

Scholeksters en hun voedsel in de Westerschelde

In opdracht van het RIKZ in het kader van het project ZEEKENNIS

Scholksters en hun voedsel in de Westerschelde

Een verkenning van de voedselsituatie voor de scholksters in de Westerschelde over de periode 1992-2003 met het simulatiemodel *WEBTICS*

C. Rappoldt, B.J. Ens

Alterra-Rapport 1209

Alterra, Wageningen, 2005

REFERAAT

C. Rappoldt, B.J. Ens, 2005. *Scholeksters en hun voedsel in de Westerschelde; Een verkenning van de voedselsituatie voor de scholeksters in de Westerschelde over de periode 1992-2003 met het simulatiemodel WEBTICS*. Wageningen, Alterra-Rapport 1209. 48 blz. 22 fig.; 5 tab.; 12 ref.

Dit rapport bevat een analyse van de voedselsituatie van overwinterende scholeksters in de Westerschelde tussen 1992 en 2003. Met behulp van het model WEBTICS (Wader Energy Balance and Tidal Cycle Simulator) worden berekeningen gedaan aan de draagkracht van het gebied voor scholeksters, uitgaande van de verspeiding van de kokkels en de nonnetjes, enkele droogvalduurkaarten, weergegevens en waterstanden. Voor de verschillende deelgebieden stemt de berekende draagkracht en de verandering ervan tijdens de bestudeerde periode ongeveer overeen met de waargenomen aantallen scholeksters.

Trefwoorden: wadvogels, voedsel, schelpdier, visserij, model, draagkracht, kokkelbank

ISSN 1566-7197

Dit rapport kunt u bestellen door Euro 20,- over te maken op banknummer 36 70 54 612 ten name van Alterra, Wageningen, onder vermelding van Alterra-Rapport 1209. Dit bedrag is inclusief BTW en verzendkosten.

Het rapport is ook beschikbaar op het internet als PDF file op www.alterra.nl.

© 2005 Alterra

Postbus 47; 6700 AA Wageningen; Nederland

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

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

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

Inhoudsopgave

Lijst van figuren	7
Lijst van tabellen	8
Woord vooraf	9
Samenvatting	11
1 Inleiding	13
1.1 Vraagstelling	13
1.2 Leeswijzer	14
1.3 Technische opmerkingen	14
2 Aantalsverloop en Voedselbestand	15
3 Modelstudie	19
3.1 Doelstelling	19
3.2 Beknopte modelbeschrijving	19
3.2.1 Een simulatiemodel	20
3.2.2 Deelgebieden	20
3.2.3 Invoergegevens	21
Kokkels en Nonnetjes	21
Mosselen	22
Getijde- en Weerstations	23
Visserij	24
3.2.4 Voedseleecologie van de scholekster	24
Belangrijke aannamen	25
3.2.5 De stress index	26
3.3 Enkele resultaten voor de gesimuleerde jaren	27
3.3.1 Dieet	27
3.3.2 Het lot van de kokkels	30
3.3.3 De Kokkelbalans	31
3.3.4 Vogelgewichten	32
3.4 Analyse van stress factoren voor de Westerschelde	35
3.4.1 De stress Index voor de historische gegevens	35
3.4.2 1997: een gemiddelde zachte winter	35
3.4.3 Stress verhoging door strenge winters	36
3.4.4 Voedselstress	36
3.4.5 Stress verhoging door weggevisst voedsel	38
3.5 Stress factoren voor de deelgebieden	38
3.6 De draagkracht van de Westerschelde voor scholeksters	40

3.6.1	Methode	40
3.6.2	Draagkracht voor het gehele gebied	40
3.6.3	Draagkracht voor West en Midden	41
4	Discussie	43
4.1	Aanbevelingen	44
	Bibliografie	47

Lijst van figuren

2.1	Het aantal scholeksters, het bestand kokkels en het bestand nonnetjes in de Westerschelde	16
2.2	Het aantal scholeksters en de kokkels en nonnetjes in de deelgebieden	17
3.1	Een kaart met de deelgebieden (met afkortingen)	21
3.2	De verspreiding van kokkel en nonnetje in 1993 en 1999	22
3.3	Kaart van de gerealiseerde droogvalduur voor de simulatie van seizoen 1997–1998	24
3.4	De verdeling van de visserij door het model voor seizoen 1998–1999	24
3.5	Gesimuleerde foerageerintensiteiten voor deelgebied Westerschelde West	26
3.6	Gesimuleerd dieet van de scholeksters in de Westerschelde in modelruns voor de periode 1992–2003	28
3.7	Gesimuleerd dieet van de scholeksters in de deelgebieden	29
3.8	De kokkelbalans voor de Westerschelde	31
3.9	Gesimuleerde vogelgewichten voor de jaren 1992–1997	33
3.10	Gesimuleerde vogelgewichten voor de jaren 1998–2003	34
3.11	Met historische gegevens berekend stress niveau voor de winters 1992–1993 tot en met 2003–2004	35
3.12	De goede voedselsituatie van 1998 gecombineerd met het weer en getijde van de overige jaren.	36
3.13	De stress index voor de standaard zachte winter vergeleken met de historische runs	37
3.14	De stress index berekend voor de ruime hoeveelheid voedsel van 1998 vergeleken met de historische runs	37
3.15	De stress indices <i>met</i> en <i>zonder</i> visserij	38
3.16	De stress indices voor de deelgebieden	39
3.17	Draagkrachtberekening voor de Westerschelde voor de periode 1992–2003	41
3.18	Draagkrachtberekening voor de Westerschelde West voor de periode 1992–2003	41
3.19	Draagkrachtberekening voor de Westerschelde Midden voor de periode 1992–2003	42
4.1	Berekende draagkracht en waargenomen aantallen vogels	44

Lijst van tabellen

3.1	Bestandscorrectie op de groei van éénjarige kokkels	23
3.2	Getijde- en weerstations voor de verschillende deelgebieden	23
3.3	Visserijgegevens Westerschelde	25
3.4	Gesimuleerd dieet van de scholeksters in de Westerschelde in model- runs voor de periode 1992–2003	28
3.5	Het lot van de kokkels in de gesimuleerde winterperioden tussen 1992 en 2004.	30

Woord vooraf

Voor u ligt het rapport “Scholeksters en hun voedsel in de Westerschelde” waarin we in opdracht van het RIKZ hebben nagegaan of er met het simulatiemodel *W_EB_TT_CS* zinvolle berekeningen voor de Westerschelde kunnen worden gedaan. Dit rapport beperkt zich om die reden tot ontwikkelingen in het verleden. De modelstudie is een enigszins verkorte versie van wat in het kader van het EVA-II onderzoek voor de Oosterschelde is gedaan. De methoden en veel van de modelparameters zijn ook hetzelfde gelaten, juist ook om na te gaan of er consistentie bereikt kan worden tussen de analyse voor de twee dicht bij elkaar gelegen estuaria.

Wij danken het RIVO voor het ter beschikking stellen van de schelpdiergegevens van de Westerschelde. Het RIKZ leverde abiotische gegevens. Vanuit de GIS bestanden zijn invoer files voor het model aangemaakt door Elze Dijkman, Jenny Cremer en Genoveva Gonzales. Wij danken verder Belinda Kater voor haar inspanningen het simulatiemodel voor de Westerschelde in te zetten en voor haar commentaar op een concept van dit rapport.

Texel, juli 2005
Kees Rappoldt en Bruno Ens

Samenvatting

Met behulp van het simulatiemodel *WEBTICS* zijn berekeningen gedaan voor de Westerschelde en drie deelgebieden West, Midden en Oost. De berekende draagkracht voor de drie deelgebieden is 10700, 2200 en 0 vogels terwijl het gemiddeld waargenomen aantal in de beschouwde periode 6700, 4600 en 860 vogels bedraagt (tussen 1 septmeber en 31 maart). Voor Westerschelde Midden echter daalt de berekende draagkracht tussen 1992 en 2003 van rond 6000 tot 2000 vogels, in overeenstemming met de waargenomen aantallen. Voor de Westerschelde West is er geen lange-termijn trend.

De meest waarschijnlijke verklaring voor de enkele tientallen procenten te grote draagkracht voor West (en voor de gehele Westerschelde) is dat de kokkelbestanden in september te hoog zijn ingeschat. De kokkelbalans, de vergelijking tussen een berekend en een waargenomen voorjaarsbestand, suggereert dat in tenminste 4 recente seizoenen de septemberbestanden inderdaad 30% lager zijn geweest. De beschikbare cijfers over de zomersterfte laten een heel grote variatie zien en een grotere sterfte dan de aangenomen sterfte is goed mogelijk. Alvorens het model voor scenario studies wordt gebruikt zou daar goed naar gekeken moeten worden.

Er is geen effect van de keuze van de droogvalduur kaart op de berekende draagkracht. Er is wel een aanzienlijk visserij effect, al is dat wellicht enigszins overschat doordat geen rekening is gehouden met het sublitorale aandeel in de vangst.

Hoofdstuk 1

Inleiding

1.1 Vraagstelling

In het kader van het project “Zeekennis” van het RIKZ wordt in dit rapport nagegaan of het model *WEBTICS* geschikt is om de voedselsituatie van de scholeksters in de Westerschelde te analyseren. Dat wordt gedaan door de ontwikkelingen tussen 1992 en 2003 te bestuderen met behulp van het model en te zien of de historische ontwikkeling begrepen kan worden vanuit de invoergegevens en onze kennis van de ecologie van de scholekster voorzover die in het simulatiemodel is samengevat.

Een belangrijk element van de berekeningen is een check op de consistentie van al de invoergegevens. Als er in een bepaald jaar heel veel schelpdieren gevonden zijn, dan moet daar na een zachte winter nog een deel van zijn overgebleven, na aftrek van sterfte, predatie door vogels en de opgeviste hoeveelheid. De mate waarin deze rekensom klopt zegt iets over de consistentie tussen al die gegevens in combinatie met het simulatiemodel.

Het simulatiemodel leidt verder tot een zeker kwantitatief inzicht in de begrippen “veel” en “weinig” kokkels in relatie tot de omstandigheden voor de overwinterende scholeksters. Dat kan omdat de basisprocessen rond de voedselbehoefte en de voedselopname van scholeksters in rekening gebracht worden.

Het nabootsen van de ontwikkelingen in het verleden is slechts één mogelijke toepassing. Door simulaties uit te voeren met verschillende aantallen vogels (inplaats van de werkelijk getelde aantallen) kan de draagkracht van het gebied worden geschat, althans, zoals die volgens de gegevens zoals kokkelbestand en droogvalduur in combinatie met het model zou zijn. Het is de combinatie van gegevens met proceskennis die het belangrijkste verschil vormt tussen de aanpak in dit rapport en die in *Ens et al.* (2005).

Als de geschatte draagkracht consistent is met de waargenomen aantallen vogels dan kunnen ook berekeningen gedaan worden voor omstandigheden die zich eventueel in de toekomst voordoen. Dat gebeurt in dit rapport uitdrukkelijk niet.

1.2 Leeswijzer

In Hoofdstuk 2 worden het aantalsverloop van de scholekster en de gemeten schelpdierbestanden kort besproken. De eigenlijke modelstudie is beschreven in Hoofdstuk 3. Eerst wordt in Hoofdstuk 3.2 een beknopte modelbeschrijving gegeven aan de hand van de gegevens op basis waarvan de modelberekeningen voor de Westerschelde zijn gemaakt. Ook enkele belangrijke aspecten van de voedsel­ecologie van de scholekster komen aan de orde en het concept van de stress index wordt besproken.

Alle parameter waarden voor de vogels en de schelpdieren zijn dezelfde als die welke voor de Oosterschelde zijn gebruikt in Rappoldt *et al.* (2003b). Er is één uitzondering en dat is de dagelijkse sterfte van kokkels anders dan door predatie en visserij. Hoge waargenomen sterftecijfers zijn de reden van een hogere waarde voor die parameter. Dat wordt gedocumenteerd in Hoofdstuk 3.3.2.

In Hoofdstuk 3.3 worden verder enkele resultaten van modelruns voor de winterseizoenen tussen 1992 en 2004 besproken zoals het gesimuleerde dieet, het gesimuleerde gewichtsverloop en de “kokkelbalans”. De rest van Hoofdstuk 3 is gewijd aan de analyse van de berekende stress getallen en aan draagkrachtberekeningen.

1.3 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.

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 20000, leidt dat tot “het tellen van nullen”, waarvoor excuses aan de lezer.

