118	0.92213	0.92675
1983	alle	s	0.97776	0.01121	0.94122	0.99178
1984	alle	s	0.96079	0.00883	0.93932	0.97486
1985	ad	s	0.95271	0.00200	0.94864	0.95648
1986	ad	s	0.78867	0.00864	0.77123	0.80512
1987	ad	s	0.87111	0.00278	0.86555	0.87647
1988	ad	s	0.90869	0.00185	0.90500	0.91226
1989	alle	s	0.89611	0.00269	0.89071	0.90127
1990	alle	s	0.88052	0.00346	0.87356	0.88714
1991	alle	s	0.81170	0.00872	0.79402	0.82820
1992	ad	s	0.86953	0.00555	0.85827	0.88003
1993	ad	s	0.81173	0.01019	0.79094	0.83088
1994	ad	s	0.86680	0.00745	0.85151	0.88074
1995	ad	s	0.84867	0.00740	0.83359	0.86261
1996	ad	s	0.84595	0.00941	0.82659	0.86349
1997	ad	s	0.44375	0.02859	0.38866	0.50026
1998	ad	s	0.62733	0.04990	0.52558	0.71893
1999	ad	s	0.62175	0.03185	0.55762	0.68188
2000	ad	s	0.51332	0.06011	0.39692	0.62830
2001	ad	s	0.28292	0.11903	0.11106	0.55476
2002	ad	s	0.00049	0.00055	0.00005	0.00442
1985	juv	s	0.67128	0.04571	0.57639	0.75399
1986	juv	s	0.27445	0.04159	0.20077	0.36290
1987	juv	s	0.40654	0.04918	0.31479	0.50532
1988	juv	s	0.50217	0.05089	0.40364	0.60053
1985	sub	s	0.92306	0.01126	0.89788	0.94243
1986	sub	s	0.68966	0.03439	0.61859	0.75278
1987	sub	s	0.80098	0.02458	0.74843	0.84483
1988	sub	s	0.85562	0.01900	0.81427	0.88902
1982	alle	r	0.10117	0.00537	0.09113	0.11219
1983	alle	r	0.06067	0.00226	0.05639	0.06525
1984	alle	r	0.06176	0.00232	0.05736	0.06646
1985	alle	r	0.26320	0.02352	0.21976	0.31180
1986	alle	r	0.19202	0.01522	0.16394	0.22364
1987	alle	r	0.23006	0.01967	0.19378	0.27085
1988	alle	r	0.05392	0.00195	0.05023	0.05786
1989	alle	r	0.05072	0.00183	0.04726	0.05443
1990	alle	r	0.05133	0.00185	0.04783	0.05508
1991	alle	r	0.09152	0.00449	0.08309	0.10072
1992	alle	r	0.06323	0.00240	0.05869	0.06810
1993	alle	r	0.06374	0.00243	0.05915	0.06867
1994	alle	r	0.06870	0.00273	0.06354	0.07426
1995	alle	r	0.05376	0.00194	0.05008	0.05769
1996	alle	r	0.18315	0.01419	0.15695	0.21263
1997	alle	r	0.17302	0.01303	0.14896	0.20006
1998	alle	r	0.05481	0.00198	0.05105	0.05883
1999	alle	r	0.06235	0.00235	0.05790	0.06712

wordt vervolgd op de volgende bladzijde

Tabel A.1. *vervolg*

winter	leeftijd	parameter	overleving	SE	lower 95%	upper 95%
2000	alle	r	0.05114	0.00184	0.04765	0.05487
2001	alle	r	0.05336	0.00192	0.04972	0.05726
2002	alle	r	0.05412	0.00195	0.05042	0.05808

MODEL 14 $S(t)r(\cdot)$

winter	leeftijd	parameter	overleving	SE	lower 95%	upper 95%
1982	alle	S	0.95822	0.01737	0.90741	0.98171
1983	alle	S	0.99338	0.00200	0.98805	0.99634
1984	alle	S	0.98868	0.00553	0.97071	0.99567
1985	alle	S	0.90690	0.01513	0.87271	0.93262
1986	alle	S	0.76941	0.01626	0.73601	0.79973
1987	alle	S	0.84378	0.01017	0.82279	0.86269
1988	alle	S	0.97181	0.00196	0.96769	0.97541
1989	alle	S	0.97411	0.00299	0.96754	0.97937
1990	alle	S	0.97220	0.00245	0.96697	0.97662
1991	alle	S	0.92990	0.00663	0.91575	0.94183
1992	alle	S	0.97076	0.00464	0.96017	0.97860
1993	alle	S	0.96190	0.00376	0.95381	0.96862
1994	alle	S	0.97548	0.00379	0.96685	0.98191
1995	alle	S	0.98067	0.00237	0.97543	0.98481
1996	alle	S	0.94165	0.00692	0.92650	0.95383
1997	alle	S	0.82121	0.01741	0.78452	0.85283
1998	alle	S	0.97961	0.00374	0.97083	0.98578
1999	alle	S	0.98491	0.00301	0.97772	0.98980
2000	alle	S	0.98996	0.00255	0.98352	0.99390
2001	alle	S	0.99199	0.00160	0.98817	0.99459
2002	alle	S	0.99677	0.00014	0.99649	0.99703

