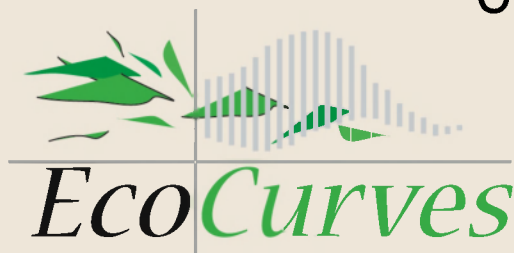


Scholeksters en de verruiming van de Westerschelde

Modelberekeningen voor de periode 1992-2015 aan het effect van de
voorgenomen verruiming van de vaargeul op het aantal scholeksters

C. Rappoldt, B.J. Ens



© Photo Jan van de Kam, Griendtsveen

EcoCurves rapport 5, ISSN 1872-5449

SOVON-onderzoeksrapport 2007/03, ISSN 1382-6271

Scholeksters en de verruiming van de Westerschelde

In opdracht van ARCADIS Ruimte & Milieu BV

Scholeksters en de verruiming van de Westerschelde

Modelberekeningen voor de periode 1992-2015 aan het effect van de voorgenomen verruiming van de vaargeul op het aantal scholeksters

C. Rappoldt¹, B.J. Ens²

¹EcoCurves, Kamperfoelieweg 17, 9753 ER Haren, Nederland

²SOVON Vogelonderzoek Nederland, Rijksstraatweg 178, 6573 DG Beek-Ubbergen

E-mail: kees.rappoldt@ecocurves.nl

EcoCurves rapport 5

SOVON-onderzoeksrapport 2007/03

EcoCurves, Haren, 2007

REFERAAT

C. Rappoldt, B.J. Ens, 2007. *Scholeksters en de verruiming van de Westerschelde ; Modelberekeningen voor de periode 1992-2015 aan het effect van de voorgenomen verruiming van de vaargeul op het aantal scholeksters*. EcoCurves rapport 5, EcoCurves, Haren. SOVON-onderzoeksrapport 2007/03, Sovon Vogelonderzoek Nederland, Beek-Ubbergen. 57 blz. 19 fig.; 9 tab.; 25 ref.

Veranderingen in de droogvalduur van de platen tengevolge van de verruiming van de Westerschelde hebben mogelijk invloed op het aantal overwinterende scholeksters. Voor verschillende scenario's is de draagkracht voor scholeksters berekend met het simulatiemodel WEBTICS (Wader Energy Balance and Tidal Cycle Simulator), onder de aanname dat het kokkelbestand voor elk ecotoop gemiddeld gelijk blijft. De onzekerheid in de gebruikte gemiddelde kokkelbestanden per ecotoop leidt tot een onzekerheid in de berekende draagkrachten waar het effect van de verruiming niet bovenuit komt. Een eventueel bestaand positief of negatief effect betreft hoogstens enkele procenten van het aantal overwinterende scholeksters. De modelberekeningen in dit rapport kunnen daarom niet bijdragen aan een keuze tussen het storten van bagger op de plaatranden of in de nevengeulen. Andere overwegingen moeten daarbij de doorslag geven, zoals eventuele problemen rond de kolonisatie van gedeponeerde materiaal of de mogelijke verstoring. Dergelijke risico's zijn belangrijker dan een eventueel bestaand klein effect op de draagkracht.

Trefwoorden: scholekster, wadvogel, voedsel, model, draagkracht, kokkel, droogvalduur

ISSN 1872-5449

Als SOVON-onderzoeksrapport 2007/03 maakt dit rapport tevens deel uit van de serie ISSN 1382-6271, uitgegeven door Sovon Vogelonderzoek Nederland, Beek-Ubbergen.

Dit rapport is beschikbaar als PDF file op www.ecocurves.nl.

© 2007 C. Rappoldt, EcoCurves
Kamperfoelieweg 17, 9753 ER Haren (gn), Nederland
Tel.: (050) 5370979; e-mail: kees.rappoldt@ecocurves.nl

Foto voorplaat: © Jan van de Kam, Deurneseweg 1, 5766 PH Griendtsveen

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 EcoCurves en Rijkswaterstaat.

EcoCurves aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek.

[EcoCurves mei 2007]

Inhoudsopgave

Lijst van figuren	7
Lijst van tabellen	8
Woord vooraf	9
Samenvatting	11
1 Inleiding	13
1.1 Achtergrond en Vraagstelling	13
1.2 Aanpak	13
1.3 Technische opmerkingen	14
1.3.1 Jaaraanduiding	14
1.3.2 Kokkelgewichten	14
2 Gegevens en Methoden	15
2.1 De gebruikte scenario's	15
2.2 Getijde	16
2.2.1 De generatie van getijdecycli	16
2.3 Weer	17
2.4 Scholekster aantallen	17
2.5 Kokkelbestanden	19
2.5.1 De schelpdier survey	19
Droogvalduur van de surveybestanden	21
2.5.2 Modelbestanden	22
Droogvalduur van de modelbestanden	23
2.5.3 De verdeling van de biomassa	26
2.5.4 Heterogene modelbestanden	28
2.5.5 Visserij	32
3 Het simulatiemodel WEBTICS	33
3.1 Inleiding	33
3.2 Simulatie van de getijdecycli	34
3.3 Stress index	34
3.4 Het gesimuleerde dieet	36
3.5 Het lot van de kokkels	37
3.6 De Kokkelbalans	37
3.7 Het kritisch stress niveau	38
3.8 Draagkrachtberekening	40
3.9 Draagkrachtberekening voor modelbestanden	41
4 Scenario's voor de verruiming	45
4.1 De invoergegevens	45

4.2	Resultaat	46
5	Discussie	49
5.1	Het aantal scholeksters in de Westerschelde	49
5.2	Heterogene modelbestanden	49
5.3	Scenario's voor verruiming van de Westerschelde	50
6	Conclusies	53
	Referenties	57

Lijst van figuren

2.1	Een kaart met de deelgebieden (met afkortingen)	15
2.2	Droogvalduren op de kaart vergeleken met die in gesimuleerde winterseizoenen	17
2.3	Het aantal scholeksters en de kokkels en nonnetjes in de deelgebieden	18
2.4	Kokkel droogvalduren op twee kaarten voor de bestanden van 2000, 2001 en 2002	21
2.5	Kokkel droogvalduren op twee kaarten voor de bestanden van 2003, 2004 en 2005	22
2.6	Kokkel droogvalduren Westerschelde West voor de scenario's NA en P4P	24
2.7	Verschil in kokkel droogvalduur tussen de P4 scenario's en het Null Alternatief NA	25
2.8	De biomassa dichtheid waarin de kokkels voorkomen voor 6 modelbestanden	26
2.9	De biomassa dichtheid waarin de kokkels voorkomen voor 4 surveybestanden	27
2.10	Biomassaverdeling voor twee- en meerjarige kokkels in de surveys . .	29
2.11	De biomassa dichtheid voor 10 random realisaties van het kokkel modelbestand voor NA-2015	30
3.1	Gesimuleerde stress indices voor de surveybestanden 1992–2005 . . .	35
3.2	Gesimuleerd dieet voor de surveybestanden 1992–2005	36
3.3	De kokkelbalans voor de Westerschelde voor de seizoenen 1992–2005	38
3.4	Het tweejarig gemiddeld terugkeergetal als functie van het stress niveau	39
3.5	Het aantal dood gevonden scholeksters als functie van het stress niveau in de Waddenzee	39
3.6	Berekende draagkracht voor de survey bestanden van 1992–2005. . .	40
3.7	Calibratie van de draagkracht van het modelbestand voor 2005. . . .	42
3.8	Voorbeeld van een draagkrachtberekening met een kunstmatig heterogeen modelbestand.	43

Lijst van tabellen

2.1	Kokkelbestanden voor september op basis van de schelpdierssurveys 1992–2005	19
2.2	Septemberbestanden berekend met de droogvallende oppervlakken van 2005	20
2.3	Kokkel septemberbestanden voor de beschouwde scenario's	23
2.4	Schatting van de parameters van een gammaverdeling	31
2.5	Geviste kokkels	32
3.1	Het gesimuleerde lot van de kokkels in de winterperioden van 1992–1993 t/m 2003–2004.	37
4.1	Berekende draagkracht zonder visserij voor scholeksters voor de drie scenario's	46
4.2	Procentuele verandering ten opzichte van 2005	47
4.3	Procentuele verandering ten opzichte van het Nul Alternatief	47

Woord vooraf

In het kader van het project Verruiming vaargeul Schelde wordt door het consortium ARCADIS-Technum een MER opgesteld in opdracht van Rijkswaterstaat. Daarbij wordt het onderzoek naar de ecologische effecten van de verruiming gecoördineerd door Heinis Waterbeheer en Ecologie.

Voor u ligt het rapport “Scholeksters en de verruiming van de Westerschelde” waarin wij in opdracht van ARCADIS voor drie scenario’s berekeningen hebben gedaan naar het aantal scholeksters dat in de Westerschelde kan overwinteren.

Methodisch gezien bouwt deze studie voort op de studie naar het effect van zandhonger in de Oosterschelde die wij in 2006 in opdracht van RWS-RIKZ hebben uitgevoerd. De verschillen in kokkelbestand en droogvalduur waar het hier over gaat zijn echter veel kleiner. Er is daarom veel aandacht besteed aan de nauwkeurigheid waarmee droogvalduren in het scholekstermodel worden gerealiseerd. Het gebruik van berekende kokkelbestanden is verder ontwikkeld en de benodigde calibratie op de surveybestanden voor het referentiejaar 2005 is heel zorgvuldig uitgevoerd. Desondanks zijn er niet of nauwelijks effecten van de verruiming zichtbaar in de resultaten.

Jeroen Wijsman van het IMARES te Yerseke heeft voor de geselecteerde scenario’s de door Alkyon aangeleverde droogvalduur- en ecotoopkaarten omgerekend in kokkelbestanden. Cor Berrevoets heeft een update van de reeks scholeksteraantallen voor de Westerschelde ter beschikking gesteld. Tenslotte danken wij Floor Heinis voor de samenwerking en voor haar commentaar op dit rapport.

Haren, mei 2007
Kees Rappoldt Bruno Ens

Samenvatting

Het effect van de voorgenomen verruiming van de vaargeul van de Westerschelde op de draagkracht voor overwinterende scholeksters is bestudeerd op basis van droogvalduurkaarten berekend door Alkyon voor de huidige situatie (referentiejaar 2005) en voor drie scenario's, het Nul Alternatief, scenario P4P ("plaatranden") en scenario P4N ("nevengeulen"). De scenario's P4P en P4N verschillen van elkaar met betrekking tot de plaatsen waar het uitgebaggerde materiaal wordt gedeponeerd, voornamelijk plaatranden of voornamelijk nevengeulen.

Veranderingen in de droogvalduur van de platen in de Westerschelde hebben op twee manieren een effect op overwinterende scholeksters. Er is een direct effect van een verandering in de droogvalduur doordat de tijd die de vogels beschikbaar hebben om aan hun voedsel te komen verandert. In de tweede plaats heeft een andere droogvalduur ook consequenties voor de kokkels, de voornaamste prooi van overwinterende scholeksters.

Het effect op de kokkelbestanden is door het IMARES gekwantificeerd voor hetzelfde grid dat ook voor de jaarlijkse schelpdiersurvey wordt gebruikt. Voor iedere gridcel (ongeveer 26 ha) is een droogvallend oppervlak, een gemiddelde droogvalduur en een verwachtingswaarde voor de kokkel biomassa bepaald (zie Wijsman & Kesteloo-Hendrikse, 2007). De verwachtingswaarden voor de biomassa zijn berekend door eerst *per ecotoop* een gemiddelde biomassa te berekenen uit de gegevens van de schelpdiersurveys. Deze ecotoopgemiddelden zijn vervolgens gecombineerd met de huidige en toekomstige ecotopenkaarten. De biomassa dichtheid voor iedere gridcel wordt dan bepaald uit de in de cel voorkomende ecotopen.

Voor drie scenario's voor de jaren 2010 en 2015, en voor het referentiejaar 2005 zijn op die wijze in totaal 7 kokkel modelbestanden berekend, met steeds voor iedere gridcel een droogvallend oppervlak en een gemiddelde droogvalduur.

Met het model *WEBTICS* voor overwinterende scholeksters zijn allereerst draagkrachtberekeningen gedaan voor de waargenomen surveybestanden in combinatie met de droogvalduren van het referentiejaar 2005. Voor het deelgebied Westerschelde West is de onzekerheid het kleinst en wordt de draagkracht *rekening houdend met de geregistreeerde visserij* berekend als een aantal scholeksters in het interval [4600, 8200], terwijl het gemiddeld aantal scholeksters 6670 bedroeg. Er is een aanzienlijk effect van de visserij: *zonder visserij* wordt het draagkracht interval voor Westerschelde West [8000, 14300]. Voor Westerschelde Midden is de onzekerheid in de draagkrachtberekening relatief groter ([400, 3500]), is het effect van de visserij kleiner en is het waargenomen aantal vogels gedaald van 6200 (gemiddeld 1992–1998) naar 2500 (gemiddeld 1999–2005).

Om met berekende verwachtingswaarden voor het kokkelbestand te kunnen werken (inplaats van met gemeten surveybestanden) wordt een calibratie uitgevoerd zodanig dat de draagkracht voor de huidige situatie (kaart 2005) gelijk is aan die welke berekend is met de surveybestanden. Deze methode is eerder toegepast in

Rappoldt *et al.* (2006) om het effect van zandhonger in de Oosterschelde te kwantificeren. De calibratie wordt uitgevoerd op het individuele kokkelgewicht dat *nodig* is voor een draagkrachtberekening met *WEBTICS* maar dat niet wordt berekend voor de kokkel modelbestanden. Vervolgens kunnen dan *met het gecalibreerde kokkelgewicht* draagkrachtberekeningen worden gedaan voor de jaren 2010 en 2015. Op die wijze wordt dus het effect van de verruiming gekwantificeerd ten opzichte van het referentiejaar 2005.