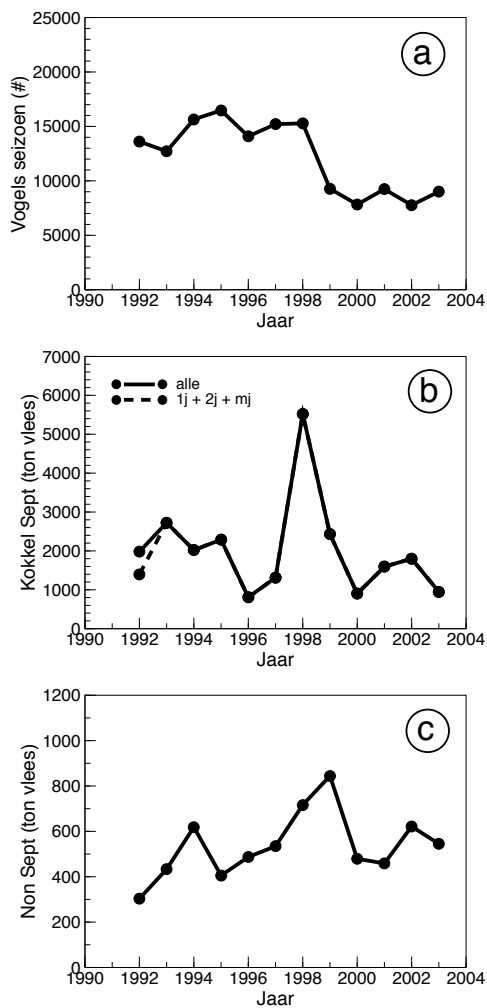
Hoofdstuk 2

Aantalsverloop en Voedselbestand

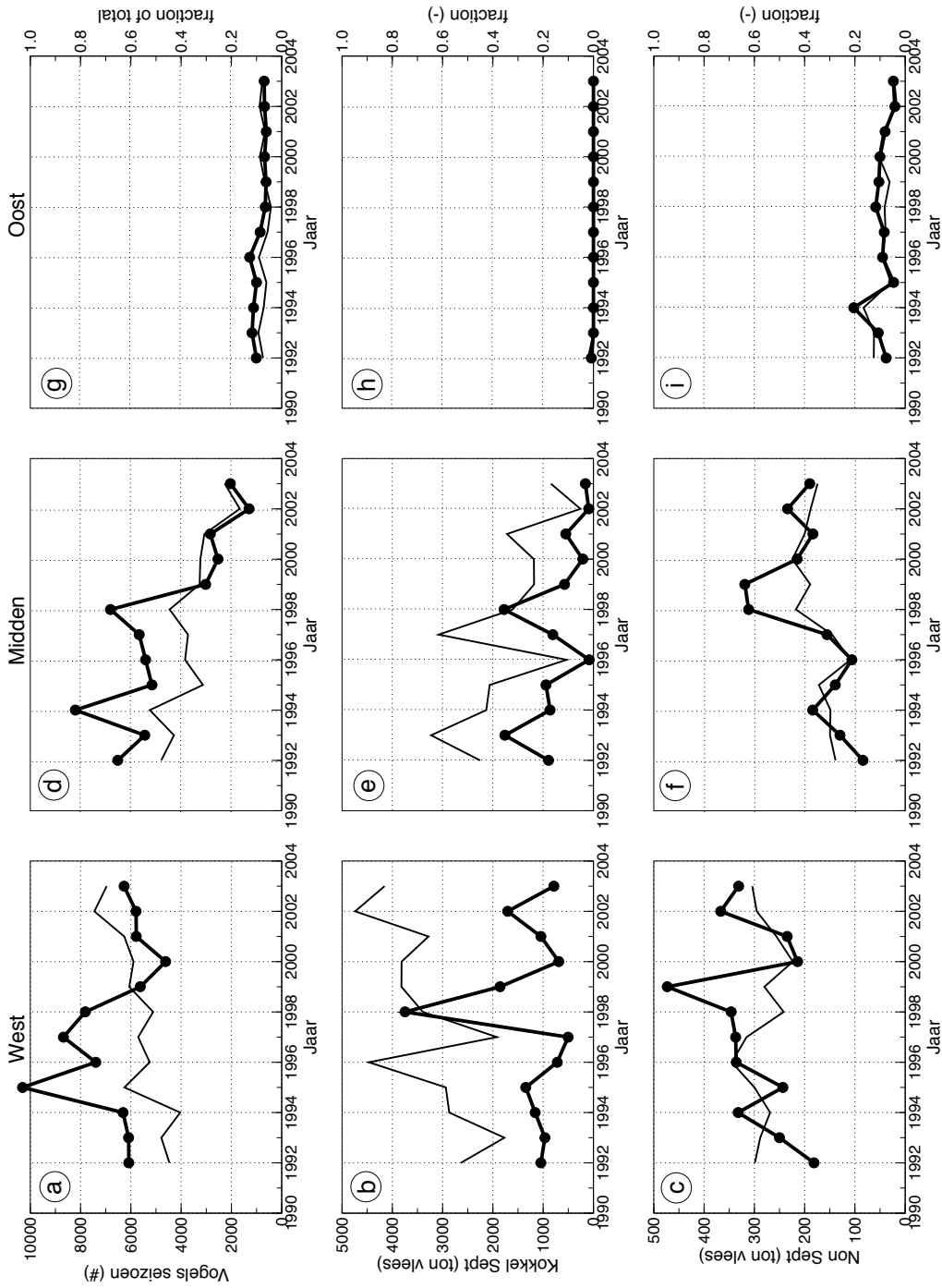
Figuur 2.1 laat het aantalsverloop van de scholekster zien in de Westerschelde samen met een weergave van de bestanden kokkels en nonnetjes. Het aantal vogels daalt van rond 15000 in de negentiger jaren naar ongeveer 9000 vanaf 1999. Afgezien van de piek in 1998 en 1999 lijkt het kokkelbestand in Figuur 2.1b iets af te nemen maar opvallender is de duidelijke toename van het bestand nonnetjes in Figuur 2.1c.

Op het niveau van deelgebieden blijkt dat er binnen de Westerschelde grote verschillen te zijn. Figuur 2.2 laat de gegevens zien voor de deelgebieden West, Midden en Oost (zie Figuur 3.1 voor de gebiedsindeling). In de Westerschelde West zijn het aantal scholeksters en het kokkelbestand niet drastisch veranderd. Dat is anders voor Westerschelde Midden. Daar is het aantal scholeksters afgenomen van rond de 6000 naar ongeveer 2000. Ook het kokkelbestand is sinds 1999 laag. Een verder lijkt de toename van de nonnetjes in de Westerschelde als geheel zich vooral af te spelen in het Midden. Dat blijkt ook uit de toename van het aandeel van Westerschelde Midden (ten opzichte van de gehele Westerschelde), in grafiek gebracht als de dunne lijn in Figuur 2.2f. Het is opmerkelijk dat het bestand aan nonnetjes in Westerschelde Midden de laatste jaren van dezelfde orde van grootte heeft als het kokkelbestand.

Ook in de Westerschelde Oost is het aantal scholeksters afgenomen. Het aantal vogels is daar echter relatief klein. Het kokkelbestand bedroeg ongeveer 42 ton vlees in 1992 en was in latere jaren nihil. De scholeksters in Westerschelde Oost zijn dus afhankelijk van nonnetjes en eventuele andere prooien.



Figuur 2.1. *Het aantal scholeksters, het bestand kokkels en het bestand nonnetjes in de Westerschelde. (a) Het aantal scholeksters in de Westerschelde gemiddeld over de periode 1 september tot 1 april. (b) Het kokkelbestand in tonnen vlees. (c) Het nonnetjes bestand in tonnen vlees.*



Figuur 2.2. Het aantal scholeksters (bovenste rij), de kokkels (middelste rij) en de nonnetjes (onderste rij) in de deelgebieden West (linker kolom), Midden (middelste kolom) en Oost (rechter kolom). De assen zijn voor de verschillende deelgebieden dezelfde. De vet getrokken lijnen refereren naar de verticale schalen links (gemiddeld aantal vogels, natte vleesgewichten). De dunne lijnen geven de fractie aan van het totaal in de Westerschele op de schalen tussen 0.0 en 1.0 rechts in de figuur.

Hoofdstuk 3

Modelstudie

3.1 Doelstelling

Modelberekeningen voor de Westerschelde zijn gedaan voor de periode 1992–2003 waarvoor goede voedselgegevens en vogelaantallen bekend zijn. De bedoeling is na te gaan of we met behulp van het model kunnen begrijpen dat de scholeksters in de Westerschelde over de drie deelgebieden verdeeld zijn zoals ze verdeeld zijn, en verder of we kunnen begrijpen waarom het aantal scholeksters nu juist in Westerschelde Midden zo sterk is afgenomen.

De berekeningen zijn uitgevoerd met het computer programma *WEBTICS*, de afkorting van “Wader Energy Budget and Tidal Cycle Simulator”. Hieronder wordt het model beknopt beschreven waarbij resultaten voor de Westerschelde dienen als illustratie. Eerst worden enkele essentiële bestanddelen van het model besproken om een indruk te geven van de aanpak en van de vereenvoudigingen die een kenmerk zijn van iedere modelbeschrijving.

3.2 Beknopte modelbeschrijving

De scholekster (*Haematopus ostralegus*) 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 uitgebreide wetenschappelijke literatuur over de scholekster is goed toegankelijk via het boek van Goss-Custard (1996), een speciaal nummer van het tijdschrift *Ardea* (Blomert *et al.*, 1997), het proefschrift van Leo Zwartz (1997), de Nederlandstalige ecologische atlas van van der Kam *et al.* (1999), de in deze publicaties genoemde referenties en een groot aantal artikelen van recenter datum. Er kan in dit rapport onmogelijk recht gedaan worden aan alle betrokken auteurs. Een aantal referenties waarvan gebruik is gemaakt worden gegeven in de EVA–II rapporten Rappoldt *et al.* (2003c,b) en in de technische documentatie van het model *WEBTICS* (Rappoldt

et al., 2003a).

3.2.1 Een simulatiemodel

Het model *WEBTICS* bootst de getijdencyclus van de vogels na door met tijdstappen van een kwartier te berekenen welke delen van de slikken en platen droogliggen. De vogels worden op een bepaalde manier (zie Hoofdstuk 3.2.4) 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 slik meer is.

In principe kan de voedselbehoefte van de vogels 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.

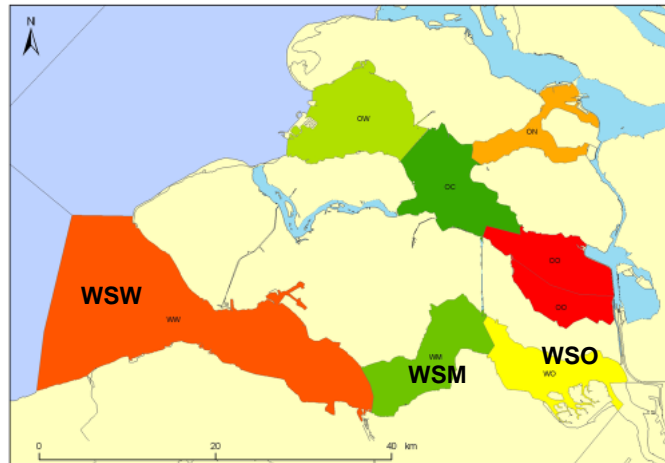
Een simulatiemodel heeft echter als voordeel dat heel veel basisgegevens omtrent het getij, het weer, het schelpdier bestand en de visserij als invoergegevens functioneren zonder dat ze eerst bewerkt (gemiddeld, geïnterpreteerd en vereenvoudigd) worden. Het simulatiemodel koppelt dus direct de basisgegevens 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 binnendijks foerageren. Daar is de voedselopname weliswaar onvoldoende groot om van te leven, maar het helpt natuurlijk wel.

3.2.2 Deelgebieden

De indeling in deelgebieden wordt getoond in Figuur 3.1. De grenzen tussen de deelgebieden zijn zo gekozen dat aan elk deelgebied één of meerdere wadvogelgebieden kunnen worden toegekend.

Modelberekeningen zijn gemaakt voor de deelgebieden afzonderlijk. Dat betekent dat de vogels in elk deelgebied zich, in de modelberekeningen, vrijelijk bewegen over alle voedselgebieden die tot dat deelgebied behoren. De onderscheiden deelgebieden zijn echter altijd nog groter dan een getijdepopulatie die van één of enkele hoogwatervluchtplaatsen gebruik maakt. De met het model gesimuleerde verplaatsingen van de vogels zullen dus groter zijn dan in werkelijkheid.



Figuur 3.1. De op de kaart aangegeven deelgebieden van de Westerschelde zijn WSW (Westerschelde West), WSM (Westerschelde Midden) en WSO (Westerschelde Oost). Het model is toegepast op de deelgebieden afzonderlijk.

3.2.3 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 3.2.4 wordt besproken.