Bijlage B

Het terugkeergetal

Als de omstandigheden tijdens een overwintering slecht zijn dan ligt het voor de hand te veronderstellen dat een deel van de vogels het jaar daarop niet terugkomt naar het gebied. Dat kan zijn omdat ze dood zijn, omdat ze naar elders gaan of omdat er na een slechte winter weinig jonge vogels grootgebracht worden. De “terugkeer” is dus het gecombineerde effect van sterfte, immigratie (van jonge vogels en van vogels uit andere gebieden) en emigratie. Het is niet letterlijk de terugkeer van reeds aanwezige vogels. Die kunnen we uit de aantallen niet afleiden.

Stel dat de aantallen vogels voor N winters gegeven worden door de reeks $(a_1, a_2, a_3, \dots, a_N)$. We zouden dan de terugkeer na winter i kunnen uitdrukken als de verhouding als de verhouding a_{i+1}/a_i . De terugkeer ligt boven de 1 als er vogels bijkomen en onder de 1 als er vogels afgaan. Het bezwaar van deze definitie is dat een gemiddelde terugkeer van 1 *niet* betekent dat het aantal vogels gelijk is gebleven.

Bijvoorbeeld met de drie aantallen 100, 120 en 96 zijn de getalsverhoudingen $120/100 = 1.20$ en $96/120 = 0.80$. De som van de terugkeergetallen zou dus 1 zijn, maar het aantal is met 4% gedaald. Die daling hangt overigens niet af van de volgorde waarin toe- en afname optreden.

Dit probleem kan worden opgelost door de terugkeergetallen T_i te berekenen als

$$T_i = 1 + \ln\left(\frac{a_{i+1}}{a_i}\right) \quad (\text{B.1})$$

In het bovenstaande voorbeeld worden de terugkeergetallen $1 + \ln(1.20) = 1.182$ en $1 + \ln(0.80) = 0.777$. Dat is dus iets lager dan de aantalsverhoudingen 1.20 en 0.80. Het gemiddelde terugkeergetal wordt $(1.182 + 0.777)/2 = 0.980$. Dat is dan de gemiddelde terugkeer per jaar en voor twee jaren met dat gemiddelde is het eindresultaat $0.980^2 = 0.96$, ofwel 96% van het beginaantal.

Overigens ligt een volgens Formule B.1 berekend terugkeergetal voor kleine schommelingen in de aantallen zeer dicht bij een gewone aantalsverhouding. Voor schommelingen met tientallen procenten is de afwijking echter iets te groot om de correctie achterwege te laten. De in dit rapport gebruikte terugkeergetallen zijn daarom alle berekend met Formule B.1.

Bijlage C

Oordeel Auditcommissie

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

Utrecht / Yerseke / Haren
1 december 2003

Door middel van voetnoten is aangegeven hoe door de auteurs van dit rapport op de opmerkingen van de commissie is gereageerd. De opzet van grote delen van dit rapport lijkt sterk op dat over de Waddenzee ([Rappoldt *et al.*, 2003c](#)). Enkele opmerkingen van de commissie over het Waddenzee rapport zijn daarom ook in dit rapport verwerkt.

Rapport D2-1 Scholeksters en hun voedsel in de Oosterschelde van het EVA II project heeft als kernthema de voedselreservering voor scholeksters in de Oosterschelde. Het rapport vraagt zich af of de huidige regeling gewerkt heeft en zo nee, wat daaraan kan worden verbeterd. Het rapport is uitvoerig maar verwijst regelmatig naar een achtergrondrapportage “Wader Energy Balance & Tidal Cycle Simulator *WEBTICS*”. Hoewel die achtergrondrapportage niet behoefde te worden geëvalueerd, is het onmogelijk de hoofdrapportage goed te begrijpen zonder de achtergrondrapportage te hebben gezien. Er zullen hier dus ook enkele opmerkingen over die achtergrondrapportage worden gemaakt.

Beide rapportages zijn wetenschappelijk verantwoord; vrijwel alle gegevens worden verantwoord, de aanpak van de diverse vragen wordt uitvoerig beschreven en er wordt adequaat verwezen naar andere literatuur over dit onderwerp. Niettemin is er nog een aantal opmerkingen te maken, met name over de betrouwbaarheid van de uitkomsten.