Een probleem met kokkel modelbestanden dat ook in het zandhonger rapport Rappoldt *et al.* (2006) aan de orde is geweest betreft de geringe ruimtelijke heterogeniteit van die bestanden. Surveybestanden laten lokaal hoge kokkeldichtheden zien (“kokkelbanken”) terwijl modelbestanden slechts een gemiddelde verwachtingswaarde vertegenwoordigen. Dat is een nadeel voor de in *WEBTICS* gesimuleerde vogels en het gecalibreerde kokkelgewicht komt om die reden onrealistisch hoog uit, net als voor de Oosterschelde. Zoals werd vermoed blijkt het kunstmatig toevoegen van heterogeniteit hier inderdaad een oplossing voor te bieden. Het gecalibreerde kokkelgewicht komt dan dicht bij een gemiddelde voor de surveys. Draagkrachtberekeningen *met* kunstmatig aangebrachte “patchyness” (en een realistisch kokkelgewicht) komen *niet anders* uit dan berekeningen voor homogene modelbestanden (met een hoger gecalibreerd kokkelgewicht). Er is dus geen aanleiding om de berekeningen voor de Oosterschelde in Rappoldt *et al.* (2006) te corrigeren en een methodisch probleem van dit soort scenarioberekeningen is hiermee opgelost.

De effecten van de verruiming, berekend als een aantal scholeksters voor de jaren 2010 en 2015, zijn klein. De aantallen verschillen slechts enkele procenten van die voor het nul alternatief. *Mogelijk* is er voor scenario P4P een klein positief effect op de draagkracht voor Scholeksters in het Westelijke deel van de Westerschelde (ten opzichte van het nulscenario) en een klein negatief effect op de draagkracht voor Scholeksters in het middengedeelte van de Westerschelde. Ter vergelijking: volgens de modelberekeningen heeft de mechanische kokkelvisserij in de periode 1992-2005 de draagkracht voor Scholeksters in de Westerschelde met meer dan 40% verminderd.

De kleine verschillen zijn niet zonder meer aan verschillen tussen P4P en P4N te wijten omdat het gebruik van een gemiddelde biomassa *per ecotoop* een stochastisch element bevat. De droogvallende platen behoren namelijk voor het grootste deel tot slechts enkele ecotopen (zie Wijsman & Kesteloo-Hendrikse, 2007). En verschillen tussen de gebruikte ecotoopgemiddelden komen niet noodzakelijkerwijs voort uit echte effecten van het ecotoop op de kokkels, maar worden mede veroorzaakt door stochasticiteit in de gebruikte surveygegevens. Deze stochasticiteit bepaalt dus mede de gevonden effecten die immers tot stand komen door (onder andere) een verschuiving van ecotoopgrenzen.

Deze onzekerheid, in combinatie met de geringe omvang van de berekende effecten betekent dat de modelberekeningen in dit rapport niet kunnen bijdragen aan een keuze tussen scenario P4N of P4P. Andere overwegingen moeten daarbij de doorslag geven. Die kunnen ook op vogels betrekking hebben. Een belangrijke aanname die schuil gaat achter de gebruikte modelbestanden is dat het storten van bagger op de plaatranden niet ten koste gaat van de bodemfauna op de platen of dat de bodemfauna zich snel herstelt. Een inschatting van de risico's die een bepaald scenario met zich meebrengt lijkt in dit geval belangrijker dan *eventueel* effect op de draagkracht dat zo klein is dat we niet eens met zekerheid kunnen aangeven of het positief is of negatief.

Inleiding

1.1 Achtergrond en Vraagstelling

Tijdens een eventuele verruiming van de vaargeul van de Westerschelde wordt het uitgebaggerde materiaal gedeponerd op de plaatranden onder de laagwaterlijn of in de nevengeulen. In beide scenario's treden veranderingen op in de droogvalduur van (delen van) droogvallende platen. Er kan ook worden afgezien van de werkzaamheden waarna er echter ook veranderingen zullen optreden.

Veranderingen in het droogvallende oppervlak en in de droogvalduur hebben op twee manieren effect op overwinterende scholeksters. Omdat scholeksters tijdens laagwater voedsel zoeken op de slikken leidt een kortere droogvalduur tot een vermindering van de mogelijke voedselopname. In de winter komen de vogels daardoor eerder in de problemen. In de tweede plaats heeft een andere droogvalduur een positieve of negatieve invloed op de kokkels, het voornaamste wintervoedsel van de scholeksters in de Westerschelde.

Het effect op de kokkels is doorgerekend door Wageningen IMARES onder de aanname dat de het gemiddelde kokkelbestand per ecotoop blijft zoals het de afgelopen jaren ook was.

De vraag die in dit rapport wordt beantwoord is wat we op basis van droogvalduur en kokkelbestand kunnen zeggen over het aantal scholeksters dat voor de scenario's "Niets doen" (NA), "Storten in de Nevengeulen" (P4N) en "Storten op de plaatranden" (P4P) in de Westerschelde kan overwinteren.

1.2 Aanpak

De effecten op de kokkelbestanden zijn door het IMARES gekwantificeerd door voor het referentiejaar 2005 en voor de drie scenario's een droogvallend oppervlak, een gemiddelde droogvalduur en een kokkel biomassa te bepalen voor de gridcellen van de schelpdiersurvey. De biomassa is bepaald uit de ecotopenkaarten voor de verschillende scenario's in combinatie met gemiddelden per ecotoop. Een vergroting of verkleining van het droogvallend oppervlak, of een verandering van de te verwachten biomassa is op die wijze zichtbaar in de invoergegevens van het simulatiemodel *WEBTICS* voor overwinterende scholeksters.

Voor het referentiejaar 2005 en voor de jaren 2010 en 2015 zijn op die wijze in totaal 7 kokkelbestanden berekend, die hier verder als "modelbestanden" aangeduid

zullen worden om ze te onderscheiden van de schelpdiersurveys. Voor de 6 modelbestanden voor 2010 en 2015 is met behulp van *WEBTICS* de draagkracht voor scholeksters berekend, het aantal scholeksters dat kan overwinteren door (voornamelijk) kokkels te eten.

De voor deze draagkrachtberekeningen gebruikte methode is ontleend aan Rappoldt *et al.* (2006) over het effect van zandhonger in de Oosterschelde. Het nu gebruikte referentiejaar is 2005 en voor dat jaar zijn daarom draagkrachtberekeningen uitgevoerd met zowel de gegevens van de schelpdiersurveys, als met het (éne) modelbestand voor 2005. De draagkracht van het modelbestand 2005 is gelijk gemaakt aan die van de surveybestanden, door het kiezen van de daartoe benodigde kokkelgrootte, waarna de draagkrachtberekeningen voor de 6 scenariobestanden kunnen worden geïnterpreteerd als een relatieve verandering.

1.3 Technische opmerkingen

1.3.1 Jaaraanduiding

De verschillende winters worden in dit rapport aangeduid met het jaar waarin het schelpdierbestand gemeten is. Dat is *het eerste* van de twee jaartallen en *niet* het jaar waarin de maand januari valt. In grafieken heeft dus bijvoorbeeld het seizoen 2001 betrekking op de overwinterende vogels tussen de nazomer van 2001 en het voorjaar van 2002.

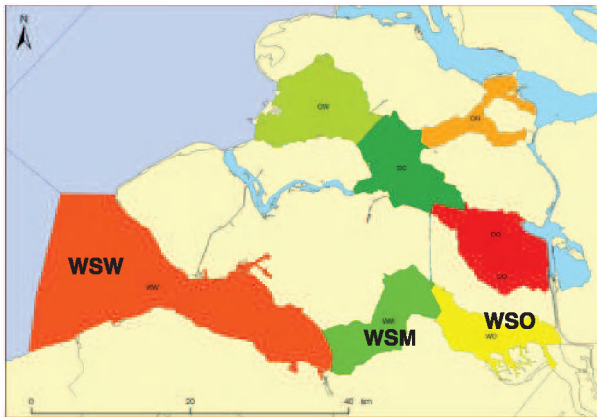
1.3.2 Kokkelgewichten

Kokkelbestanden worden gewoonlijk uitgedrukt in tonnen “vers”. De aanduiding “vers” of “versgewicht” betekent dat de kokkels gewogen zijn inclusief schelp en inclusief het water *in* de schelp. Ten behoeve van berekeningen aan de voedselopname worden versgewichten omgerekend naar vleesgewichten. Daarbij is “nat vlees” of “wet weight” het gewicht van het levende schaaldier in de schelp. Van belang is dat het versgewicht van een kokkel nauwelijks veranderd in de loop van de winter, maar het vleesgewicht gaat achteruit.

Naast versgewicht en (nat) vleesgewicht worden ook nog “gekookt gewicht”, “droog gewicht” en “asvrij drooggewicht” gebruikt. De factoren waarmee al deze gewichten in elkaar omgerekend kunnen worden zijn gegeven in de technische documentatie van *WEBTICS* (Rappoldt *et al.*, 2003c).

Gegevens en Methoden

Het simulatiemodel *WEBTICS* vergt invoergegevens omtrent het weer, het getij, de vogelaantallen en het schelpdierbestand. In dit hoofdstuk worden de gebruikte gegevens besproken. Ten aanzien van de waterstanden wordt aangegeven hoe de aangeleverde droogvalduren zijn gecombineerd met historische waterstanden voor het simuleren van dagelijkse getijdencycli. De aangeleverde kokkelbestanden worden geanalyseerd met betrekking tot droogvalduur en ruimtelijke verdeling.



Figuur 2.1. De op de kaart aangegeven deelgebieden van de Westerschelde zijn WSW (Wester-schelde West), WSM (Wester-schelde Midden) en WSO (Wester-schelde Oost). Het model is toegepast op de deelgebieden afzonderlijk.

2.1 De gebruikte scenario's

De voor dit rapport gebruikte scenario's gebruiken alle de huidige situatie (HS) als uitgangspunt, waarvoor het jaar 2005 is gebruikt. Voor de jaren 2010 en 2015 zijn er vervolgens drie verschillende scenario's:

- NA** Het Nul Alternatief, waarbij het huidige beleid wordt voortgezet en er *geen* extra baggerwerkzaamheden plaatsvinden.
- P4N** Het ten behoeve van de verruiming uitgebaggerde materiaal wordt (grotendeels) in de Nevengeulen gestort.
- P4P** Het ten behoeve van de verruiming uitgebaggerde materiaal wordt (grotendeels) op de Plaatranden onder de laagwaterlijn gestort.

Voor ieder van deze situaties zijn de droogvalduurkaarten voor de jaren 2010 en 2015 gebruikt voor het berekenen van een draagkracht van het gebied voor scholsters.

2.2 Getijde

In het kader van het project “Verruiming vaargeul Schelde” zijn door Alkyon droogvalduurkaarten berekend voor de huidige situatie en voor verschillende scenario’s. Daarbij is steeds de gemiddelde droogvalduur voor een volledige springtij-doodtij cyclus berekend. De droogvalduurkaarten voor de gebruikte scenario’s zijn ten behoeve van deze studie door het IMARES te Yerseke afgelezen op het grid dat gebruikt wordt voor de jaarlijkse schelpdiersurvey. De cellen van dit grid hebben een oppervlakte van ongeveer 26 ha. Dit “surveygrid” wordt ook door *WEBTICS* gebruikt voor het simuleren van de verdeling van de vogels over de droogvallende slikken.

Bij het aflezen van de Alkyon droogvalduurkaarten voor een bepaalde cel van het surveygrid wordt allereerst bepaald welk deel van de gridcel droog valt, dat wil zeggen een positieve droogvalduur heeft. Voor het droogvallende gedeelte wordt vervolgens een gemiddelde waarde bepaald. De droogvallende fractie wordt door *WEBTICS* gebruikt om het oppervlak van de cel te reduceren tot dat gedeelte dat daadwerkelijk droogvalt. De gemiddelde droogvalduur wordt gebruikt in de generatie van getijdecycli zoals hieronder uiteengezet.

2.2.1 De generatie van getijdecycli

Aan een deelgebied (zoals Westerschelde–West) wordt slechts één getijdestation toegekend. De getijstations voor de drie deelgebieden zijn Vlissingen (Westerschelde West), Terneuzen (Westerschelde Midden) en Bath (Westerschelde Oost).