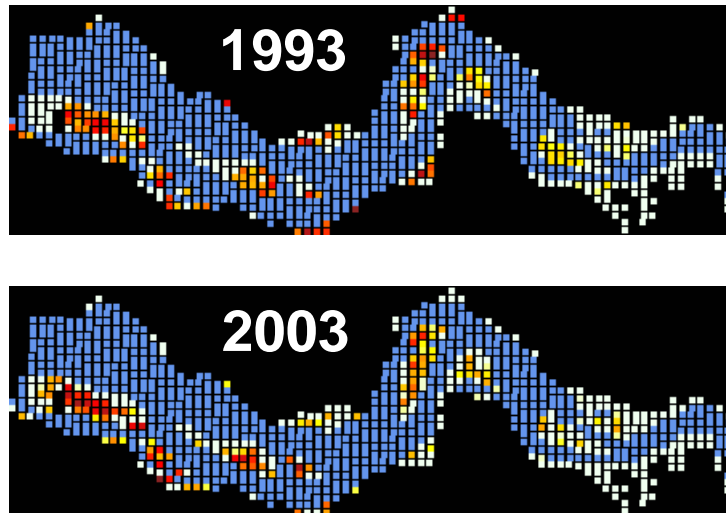
Kokkels en Nonnetjes

Het bemonsteringsgrid van de survey is ook als uitgangspunt genomen voor de simulatie van de verdeling van de vogels over de droogvallende delen van de slikken en platen. Dat betekent dat er gerekend wordt met “plekken” of “spots” van elk 26.7 ha.

Figuur 3.2 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.

Een belangrijk aandachtspunt is de omrekening van de kokkelgewichten en de kokkeldichtheden van de de voorjaars-survey naar gewichten en dichtheden voor september. Deze “zomergroei” vormt een belangrijk deel van de jaarlijkse groei en is ten behoeve van de EVA-ii studie aan de Oosterschelde (Rappoldt *et al.*, 2003b) beschreven volgens de zogenaamde “tussenstand” in Kamermans *et al.* (2003b). Ondertussen is de schatting van de zomergroei nog verbeterd en daar kan ten behoeve van deze studie gebruik van worden gemaakt.

De voorjaarsgegevens van de Westerschelde zijn door *WEBTICS* omgerekend naar september met behulp van een sterfte (in termen van de kokkeldichtheid) van 21% (Kamermans *et al.*, 2003b, blz. 36). De toename in de kokkelgewichten is berekend volgens de “begingewichtmethode” met de parameters in Kamermans *et al.* (2003b, Tabel 4.2 op blz. 54). Tenslotte is een correctie toegepast berekend met de “beginbestand methode” voor éénjarige kokkels beschreven in Kamermans *et al.* (2003b,



Figuur 3.2. 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).

Hoofdstuk 4.2.2). Deze correctie wordt hieronder verder beschreven. De combinatie van groei in afhankelijkheid van het begingewicht en een correctie op de groei van éénjarige kokkels voor bestands grootte is door Kamermans *et al.* (2003b) de combinatiemethode genoemd.

De correctie beschrijft dat de éénjarige kokkels in jaren met een kleine bestand harder groeien dan in jaren met een relatief groot bestand. De bestandsafhankelijkheid van de groei was voor de Westerschelde weliswaar niet significant (Kamermans *et al.*, 2003b, Figuur 4.7 op blz. 59), maar de (kleine) correctie is toch toegepast, om twee redenen. In de eerste plaats is de gevonden afhankelijkheid van de groei voor de Westerschelde weliswaar klein, maar afwezigheid van het effect ligt ecologisch gezien niet voor de hand. Het effect is bovendien wèl significant aanwezig in de gegevens voor de Waddenzee en Oosterschelde (Kamermans *et al.*, 2003b, Hoofdstuk 4.2.2). In de tweede plaats heeft de EVA-ii studie laten zien dat de correctie leidt tot een verbetering van de zogenaamde “kokkelbalans”, het verschil tussen het door *W&B TICS* voor april berekende bestand en het aangetroffen voorjaarsbestand (Rappoldt *et al.*, 2003c, Hoofdstuk 3.3.1).

De correctie wordt uitgevoerd door de bestandsafhankelijke groei te normeren (gemiddeld op 1 te stellen) en vervolgens voor ieder jaar een afwijking van dat gemiddelde te berekenen (zie de tekst bij Tabel 3.1. De correctiefactoren hebben alleen betrekking op de groei van éénjarige kokkels en wijken niet sterk af van 1.000, behalve voor het *extreem slechte* kokkeljaar 1996. Voor dat jaar leidt de bestandsafhankelijke groei tot een 24% hoger gewicht van de éénjarige kokkels (zie Tabel 3.1) hetgeen een positieve uitwerking heeft op de vervolgens gesimuleerde (en nog steeds zeer beperkte) mogelijkheden voor overwinterende scholeksters.

Mosselen

In de Westerschelde komen bijna geen mosselen voor. Het mosselbestand is daarom voor alle drie deelgebieden verwaarloosd.

Tabel 3.1. Correctie op de groei van éénjarige kokkels berekend uit de curve in Kamermans et al. (2003b, Figuur 4.7 op blz. 59). De uit elk voorjaarsbestand berekende groei is gedeeld door de gemiddelde groei over de referentieperiode 1992–2001. Op die wijze ontstaat een getal dat kleiner dan 1 is voor de goede kokkeljaren en groter dan 1 voor de relatief slechte jaren. Dit getal wordt gebruikt als correctie op de groei volgens de begingewichtmethode. Tengevolge van het zwakke verband tussen bestandsgrootte en groei voor de Westerschelde zijn de correcties klein, behalve voor het extreem slechte kokkeljaar 1996.

zomer	correctie
1992	0.945
1993	0.912
1994	0.968
1995	0.973
1996	1.244
1997	1.079
1998	0.874
1999	0.905
2000	1.072
2001	1.028
2002	1.079
2003	1.116

Getijde- en Weerstations

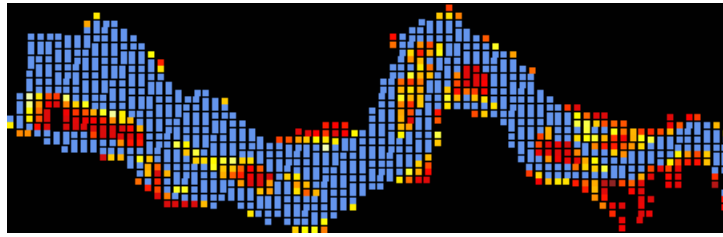
Voor een groot aantal getijdestations langs de kust zijn waterstanden (per 10 minuten) beschikbaar gesteld op de website van het RIKZ. Voor de hier gebruikte getijdestations (Tabel 3.2) zijn uit deze waterstanden de hoog- en laagwatertijden en standen berekend, alsmede de karakteristieken van het getijdestation die in het model gebruikt worden (zie Rappoldt *et al.*, 2003a, Hoofdstuk 2.4). Deze 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 1996 en 2001 wordt door het model geïnterpoleerd in de tijd. Er wordt echter niet geëxtrapoleerd, dus voor jaren vóór 1996 wordt de kaart van 1996 gebruikt en voor de jaren ná 2001 wordt de kaart van 2001 gebruikt¹.

Tabel 3.2. Getijde- en weerstations voor de deelgebieden West (WSW), Midden (WSM) en Oost (WSO). Figuur 3.1 geeft een kaart van de indeling.

deelgebied	getijdestation	weerstation
WSW	Vlissingen	Vlissingen
WSC	Terneuzen	Vlissingen
WSO	Bath	Vlissingen

Figuur 3.3 geeft voor de simulatie van het seizoen 1990–1991 de gerealiseerde gemiddelde droogvalduur op een kleurschaal van rood tot wit.

¹Er zijn kaarten in voorbereiding voor 1988, 1992 en 2004. Het gebruik van deze kaarten zou de draagkrachtschattingen in dit rapport kunnen beïnvloeden, maar gezien het grote getijdeverschil in de Westerschelde is er een relatief grote hoogteverandering nodig voor een substantieel verschil in droogvalduur. Wij kennen de nieuwe kaarten echter niet en kunnen dus over een eventueel effect geen uitspraak doen.



Figuur 3.3. Kaart van de gerealiseerde droogvalduur voor de simulatie van seizoen 1997–1998. De droogvalduur is uitgedrukt op een lineaire kleurschaal van rood (maximum droogvalduur) tot wit (nul).

Visserij

Tabel 3.3 geeft de hoeveelheid opgeviste kokkels in miljoenen kilogrammen versgewicht. De bewerking van de black-box gegevens voor de verdeling van de vangst over de slikken en platen bleek in het kader van deze studie niet haalbaar. Het geviste tonnage is daarom door het model *WEBTICS* verdeeld over de plekken waar kokkels lagen.



Figuur 3.4. De verdeling van de visserij door het model voor seizoen 1998–1999.

Het model doet dat door daar waar de meeste eetbare kokkels liggen de vangst te laten plaatsvinden (per 1 oktober). Figuur 3.4 geeft een voorbeeld van het resultaat. Beschadiging (en sterfte) van te kleine kokkels wordt berekend volgens de in Rappoldt *et al.* (2003a, Hoofdstuk 7.2) gegeven parameters.

3.2.4 Voedseleecologie van de scholekster

De beschrijving van de voedseleecologie van de scholekster bestaat allereerst uit een verband tussen de voedselbehoefte (energiebehoefte) en de temperatuur. Het foerageren wordt beschreven door de functionele respons op kokkels, nonnetjes en mossels, een beschrijving van de “digestive bottleneck”, de beperkte snelheid waarmee voedsel verteerd kan worden en de beperkte maaginhoud. Deze beperkingen leiden ertoe dat de vogels een zekere hoeveelheid *tijd* nodig hebben om aan hun voedsel te komen, ook als er heel veel voedsel is. Het is belangrijk om dit effect op te nemen in verband met de beperkte droogvalduur van de slikken en platen. Verder is er een beschrijving van het effect van interferentie en een manier waarop de verspreiding van de vogels over de droogvallende slikken en platen berekend wordt. Details over al deze aspecten zijn te vinden in de EVA–II rapporten over voedselreservering (Rappoldt *et al.*, 2003c,b) en in de technische documentatie van het *WEBTICS* model (Rappoldt *et al.*, 2003a).

Tabel 3.3. *Visserijgegevens Westerschelde in miljoenen kg vers.*

seizoen	gevist
1986–1987	0.807
1987–1988	1.260
1988–1989	0.167
1989–1990	0.973
1990–1991	2.513
1991–1992	10.000
1992–1993	2.000
1993–1994	5.333
1994–1995	5.333
1995–1996	5.000
1996–1997	0.000
1997–1998	1.667
1998–1999	4.167
1999–2000	2.320
2000–2001	0.287
2001–2002	0.080
2002–2003	0.367
2003–2004	0.440

Ook de beschrijving van het effect van vorst, van de bijdrage van “andere prooien” en de bijdrage van het foerageren tijdens hoogwater zijn onveranderd ten opzichte van de beschrijving in het Oosterschelde rapport Rappoldt *et al.* (2003b).

Belangrijke aannamen

Achter de modelberekeningen gaan enkele belangrijke aannamen schuil over de scholsters.

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 en dat de verplaatsingen ook geen tijd kosten. Nu zijn die kosten in werkelijkheid inderdaad niet erg groot omdat de vogels veel lopen en slechts korte afstanden vliegend afleggen tijdens de getijdencyclus. In het model kunnen de vogels echter wel zomaar overal heen komen hetgeen ook weer leidt tot een overschatting van de mogelijkheden van de vogels.

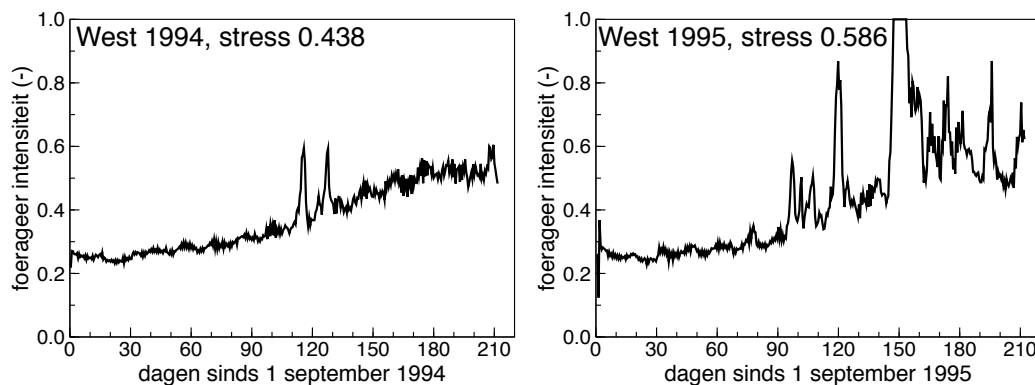
Deze aannamen impliceren dat het model rekent met een soort “supervogels”. Als deze supervogels een tekort aan voedsel hebben zal dat zeker het geval zijn voor (een deel van) de echte vogels. Om dat kwantitatief uit te drukken is een maat nodig

voor de mate waarin de “supervogels” moeten “werken” om aan voldoende voedsel te komen. Die maat is de door het model voor iedere winterperiode berekende stress index. Als de stress index boven een bepaald niveau komt krijgen de echte vogels problemen omdat de echte vogels met onderlinge verschillen en beperkingen te maken hebben die ertoe leiden dat ze nooit zoveel voedsel zullen kunnen vinden als de gesimuleerde scholeksters.