Rapport D2-1 Scholeksters en hun voedsel in de Oosterschelde vertoont grote overeenkomsten met het rapport B1 ‘Scholeksters en hun voedsel in de Waddenzee’. De aanpak van de studie en de gevolgde redeneringen komen in hoge mate overeen. Ook zijn grote delen van de tekst identiek (zelfs is af en toe vergeten het woord ‘Waddenzee’ in ‘Oosterschelde’ te veranderen¹). De consequentie van die aanpak is dat ook het commentaar van de audit-commissie vaak dezelfde teneur heeft².

Net zoals in de Waddenzee wordt een reservering voorgesteld van 150 kg per scholekster³ en dit cijfer wordt aannemelijk gemaakt binnen een zekere marge. De audit-commissie meent dat deze voorgestelde reservering van 150 kg kokkelvlees per scholekster het best haalbare en meest verantwoorde getal is. Over de hieraan toegevoegde betrouwbaarheid van +20 kg heeft de commissie echter twijfels; weliswaar is duidelijk waar die op berust maar de getallen zijn tamelijk arbitrair, d.w.z. ze sluiten niet aan bij wat in de ecologie gebruikelijk is⁴. Belangrijk is verder dat ook in de Oosterschelde het aantal scholeksters samen met de draagkracht terugloopt gedurende de beschouwde periode, zij het in mindere mate dan in de Waddenzee. Deze terugloop zal zich ook in de toekomst verder doorzetten naarmate de habitatgeschiktheid van de Oosterschelde verder afneemt. De visserij heeft ook wat minder effect op de draagkracht dan voor de Waddenzee werd geschat. De conclusies worden met de nodige nuances en voorzichtigheid aangedragen en zijn met de huidige kennis acceptabel. Het is verder terecht dat naar de invloed van de Deltawerken wordt verwezen als belangrijke oorzaak voor het verminderen van de draagkracht wordt verwezen.

Paragraaf 1.3: dat scholeksters inderdaad van overwinteringsgebied kunnen veranderen werd beschreven door Van Latesteyn en Lambeck (1985) die aannemelijk maakten dat scholeksters uit de Grevelingen na afsluiting in 1971 in de Oosterschelde

¹Dergelijke fouten zijn uiteraard zoveel mogelijk gecorrigeerd.

²Daar waar van toepassing zijn opmerkingen van de audit-commissie over op B1 ook in dit rapport verwerkt.

³Voor de Waddenzee is de voorgestelde reservering 200 kg vlees per scholekster, maar methodisch zijn beide rapporten geheel vergelijkbaar.

⁴Een bij een meting of bepaling opgegeven fout is *alleen* dan nauwkeurig als er informatie voorhanden is over de statistische verdeling van de betreffende grootte. Dat is in het geval van de voedselreservering niet het geval. De opgegeven marge moet dan ook gezien worden als een schatting van de standaarddeviatie, d.w.z. de (halve) breedte van het gebied waarin de waarde vermoedelijk ligt. Voor het nauwkeurig berekenen van kwantitatieve betrouwbaarheidsintervallen zoals een 60%-interval of een 95%-interval zijn de gegevens inderdaad niet toereikend, maar dat is, ook in de ecologie, heel vaak het geval.

terechtkwamen⁵.

Paragraaf 1.6: in dit rapport worden standaarddeviaties van verschillende uitkomsten gegeven en niet 95%-betrouwbaarheidsgebieden. De lezer dient zich daarbij te realiseren dat de standaarddeviatie een maat is voor de spreiding van de uitkomsten t.o.v. het gemiddelde als een bepaalde grootte meerdere malen wordt gemeten. Als een bepaalde wadvogeltelling zeer kort na elkaar een groot aantal malen zou worden herhaald, geeft de standaarddeviatie (bij een normale verdeling) het gebied aan waarbinnen 68,2% van de uitkomsten ligt. Twee maal de standaarddeviatie aan weerszijden van het gemiddelde omvat het gebied waarbinnen ongeveer 95% van de uitkomsten ligt. Dit is echter niet gelijk aan het gebruikelijke 95%-betrouwbaarheidsgebied want dat wordt afgeleid van een schatting van de betrouwbaarheid van het gemiddelde d.m.v. de standaard fout (standard error); de standaardfout wordt berekend door de standaarddeviatie te delen door de wortel uit het aantal waarnemingen. En daar zit het probleem met wadvogeltellingen: de waarnemingen zijn geen onafhankelijke steekproeven uit een populatie, maar volledige tellingen van het aantal vogels in bepaalde deelgebieden die later worden gesommeerd. Het aantal waarnemingen is dan gelijk aan 1. Terecht zien de auteurs daarom af van het berekenen van een 95%-betrouwbaarheidsgebied (Dat de uitkomsten van herhaalde wadvogeltellingen niet normaal verdeeld zouden zijn, is volgens de audit-commissie niet aangetoond⁶). Om toch een indruk van de betrouwbaarheid te geven gebruiken zij voor de wadvogeltellingen een relatieve standaarddeviatie (= standaarddeviatie uitgedrukt als percentage van het gemiddelde) van 10%. De hoofdauteur van dit rapport heeft de betrouwbaarheid van wadvogeltellingen zelf indertijd grondig onderzocht ([Rappoldt et al., 1985](#)); hij komt tot de conclusie dat de relatieve standaarddeviatie van tellingen van alle scholeksters in de Nederlandse Waddenzee ongeveer 5% van het getelde aantal bedraagt.