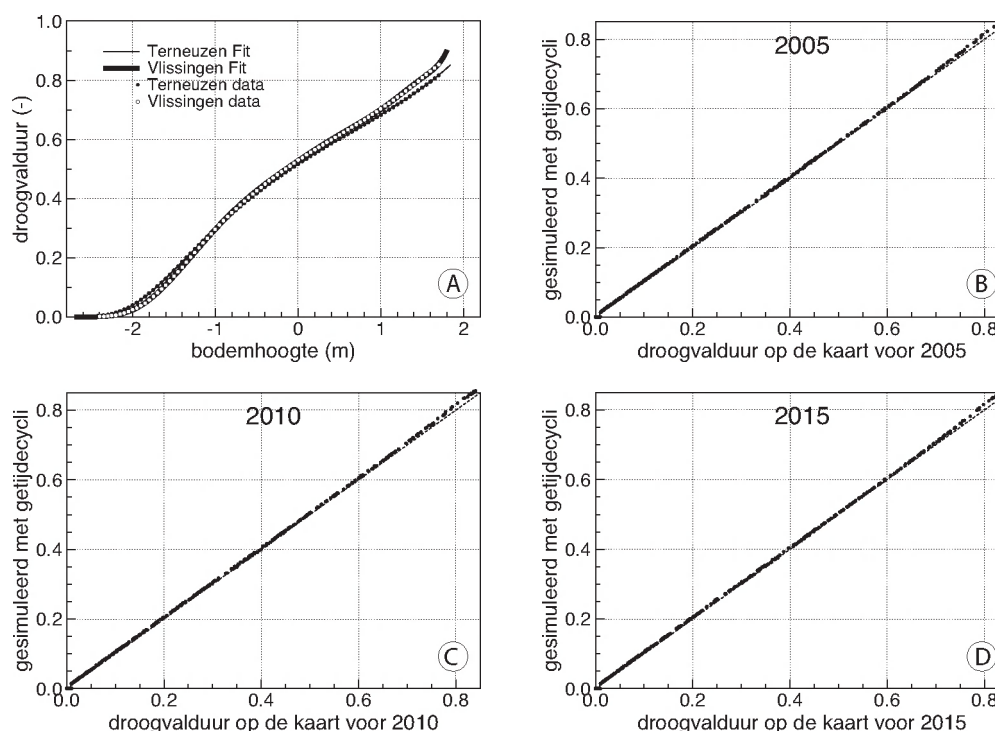
Dat betekent dat de waterstanden voor een bepaalde spot (gridcel) niet ruimtelijk worden geïnterpoleerd tussen verschillende stations. Om nu de gemiddelde droogvalduur die voor een bepaalde spot van een kaart is afgelezen toch in de simulatie te realiseren wordt de opgelegde droogvalduur van die spot omgerekend naar een “equivalente bodemhoogte”, zodanig dat de gemiddelde droogvalduur door de gemeten waterstanden van het gekozen getijstation precies wordt gerealiseerd.

Ten behoeve van deze hoogteberekening is voor de getijdestations Vlissingen, Terneuzen en Bath het verband bepaald tussen bodemhoogte en de gemiddelde droogvalduur. Dat is gedaan met behulp van de gemeten waterstanden voor de periode 2004–2006. Voor elk station wordt het verband beschreven met behulp van een niet-lineaire fit van de vergelijking

$$\text{DVD}(h) = \text{Exp}[P(h)], \quad (2.1)$$

waarin $P(h)$ een gefitte polynoom is. Figuur 2.2A laat voor de stations Terneuzen en Vlissingen de gefitte curve zien samen met de uit de gemeten waterstanden berekende datapunten.

De aldus bepaalde functie wordt gebruikt om de aan een gridcel opgelegde droogvalduur (voor een scenario en voor een jaar) om te rekenen naar een equivalente bodemhoogte die vervolgens aan de cel wordt toegekend. Simuleren we vervolgens getijdecycli met behulp van de gemeten waterstanden voor het seizoen 2005–2006, dan wordt voor iedere gridcel de opgelegde gemiddelde droogvalduur gerealiseerd. Dat is te zien in de Figuren 2.2B, 2.2C en 2.2D voor de kaarten van het Nul Alternatief. Voor droogvalduren rond 0.8 is een heel kleine afwijking te zien die vermoedelijk wordt veroorzaakt doordat de waterstanden in het winterseizoen 2005–2006 zich net niet helemaal gedragen zoals de waterstanden uit de volledige jaren 2004, 2005 en 2006 die voor de fits in Figuur 2.2A zijn gebruikt.



Figuur 2.2. (A) Het verband tussen de gemiddelde droogvalduur en de bodemhoogte voor de waterstanden van de getijdestations Terneuzen en Vlissingen in de jaren 2004, 2005 en 2006. Hiermee wordt voor iedere 26 ha spot van de simulatie uit een aan die spot opgelegde droogvalduur een bodemhoogte berekend. Op deze "equivalent hoogte" worden dan de waterstanden van de winter 2005–2006 toegepast. De op deze wijze gesimuleerde droogvalduren komen *gemiddeld* overeen met de van de kaart afgelezen opgelegde gemiddelde droogvalduren. In (B), (C) en (D) worden de gesimuleerde gemiddelden vergeleken met die van de kaarten voor scenario NA. Droogvalduren zijn steeds weergegeven als een fractie van de tijd.

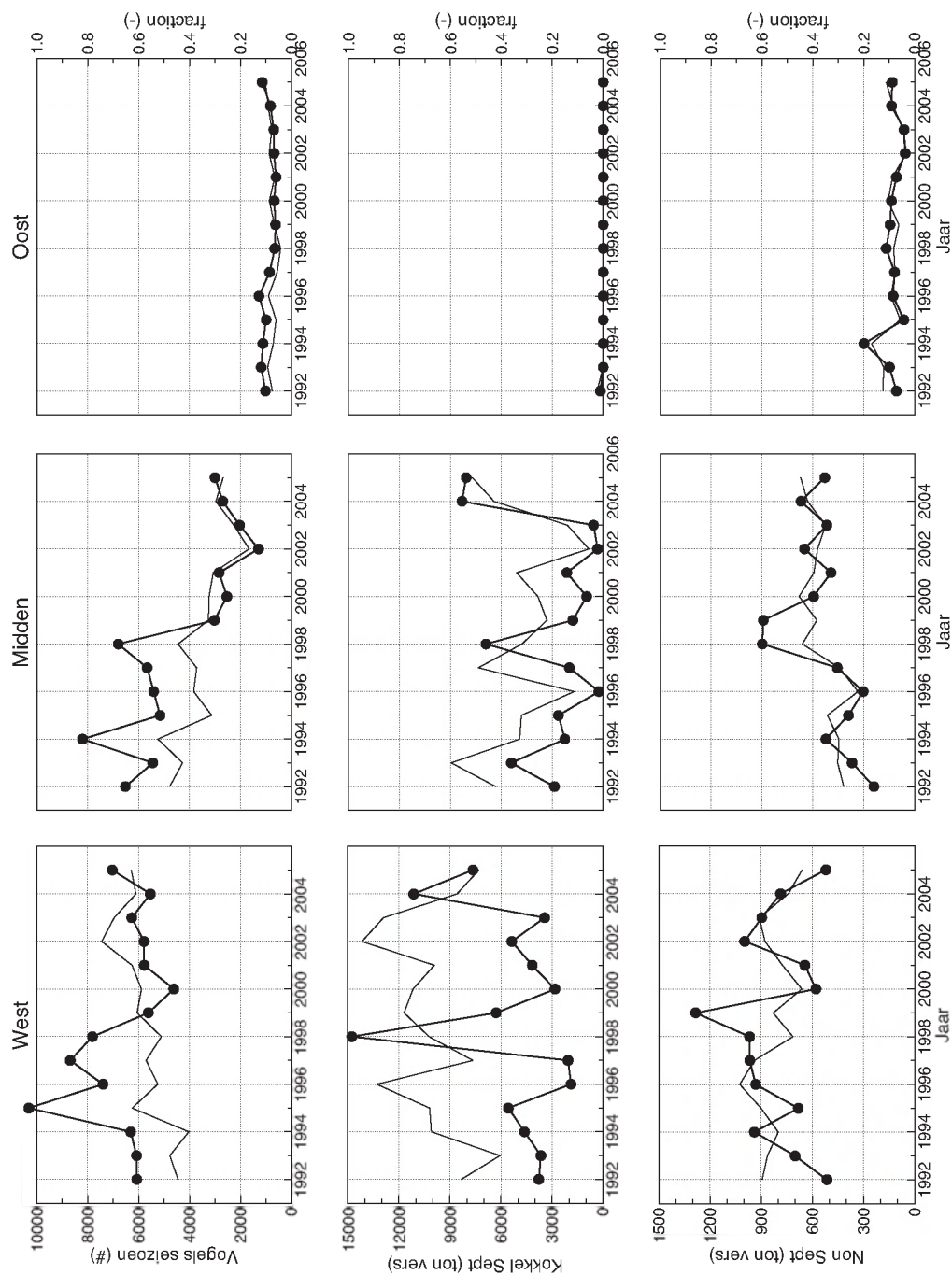
2.3 Weer

Het model *W&BTICS* gebruikt de dagelijkse minimum en maximum temperatuur om de energiebehoefte van de scholeksters te berekenen. Voor alle deelgebieden van de Westerschelde is gebruik gemaakt van de KNMI gegevens van het weerstation Vlissingen (<http://www.knmi.nl/klimatologie/daggegevens/download.cgi>).

2.4 Scholekster aantallen

Maandelijks vogelaantallen zijn door het RIKZ beschikbaar gesteld voor de telgebieden WS27 en WS28 (gecombineerd tot Westerschelde West), WS29, WS30 en WS33 (Westerschelde Midden), WS31 en WS32 (Westerschelde Oost). De aantallen vogels voor deze zeven telgebieden zijn afkomstig uit het Biologisch Monitoring Programma Zoute Rijkswateren van het RIKZ (Rijksinstituut voor Kust en Zee), hetgeen onderdeel uitmaakt van het Monitoring-programma Waterstaatkundige toestand van het Land (MWTL) van Rijkswaterstaat¹.

¹Het RIKZ neemt geen verantwoordelijkheid voor de in deze rapportage vermelde conclusies op basis van het door haar aangeleverde materiaal.



Figuur 2.3. 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, schelpdier vergewichten). De dunne lijnen geven de fractie aan van het totaal in de Westerschelde op de schalen tussen 0.0 en 1.0 rechts in de figuur.

Tabel 2.1. Kokkelbestanden (ton versgewicht) voor september op basis van de IMARES schelpdiersurveys 1992–2005 en de zomergroei en “alternatieve” zomeroverleving uit Rappoldt & Ens (2006, Tabel 2.1). De oppervlakten van de gridcellen die voor de bestandsberekening zijn gebruikt, dezelfde als die in Rappoldt & Ens (2006), zijn afgelezen van een droogvalduurkaart voor 1996.

jaar	gridcel oppervlakten kaart 1996		
	West	Midden	Oost
1992	3778	2864	162
1993	3656	5411	0
1994	4619	2253	0
1995	5567	2630	0
1996	1885	242	0
1997	2064	1985	0
1998	14746	6904	0
1999	6279	1780	0
2000	2823	972	0
2001	4164	2140	0
2002	5370	320	0
2003	3434	561	0
2004	11112	8313	0
2005	7645	8072	0
<u>Gemiddelden</u>			
1992–2005	5510	3175	-
2001–2005	6345	3881	-

In Figuur 2.3 is het aantal vogels per deelgebied weergegeven voor de verschillende jaren samen met een overzicht over de hoeveelheid kokkels en nonnetjes in de Westerschelde.

2.5 Kokkelbestanden

2.5.1 De schelpdier survey

Voor de jaren 1992–2005 is gebruik gemaakt van de gegevens van de schelpdier-surveys van Wageningen IMARES. Deze surveys zijn uitvoerig gedocumenteerd in Kamermans & Kesteloo-Hendrikse (2001) en Bult *et al.* (2003). Voor het omrekenen van de gemeten meibestanden naar september is gebruik gemaakt van de “alternatieve methode” beschreven in Hoofdstuk 2.3 van Rappoldt & Ens (2006), gebaseerd op de metingen van groei en overleving in Kesteloo (2006). Daarbij wordt een voor de deelgebieden West en Midden jaarlijks gemeten zomergroei van individuele kokkels gecombineerd met een lopend gemiddelde voor de zomer-overleving voor Westerschelde West². Op de bestanden van mei 2005 is de zomergroei voor 2004 toegepast.

Tabel 2.1 toont de resulterend septemberbestanden, die overeenkomen met die in Rappoldt & Ens (2006, Tabel 2.1). Enkele kleine verschillen zijn ontstaan door

²Dat is gedaan omdat de weinige cijfers voor de zomer-overleving van Westerschelde Midden een onwaarschijnlijk lage overleving suggereren. Zie voor details ook Rappoldt & Ens (2006, Tabel 2.1 in Hoofdstuk 2.3).

Tabel 2.2. Septemberbestanden (ton vergewicht) berekend op dezelfde wijze als die in Tabel 2.1, maar nu met de droogvallende oppervlakken van de kaart van 2005, de uitgangssituatie van de scenario studie in dit rapport.

jaar	gridcel oppervlakten kaart 2005		
	West	Midden	Oost
1992	4038	3062	161
1993	4197	5732	0
1994	4673	2432	0
1995	5902	2781	0
1996	2053	255	0
1997	2126	2063	0
1998	15461	7013	0
1999	6248	1785	0
2000	2971	1124	0
2001	4428	2152	0
2002	6271	330	0
2003	5446	575	0
2004	11221	8592	0
2005	7581	8683	0
	<u>Gemiddelden</u>		
1992-2005	5901	3327	-
2001-2005	6989	4066	-

correcties in de basisgegevens van IMARES³. In Figuur 2.3 op bladzijde 18 zijn de bestanden ook als grafiek weergegeven.