In Hoofdstuk 3.2.5 hieronder wordt nader ingegaan op de definitie van de stress index en op de keuze van het kritische niveau.

3.2.5 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 foerageerintensiteit genoemd. Het is de “werkdruk” onder de omstandigheden van de betreffende laagwaterperiode en wordt bepaald door het voedselaanbod en de droogvalduur. Ook het aantal vogels speelt een rol via de reductie van de voedselopname bij hoge vogeldichtheden.



Figuur 3.5. Voorbeeld van de gesimuleerde foerageerintensiteiten voor deelgebied Westerschelde West. De intensiteiten berekend voor 1994 worden samengevat door een waarde als een stress index van 0.438. De intensiteiten voor 1995 leiden tot een stress index van 0.586 (zie ook Figuur 3.9).

Figuur 3.5 laat twee voorbeelden zien van gesimuleerde foerageerintensiteiten voor het deelgebied Westerschelde West. 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 worden in het model de vogels gesimuleerd onder een aantal optimistische veronderstellingen (zie Hoofdstuk 3.2.4). 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) en wordt uit het resultaat weer de wortel getrokken om een getal te krijgen dat nog steeds een “werkdruk” uitdrukt². Voor de volledigheid hieronder de formule:

$$\text{index} = \sqrt{\sum_{1 \text{ december}}^{28 \text{ februari}} \frac{\text{Intensiteit}_{(\text{getijde periode})}^2}{(\text{aantal perioden})}}$$

Op deze wijze leidt een constante werkdruk van 50% ook tot een index van 0.50. Bij fluctuaties rond een gemiddelde is de intensiteit één standaard deviatie hoger dan dat gemiddelde.

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 25 zijn gemaakt over de foeragerende vogels. Voor de Oosterschelde is in Rappoldt *et al.* (2003b) een kritische index waarde afgeleid van 0.245. Dat is echter een “oude” kwadratische waarde. De wortel eruit levert een kritische waarde van 0.50 voor de stress indices die in dit rapport worden gehanteerd. Die waarde is in overeenstemming met een analyse van sterftcijfers en aantalsverloop voor de Waddenzee (nog ongepubliceerd). Het kritische stress niveau van 0.50 wordt daarom ook in dit rapport aangehouden.

3.3 Enkele resultaten voor de gesimuleerde jaren

Hieronder worden allereerst enkele resultaten getoond van model runs met het weer, het getijde, het voedsel, de vogels en de visserij zoals die beschreven worden in de invoerfiles. Dit zijn de “historische runs”. Ze zijn uitgevoerd voor een verspreiding van de vogels over zoveel mogelijk verschillende plekken, maar wel op een zodanige manier dat de dagelijkse behoefte kan worden gerealiseerd. Als dat niet meer gaat worden de vogels zodanig over de slikken en platen verdeeld dat de voedselopname gemaximaliseerd wordt (“Ideal Free Distribution”).

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.

3.3.1 Dieet

Het gesimuleerde dieet van de scholeksters is weergegeven in Tabel 3.4. Net als in het EVA-ii Oosterschelde rapport (Rappoldt *et al.*, 2003b) is de tabel berekend

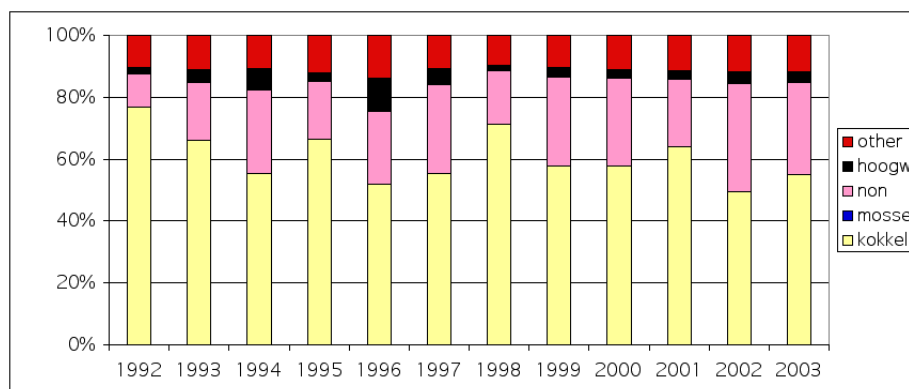
²In de EVA-ii rapporten (Rappoldt *et al.*, 2003c,b,a) wordt deze laatste stap (worteltrekken) niet uitgevoerd. Daarom zijn de index waarden in die rapporten het kwadraat van die in dit rapport. De reden van deze verandering is dat de interpretatie van een index die nog iets betekent op een “werkdruk” schaal tussen 0 en 1 gemakkelijker is.

Tabel 3.4. Dieet van de scholeksters in modelruns voor de periode 1992–2003. Het dieet voor de gehele Westerschelde is berekend door de resultaten voor de deelgebieden op te tellen met het aantal vogels als weegfactor. De getallen geven de relatieve bijdrage op basis van energie inhoud van de verschillende prooidieren. De aannamen over de bijdrage van “andere prooien” worden beschreven in de tekst. Voor een grafische weergave zie Figuur 3.6.

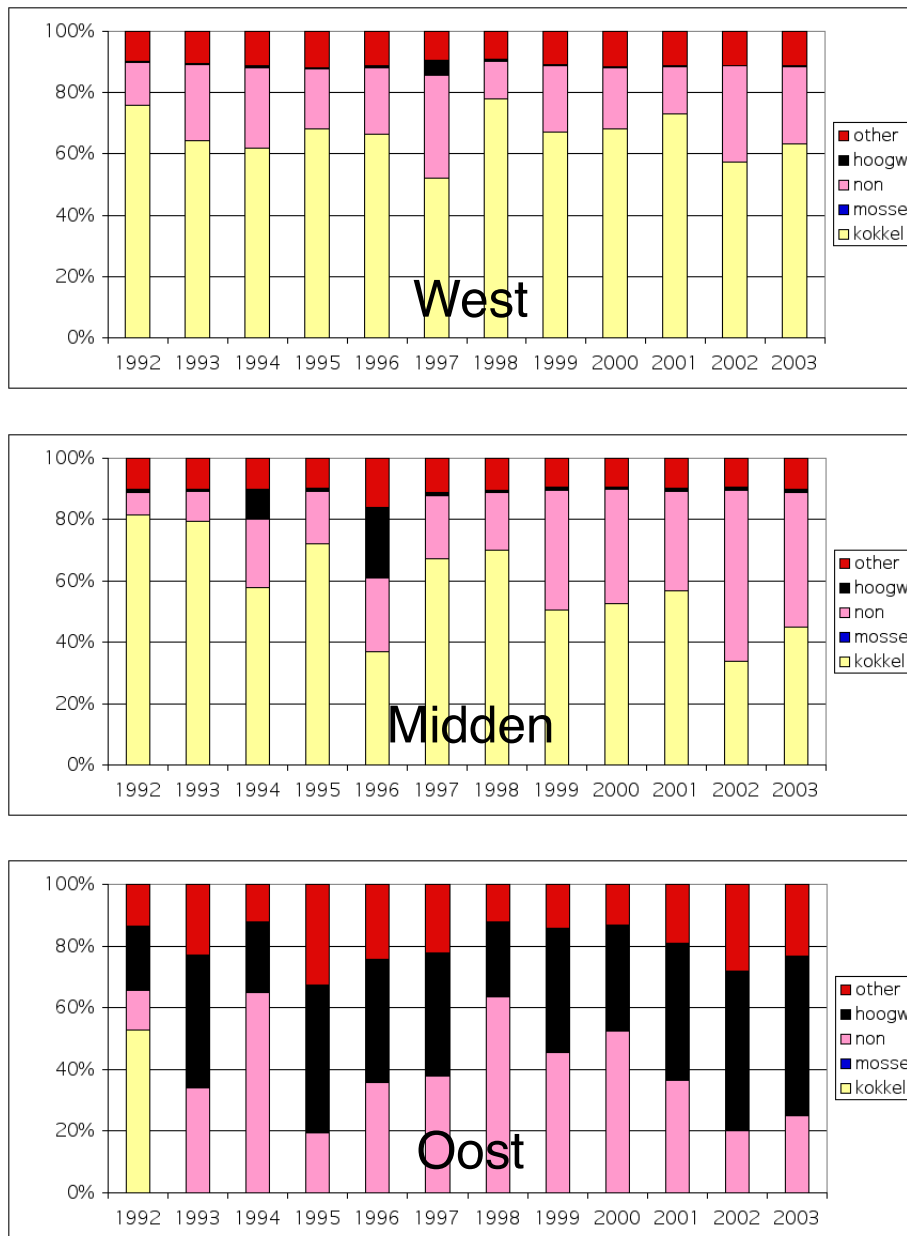
winter	kokkel	non	hoogwater	andere
1992–1993	0.7698	0.1070	0.0210	0.1023
1993–1994	0.6601	0.1892	0.0388	0.1118
1994–1995	0.5541	0.2701	0.0681	0.1078
1995–1996	0.6648	0.1864	0.0279	0.1209
1996–1997	0.5188	0.2344	0.1102	0.1367
1997–1998	0.5530	0.2874	0.0525	0.1071
1998–1999	0.7135	0.1720	0.0162	0.0984
1999–2000	0.5772	0.2893	0.0293	0.1043
2000–2001	0.5792	0.2811	0.0305	0.1092
2001–2002	0.6404	0.2184	0.0286	0.1126
2002–2003	0.4949	0.3478	0.0384	0.1189
2003–2004	0.5511	0.2959	0.0365	0.1165

voor een bijdrage van 10% van “andere prooien”, een minimale opnamesnelheid van 0.3 mgs^{-1} op alle spots en een reductie van de voedselopname bij vorst tot 0% bij een temperatuur van -10°C .

Het resultaat, grafisch weergegeven in Figuur 3.6 laat een opvallend grote bijdrage van nonnetjes zien, waarvan het bestand in de Westerschelde ruwweg 20% tot 30% van het kokkelbestand bedraagt (zie Figuur 2.2b). Deze bijdrage is vooral groot in Westerschelde Midden (Figuur 3.7). De *gesimuleerde* bijdrage van nonnetjes aan het dieet van de scholeksters bedraagt voor dat deelgebied meer dan 40%. Opnieuw is te zien dat er in Westerschelde Oost na 1992 nauwelijks kokkels zijn. Het gesimuleerde dieet bestaat uit nonnetjes, en een grote bijdrage van het foerageren tijdens hoogwater. Zoals ook blijkt uit de gesimuleerde gewichten in Hoofdstuk 3.3.4 hebben (in het model) de scholeksters op Oost te weinig voedsel. Op de slikken en platen zullen ze in werkelijkheid vermoedelijk ook andere prooien dan nonnetjes eten.



Figuur 3.6. Dieet van de vogels gesimuleerd met behulp van de historische gegevens (zie Tabel 3.4).



Figuur 3.7. *Dieet van de vogels in de deelgebieden West, Midden en Oost, gesimuleerd met op basis van de historische gegevens.*

3.3.2 Het lot van de kokkels

Tabel 3.5 geeft een overzicht van het lot van de kokkels in de gesimuleerde winterperiodes. De tweede kolom geeft het bestand in september. Daarachter volgen kolommen voor verschillende doodsoorzaken, dan het overblijvende aprilbestand en tenslotte de “natuurlijke sterfte”. Deze natuurlijke sterfte is de sterfte door predatie en door de sterfte aan “overige oorzaken” waar het model mee rekent. Ook de schatting van de “collateral damage” (10% van de ondermaatse kokkels en 5% van de geviste hoeveelheid) is opgeteld bij het percentage natuurlijke sterfte. Het percentage in de laatste kolom van Tabel 3.5 is dus de modelschatting van de sterfte anders dan als aangelande vangst.