Figuur 2.9: Deze figuur laat een opvallende uitschieter zien: het gemiddeld aantal scholeksters in 1986/87 is 30–35% hoger dan in de voorgaande en volgende jaren. Deze piek is niet goed in verband te brengen met de diverse werken in het kader van de Oosterscheldewerken (blz. 26). Zou deze veroorzaakt kunnen zijn door een influx van vogels uit de Waddenzee? Als men deze uitschieter verwaarloost, blijkt er een duidelijke en regelmatige negatieve trend in de aantallen aanwezig van 1978/79 tot 1990/91. Een mogelijk verband met afnemende voedselrijkdom van de Oosterschelde (bijv. door teruglopende eutrofiëring van de Nederlandse kustwateren of door verminderde eutrofiëring van de Oosterschelde zelf door de afsluiting van het Volkerak in 1969) zou moeten worden bekeken ⁷.

Paragraaf 4.3 en figuur 4.5: de regressielijnen voor het verband tussen vlees beschikbaar per vogel en terugkeergetal worden gebaseerd op absolute waarden van de terugkeergetallen. Daar wordt dus ook het berekende betrouwbaarheidsgebied (= in dit geval standaarddeviatie van de regressie) op gebaseerd. Echter, zoals hierboven gesteld, hebben ook die terugkeergetallen een bepaalde mate van onzekerheid. Op dezelfde manier hebben de berekeningen van de hoeveelheid vlees per vogel een ei-

⁵Referentie toegevoegd.

⁶Dat is zo, maar het gebruik van twee keer de standaarddeviatie als schatting van een 95%-betrouwbaarheidsgebied is alleen correct voor een normaal verdeelde grootte. De som van een groot aantal vogeltellingen is wellicht normaal verdeeld, maar de schatting van de voedselreservering is dat waarschijnlijk niet.

⁷[Meire \(1994\)](#) berekenen dat de “distribution corrected habitat loss” van de Oosterschelde werken voor de Scholekster uitkomt op 12% van het aantal vogeldagen en 13% van het wintermaximum. Een belangrijk deel van de gestage daling tussen 1978 en 1990 is dus het gevolg van habitat verlies door afsluiting van delen van het Oosterschelde estuarium.

gen onzekerheid. Als die onzekerheden in de regressie verdisconteerd zouden kunnen worden zou mogelijk de regressie iets anders verlopen⁸ en in elk geval het aangegeven betrouwbaarheidsgebied groter zijn. De uit Figuur 4.5B afgelezen schatting van de voor een terugkeergetal van 1 benodigde hoeveelheid kokkelvles per vogel zal dan waarschijnlijk wel omstreeks 130 kg blijven liggen, maar het betrouwbaarheidsgebied zou wel ruimer kunnen worden dan 100–175 kg vlees per vogel (de tekst geeft kennelijk abusievelijk 100–200 kg aan⁹). De R^2 van 0,32 geeft aan dat het terugkeergetal voor 32% kan worden verklaard uit de hoeveelheid voedsel per vogel. Zijn er aanwijzingen m.b.t. andere variabelen die de overige 68% kunnen verklaren?¹⁰ Vergelijking van de R^2 behorende bij Fig. 4.5a en 4.5b suggereert dat het aanbod mosselen en nonnetjes nauwelijks (1%) of geen invloed heeft op het terugkeergedrag van de vogels¹¹.