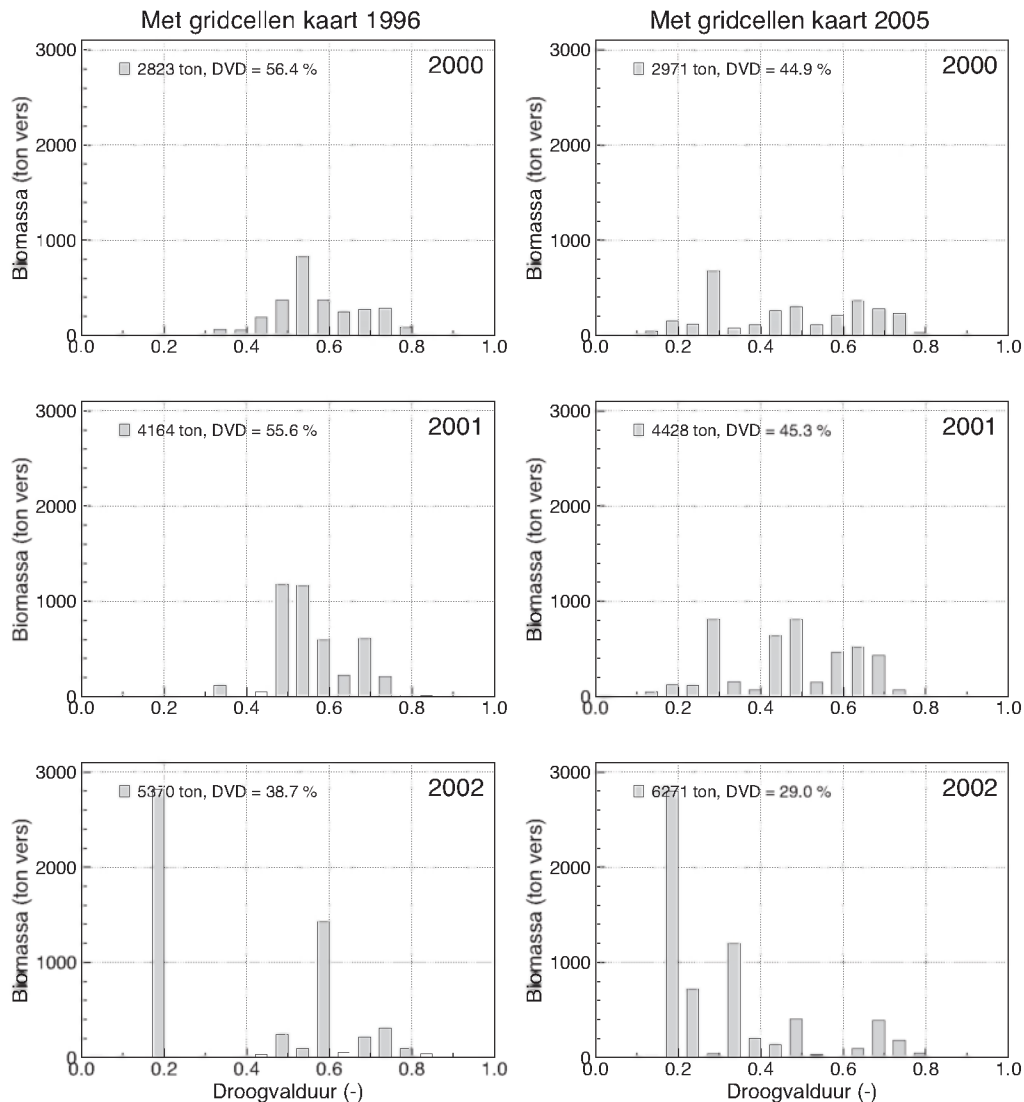
In Tabel 2.1 is te zien dat er in deelgebied Oost van de Westerschelde in 1992 voor het laatst kokkels zijn aangetroffen. De scholeksters in dit deelgebied leven vermoedelijk van nonnetjes (zie Figuur 2.3) en andere prooien.

Voor het berekenen van de totale kokkelbestanden zijn behalve de gegevens van de bemonstering ook oppervlakken nodig. De voor Tabel 2.1 gebruikte oppervlakken zijn dezelfde als die welke in eerdere studies zijn gebruikt (Rappoldt & Ens, 2005, 2006). Ten behoeve van de ijking van de scenario berekeningen in dit rapport worden de gegevens van de schelpdiersurvey echter ook gecombineerd met het droogvallend oppervlak van de gridcellen volgens de kaart van 2005. In Tabel 2.2 is te zien wat de consequenties voor de bestandsschatting zijn.

De septemberbestanden geschat met de kaart van 2005 zijn systematisch iets hoger dan in Tabel 2.1 op basis van de kaart van 1996. Het verschil is ongeveer 6%, met slechts één veel grotere afwijking: Voor Westerschelde West in 2003 is het bestand in Tabel 2.2 37% hoger dan dat in Tabel 2.1. Het verschil blijkt grotendeels te worden veroorzaakt door een biomassa van bijna 5 kg m^{-2} op één enkele spot⁴ die sinds 2002 in de surveys voorkomt en die ontbreekt op de spotlijst ontleend aan eerdere kaarten.

³Ten behoeve van dit rapport heeft IMARES de surveybestanden opnieuw aangeleverd.

⁴de survey cel met identificatie code [WSX, WSY]=[16, 10].

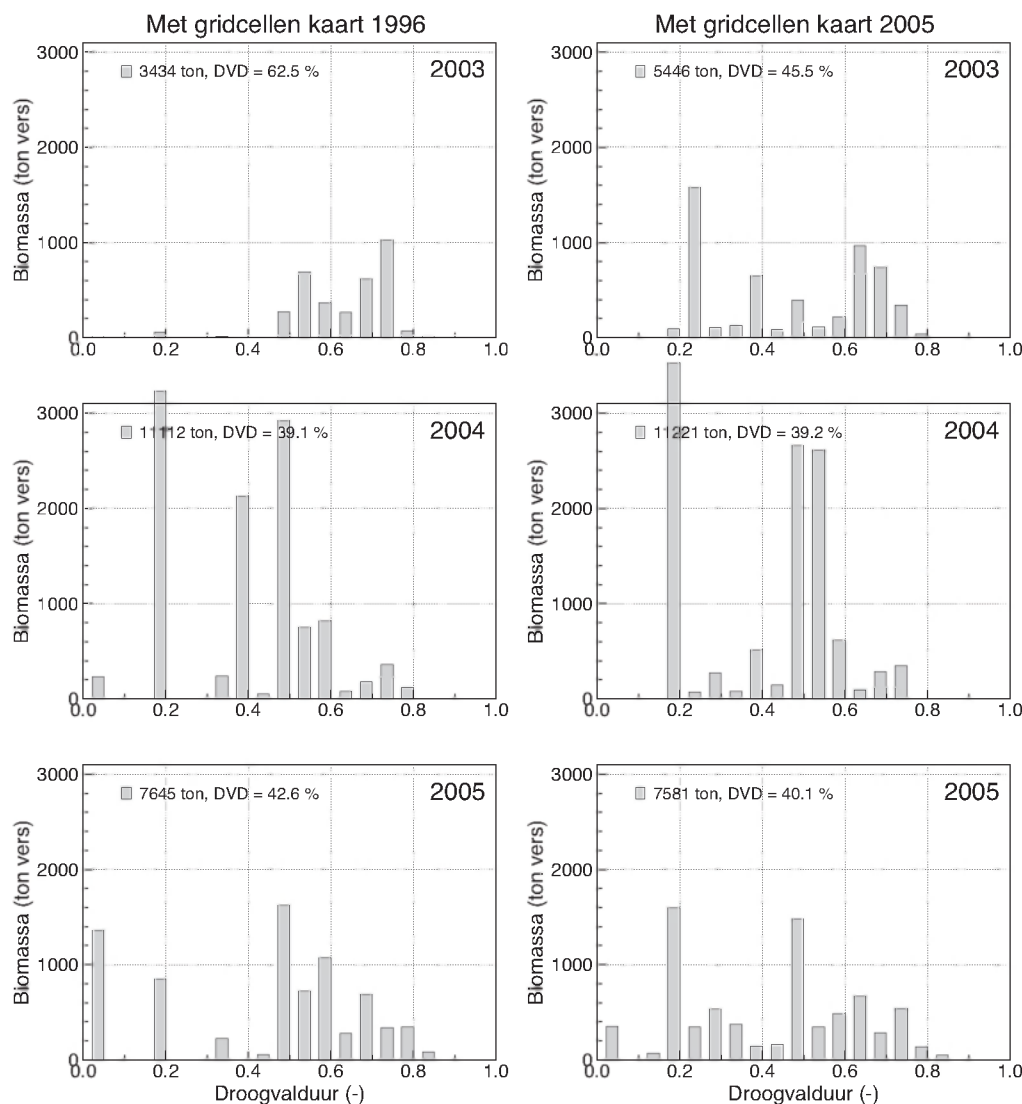


Figuur 2.4. Kokkel droogvalduren voor Westerschelde West van de schelpdiërsurvey bestanden van september 2000, 2001 en 2002. De droogvalduren berekend met de droogvalduurkaart van 1996 staan in de drie histogrammen links, die voor de kaart van 2005 staan rechts. De totale bestandsgrootten zijn in elke grafiek aangegeven en zijn dezelfde als die in de Tabellen 2.1 en 2.2.

Droogvalduur van de surveybestanden

In de Figuren 2.4 en 2.5 wordt een vergelijking gemaakt tussen de kokkel droogvalduren van de surveybestanden van Westerschelde West in Tabel 2.1 (droogvalduren kaart 1996) en in Tabel 2.2 (droogvalduren kaart 2005).

De droogvalduur histogrammen zijn gemaakt voor een klassebreedte van 5%. In dat detail zijn er aanzienlijke verschillen zichtbaar, maar vergelijken we bijvoorbeeld de hoeveelheden kokkels die tenminste 60% van de tijd droogvallen, dan geven de kaarten van 1996 en 2005 hetzelfde beeld. Draagkrachtberekeningen met *WEBTICS* voor de surveybestanden op de twee droogvalduurkaarten leveren dan ook ongeveer hetzelfde op: *Met visserij* 6360 scholeksters voor de kaart van 1996 en 6490 scholeksters voor de kaart van 2005 (zie ook Hoofdstuk 3.8).



Figuur 2.5. Kokkel droogvalduren op de kaarten van 1996 en 2005 voor de bestanden van 2003, 2004 en 2005 van Westerschelde West

Het hierboven al genoemde grote verschil voor het jaar 2003 blijkt voornamelijk kort droogvallende kokkels te betreffen (zie de bovenste twee grafieken in Figuur 2.5).

2.5.2 Modelbestanden

De modelbestanden ten behoeve van dit rapport zijn berekend door Dr. J. Wijsman van Wageningen IMARES te Yerseke. Met de gegevens van de schelpdiërsurveys heeft hij per ecotoop en per deelgebied een gemiddeld kokkelbestand berekend (in gram vers per m^2). Deze gemiddelden zijn toegepast op de ecotopenkaarten voor de beschouwde scenario's. De resulterende kokkelkaarten zijn vervolgens gebruikt om gemiddelde kokkeldichtheden op het droogvallend oppervlak van iedere gridcel te berekenen (in gram vers per m^2). Deze dichtheden zijn geleverd aan EcoCurves ten behoeve van de berekeningen in dit rapport.

Deze methodiek impliceert dat aan gridcellen die geen deel uitmaken van de schelp-

Tabel 2.3. Kokkel modelbestanden (ton vers in september) voor de beschouwde scenario's.

scenario	jaar	Alle spots		Alleen survey spots	
		West	Midden	West	Midden
-	2005	9021	4569	6706	3808
NA	2010	9034	4562	6729	3797
	2015	9036	4351	6746	3631
P4N	2010	9005	4554	6700	3793
	2015	9050	4394	6795	3678
P4P	2010	8977	4597	6681	3798
	2015	9178	4667	6936	3831

diersurveys (en waar dus nooit monsters zijn genomen), soms toch kokkels worden toegekend omdat het ecotoop (of de combinatie van ecotopen) in een gridcel bepalend is voor de kokkel biomassa. Dat leidt ertoe dat een modelbestand aanzienlijk groter kan worden dan de surveybestanden waarop het gebaseerd is. Met name voor Westerschelde West blijkt dit een groot effect en het is onduidelijk of de kokkels op de onbemonsterde gridcellen er in werkelijkheid wel zijn.

In Tabel 2.3 zijn de totale modelbestanden voor de twee deelgebieden te vinden. Voor de drie beschouwde scenario's gaat het om in totaal 7 verschillende kokkelkaarten: de uitgangssituatie voor het jaar 2005 en voor ieder scenario de prognoses voor 2010 en 2015. Voor iedere kaart is zowel het totale bestand in alle cellen berekend, als het bestand in *alléén* de cellen van de schelpdiersurveys. De gegeven bestanden hebben betrekking op de maand september. Om die te schatten is op door IMARES aangeleverde kokkeldichtheden (in gram vers per m^2) een netto zomergroei toegepast van een factor 1.588 (de gemiddelde netto toename van de biomassa in de zomer voor de jaren 2001–2005).