Tabel 3.5. *Het lot van de kokkels (ton versgewicht) in de gesimuleerde winterperiodes tussen 1992 en 2004. Het percentage sterfte in de laatste kolom is berekend uit de gegeten hoeveelheid, 5% van de geviste hoeveelheid (schade aan niet-geviste kokkels) en de overige doodsoorzaken die in het model het gevolg zijn van de 5% maandelijkse sterfte die is opgelegd. De “natuurlijke sterfte” (anders dan door visserij) in de gesimuleerde winters bedraagt dan gemiddeld 49.6%.*

seizoen	september	gegeten	fished	“andere”	april	nat.sterfte(%)
1992–1993	10018.1	3261.0	2148.5	2087.8	3285.2	54.5
1993–1994	13630.5	2629.0	5741.3	2391.9	3912.3	38.9
1994–1995	10226.9	2592.3	5644.6	1299.3	1308.8	40.8
1995–1996	11119.5	3415.4	5264.2	1639.8	1704.2	47.8
1996–1997	3928.1	1994.1	0.0	944.7	1432.4	74.8
1997–1998	6452.3	2527.6	1754.7	1188.1	1559.5	58.9
1998–1999	26556.3	3169.2	4839.4	6814.7	15135.3	38.5
1999–2000	13351.4	1887.1	2448.6	3175.5	6454.0	38.8
2000–2001	4845.4	1489.9	302.1	1128.0	1960.9	54.3
2001–2002	7978.8	1736.7	84.6	2198.2	4666.8	49.4
2002–2003	8830.1	1215.9	387.4	2532.9	5813.3	42.7
2003–2004	4941.3	1543.6	468.0	1156.0	2061.2	55.1

Gemiddeld bedraagt deze gesimuleerde sterfte 49.6%. Om te komen tot een jaarlijkse sterfte anders dan door visserij moet daarbij nog de zomersterfte van 21% (Kamermans *et al.*, 2003b, blz. 36) opgeteld worden. Dat levert 71% op voor de jaarlijkse sterfte *exclusief* de maanden april en mei. Dit is consistent met de jaarlijkse sterfte van 80% gerapporteerd door Kamermans *et al.* (2003a, blz 7). Dat is echter wel 20% meer dan voor de Waddenzee en de Oosterschelde en dat komt door de grotere invloed van zoet water in de Westerschelde. Tengevolge van deze invloed is de natuurlijke kokkelsterfte in de Westerschelde dus aanzienlijk groter dan in de Oosterschelde en de Waddenzee. Om dit enigszins te kunnen simuleren is de maandelijkse sterfte “zonder oorzaak” in het simulatiemodel 5% van het kokkelbestand (een gekozen parameterwaarde, in plaats van de 1% voor Oosterschelde en Waddenzee). Deze 5% maandelijkse sterfte leidt dus tot sterftepercentages die consistent zijn met de 80% van Kamermans *et al.* (2003a).

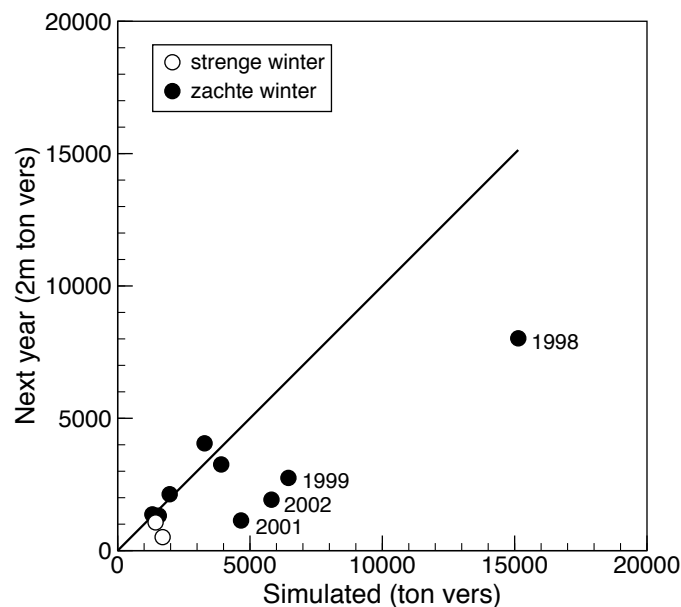
Overigens levert de analyse van de kokkelbalans in Hoofdstuk 3.3.3 een aanwijzing voor sterfte in de zomer die veel hoger is dan de gebruikte 21% (zie bladzijde 31). Een hogere zomersterfte wordt ondersteund door een deel van de gegevens in Kamermans *et al.* (2003b) en leidt natuurlijk ook tot een verhoogde jaarlijkse sterfte.

Een hogere zomersterfte is dus mogelijk een alternatief voor de nu gebruikte hoge maandelijks sterfte in de winterperiode. Overigens zal het voor de scholeksters in de wintermaanden weinig uitmaken of de extra kokkelsterfte nu in de zomer of in de herfst optreedt.

3.3.3 De Kokkelbalans

Figuur 3.8 toont de kokkelbalans voor modelruns tussen 1992 en 2002. Op de horizontale balans staat de hoeveelheid kokkels in ton versgewicht die aan het eind van de simulatie run “over” is (eind maart). 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 3.8. De kokkelbalans voor de Westerschelde berekend als de combinatie van de balans voor de 3 deelgebieden WSW, WSM en WSO (zie Figuur 3.1).

Als de invoergegevens exact zouden kloppen en het model ook precies de werkelijke voedselopname zou beschrijven, dan zouden alle punten op de diagonaal van de grafiek liggen. Dat is niet het geval en het is opvallend dat het de vier punten zijn met de hoogste april waarden (op de horizontale as) die de grote afwijkingen veroorzaken. De jaren zijn erbij gezet en het zijn alle vier recente jaren. Voor die jaren 1998, 1999, 2001 en 2002 is de voorjaarshoeveelheid “in het volgend jaar” 7112, 3706, 3533 respectievelijk 3892 ton kokkels lager dan verwacht op basis van het bestand in het jaar ervoor en de modelberekeningen. Die hoeveelheden zijn 2 tot 3 maal groter dan de predatie door vogels in Tabel 3.5. Als de predatie zoveel groter zou zijn, zou dus het gat in de balans zijn gedicht, maar dat is niet een realistische veronderstelling.

Andere mogelijkheden zijn:

Een veel kleinere zomergroei van de kokkels tussen de survey in mei en het begin van het gesimuleerde winterseizoen in september. De bestandsafhankelijkheid van de groei zou dan aanzienlijk groter moeten zijn dan wat gerapporteerd is door Kamermans *et al.* (2003b) en geïmplementeerd is (zie Hoofdstuk 3.2.3).

Een veel grotere sterfte in de zomer tussen de scheldiersurvey in mei en september. Inderdaad geeft Kamermans *et al.* (2003b, blz. 42) een veel lagere overleving voor de Westerschelde (52%) dan eerder op bladzijde 36 van hetzelfde rapport (79%). Gebruik van die lagere overleving leidt tot een verlaging van de geschatte septembestanden met $(79 - 52)/79 = 34\%$ ten opzichte van de nu berekende bestanden. Dat zou het gat in de balans inderdaad kunnen dichten (zie Tabel 3.5 voor de septemberbestanden).

Een nog veel grotere wintersterfte in de betreffende 4 seizoenen dan de gemiddelde sterfte van 5% per maand (anders dan door visserij en predatie) waarmee de berekeningen zijn gemaakt (zie ook Tabel 3.5 op bladzijde 30).

De kokkelvisserij was aanzienlijk zwaarder dan wat in de gegevens over de visserij gedocumenteerd is.

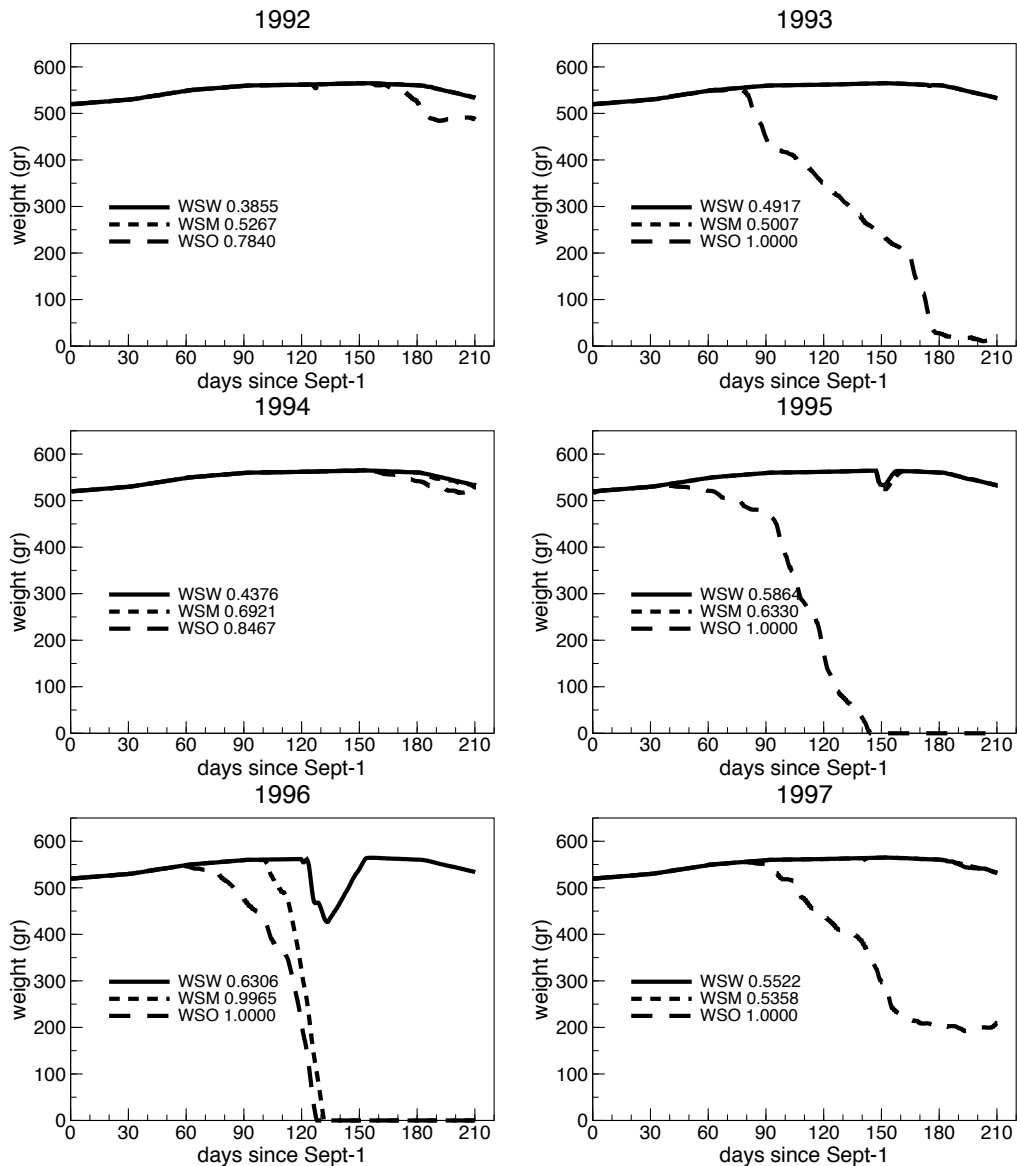
Welke van deze verklaringen de juiste is kan waarschijnlijk niet zonder andere gegevens nagegaan worden. Bij het bekijken van de resultaten van de nu uitgevoerde simulaties moet dus wel worden bedacht dat de schelpdierbestanden in de betreffende winters òf in september al lager geweest zijn òf in de loop van de winter lager zijn geworden dan met het model wordt berekend. In beide gevallen hebben de vogels het in de betreffende winterseizoenen moeilijker gehad dan nu door de modelresultaten wordt gesuggereerd.