Paragraaf 4.3: Uit figuur 4.5 wordt geconcludeerd dat de kans dat het gevonden verband tussen schelpdierbestanden en terugkeergetallen (niet: vogelaantallen) op toeval berust ongeveer 14% is. Gebruikelijk is dan de hypothese dat er verband is, te verwerpen. De auteurs wijzen er echter terecht op dat men dan een zeer reële kans loopt op een ten onrechte verwerpen van dat verband; zij becijferen die kans op 75% (hoe is niet duidelijk). Wat dan nu te doen? De audit-commissie meent dat de hypothese toch moet worden verworpen als er verder geen aanwijzingen voor het tegendeel zijn. Die blijken er echter wel te zijn (Hoofdstuk 5) en in dat geval versterken de conclusie van paragraaf 4.3 en die van Hoofdstuk 5 elkaar¹². Zie ook paragraaf 7.1, tweede alinea. Men dient hierbij te bedenken dat het hanteren van een kans op een toevallige uitkomst van 5% als grens voor al dan niet verwerpen van een hypothese, een praktische maatregel is. In feite staat het de onderzoeker vrij om zelf zijn grens te kiezen, afhankelijk van het probleem dat hij onderhanden heeft; hij kan ook 10% of 1% kiezen (zie bijv. het handboek van Sokal & Rohlf). Het probleem wordt dan in wezen verlegd naar de lezer van het onderzoeksrapport; wordt die voldoende overtuigd door de gehanteerde grens?

Hoofdstuk 5 geeft de opzet en resultaten van een modelstudie. Het model wordt beschreven in de achtergrondstudie hierboven reeds vermeld. In het hoofdrapport en het achtergrondrapport wordt niets vermeld over calibratie en/of validatie van het model¹³. Het model blijkt echter te zijn gebruikt voor zowel de Waddenzee als

⁸ja, dat is zo. In de terugkeergetallen zitten twee vogelaantallen verwerkt, de hoeveelheden vlees per vogel zijn gebaseerd op een schelpdierbestand en een aantal vogels. De punten voor de verschillende jaren zijn dus niet geheel onafhankelijk van elkaar, hetgeen een complicatie vormt voor het gebruik van een gewone regressie analyse. In verband met de tussenliggende strenge winters is een mathematisch geheel correcte analyse echter behoorlijk ingewikkeld en er is geen reden om te veronderstellen dat de uitkomsten heel anders zouden zijn.

⁹Dat is gecorrigeerd.

¹⁰Dat is niet onderzocht ; te denken valt aan variaties in het aandeel jonge vogels, broedsucces of zelfs de situatie in het Waddengebied ; de gewone statistische spreiding in de basisgegevens is echter ook aanzienlijk en het lijkt daarom zeer de vraag of er “nog meer in zit”.

¹¹Correct.

¹²De redenering is inderdaad dat Hoofdstuk 5 laat zien dat de jaren met weinig kokkels ook volgens een “mechanistisch” foerageermodel jaren zijn geweest met voedseltekort. Het model vormt daarmee de verklaring voor de regressie analyse in Figuur 4.5 en laat zien dat de verschillen in terugkeergetal *niet* op toeval berusten.

¹³Zoals besproken in Hoofdstuk 5.1 is het karakter van de modelberekeningen in belangrijke mate het “doorrekenen” van beschikbare informatie over foerageergedrag, prooidierbestanden en abiotische factoren. Op basis van deze informatie kan het gedrag van “ideale en alwetende” vogels worden doorgerekend. Dat het resultaat (de berekende stress-index als maat voor de voedselsituatie) ook iets zegt over echte vogels blijkt met name uit het statistisch significante verband tussen stress-index en terugkeergetal voor de Oosterschelde. Daar wordt naar verwezen bij bespreking van hetzelfde verband voor de Waddenzee in [Rappoldt et al. \(2003c\)](#).

de Oosterschelde. Kan worden aangenomen dat het model voor het ene gebied is ontwikkeld en met behulp van het andere gebied gevalideerd?

Paragraaf 5.2.3 onder Visserij: beschadiging en sterfte van kleine kokkels wordt gesteld op 10% (zie achtergrondrapport). In zijn oordeel over rapport H4 kwam de auditcommissie echter tot de conclusie dat de sterfte wel eens 50-100% zou kunnen zijn¹⁴.

Paragraaf 5.2.5¹⁵: Het is niet duidelijk wat er precies gedaan is met andere prooien op op de slikken en platen. In het achtergrondrapport wordt gesteld dat de opname is gesteld op een aandeel van 10% met een minimale opnamesnelheid van 0.0 mg per seconde. In de tweede alinea van 5.2.5 wordt echter gesteld dat is gewerkt met een aandeel van 10% met een minimale opnamesnelheid van 0.3 mg per seconde. In de derde alinea blijkt dan dat onder die condities het aandeel andere prooien' tussen de 10 en 15% bedraagt. Het aandeel wordt vastgelegd in % op basis van de totale opgenomen gewichtshoeveelheid, dus hoe kan daar een ander aandeel uitkomen dan is vastgelegd¹⁶? In deze beschouwing roept ook het begrip minimale opnamesnelheid vragen op. Voor de andere prooi-soorten wordt de opnamesnelheid bepaald uit eigenschappen van de prooi en de dichtheid van de vogels; het is duidelijk dat dat niet mogelijk is voor ongespecificeerde andere prooien. Het woord "minimaal" impliceert echter dat de opnamesnelheid kan variëren; waar is die variatie dan van afhankelijk, m.a.w. welke factor reguleert die snelheid? Of moet voor "andere prooien" "minimale opnamesnelheid" worden gelezen als "vaste opnamesnelheid"? En is de consequentie dan misschien dat in het model de vogel eerst 10% van zijn benodigde voedselhoeveelheid met een lage opnamesnelheid opneemt en dan pas ziet hoeveel hij nog van de andere prooien met een hogere snelheid kan binnenkrijgen? (Vergelijk ook paragraaf 5.3.1, eerste alinea).