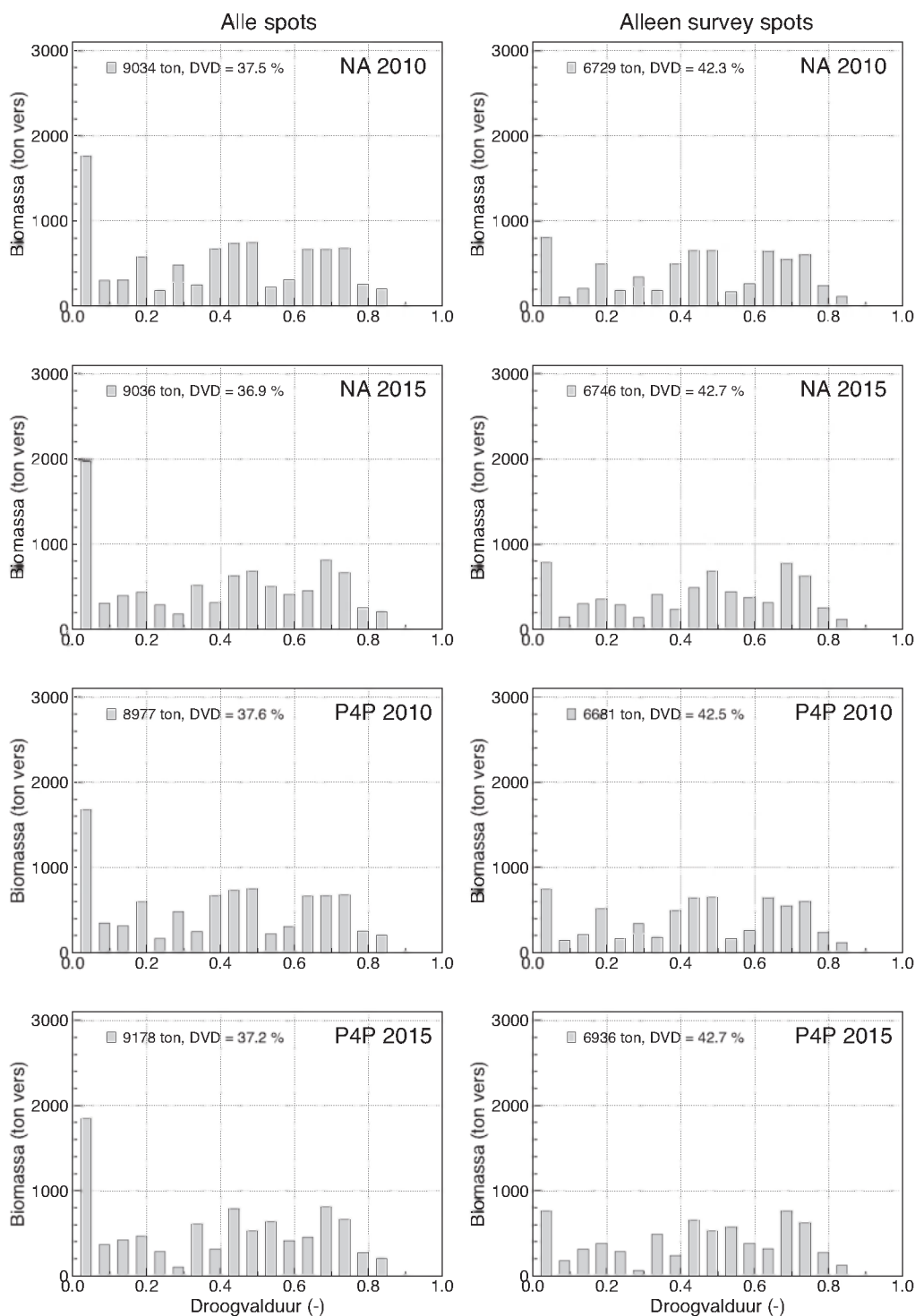
Het valt op dat de verschillen tussen de scenario's bijzonder klein zijn. Daarbij zijn de bestanden voor “alle spots” in Tabel 2.3 aanzienlijk groter dan het gemiddelde surveybestand in de Tabellen 2.1 en 2.2. De modelbestanden voor “alleen survey-spots” liggen echter dicht in de buurt van de gemiddelde surveybestanden voor de periode 2001–2005. Dat is ook de periode waarvoor de gemiddelde biomassa per ecotoop is bepaald.

Tenslotte merken we nog op dat de berekening van de zomergroei verschillend is voor surveybestanden en modelbestanden. Voor de surveybestanden wordt de netto groei met behulp van jaarlijkse gegevens over groei en sterfte berekend en voor een modelbestand wordt de hierboven gegeven factor gebruikt.

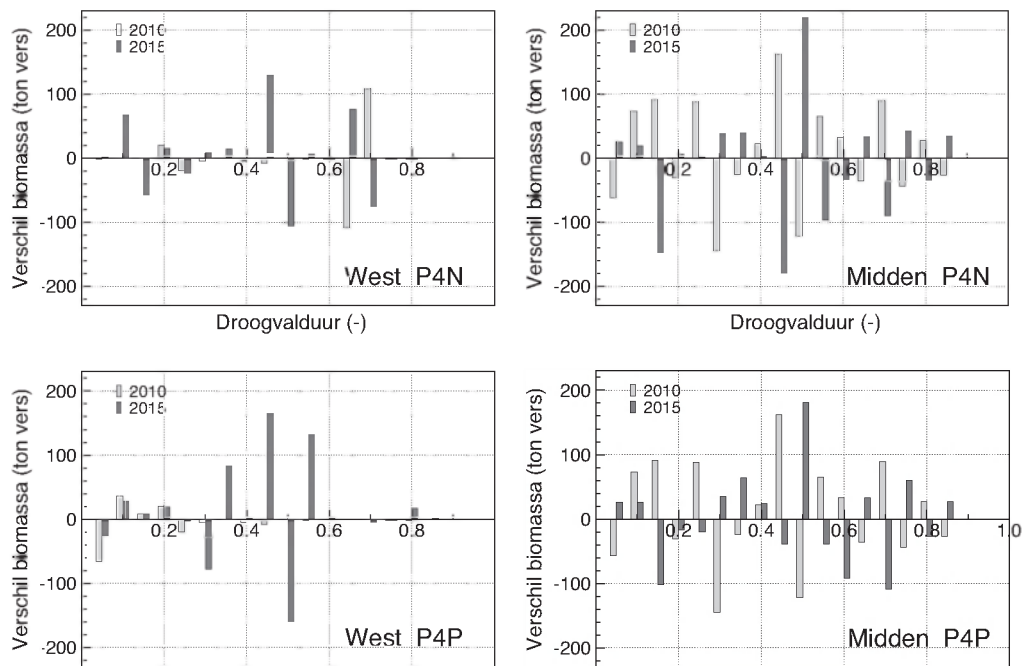
Droogvalduur van de modelbestanden

In Figuur 2.6 zijn voor de scenario's NA en P4P enkele droogvalduur histogrammen weergegeven. Vergeleken met de histogrammen voor de surveybestanden in de Figuren 2.4 en 2.4 zijn de kokkels gelijkmatiger verdeeld over de droogvalduurklassen. Dat komt omdat de modelbestanden berekend zijn op basis van meerjarige gemiddelden per ecotoop.

Wat verder opvalt in Figuur 2.6 is dat de extra kokkels in de linker grafieken voor



Figuur 2.6. Droogvalduren van de modelbestanden voor de scenario's NA en P4P voor het deelgebied Westerschelde West. De droogvalduren zijn berekend met behulp van de bij de scenario's behorende droogvalduurkaarten voor 2010 en 2015. De histogrammen links en rechts hebben betrekking op respectievelijk modelbestanden voor “alle spots” en voor “alleen survey spots” (zie ook Tabel 2.3).



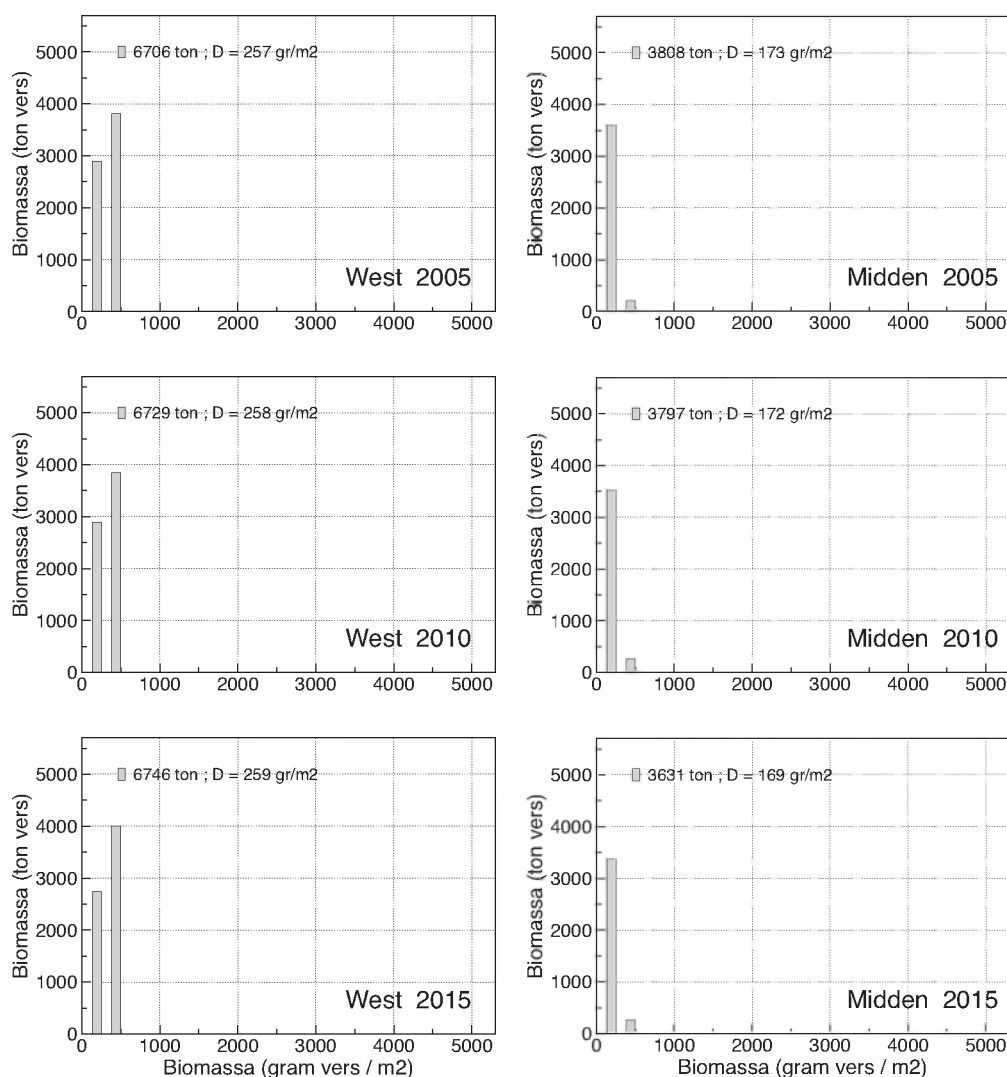
Figuur 2.7. Verschil in kokkel droogvalduur tussen de P4 scenario's en het Null Alternatief NA voor de "Alleen survey spots" bestanden. Per droogvalduurklasse is steeds het verschil berekend met het NA bestand in hetzelfde jaar.

een belangrijk deel een heel kleine droogvalduur hebben. Dat betekent dat de kokkels op de spots die niet in de surveys voorkomen, als ze al bestaan, voor de scholeksters niet veel betekenis zullen hebben.

Net als voor de totale bestands grootte is ook het verschil in droogvalduur tussen de scenario's klein. Dat blijkt ook uit de gemiddelde droogvalduren die voor elk histogram in de figuur zijn gegeven. Slechts met enige moeite zijn er verschillen te zien tussen de histogrammen voor scenario NA en P4P. Dat is voor scenario P4N niet anders en daarom zijn er ook "verschil histogrammen" gemaakt voor de scenario's P4N en P4P ten opzichte van het scenario NA. Dus bijvoorbeeld voor P4P-2015 is, per droogvalduurklasse, het verschil berekend met de hoeveelheid kokkels voor het NA-2015 bestand. Het resultaat in Figuur 2.7 laat geen grote verschuivingen zien naar hogere of lagere droogvalduren.

De Alkyon kaarten van het verschil in droogvalduur voor 2015 (Alkyon basisrapport water Figuur 4.64 en Figuur 4.67) laten plekken zien die in droogvalduur vooruit gaan en plekken die achteruit gaan. Omdat de droogvalduur op sommige plekken toeneemt en op andere afneemt en er bovendien geen één-op-één relatie is tussen droogvalduur en biomassa, is het effect van de veranderingen in droogvalduur op het kokkelbestand grillig. De toe- en afnames in verschillende droogvalduur klassen zullen elkaar in belangrijke mate compenseren.

We merken hierbij verder op dat de gebruikte modelbestanden een stochastisch element bevatten. Alhoewel ze hier met de naam modelbestanden worden aangeduid (omdat het prognoses betreft), zijn ze *zonder regressiemodel* afgeleid uit gemiddelde kokkelbestanden per ecotoop. Een deel van de grote variabiliteit in de waarnemingen zal aanwezig zijn in de ecotoopgemiddelden en dientengevolge in de modelbestanden voor de ecotoopkaarten van 2010 en 2015.

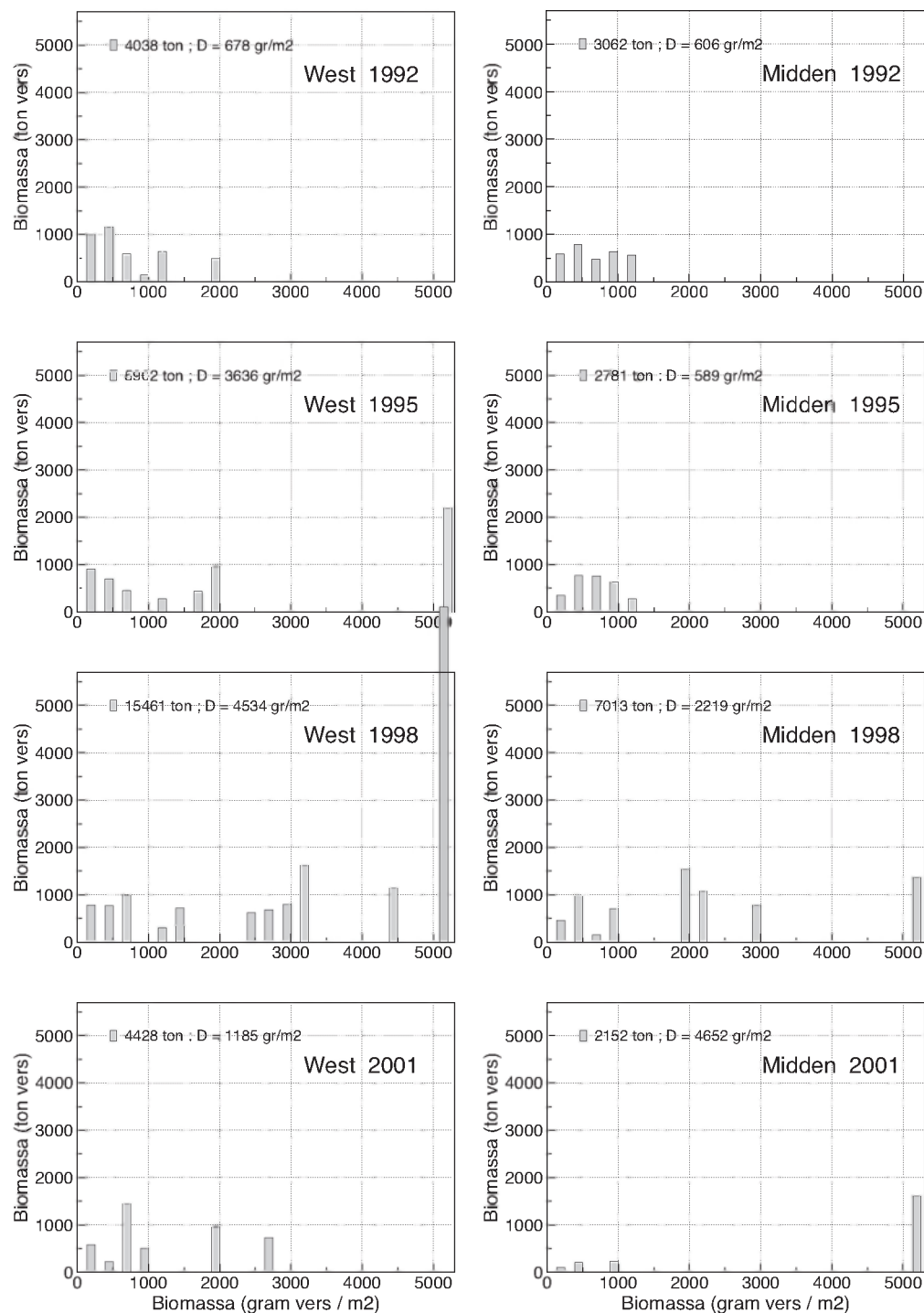


Figuur 2.8. De biomassa (ton vers) die aanwezig is in verschillende dichtheidsklassen (gram vers per m^2) voor het modelbestand van 2005 en de bestanden voor scenario NA. Het aangegeven gemiddelde is de dichtheid waarin de gemiddelde gram kokkel zich bevindt.