3.3.4 Vogelgewichten

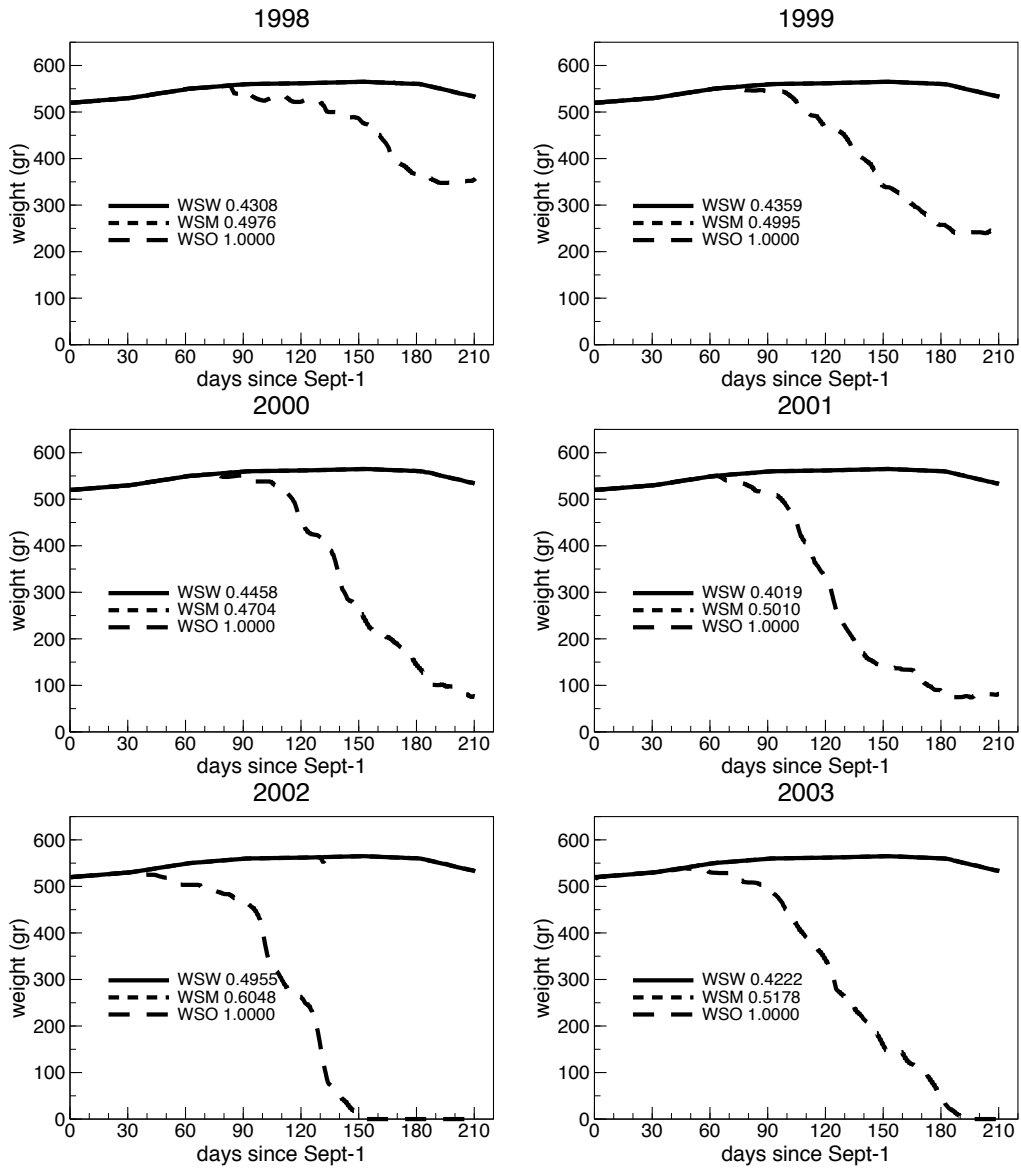
De Figuren 3.9 en 3.10 laten de gesimuleerde vogelgewichten zien per deelgebied. In de legenda zijn bovendien de stress getallen voor de verschillende deelgebieden vermeld. We zien dat in zachte winters de curve van het “streefgewicht” gewoonlijk nauwkeurig wordt gevolgd (het streefgewicht is een invoer gegeven dat voor de Westerschelde iets lager is dan voor de Waddenzee (Zwarts *et al.*, 1996, 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 *WEBTICS* eigenlijk een soort “supervogels” wordt gesimuleerd (zie de aannamen op bladzijde 3.2.4). Om deze redenen werken we voor het evalueren van een seizoen met de stress index (zie Hoofdstuk 3.2.5) en niet met het gewicht van de vogels. 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.

In strenge winters of door voedselgebrek, kunnen de gewichten omlaag gaan. Hoever omlaag hangt af van de beschikbare hoeveelheid voedsel, van alternatieve voedselbronnen, en van de kwantificering van het effect van vorst. De gevoeligheid voor de betreffende parameter waarden is groot 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 strenge winters worden daarom in de analyse van stress factoren in Hoofdstuk 3.4 steeds apart genoemd.



Figuur 3.9. Gesimuleerde vogelgewichten voor de jaren 1992–1997 (zie Figuur 3.10 voor de jaren 1998–2003). 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 worden “supervogels” gesimuleerd (zie Hoofdstuk 3.2.4).



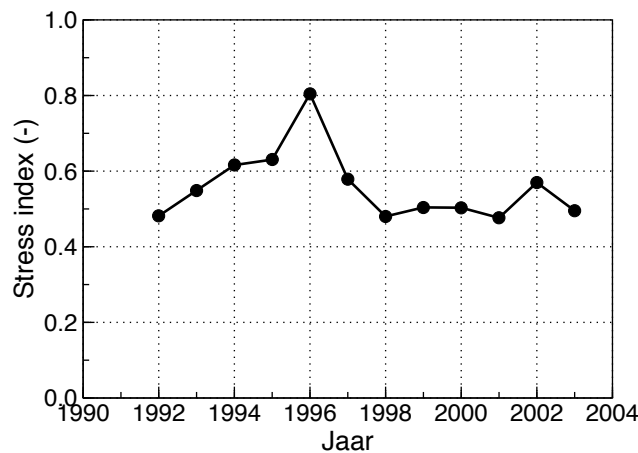
Figuur 3.10. vervolg op Figuur 3.9.

De grafieken in de Figuren 3.9 en 3.10 laten voor het deelgebied Westerschelde Oost voor bijna elk seizoen een dramatisch gewichtsverlies zien. De conclusie daaruit moet zijn dat we met het model niet goed kunnen begrijpen hoe de scholeksters daar de winter doorkomen. Naar alle waarschijnlijkheid zijn de scholeksters in dit deelgebied in hoge mate afhankelijk van prooien die niet in het model aanwezig zijn. Het betreft hier overigens een beperkt aantal scholeksters, ongeveer 1000 in het begin van de jaren negentig en tegenwoordig nog rond 500 vogels (zie Figuur 2.2g).

3.4 Analyse van stress factoren voor de Westerschelde

3.4.1 De stress Index voor de historische gegevens

Figuur 3.11 toont de stress index³ voor de beschouwde seizoenen berekend met de historische gegevens (de “historische stress index”). Het verloop van de stress index laat zien dat de scholeksters het in de achtereenvolgende seizoenen 1994-1995, 1995-1996, 1996-1997 en 1997-1998 waarschijnlijk moeilijk hebben gehad. In de analyse hieronder wordt nagegaan wat de factoren zijn geweest die hebben geleid tot de relatief hoge stress getallen.

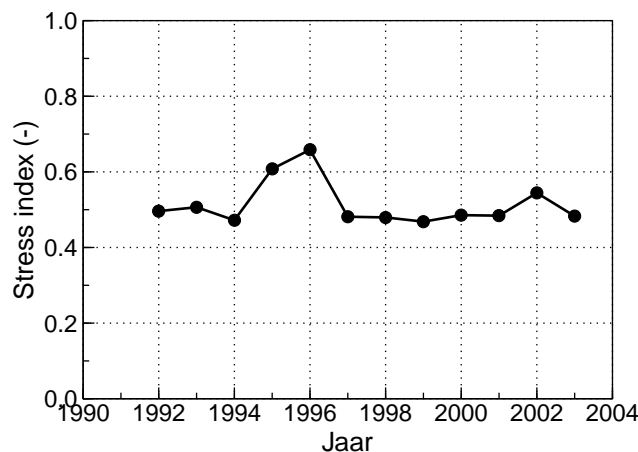


Figuur 3.11. Met historische gegevens berekend stress niveau voor de winters 1992-1993 tot en met 2003-2004. Het stress niveau is een gewogen gemiddelde foerageerinspanning berekend onder enkele nogal optimistische veronderstellingen over de vogels (zie Hoofdstuk 3.2.5, de voetnoot op bladzijde 35 en voor de aannamen Hoofdstuk 3.2.4).

3.4.2 1997: een gemiddelde zachte winter

Figuur 3.12 laat de stress index zien voor alle gesimuleerde seizoenen waarbij echter de mogelijkheid van voedselstress is uitgeschakeld door voor alle jaren met de vogelaantallen en het voedsel van 1998 te werken. De variatie die overblijft is die tengevolge van verschillen in weer en waterstanden. De strenge winters van 1995-1996

³ Merk op dat de stress indices in dit rapport niet direct vergelijkbaar zijn met die in de EVA-II rapporten Rappoldt *et al.* (2003c,b,a). De waarden hier kunnen worden omgerekend in de “oude” door ze te kwadrateren. De reden van deze verandering is dat de nieuwe waarden kunnen worden vergeleken met de dagelijkse inspanning, de foerageerintensiteit. De stress index is nu een waarde op dezelfde schaal, een gewogen intensiteit in plaats van het kwadraat ervan (zie ook Hoofdstuk 3.2.5)



Figuur 3.12. De voedselsituatie en de vogelaantallen van 1998 gecombineerd met het weer en getijde van de overige jaren. De strenge winters van 1995–1996, 1996–1997 en 2002–2003 leiden tot extra koudestress.

en 1996–1997, en in iets mindere mate 2002–2003, vallen op door een verhoogde stress tengevolge van een grotere voedselbehoefte en de effecten van vorst op de beschikbaarheid van de prooien.

De stress index in de overige winters bedraagt gemiddeld 0.484. De seizoenen 1997–1998, 2000–2001, 2001–2002 en 2003–2004 komen daar alle dichtbij. Het seizoen 1997–1998, midden in de beschouwde periode, is gekozen als “standaard zachte winter”. Dit is het seizoen dat ook voor de Oosterschelde gebruikt is (Rappoldt *et al.*, 2003b) en de stress index voor dat seizoen in Figuur 3.12 bedraagt 0.481.

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 seizoen 1997–1998.

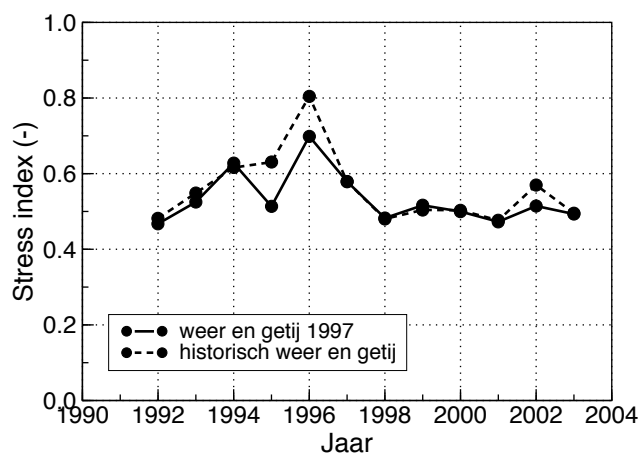
3.4.3 Stress verhoging door strenge winters

In Figuur 3.13 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. Het verschil tussen de twee curves in Figuur 3.13 is dus bijna geheel het effect van de strenge winters.

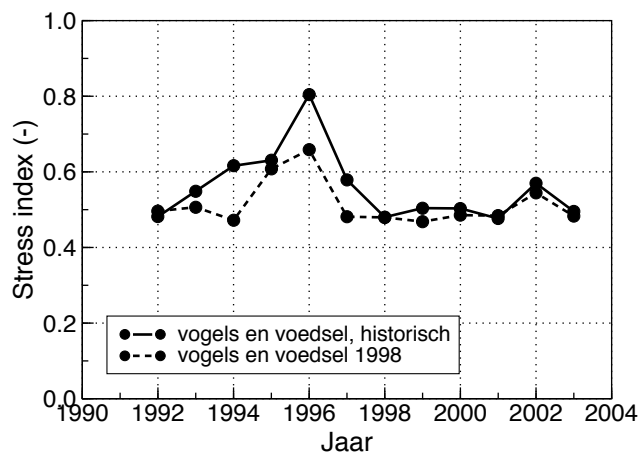
3.4.4 Voedselstress

De Voedselstress kan in beeld worden gebracht door de prooisurvey te vervangen door die voor een seizoen met heel grote schelpdierbestanden. Inspectie van Figuur 2.1 leert dat 1998–1999 een goede keuze moet zijn. Het resultaat van de berekening wordt in Figuur 3.14 weer vergeleken met de historische runs.

De figuur laat zien dat er in de strenge winters 1995–1996 en 2002–2003 blijkbaar alleen een wintereffect is geweest. De voedselstress ten opzichte van het extreem goede kokkeljaar 1998–1999 is immers heel klein. In enkele andere jaren, en met



Figuur 3.13. De stress index voor het weer en getijde van de standaard zachte winter (1997) vergeleken met de historische runs. De seizoenen met vorst 1995–1996, 1996–1997 en 2002–2003 zijn duidelijk terug te vinden.

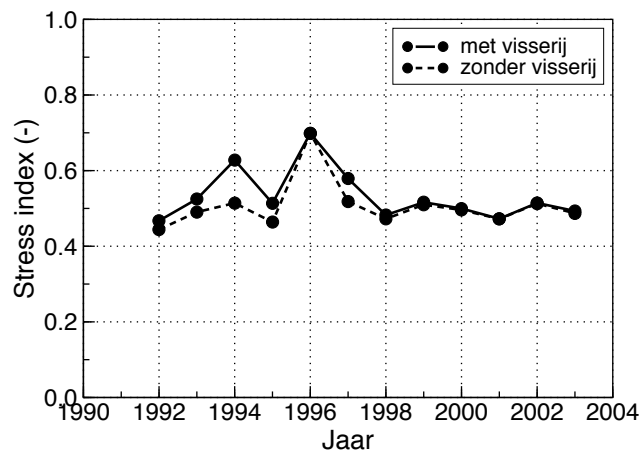


Figuur 3.14. De stress index berekend voor de ruime hoeveelheid voedsel van 1998 (dezelfde als in Figuur 3.12) vergeleken met de historische runs. Het verschil tussen de twee stressniveaus is de (extra) stress door de lagere hoeveelheid voedsel in alle jaren behalve 1998.

name in 1994–1995 is echter wel sprake geweest van een stress verhoging door een beperkte hoeveelheid voedsel.