Paragraaf 5.2.6: de gewichten blijken te kunnen dalen tot ver beneden het gewicht waarbij een scholekster doodgaat. Hoe wordt daar in het model mee omgegaan¹⁷? Verdwijnen er vogels? (Zie ook figuren 5.17 en 5.18). In dezelfde paragraaf komt opnieuw het begrip minimale opnamesnelheid aan de orde. Is dit opnieuw alleen voor de andere prooien¹⁸? En geldt hier niet opnieuw dat het vaste opnamesnelheid moet zijn¹⁹?

¹⁴De in dit rapport gebruikte lage schatting van de beschadiging en sterfte is afkomstig van "expert judgements" door Jaap de Vlas en visserijbiologen. De schatting van 10% is dus inderdaad, voorzover eerste auteur van dit rapport weet, *niet* gebaseerd op uitgebreide metingen. Als de toegebrachte schade veel groter is dan 10% dan heeft dan zal het jaarlijkse effect van de visserij daar niet veel anders door worden doordat de kleine kokkels toch niet er interessant zijn voor de scholeksters, maar het cumulatieve en meerjarige effect van de visserij op het kokkelbestand wordt er natuurlijk des te groter door (zie ook Hoofdstuk 6).

¹⁵De uitleg over deze kwestie in Hoofdstuk 5.2.5 is nu uitvoeriger waardoor het hopelijk duidelijker is hoe er is gerekend.

¹⁶Doordat er twee verschillende bijdragen zijn, een vaste minimale opnamesnelheid en een fractionele ten opzichte van de reguliere functionele respons. Bovendien wordt de fractionele bijdrage van "andere prooien" gegeven ten opzichte van de functionele respons tijdens laagwater terwijl het eindresultaat in het diët wordt uitgedrukt ten opzichte van de totale voedselopname, inclusief de opname tijdens hoogwater.

¹⁷Als de vogels in het model *net niet* genoeg voedsel binnenkrijgen daalt hun gewicht tot onrealistisch lage waarden. Als ze *net* genoeg krijgen blijft hun gewicht op de streefwaarde. Het verschil tussen beide situaties is een klein verschil in foerageerintensiteit (en stress-index). In beide situaties is de stress-index te hoog en is het aannemelijk dat er vogels in de problemen zijn gekomen. Wat ze dan allemaal eten om toch in leven te blijven kan niet precies worden gemodelleerd. In dit geval speelt bovendien dat de kleine kokkelbestanden (waarvoor de te lage gewichten optreden) achteraf te klein blijken te zijn (zie Hoofdstuk 5.3.2).

¹⁸Ja.

¹⁹Het is een vast minimum dat voor iedere plek wordt aangenomen, ook indien er geen reguliere

Paragraaf 5.5, figuur 5.27 en 5.28: Hier wordt de kern van een elegante aanpak beschreven: de hoeveelheid voedsel beschikbaar per vogel wordt in verband gebracht met de stressindex. Hierbij moet worden opgemerkt dat de punten in de figuren nog horizontaal of verticaal kleine afwijkingen kunnen vertonen²⁰ door onzekerheden in het model (bijv. andere prooien)²¹.

Paragraaf 5.5, op n na laatste alinea: de modellering zou via figuur 5.28 tot een verhoging in de stressindex boven 200 kg kokkelvles per vogel leiden. In de laatste alinea wordt dan een waarde van 100 kg per vogel genoemd voor sterk verhoogde stress. Daarvan is volgens de audit-commissie de grens van 200 kg duidelijker dan die van 100 kg; deze laatste grens lijkt tamelijk arbitrair²². De grenzen afgeleid uit de terugkeergetallen zijn 100 en 175 kg (zie opmerking hierboven); dat is inderdaad consistent met de resultaten van de modellering.

Figuur 5.29: door mogelijke onnauwkeurigheden in het model hebben de punten in de grafiek in horizontale richting de mogelijkheid nog wat op te schuiven; dat beïnvloedt de waarde van de stressindex waarbij het terugkeergetal gelijk aan 1 is²³.