2.5.3 De verdeling van de biomassa

Modelbestanden die in de vorm van een gemiddelde kokkel biomassa hebben een veel uniformer karakter dan waargenomen kokkelbestanden voor een bepaald jaar. De reden is dat kokkels lokaal in hoge dichtheden voorkomen, de zogenaamde kokkelbanken, terwijl de ruimtelijke variabiliteit die daarvan het gevolg is ontbreekt in modelbestanden die een gemiddelde dichtheid weergeven als functie van droogvalduur of ecotoop.

De Figuren 2.8 en 2.9 laten dit zien door middel van een histogram dat aangeeft hoeveel ton kokkels voorkomt in een aantal dichtheidsklassen. Het verschil tussen modelbestanden en surveybestanden kan worden uitgedrukt als een gemiddelde biomassa dichtheid D . Dit is echter niet gewoon de totale biomassa gedeeld door het totale oppervlak. Een gewoon gemiddelde hangt immers niet af van de ruimtelijke verdeling van de kokkels. De dichtheid D is de dichtheid waarin de gemiddelde gram kokkel zich bevindt (zie Rappoldt *et al.*, 2006, Formule 2.3 voor D_2 op bladzijde



Figuur 2.9. De biomassa (ton vers) die aanwezig is in verschillende dichtheidsklassen (gram vers per m²) voor enkele surveybestanden (droogvalduurkaart 2005). Het aangegeven gemiddelde is de dichtheid waarin de gemiddelde gram kokkel zich bevindt.

24). In de Figuren 2.8 en 2.9 is de waarde van D bij elk histogram aangegeven.

In het rapport over de zandhonger in de Oosterschelde (Rappoldt *et al.*, 2006) is uiteengezet dat de uniformiteit van de modelbestanden zowel negatieve als positieve effecten op gesimuleerde vogels kan hebben. Positief is dat de vogels zich

over een veel groter oppervlak verspreiden waardoor de effecten van interferentie kleiner zijn. Dit effect blijkt echter overheerst te worden door het negatieve effect van het ontbreken van hoge dichtheden kokkels. In de Figuren 2.8 en 2.9 is te zien dat kokkeldichtheden van meer dan 1000 gr m^{-2} (vers) volledig ontbreken in modelbestanden terwijl dergelijke dichtheden in werkelijkheid veel voorkomen.

Er zijn verschillende mogelijkheden om dit probleem op te lossen. Als de individuele kokkels maar groot genoeg zijn kan voor het negatieve effect van de lage dichtheden worden gecompenseerd. Door middel van een goed gekozen kokkelgrootte kan de draagkracht van een modelbestand gelijk worden gemaakt aan die van een even groot surveybestand. Omdat dergelijke simulaties met eigenlijk “te grote” kokkels enigszins gekunsteld zijn, zijn er ook draagkrachtberekeningen gedaan met kunstmatig aangebrachte variatie in de modelbestanden.

2.5.4 Heterogene modelbestanden

Modelbestanden kunnen kunstmatig heterogeen worden gemaakt door variatie aan te brengen op de kokkeldichtheid in de verschillende spots. Dat gebeurt door voor iedere spot een getal te trekken uit een kansverdeling en de kokkeldichtheid met dat getal te vermenigvuldigen. Als het gemiddelde van de verdeling gelijk is aan 1.00 dan zal het gemiddelde van een groot aantal random realisaties van het bestand gelijk zijn aan het oorspronkelijke, uniforme modelbestand.

Voordat dit kan worden uitgevoerd moet een kansverdeling worden gekozen en moeten de parameters van de verdeling worden bepaald aan de hand van de waargenomen biomassa's. In principe hangt de kansverdeling af van de jaarklasse van de kokkels, het deelgebied of ecotoop, het jaar of de bestandsgrootte. Het aantal gemeten biomassa's echter veel te klein voor het bepalen van een heel rijtje statistische parameters per deelgebied of ecotoop. Iets dergelijks lijkt bovendien alleen zinvol in combinatie met een populatiemodel voor broedval, groei en overleving van kokkels waarmee ook het verloop van het kokkelbestand over een reeks van jaren beschreven kan worden.

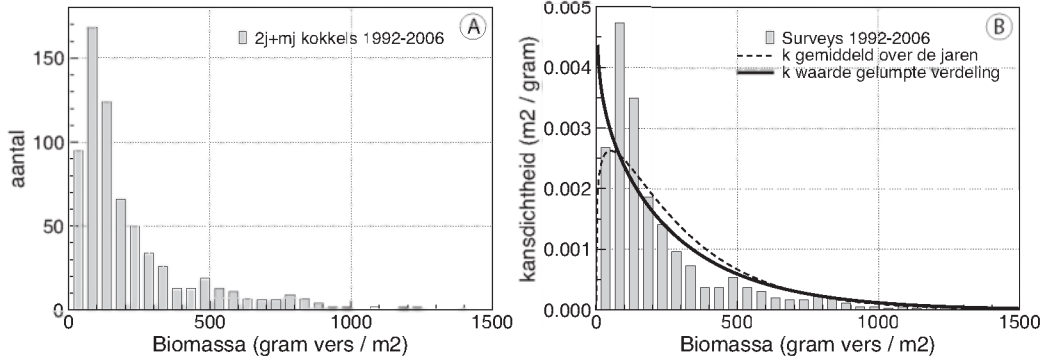
We beperken ons daarom tot een veel pragmatischer aanpak. Per jaar worden de waargenomen biomassa's van twee- en meerjarige kokkels gebruikt om de parameters van een verdeling te schatten. De gemiddelde waarde van deze parameters wordt gebruikt voor random trekkingen uit de verdeling.

Het grootste gedeelte van de in totaal 3202 waarnemingen van twee en meerjarige kokkels is nul. In Tabel 2.4 wordt daarom voor ieder jaar de kans p berekend dat er op een spot twee- of meerjarige kokkels aanwezig zijn. Het gemiddelde $\bar{p}=0.219$. Bij het bepalen van deze kans is Westerschelde Oost buiten beschouwing gelaten.

Figuur 2.10A laat voor alle jaren (1992–2006) een frequentieverdeling zien van de biomassa's van de tenminste twee jaar oude kokkels (in gram vers per m^2 met weglating van de nulwaarden). Er is een piek voor een relatief kleine waarde en er is een “lange staart” die aangeeft dat grote biomassa's voorkomen (en dat er in elke survey wel een paar zullen zitten). Een statistische verdeling die deze eigenschap ook heeft is de gamma verdeling, die gedefinieerd is voor positieve waarden en die twee parameters heeft, de “shape parameter” k en de “scale parameter” θ . De kansdichtheid $f(x)$ van de gamma verdeling wordt gegeven door Hogg & Craig (1978)

$$f(x) = x^{k-1} \frac{e^{-x/\theta}}{\theta^k \Gamma(k)} \quad \text{voor } x > 0, \quad (2.2)$$

waarin $\Gamma(x)$ de gamma functie is.



Figuur 2.10. (A) Frequentieverdeling voor de biomassa van tenminste twee jaar oude kokkels in de schelpdiersurveys voor Westerschelde West en Midden voor de jaren 1992–2006. Het totale aantal gemeten waarden bedraagt 702. (B) De uit de frequenties berekende kansdichtheden samen met de kansdichtheid voor twee gefitte waarden van de vorm parameter k van een gammaverdeling (Formule 2.2). De doorgetrokken curve voor $k=0.89$ is gefit op waargenomen biomassa's gelumpd voor alle jaren. De vorm parameter $k=0.89$ van de gestippelde curve is het gemiddelde van de k waarden voor de afzonderlijke jaren (zie Tabel 2.4). De schaal parameters θ voor beide curven is zodanig dat het gemiddelde gelijk is aan het gemiddelde van alle waargenomen biomassa's 295 g m^{-2} .

Zeer bruikbare formules voor het schatten van de parameters zijn te vinden in de Wikipedia encyclopedie⁵. Uit een reeks waarden x_i ($i=1, \dots, N$) wordt k binnen 1.5% van de werkelijke waarde, en dus in goede benadering geschat met

$$k \approx \frac{3 - s + \sqrt{(s-3)^2 + 24s}}{12s}, \quad (2.3)$$

waarin

$$s = \ln\left(\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i\right) - \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \ln(x_i).$$

De schaal parameter θ is vervolgens eenvoudig op een factor $1/k$ na gelijk aan het gemiddelde van de N waarden van x :

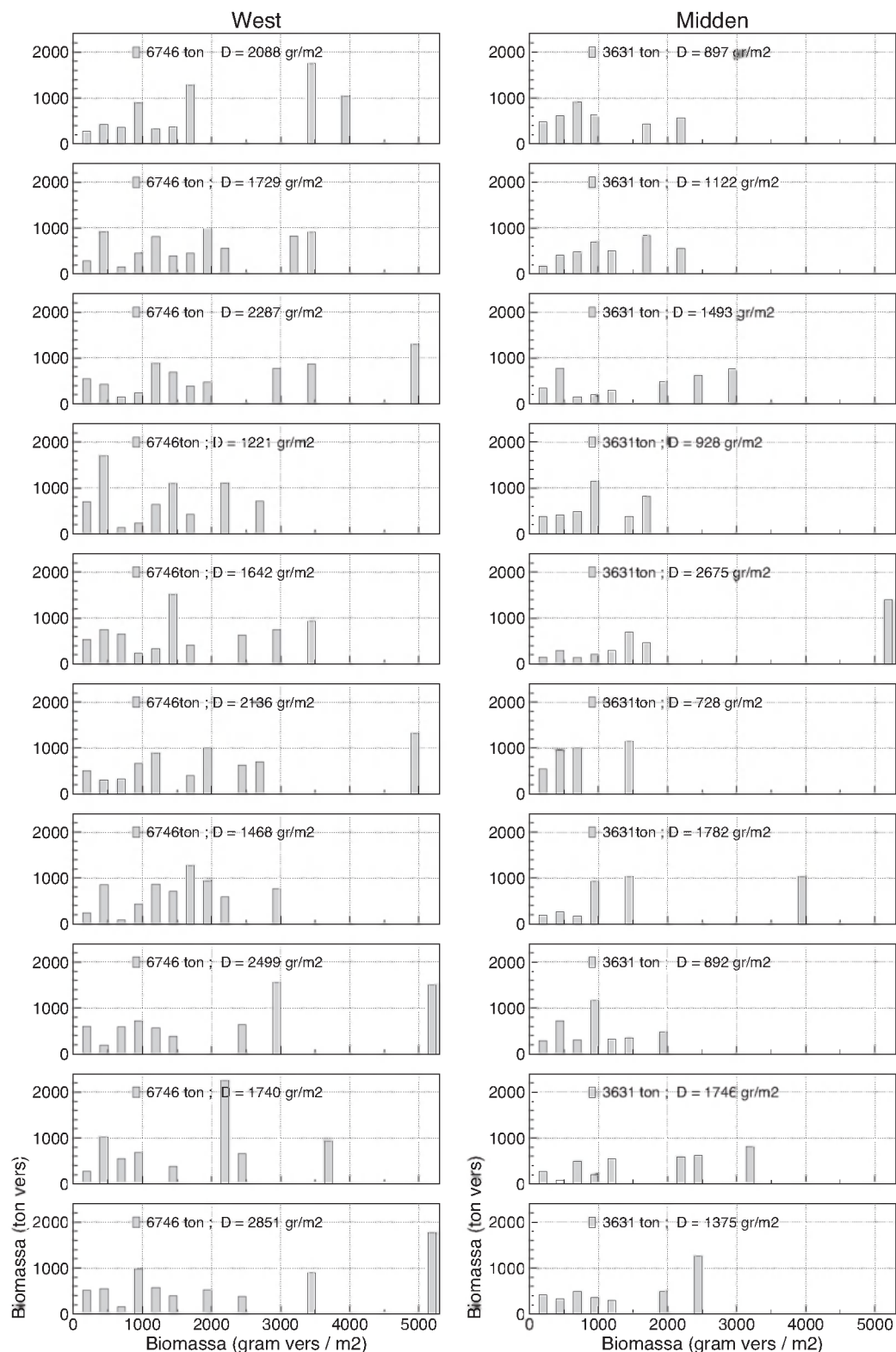
$$\theta = \frac{1}{k} \left(\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i \right). \quad (2.4)$$

In Tabel 2.4 is voor elk jaar de berekende waarde van k gegeven. De gemiddelde waarde voor deze vorm parameter is 1.21. Een gamma verdeling met $k=1.21$ heeft een gemiddelde van 1.00 als de schaal parameter θ gelijk is aan $1/1.21 = 0.826$. Voor hogere gemiddelden is θ evenredig groter.