3.4.5 Stress verhoging door weggevisst voedsel

In Figuur 3.15 worden 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 Westerschelde. Daarbij is voor alle jaren gebruik gemaakt van het weer en getij van de “standaard zachte winter” 1997 (zie Hoofdstuk 3.4.2). Dit om te voorkomen dat visserij effecten gemaskeerd worden door het effect van winterkou of door verschillen tussen het weer en getijde in de verschillende seizoenen.



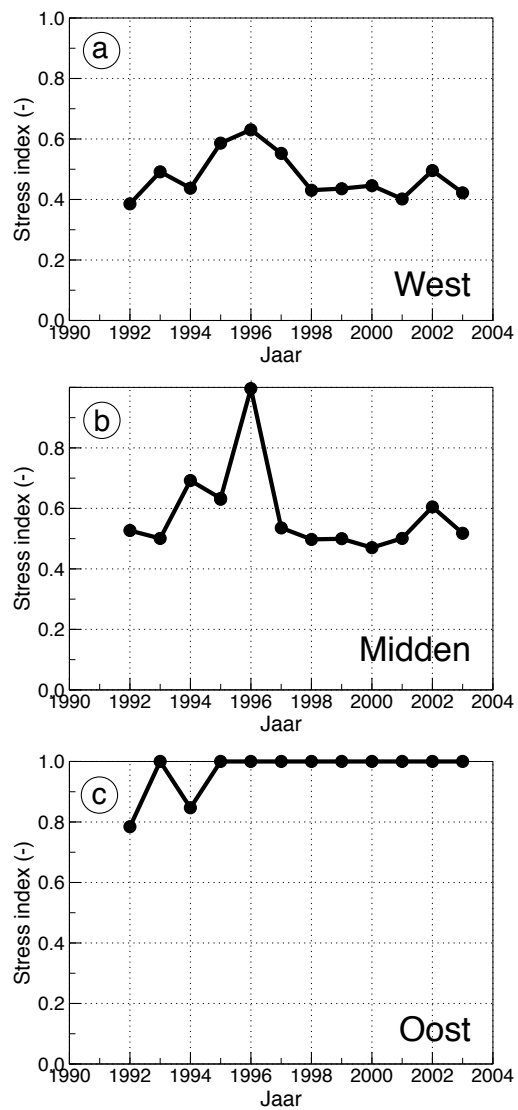
Figuur 3.15. De stress indices met en zonder visserij. De runs zijn gedaan met de historische vogelaantallen en de historische voedselsituatie, maar met het weer en getijde van 1997.

Het resultaat laat voor het seizoen 1994–1995 een heel groot effect van de visserij zien. De voedselstress in dat seizoen (zie Figuur 3.14) verdwijnt voor het grootste deel als de visserij wordt weggelaten. Ook in de jaren daarvoor en daarna is een effect zichtbaar, maar in de laatste 6 jaar is er nauwelijks een effect (alleen in 1996-1997 is er *niet* gevist).

3.5 Stress factoren voor de deelgebieden

Figuur 3.16 toont de stress index voor de drie deelgebieden, berekend op basis van de historische gegevens. Voor Westerschelde Oost is de stress index 1.0 behalve voor de eerste jaren. Dat betekent dat er (in het model) onvoldoende voedsel aanwezig is voor de scholeksters in het oostelijk deelgebied. De vogels eten daar vermoedelijk ook andere prooien.

Voor zowel “West” als “Midden” valt op dat de stress index niet sterk veranderd is, afgezien van de verhoging in de seizoenen rond 1996. Voor het Midden geldt echter dat het aantal scholeksters aanzienlijk is afgenomen. Een desalniettemin gelijkblijvende stress wijst erop dat de draagkracht kan zijn afgenomen (vergelijk de



Figuur 3.16. De stress indices voor de deelgebieden berekend met de historische gegevens voor weer, getijde, vogelaantallen en voedsel.

stress index voor en na de moeilijke jaren rond 1996). Dat is natuurlijk consistent met het in Westerschelde Midden afnemende kokkelbestand. Meer gedetailleerde berekeningen aan de draagkracht in Hoofdstuk 3.6 hieronder bevestigen dit beeld.

Ook voor Westerschelde West geldt dat de stress index geen trend laat zien, kan dus met een verandering in draagkracht te maken hebben. Hier geldt dat zowel de vogelaantallen als de schelpdierbestanden veel minder zijn veranderd (ten opzichte van de seizoenen 1992 en 1993) dan in Westerschelde Midden.

3.6 De draagkracht van de Westerschelde voor scholeksters

3.6.1 Methode

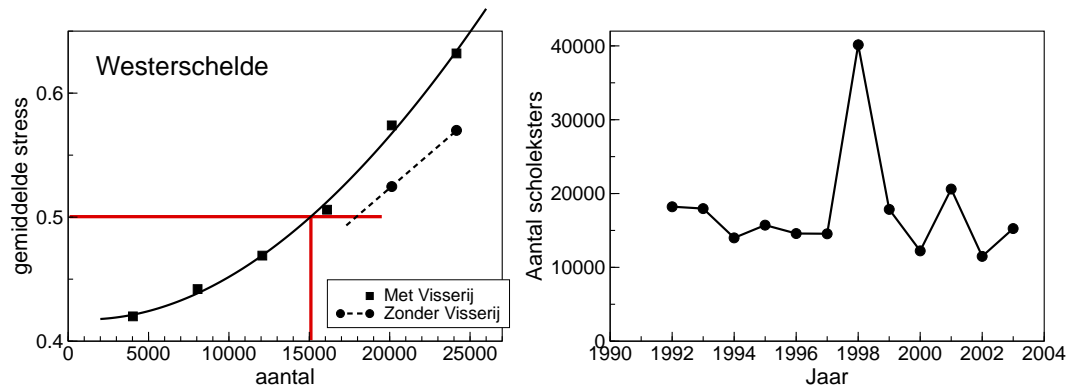
In de EVA-II rapporten over scholeksters en hun voedsel in de Waddenzee en in de Oosterschelde (Rappoldt *et al.*, 2003c,b) zijn capaciteitsberekeningen gemaakt door voor de beschouwde reeks van jaren een gemiddeld stress niveau uit te rekenen in afhankelijkheid van het aantal vogels in het gebied. Het aantal vogels waarvoor het gemiddelde stress niveau een kritische waarde bereikt is dan een schatting voor de draagkracht van het gebied voor scholeksters. Aan de hand van een analyse van het aantalsverloop is voor de Oosterschelde dit kritische stress niveau bepaald op 0.245. Dat is echter de oude kwadratische index. Voor de stress getallen in dit rapport bedraagt het kritische niveau $\sqrt{0.245} = 0.495$. Deze waarde (afgerond 0.50) is in overeenstemming met een meer recente analyse van sterftcijfers en aantalsverloop in de Waddenzee (ongepubliceerd). De waarde betekent dat als de “modelvogels” meer dan de helft van hun maximale inspanning moeten leveren, gemiddeld over een reeks van jaren, dat dan echte scholeksters in de problemen komen.

Ook in dit rapport rekenen we met behulp van deze methode schattingen voor de draagkracht uit. Daarnaast wordt ook nog een andere methode gebruikt. We kunnen namelijk ook voor elk jaar afzonderlijk het aantal vogels bepalen wat een stress index van 0.50 zou hebben opgeleverd. Nu is de draagkracht van een gebied een lange termijn grootheid, maar we kunnen door deze maximale aantallen in grafiek te brengen wel nagaan of er een trend is in de draagkracht van het gebied.

3.6.2 Draagkracht voor het gehele gebied

In Figuur 3.17a is de draagkracht voor de Westerschelde berekend door het gehele gebied als één voedselgebied te beschouwen. De uitkomst is ongeveer 15000 vogels. In Figuur 2.1 is te zien dat in de negentiger jaren dit aantal vogels inderdaad aanwezig is geweest in de Westerschelde. Na 1998 zijn de aantallen echter afgenomen tot ongeveer 8000. In Figuur 3.17b is verder te zien dat de voor elke jaar berekende maximale aantallen niet zijn afgenomen. De mediaan van deze reeks aantallen 15500 ligt dichtbij de draagkrachtschatting in Figuur 3.17a. Zoals hieronder duidelijk zal worden is er geen afname in de draagkracht berekend omdat de vogels (in het model) kunnen verschuiven van Westerschelde Midden naar Westerschelde West.

Zonder visserij zijn nog slechts twee simulaties uitgevoerd die ook in Figuur 3.17a te zien zijn. Een nette curve voor een draagkrachtberekening is er nog niet, maar wel is

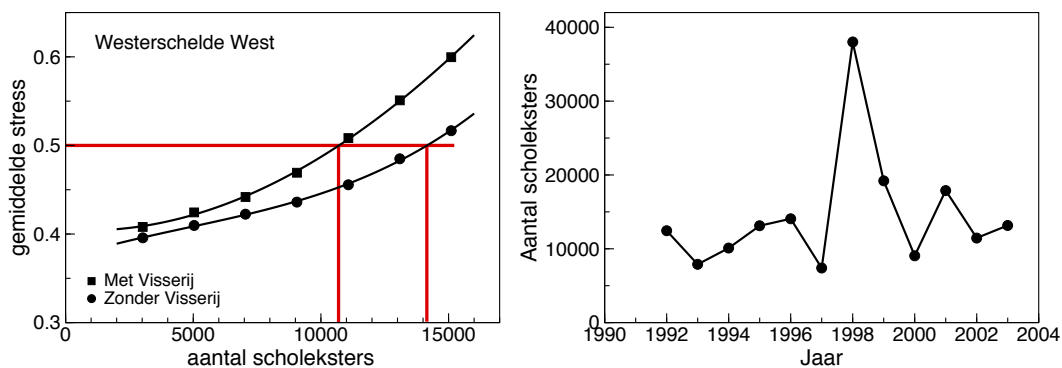


Figuur 3.17. Draagkrachtberekening voor de Westerschelde voor de periode 1992–2003. (a) Gemiddeld stress niveau berekend voor de voedselsituatie in de afzonderlijke jaren in combinatie met een standaard zachte winter. In de simulaties kunnen de scholeksters in de gehele Westerschelde foerageren. Ze kunnen dus (in het model) vrijelijk bewegen tussen de verschillende deelgebieden. De berekeningen zijn gedaan met visserij. Het aantal scholeksters afgelezen bij een gemiddeld stress niveau van 0.50 bedraagt 15058. Zonder visserij zijn nog slechts twee punten berekend die een visserij effect op de draagkracht van ongeveer 3000 vogels laten zien. (b) Het aantal scholeksters waarvoor het model in de afzonderlijke jaren een stress niveau van 0.50 berekend (met visserij). De mediaan van dit aantal is 15488 vogels.

duidelijk dat het effect van visserij aanzienlijk is, een draagkrachtvermindering van ongeveer 3000 vogels (14% van de berekende draagkracht zonder visserij). Hierbij moet wel worden aangetekend worden dat een eventueel aandeel sublitoraal in de gebruikte vangstgegevens niet is meegenomen in de berekeningen.

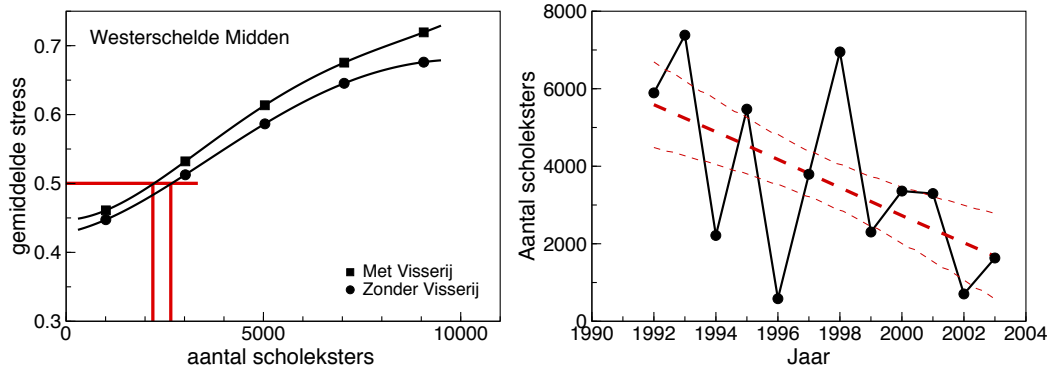
3.6.3 Draagkracht voor West en Midden

In Figuur 3.18a is de draagkracht voor het deelgebied Westerschelde West afzonderlijk berekend. De uitkomst is ongeveer 10700 vogels (rekening houdend met de



Figuur 3.18. Draagkrachtberekening voor de Westerschelde West voor de periode 1992–2003. (a) Gemiddeld stress niveau berekend voor de voedselsituatie in de afzonderlijke jaren in combinatie met een standaard zachte winter. De berekeningen zijn gedaan met en zonder de historische kokkelvisserij. Het aantal scholeksters afgelezen bij een gemiddeld stress niveau van 0.50 bedraagt respectievelijk 10708 en 14158. (b) Het aantal scholeksters waarvoor het model in de afzonderlijke jaren een stress niveau van 0.50 berekend (met visserij).

historische visserij). Deze schatting is een paar duizend vogels lager dan de mediaan 12800 van de jaarlijkse maximale aantallen in Figuur 3.18b. De voor het deelgebied Westerschelde West berekende capaciteit is dus hoger dan het aantal van 6700 vogels dat er gemiddeld gezeten heeft. Wat wel in overeen stemming is met de berekeningen is dat er geen lange termijn verandering in de aantallen heeft plaats gevonden (zie Figuur 2.2a).