Paragraaf 5.6.5 is cruciaal voor de conclusies van het rapport. De redenering in de eerste twee alinea's is consistent, al is de keuze van 150 kg voedselreservering arbitrair. Anderzijds, als men het snijpunt in de grafiek op 110 kg legt, is een reservering van ongeveer 150 kg op basis van de voorgaande tekst van het rapport niet onredelijk. In de derde alinea wordt de betrouwbaarheid van de uitkomst besproken; hier is niet veel aan toe te voegen (maar een referentie naar de Waddenzee-uitkomst is wel gewenst). De in de vierde alinea gepresenteerde figuur 5.32 is nuttig als een illustratie van de redenering²⁴, maar is verder niet overtuigend. Tenslotte komen de auteurs in de vijfde alinea uit op een voorgestelde voedselreservering van 150 ± 20 kg kokkelvles per vogel, waarbij de 20 kg staat voor één standaarddeviatie. De audit-commissie kan de keuze van 150 kg billijken als zijnde het best haalbare bij de huidige stand van de kennis en de wetenschap, maar de commissie wijst er op dat het betrouwbaarheidsgebied van ± 20 kg tamelijk arbitrair is²⁵.

Paragraaf 6.2, onder Groei in de herfst: voor een groeiperiode van 2 maanden wordt 1/6 van de jaargroei genomen. Echter in de winter staat de groei vrijwel stil en men zou voor de groei gedurende twee maanden in de zomer 1/3 van het jaartotaal

prooien op die plek aanwezig zijn.

²⁰Horizontale verschuivingen zullen echter samengaan met verticale verschuivingen en de punten zullen in essentie op dezelfde curve blijven liggen die het verband beschrijft tussen de hoeveelheid kokkelvles per vogel en de stress index.

²¹Dat is correct maar zulke afwijkingen worden gedeeltelijk gecompenseerd doordat ook het stress niveau benodigd voor een terugkeer van 1.02 verschuift.

²²Bedoeld wordt dat het plateau voor een grote hoeveelheid voedsel in beide benaderingen wordt bereikt bij vergelijkbare hoeveelheden en dat voedselhoeveelheden die volgens de regressie analyse samenhangen met een verminderde terugkeer ook volgens het foerageermodel problemen opleveren. Het gaat hierbij dus nadrukkelijk om de consistentie tussen beide benaderingen en niet om een precieze kwantitatieve vergelijking van een intervallen die niet eenduidig zijn af te lezen.

²³Dat is correct, de hoge stress indices kunnen iets omlaag schuiven met gebruik van de laatste RIVO bestandsgegevens en de lage iets omhoog. Het effect op de uit de grafiek voor een terugkeer van 1 of 1.02 afgelezen waarde is moeilijk te voorspellen, maar het zal vermoedelijk klein zijn

²⁴Is daar ook daarvoor bedoeld.

²⁵De 20 kg is als schatting van de onzekerheid inderdaad tamelijk arbitrair, maar is het resultaat van het "straightforward" toepassen van een standaard deviatie in de *gemiddeld* benodigde stress-index op het niveau van de voedselreservering. Dus *gegeven de methode* is die 20 kg het beste wat we kunnen doen. Aangegeven is nu wel dat de opgegeven onzekerheid een ruwe schatting is die niet gebruikt kan worden voor het berekenen van nauwkeurige betrouwbaarheidsintervallen omdat we niet beschikken over de daartoe benodigde kennis van de kansverdeling.

moeten gebruiken. Misschien valt het verschil in de herfst wat mee omdat de groei tegen het einde van de zomer meestal niet zo snel meer is. Idem voor groei in het voorjaar²⁶.

Paragraaf 6.1²⁷, eerste alinea²⁸: al eerder is genoemd dat het betrouwbaarheidsgebied van 20 kg op onduidelijke gronden is toegevoegd. Tweede alinea: het genoemde getal van 200 kg stemt niet helemaal overeen met informatie waarop dit zou zijn gebaseerd. Figuur 2.5 geeft een middenwaarde van 280 kg met een betrouwbaarheidsgebied van 160 tot 400 kg, terwijl fig. 3.30 arbitrair een waarde van 200 kg (in de grafiek ca. 205 kg) geeft. De derde alinea noemt het gebruikte model maar vat de essentie van paragraaf 3.6.5 niet samen; dat zou hier wel moeten gebeuren²⁹. In de zesde alinea wordt gesteld dat voedselreservering als doel heeft het voorkomen van voedselstress. Hoewel niet onjuist, ware hier aan toe te voegen dat voedselstress boven een bepaalde waarde leidt tot extra sterfte³⁰.

Op de bijlagen wordt geen commentaar gegeven omdat het merendeels stukken zijn overgenomen uit andere bronnen³¹.