In Figuur 2.10B wordt de gefitte gammaverdeling vergeleken met de waargenomen kansdichtheden. De voor alle surveyjaren gelumpde kansdichtheden passen het best bij een k waarde die ook uit alle biomassa samen geschat is (de getrokken curve). Het aandeel kleine waarden wordt hier echter overschat omdat de biomassa's uit jaren met kleine kokkelbestanden ook relatief klein zullen zijn. Er wordt daarom bij de generatie van heterogeniteit gewerkt met het gemiddelde van de k waarden voor de afzonderlijke jaren.

De generatie van een ruimtelijk heterogeen modelbestand verloopt dan als volgt

⁵http://en.wikipedia.org/wiki/Gamma_Distribution.



Figuur 2.11. De biomassa in verschillende dichtheidsklassen voor 10 random realisaties van het modelbestand NA-2015. Het histogram voor het ongewijzigde modelbestand is te vinden in Figuur 2.8 op bladzijde 26. In ieder histogram is ook de waarde van D gegeven voor het in grafiek gebrachte bestand.

Tabel 2.4. Schatting van de kans p op aanwezigheid van kokkels en de parameters k en θ van een gammaverdeling van de biomassa van twee- en meerjarige kokkels. De parameters worden berekend voor ieder afzonderlijk jaar en voor de gelumpte surveys (zie Formule 2.3). Voor het schatten van k en θ worden de vele nulwaarden buiten beschouwing gelaten omdat de kans op aanwezigheid van kokkels apart wordt beschreven als p .

survey	$N(x > 0)$	$N(\text{alle})$	p	$\bar{x}$	$\overline{\ln(x)}$	s	k	θ
1992	63	241	0.261	279.0	5.216	0.415	1.339	208.3
1993	75	244	0.307	274.7	5.108	0.508	1.113	246.8
1994	67	234	0.286	193.7	4.989	0.277	1.948	99.4
1995	33	210	0.157	194.2	4.998	0.271	1.988	97.7
1996	17	217	0.078	148.2	4.696	0.303	1.791	82.7
1997	31	202	0.153	168.6	4.758	0.369	1.490	113.2
1998	37	209	0.177	180.9	4.775	0.423	1.314	137.6
1999	72	202	0.356	417.6	5.234	0.800	0.740	564.7
2000	49	201	0.244	241.4	4.995	0.492	1.146	210.6
2001	28	197	0.142	311.0	5.092	0.648	0.893	348.3
2002	26	193	0.135	193.3	4.809	0.455	1.229	157.2
2003	38	203	0.187	375.4	4.876	1.052	0.581	646.0
2004	42	210	0.200	197.3	4.687	0.598	0.960	205.5
2005	84	219	0.384	585.8	5.529	0.844	0.706	830.0
2006	48	220	0.218	202.6	4.691	0.620	0.929	218.1
gemiddeld			0.219				1.211	
	Gelumpt voor alle jaren							
1992–2006	710	3202	0.222	294.5	5.036	0.649	0.892	330.3

1. De kokkeldichtheden van verschillende de spots worden onafhankelijk van elkaar gevarieerd. Er worden dus geen ruimtelijke structuren (“kokkelbanken”) aangebracht in de gegenereerde kokkeldichtheden. Dat heeft geen consequenties voor de modelberekeningen omdat de energetische kosten van verplaatsing van de vogels in *WETICS* worden verwaarloosd. Het maakt in het model daarom niet uit of twee rijke spots naast elkaar of op enige afstand van elkaar liggen.
2. Voor iedere spot wordt een een trekking u gedaan uit een uniforme kansverdeling op $[0, 1]$. Als $u > p$ dan wordt de biomassa gelijk gemaakt aan nul.
3. Als $u < p$ dan wordt een biomassa bepaald door een random trekking uit een gammaverdeling met $k = 1.21$ en $\theta = (1/p) \times (1/k) \times X$, waarin X de voor de spot opgegeven biomassa is. Het gemiddelde van deze verdeling X/p compenseert voor de keren dat aan de spot helemaal geen biomassa wordt toegekend.
4. Tenslotte worden de gegenereerde biomassa’s genormeerd zodanig dat de totale biomassa van het bestand onveranderd blijft.

De gebruikte random generators zijn te vinden in Bratley *et al.* (1987). De trekking uit een uniforme verdeling is gedaan met de generator UNIFL (L’Ecuyer, 1988). Trekkingen uit een gammaverdeling zijn gedaan met RGKM3 en RGS (Ahrens & Dieter, 1974; Cheng & Feast, 1979; Tadikamalla & Johnson, 1981).

In Figuur 2.11 is de biomassa in verschillende dichtheidsklassen gegeven voor 10 random realisaties van het modelbestand voor NA-2015. Tengevolge van de nor-

malisatie (stap 4 in het bovenstaande “recept”) is de totale bestandsgrootte voor de deelgebieden West en Midden steeds gelijk aan die voor het ongewijzigde modelbestand in Figuur 2.8 op bladzijde 26. De waarden voor D zijn echter veel groter en komen nu veel beter overeen met de D waarden voor de surveybestanden in Figuur 2.9 op bladzijde 27.

We merken hier nog op dat bovenstaande generatieprocedure niet helemaal consistent is met de afleiding van de statistische parameters. De parameters zijn immers bepaald uit de biomassa’s die niet alleen stochastische vertonen, maar ook beïnvloed zijn door verschillen in verwachtingswaarde tengevolge van bijvoorbeeld verschillen in droogvalduur. Dat leidt in principe tot een overschatting van de variabiliteit op een bepaalde plek, voor een *bepaalde* droogvalduur. De ruimtelijke variabiliteit is echter zo groot dat het gebruik van de gammaverdeling met de aangetroffen waarde als gemiddelde een heel redelijk resultaat oplevert. Het is een eenvoudige manier om (niet expliciet gemaakte) effecten van droogvalduur of slikgehalte te handhaven in het *gemiddelde* van vele gegenereerde bestanden.

2.5.5 Visserij

Het gemiddeld aanwezige aantal vogels kan worden vergeleken met een draagkracht berekening voor de surveybestanden. De hoeveelheid geviste kokkels moet dan echter wel in rekening gebracht worden. In Tabel 2.5 zijn de door IMARES Yerseke geleverde gegevens weergegeven.

De berekeningen aan de scenario’s voor de verruiming van de vaargeul zijn gedaan *zonder* visserij omdat de toekomstige visserij niet bekend is. De huidige draagkracht, waarmee de uitkomsten voor de verschillende scenario’s vergeleken wordt, moet daarom ook een draagkracht zonder het effect van visserij zijn. In Hoofdstuk 3.8 worden de draagkrachten met en zonder visserij beide berekend (Figuur 3.6 op bladzijde 40).

Tabel 2.5. Geviste kokkels in ton vers en als percentage van het kokkelbestand voor september in Tabel 2.1. De data zijn aangeleverd door het IMARES te Yerseke en afkomstig uit de enquêtes en de vangstopgaven van PO kokkel. De versgewichten zijn berekend op basis van een gewicht aan gekookt vlees van 15% van het versgewicht.

jaar	Kokkelvisserij Westerschelde			
	West		Midden	
	ton (vers)	%	ton (vers)	%
1992	223	5.9	1777	62.0
1993	2667	72.9	2667	49.3
1994	5144	111.4	189	8.4
1995	4813	86.5	187	7.1
1996	0	0.0	0	0.0
1997	1111	53.9	442	22.3
1998	2915	19.8	617	8.9
1999	2263	36.0	2	0.1
2000	287	10.2	0	0.0
2001	80	1.9	0	0.0
2002	367	6.8	0	0.0
2003	435	12.7	0	0.0
2004	765	6.9	0	0.0
2005	1896	24.8	1445	17.9
2006	0	0.0	0	0.0

Het simulatiemodel WEBTICS

3.1 Inleiding

Het model *WEBTICS* (Rappoldt *et al.*, 2003c) simuleert de voedselopname van scholeksters met tijdstappen van 15 minuten. De modelparameters voor de energiebehoefte van de vogels, de functionele respons en de concurrentie tussen de foeragerende vogels onderling zijn alle gelijk aan die in eerdere studies van de Oosterschelde en Westerschelde (Rappoldt *et al.*, 2003a, 2006; Rappoldt & Ens, 2005, 2006). Aan de voedselopname en de digestive bottleneck is ook in het zandhonger rapport Rappoldt *et al.* (2006, Hoofdstuk 2.3) de nodige aandacht besteed.

In dit hoofdstuk worden een aantal belangrijke punten besproken in combinatie met enkele resultaten voor de jaren 1992–2005 die het uitgangspunt vormen voor de scenariostudie in Hoofdstuk 4.

De modelberekeningen worden gedaan op de schaal van de schelpdiersurveys van Wageningen IMARES (Kamermans & Kesteloo-Hendrikse, 2001; Bult *et al.*, 2003). Dat betekent dat wordt aangenomen dat de gemeten of berekende kokkeldichtheden en biomassa's betrekking hebben uniforme spots van 26 ha. Ook omtrent de vogels worden enkele aannamen gemaakt:

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. Bij een klein voedselaanbod of een korte droogvalduur zullen sommige vogels daarom eerder in de problemen komen dan andere. Voor scholeksters, die gemakkelijk tientallen jaren oud worden, is ook een licht verhoogde sterfte al problematisch (zie Figuur 3.5 op bladzijde 39).

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 getijdeperiode. In het model kunnen de vogels echter wel zomaar overal 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” in een uniform voedselgebied. De berekende maximale voedselopname wordt daarom gebruikt als een maat voor de mogelijkheden van de vogels en niet als een absoluut getal. Door de maximale voedselopname te combineren met de feitelijke voedselbehoefte kan een stress index worden berekend die aangeeft hoe makkelijk of moeilijk de supervogels door de winter komen.

Boven een kritische waarde van de stress index komen *niet* de modelvogels, maar *wel* de echte scholeksters in problemen (zie Hoofdstuk 3.7). De berekende draagkracht van een gebied is een aantal scholeksters zodanig dat voor dat aantal vogels de gesimuleerde stress index kritisch is (zie Hoofdstuk 3.8). Tenslotte wordt in Hoofdstuk 3.9 ingegaan op de wijze waarop draagkrachtberekeningen voor modelbestanden zijn uitgevoerd.

3.2 Simulatie van de getijdecycli

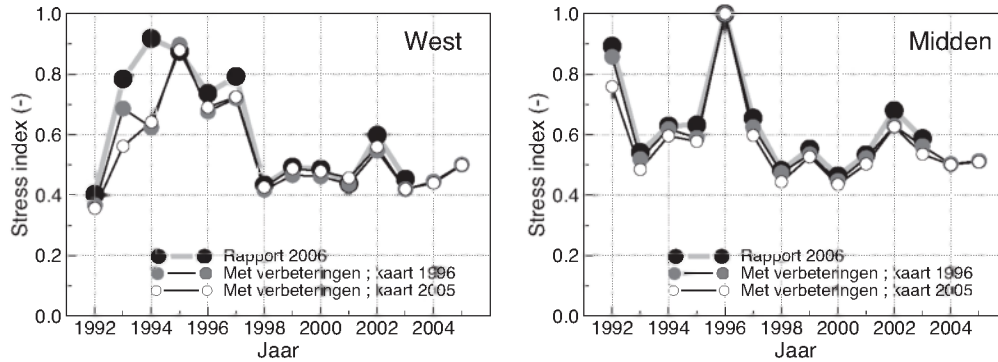
Gedurende laagwater verspreiden de vogels zich over de droogvallende voedselgebieden en tijdens hoogwater kan op regenwormen worden gefoerageerd in de weilanden. Ten behoeve van het simuleren van realistische getijdecycli wordt gebruik gemaakt van gemeten waterstanden (zie Hoofdstuk 2.2) en voor het berekenen van de voedselbehoefte worden de dagelijkse minimum en maximum temperatuur van het station Vlissingen gebruikt.

Die verspreiding van de vogels over de op een bepaald moment droogliggende slikken wordt uitgerekend zodanig dat de mogelijke voedselopname maximaal is. Dat betekent dat de vogels zich concentreren op slikken met de hoogste kokkeldichtheid. Door interferentie gaat de opnamesnelheid op de beste plekken echter omlaag en kan een deel van de vogels in een lagere dichtheid (maar met een even grote voedselopname) foerageren op plekken met een geringere kokkeldichtheid. De resulterende verdeling van de vogels staat bekend als de “Ideal Free Distribution”, de verdeling van vogels met een ideale kennis van het aanwezige voedsel die zich vrij (zonder energetische kosten) kunnen verplaatsen over het foerageergebied.