Figuur 3.19. Draagkrachtberekening voor de Westerschelde Midden voor de periode 1992–2003. (a) Gemiddeld stress niveau berekend voor de voedselsituatie in de afzonderlijke jaren in combinatie met een standaard zachte winter. De berekeningen zijn gedaan met en zonder de historische kokkelvisserij. Het aantal scholeksters afgelezen bij een gemiddeld stress niveau van 0.50 bedraagt respectievelijk 2223 en 2672. (b) Het aantal scholeksters waarvoor het model in de afzonderlijke jaren een stress niveau van 0.50 berekend (met visserij). De daling van dit aantal ($P = 0.06$) wijst erop dat de capaciteit van het deelgebied Westerschelde Midden is afgenomen.

In Figuur 3.19a is de draagkracht voor het deelgebied Westerschelde Midden afzonderlijk berekend. De uitkomst is ongeveer 2200 vogels (rekening houdend met de historische visserij). Deze schatting ligt op het niveau van de aantallen vogels die er sinds 1999 in het gebied geteld worden. In de periode daarvoor overwinterden er meer dan 5000 scholeksters in Westerschelde Midden (zie Figuur 2.2d). Deze daling is te begrijpen met Figuur 3.19b waarin de berekende jaarlijkse maxima in grafiek zijn gebracht. Er is een dalende trend die kwantitatief goed overeen komt met de waargenomen afname in Westerschelde Midden. Wat we *niet* begrijpen is waarom de daling in het aantal zich in zo'n korte tijd heeft voltrokken, maar dat de draagkracht van Westerschelde Midden aanzienlijk is afgenomen wordt bevestigd door de modelstudie.

Behalve *met* en *zonder* visserij zijn er ook berekeningen uitgevoerd voor een vaste keuze van de droogvalduur volgens de kaarten van 1996 en 2001. Deze berekeningen zijn uitgevoerd zonder visserij en vallen praktisch samen met de resultaten voor een geïnterpoleerde droogvalduur zonder visserij. Er lijken dus in de beschouwde periode geen veranderingen ten aanzien van een veranderende droogvalduur te zijn.

Hoofdstuk 4

Discussie

De berekeningen met het simulatiemodel zijn uitgevoerd met hetzelfde type invoergegevens en met dezelfde parameterwaarden als die welke gebruikt zijn voor de EVA-ii studies Rappoldt *et al.* (2003c,b) naar de situatie in de Waddenzee en Oosterschelde. Uitzonderingen zijn de visserij die voor de Westerschelde door het model over de platen werd verdeeld zonder gebruik te maken van de black-box gegevens. Verder is de voor de sterfte tijdens het winterseizoen van kokkels anders dan door visserij en predatie voor de Westerschelde een hogere snelheid gebruikt naar aanleiding van de aanzienlijk hogere *jaarlijkse* sterftecijfers voor het gebied.

De kokkelbalans laat een opmerkelijke afwijking zien voor de vier seizoenen 1998–1999, 1999–2000, 2001–2002 en 2002–2003. Steeds is het kokkelbestand in het voorjaar veel lager dan wordt verwacht op basis van de situatie het jaar ervoor en de met het model geschatte predatie, de visserij en de overige kokkelsterfte. De meest waarschijnlijke verklaring lijkt dat de zomersterfte welke gebruikt wordt voor de berekening van het beginbestand in september aanzienlijk groter is dan werd aangenomen. De met verschillende methoden gemeten zomersterfte gerapporteerd door Kamermans *et al.* (2003b) leidt tot enkele sterk verschillende schattingen en het is op dit moment nog onduidelijk welke van die schattingen eigenlijk de beste is.

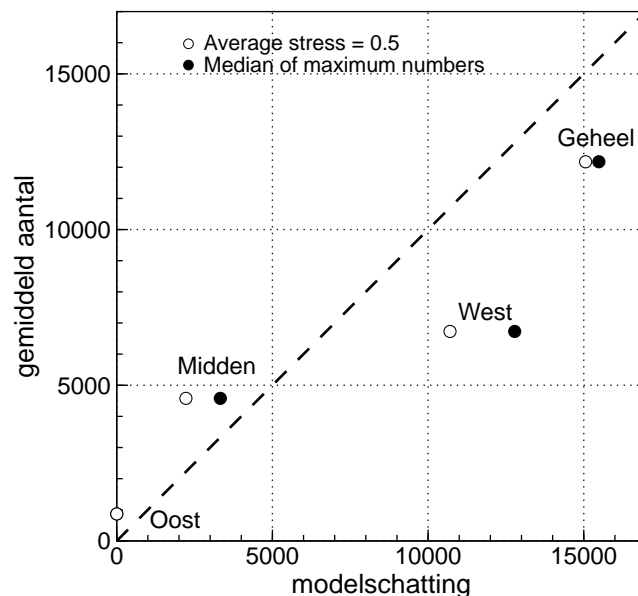
Andere (meer of minder waarschijnlijke) verklaringen voor het gat in de balans zijn een visserij groter dan de gedocumenteerde, een nog hogere wintersterfte van kokkels of een veel kleinere zomergroei dan die welke is gemeten. Een drie keer zo grote predatie door vogels zou het gat ook dichten.

Het beeld dat van de drie deelgebieden naar voren komt is zeer verschillend. Westerschelde Oost is een voor de scholeksters onbelangrijk gebied waar ze zeer waarschijnlijk voornamelijk leven van prooien die niet meegerekend zijn. De voor dat deelgebied berekende draagkracht voor scholeksters komt op 0 uit.

In Westerschelde Midden is het aantal scholeksters in de bestudeerde periode afgenomen van ongeveer 6000 naar ongeveer 2000. Het kokkelbestand is afgenomen en de bestand nonnetjes is toegenomen, maar een draagkrachtberekening laat inderdaad een afname zien van de draagkracht voor scholeksters, in overeenstemming met de waargenomen afname.

In Westerschelde West heeft geen substantiele verandering in vogelaantallen en kokkelbestand plaatsgevonden. Dat geldt ook voor de berekende draagkracht die echter

40% hoger is dan de waargenomen aantallen vogels. Er is verder een aanzienlijk effect van de kokkelvisserij, vooral tengevolge van de relatief grote vangsten in het seizoen 1994–1995. Hierbij moet wel aangetekend worden dat een eventueel aandeel sublitoraal in de gebruikte vangstgegevens niet is meegenomen in de berekeningen. Een betere schatting van het effect van visserij vergt dus een schatting van het dit sublitorale aandeel en verder zal het gebruik van de black box gegevens het effect van de visserij wat realistischer verdelen over de afzonderlijke deelgebieden.



Figuur 4.1. Het resultaat van de draagkrachtberekeningen uit Hoofdstuk 3.6.2 vergeleken met gemiddelde aantallen vogels (1 september tot 31 maart). Het resultaat van beide typen draagkrachtberekening is weergegeven.

In Figuur 4.1 zijn de draagkrachtschattingen voor de deelgebieden, en ook die voor de hele Westerschelde, nog eens in grafiek gebracht samen met het gemiddeld aanwezige aantal vogels (tussen 1 september en 31 maart). Voor Midden is de berekende draagkracht te laag, maar daar hebben we te maken met een afnemend aantal vogels. Voor West, en ook voor het hele gebied wat daar natuurlijk niet onafhankelijk van is, is de berekende draagkracht tientallen procenten te hoog, de afhankelijkheid van kokkels groot en een grotere zomersterfte van kokkels (of een om andere redenen lager kokkelbestand) zou dus vermoedelijk leiden tot een evenredige vermindering van de berekende draagkracht.

De conclusie is dan ook dat de draagkrachtschattingen met *WEBTICS* een juiste beschrijving vormen van de belangrijkste verschillen tussen de deelgebieden in aantallen en aantalsontwikkeling, maar dat vermoedelijk een kwantitatieve verbetering kan worden bereikt door nauwkeuriger cijfers over de sterfte van kokkels voorafgaand aan of tijdens het winterseizoen.

4.1 Aanbevelingen

Samen met de schelpdieronderzoekers van het RIVO kan vermoedelijk een betere kwantificering van de kokkelsterfte voor de verschillende seizoenen bereikt worden.

Uitgangspunt daarbij kan zijn dat het wenselijk is consistentie te bereiken tussen de gemeten voorjaarsbestanden, de berekende najaarsbestanden, de verschillende oorzaken van sterfte en de bestanden in het volgende jaar. Dat leidt niet alleen tot betere berekeningen met *WEBTICS*, maar ook tot een beter inzicht in de ontwikkeling van een kokkelbestand na een grote broedval.

Op basis van de verkregen inzichten kunnen dan de draagkrachtberekeningen die in dit rapport zijn beschreven relatief eenvoudig worden herhaald. Omdat het simulatiemodel voor ieder jaar begint met een septemberbestand dat wordt geschat uit een gemeten voorjaarsbestand, zullen de nieuw berekende draagkrachten wel wat afwijken van die in dit rapport maar niet tot een heel ander beeld van de situatie leiden. Indien meer historische hoogtekaarten beschikbaar komen kunnen die natuurlijk worden gebruikt.

Tenslotte kunnen ook analyses worden gemaakt van het effect van een verkleining van de slikken en platen, een kleinere droogvalduur, of voorziene veranderingen in de hoeveelheid kokkels en nonnetjes. Voor de Oosterschelde bijvoorbeeld is een dergelijke berekening al eens gemaakt door te werken met de verwachte hoogtekaart voor 2010 (Rappoldt *et al.*, 2003b). Het resultaat was een te verwachten vermindering van het aantal scholeksters met 9000 vogels.

De grootte van een berekend effect op de draagkracht kan worden vergeleken met andere effecten of met de variatie tengevolge van verschillen in weer en getijde. Bij dit type scenarioberekeningen met *WEBTICS* moet wel onderscheid worden gemaakt tussen het directe effect van bijvoorbeeld een andere droogvalduur, en indirecte effecten via het voedsel. Gegevens of hypothesen over veranderingen in het voedselbestand kunnen “naar de scholeksters” worden doorgerekend met *WEBTICS*, maar de meerjarige dynamiek van de schelpdierbestanden zelf maakt niet deel uit van het model.

Bibliografie

- 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.
- Ens, B. J., Brinkman, A. G., Dijkman, E. M., Meesters, H. W. G., Kersten, M., Brenninkmeijer, A., Twisk, F., 2005. Modelling the distribution of waders in the Westerschelde: What is the predictive power of abiotic variables? Technical report, Alterra, Wageningen, the Netherlands. Alterra-rapport 1193.
- Goss-Custard, J. D., 1996. The Oystercatcher, from individuals to populations. Oxford University Press, New York.
- Kamermans, P., Bult, T., Kater, B., Baars, D., Kesteloo, J., Perdon, J., Schuiling, E., 2003a. deelproject h4: Invloed van natuurlijke factoren en kokkelvisserij op de dynamiek van bestanden aan kokkels (*Cerastoderma edule*) en nonnen (*Macoma balthica*) in de waddenzee, ooster- en westerschelde. Technical report, RIVO (Nederlands Instituut voor Visserijonderzoek), Yerseke, the Netherlands.
- Kamermans, P., Kesteloo-Hendrikse, J. J., Baars, D., 2003b. EVA II deelproject H2: Evaluatie van de geschatte omvang en ligging van kokkelbestanden in de waddenzee, ooster- en westerschelde. Technical report, RIVO, Yerseke, the Netherlands. RIVO Rapport.
- 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.

- 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.
- Zwarts, L., 1997. Waders and their estuarine food supplies. Ministerie van verkeer en waterstaat, Lelystad, the Netherlands. Proefschrift Rijksuniversiteit Groningen.
- Zwarts, L., Hulscher, J. B., Koopman, K., Piersma, T., Zegers, P. M., 1996. Seasonal and annual variation in body weight, nutrient stores and mortality of oystercatchers *Haematopus ostralegus*. *Ardea* 84A, 327–356.