Detailopmerkingen

Paragraaf 1.3: in het hele rapport wordt n maal de wetenschappelijke naam van de kokkel gegeven; helaas wordt die ene maal fout geschreven: *Cerasteroderma* moet zijn *Cerastoderma*³².

Paragraaf 2.2 eind, 2.2.1, 2.3.3 : hier wordt het begrip seizoen gebruikt, waar jaar bedoeld wordt³³.

Tabel 2.4: bijschrift is incompleet: correlatie-coëfficiënten waartussen³⁴?

Paragraaf 2.2.1 (Optie 3) en 2.3: waar het begrip model wordt gebruikt worden model runs bedoeld (conclusie: "de drie modellen verschillen slechts in n opzicht, de lengte van de gemodelleerde periode")³⁵.

Paragraaf 3.3.1 blz. 49 midden: berekende 41% sluit niet aan bij de getallen in de voorgaande zin³⁶.

²⁶Deze opmerking berust op een misverstand. De gebruikte groeicurve beschrijft de groeisnelheid in de loop van het jaar *uitgedrukt* in y^{-1} , dus met een jaar als éénheid van tijd.

²⁷Moet zijn 7.1.

²⁸Veel van de door de commissie in deze opmerking genoemde getallen en figuur nummers zijn afkomstig uit het Waddenzeerapport ([Rappoldt et al., 2003c](#)). Het is echter duidelijk wat de bedoeling is.

²⁹Er zijn enkele alinea's aan de Discussie toegevoegd die de redenering enigermate completeren

³⁰Leidt in eerste instantie tot het verdwijnen van vogels uit het gebied. De risico's daarvan zijn in de Inleiding geschetst.

³¹Deze opmerking van de commissie is afkomstig uit het oordeel over het Waddenzeerapport ([Rappoldt et al., 2003c](#)) en is hier niet van toepassing.

³²Met excuses gecorrigeerd.

³³Seizoen 1978 staat voor de periode tussen 1 juli 1978 en 31 juni 1979.

³⁴Tussen "voorspelde" (imputed) aantallen en complete tellingen. Dit wordt nu aangegeven.

³⁵het wordt model staat hier voor een statistisch model, een formule dus, en niet een computer-programma waarmee "runs" gemaakt worden.

³⁶Er zijn in totaal 23018 Scholeksters door Lambeck en consorten geringd. In 2001 zijn daar (als op elk cohort voor elk jaar de geschatte overleving wordt toegepast) nog 9450 dieren van in leven. Dat is 41% van het begintotaal. Volgens de berekeningen heeft 59% dus ondertussen het loodje geleegd. In de tekst is het percentage gestorven verwisseld met dat nog in leven. Dat is gecorrigeerd.

Paragraaf 3.3.1, volgende alinea: geef korte uitleg van "model 1 vs 39", etc³⁷.

Paragraaf 3.3.1 (er bestaat geen paragraaf 3.3.2!), laatste alinea: "een bijna perfect lineair verband" is wat overdreven³⁸.

Paragraaf 5.2.7, derde alinea: "... worden de berekende waarden voor de foerageerintensiteit per getijdecyclus³⁹ gekwadraterd."

Paragraaf 5.3.2, 2e alinea: de balanspunten voor strenge winters zouden dicht bij de horizontale as liggen; dat blijkt niet uit figuur 5.12⁴⁰.

Paragraaf 5.5, derde alinea: er wordt gesproken over vierkante punten in Fig. 5.28: die zijn in de figuur niet te vinden⁴¹.

Paragraaf 5.6, eerste alinea: gesteld wordt dat uit de analyse van paragraaf 5.5. blijkt dat de benodigde voedselreservering tussen de 100 en de 300 kg zou moeten liggen. Paragraaf 5.5 noemt echter 100 en 200 kg⁴².

Paragraaf 5.8.3: enkele woorden over de invloed van de Japanse Oester waren toe te voegen⁴³.

Figuur 5.1, 5.4 en 5.9: de lijnen in de figuur kloppen niet helemaal met de legenda in de figuur⁴⁴.

Paragraaf 7.4: een deel van de tekst lijkt te zijn weggefallen ⁴⁵.

³⁷Uitleg over de verschillende modellen wordt gegeven in Tabel 3.4.

³⁸OK, veranderd in "duidelijk lineair verband".

³⁹"Per getijdecyclus" is toegevoegd

⁴⁰Dat is gecorrigeerd.

⁴¹Het zijn ronde punten.

⁴²Dat is gecorrigeerd.

⁴³Een zin is toegevoegd.

⁴⁴Deze opmerking van de commissie is afkomstig uit het oordeel over het Waddenzeerapport (Rappoldt *et al.*, 2003c) en is hier niet van toepassing.

⁴⁵Dat is gecorrigeerd. De betreffende alinea uit het Waddenzeerapport was inderdaad incompleet overgenomen