In *WEBTICS* is een mechanisme aanwezig dat voorkomt dat alleen de kokkels op de beste plekken worden gegeten. Daarbij wordt gebruik gemaakt van het feit dat de geïdealiseerde modelvogels in de meeste omstandigheden hun voedselbehoefte in relatief korte tijd dekken. Het resultaat van een korte tijd op een goed kokkelgebied of een langere tijd op een minder goed gebied is dus voor de modelvogels hetzelfde. Daarom worden de modelvogels tijdens voldoende lange laagwaterperiodes gelijkmatiger dan “Ideal Free” verspreid over de droogvallende slikken. Dat gaat niet ten koste van de gerealiseerde voedselopname maar leidt tot een meer gespreide voedselopname, zowel ruimtelijk als temporeel. Onder extreme omstandigheden (korte droogvalduur, weinig voedsel, hoge behoefte) schakelt het model echter over op de Ideal Free Distribution (zie voor details Rappoldt *et al.*, 2003c, Hoofdstuk 2.3.2)

3.3 Stress index

Voor iedere laagwaterperiode wordt een “inspanning” (de “foerageerintensiteit” F) berekend als de verhouding tussen de behoefte en de foerageermogelijkheden van de vogels. De foerageermogelijkheden worden berekend als de maximaal mogelijke



Figuur 3.1. Gesimuleerde stress indices *met visserij* voor de survey gegevens van 1992–2005, gecombineerd met de gridcel gegevens op de kaarten van 1996 en 2005. De in Rappoldt & Ens (2006, Figuur 4.18) berekende stress indices zijn ook weergegeven.

voedselopname¹. Uit de n foerageerintensiteiten in de maanden december, januari en februari $F_i, i = 1, \dots, n$ wordt een stress index S berekend als

$$S = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1,n} F_i^2}$$

Als alle waarden F_i gelijk zijn, is de op deze wijze berekende stress index S gelijk aan de foerageerintensiteit. Voor variërende intensiteiten is S iets hoger dan de gemiddelde foerageerintensiteit $\bar{F}$.

Naarmate er, in het model, méér vogels overwinteren neemt de stress index toe door een combinatie van verschillende effecten. Van het kokkelbestand wordt meer gegeten waardoor het sneller vermindert, vooral op de hooggelegen slikken waar de vogels in grote aantallen voedsel zoeken vlak voor en/of vlak na hoogwater. In de tweede plaats is er interferentie tussen de vogels waardoor hun maximale opname vermindert als de dichtheid aan vogels groter is. Dat leidt ook tot verhoogde foerageerintensiteiten.

In Figuur 3.1 wordt een vergelijking gemaakt tussen de eerder in Rappoldt & Ens (2006, Figuur 4.18) berekende stress niveaus voor de jaren 1992–2003 (met de droogvalduurkaart van 1996) en de berekeningen voor dit rapport op basis van de kaarten van 1996 en 2005 (zie ook de tabellen in Hoofdstuk 2.5.1). Voor de meeste jaren is er een goede overeenstemming tussen de verschillende modelruns. Het verschil tussen de modelruns met de kaarten van 1996 en 2005 lijkt klein. Dat is niet onbelangrijk omdat het jaar 2005 het referentiejaar is voor de scenario studie in dit rapport. De surveybestanden kunnen dus zonder bezwaar gecombineerd worden met de droogvalduren van 2005, zoals dat gedaan is in Tabel 2.2 op bladzijde 20.

De verschillen tussen de oude en de nieuwe berekeningen, waaronder ook de relatief grote verschillen voor deelgebied West in 1993 en 1994, worden veroorzaakt door enkele technische veranderingen aan het model:

- De getijdencycli worden nu met behulp van gemeten waterstanden gegenereerd (elke 10 minuten een meting),
- Het verband tussen droogvalduur en hoogte dat voor de generatie van getijdencycli nodig is, wordt nog nauwkeuriger bepaald (zie Hoofdstuk 2.2.1).

¹De som van de maximale voedselopname tijdens laagwater en de maximale opname tijdens hoogwater, *zonder* beperking door de maximale verteringsnelheid. Zie ook Figuur 2.11 en Tabel 2.2 in Rappoldt *et al.* (2006).

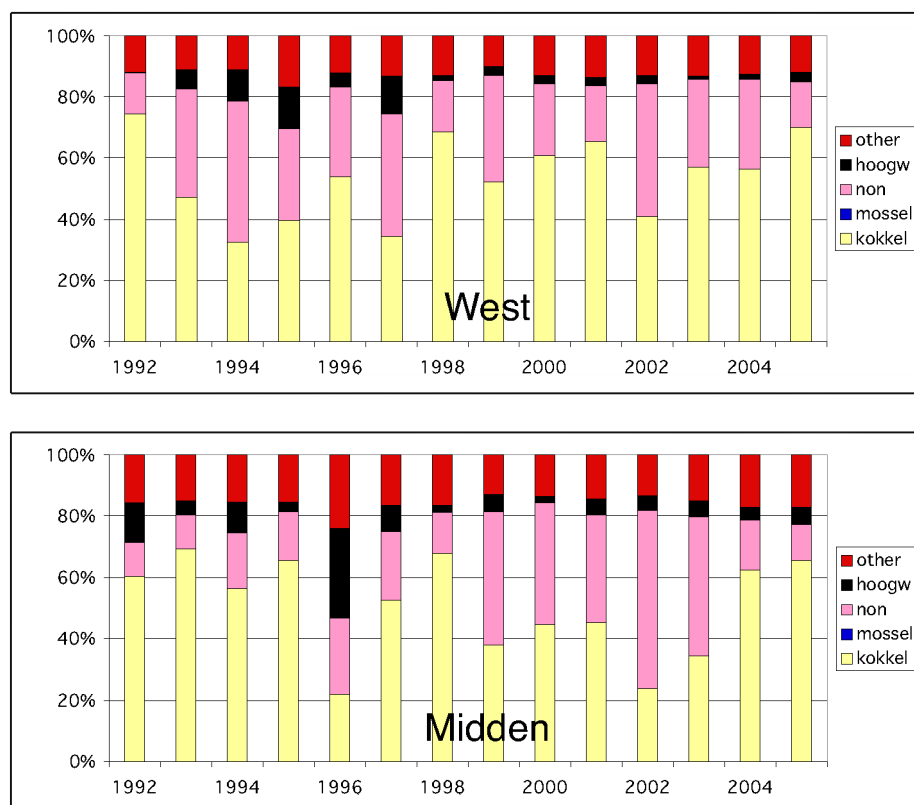
Dat leidt met name voor de belangrijke hoog gelegen spots tot een kleine verbetering van de gesimuleerde droogvalduur,

- Als het model de visserij zelf moet verdelen over de spots (zoals in de Westerschelde simulaties), dan worden nu de rijkste spots het zwaarst bevestigd. Voorheen werd er voor alle spots een “black-box” waarde van 40% aangenomen. Bovendien is de bevissing nu maximaal 90% van wat er op een spot aan consumptiekokkels aanwezig is.

De beperking van de visserij intensiteit per spot leidt voor het deelgebied West voor 1994 tot een gesimuleerde vangst van 3700 ton. Dat is iets minder dan de 4100 ton in de eerdere simulaties en dat verklaart het lagere stress niveau. Beide vangsten blijven overigens onder de schatting van de werkelijke vangst van 5144 ton in Tabel 2.5 die niet consistent is met de grootte van het kokkelbestand.

3.4 Het gesimuleerde dieet

De parameters voor het foerageren op kokkels, nonnetjes, mosselen (niet aanwezig in de Westerschelde) regenwormen (tijdens hoogwater) en een bijdrage van marginale prooien zijn dezelfde als die in (Rappoldt *et al.*, 2003b, 2006) en (Rappoldt & Ens, 2005, 2006) gebruikte waarden. De simulatie van het foerageren gedurende de winter leidt uiteindelijk tot een totale opname van de verschillende prooien. Fi-



Figuur 3.2. Dieet van vogels in de deelgebieden West en Midden, gesimuleerd met de surveybestanden in Tabel 2.2 op de droogvalduurkaart van 2005 in combinatie met het historisch weer, en de historische waterstanden en visserij. De met “hoogw” aangeduide opname betreft het foerageren tijdens hoogwater op regenwormen.

Tabel 3.1. Het lot van de kokkels (ton versgewicht) in de gesimuleerde winterperiodes tussen 1992 en 2004. Het percentage sterfte in de zesde kolom is berekend uit de door vogels gegeten hoeveelheid, de “collateral damage” (10% van de ondermaatse kokkels op het beviste oppervlak en 5% van de geviste hoeveelheid) en de sterfte anders dan door predatie en visserij (de kolom “andere”), die in het model beschreven wordt als een opgelegde maandelijkse sterfte van 1%. Deze totale sterfte (de sterfte anders dan als aangelande vangst) in de gesimuleerde winters bedraagt gemiddeld 30%. De kolom “Mei 2j+mj” geeft de hoeveelheid (dan) twee- en meerjarige kokkels in de voorjaars-survey volgend op het gesimuleerde seizoen.

season	september	gegeten	gevist	dood	sterfte (%)	april	Mei 2j+mj
1992–1993	7261	2633	2130	298	40	2758	4913
1993–1994	9930	2049	5628	309	24	2655	3354
1994–1995	7105	1950	4294	184	30	1135	1591
1995–1996	8683	1998	5263	237	26	1880	614
1996–1997	2308	1546	0	117	72	912	1120
1997–1998	4189	1715	1686	140	44	1004	1618
1998–1999	22474	2873	4210	1306	19	17321	7998
1999–2000	8034	1433	2384	372	22	4210	3031
2000–2001	4095	1277	302	217	37	2376	2295
2001–2002	6579	1475	84	410	29	5236	1275
2002–2003	6601	855	387	429	19	5899	3456
2003–2004	6020	1357	458	349	28	4223	2007
2004–2005	19813	1434	1084	1344	14	19026	12920
2005–2006	16264	2544	3517	851	21	10131	2578

guur 3.2 laat de relatieve bijdragen zien voor simulatieruns met de surveybestanden in Tabel 2.2.

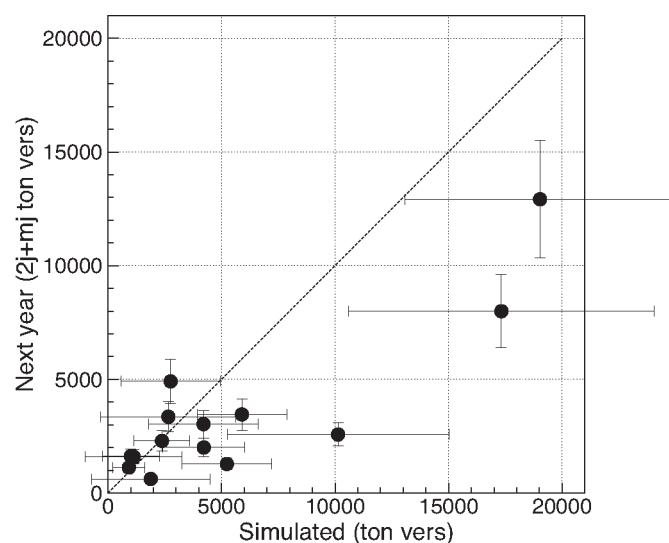
3.5 Het lot van de kokkels

Tabel 3.1 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, de predatie door scholeksters, de sterfte tengevolge van visserij, de “andere” sterfte (anders dan door predatie en visserij die in het model beschreven wordt als een opgelegde maandelijkse sterfte van 1%). De “totale sterfte” is samengesteld uit de predatie, de andere sterfte en de “collateral damage” (10% van de ondermaatse kokkels op het beviste oppervlak en 5% van de geviste hoeveelheid). Het sterftepercentage in de zesde kolom van Tabel 3.1 is dus de modelschatting van de sterfte anders dan als aangelande vangst.

3.6 De Kokkelbalans

De laatste twee kolommen van Tabel 3.1 vormen de kokkelbalans, een vergelijking tussen wat er volgens het model in het voorjaar nog aan kokkels over is en wat er in de nieuwe survey is aangetroffen (eigenlijk de schatting van de gewichten per 1 mei op basis van de survey in mei/juni). Van de nieuwe survey tellen alleen de (dan) twee- en meerjarige kokkels mee. In Figuur 3.3 is de balans in grafiek gebracht.

De onzekerheid in de punten van de kokkelbalans voor de Westerschelde is veel groter dan in die voor de Oosterschelde (Rappoldt *et al.*, 2006, Figuur 4.1) omdat



Figuur 3.3. De kokkelbalans voor de Westerschelde voor de septemberbestanden uit Tabel 2.2. De onzekerheidsmarges zijn op dezelfde wijze geschat als in Rappoldt & Ens (2006): 30% van het septemberbestand (Δx) en 20% van het meibestand aan twee- en meerjarige kokkels (Δy).

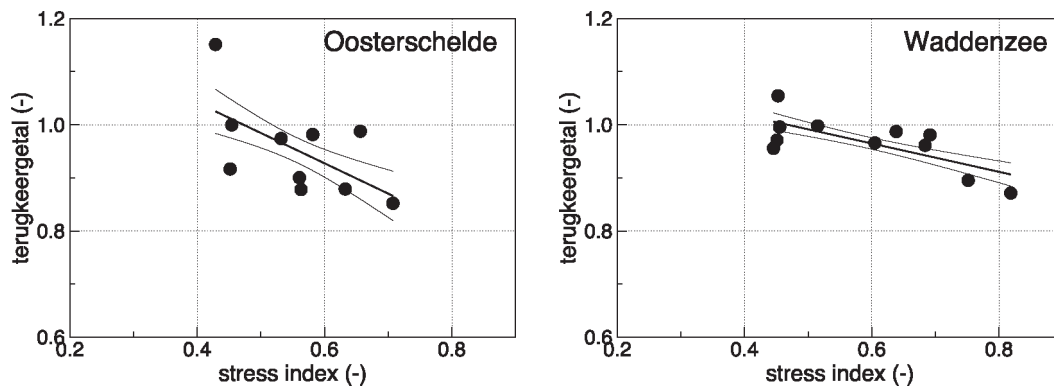
de surveys voor de Westerschelde minder nauwkeurig zijn (Bult *et al.*, 2003, Figuur 4.2). De grafiek verschilt niet wezenlijk van die in het Westerschelde rapport Rappoldt & Ens (2006), maar door de nieuwe punten voor de 2004–2005 en 2005–2006 lijkt er voor grote kokkelbestanden een systematische afwijking in de balans zichtbaar te worden. De sterfte in de winter is hoger dan we denken of de netto zomergroei daaraan voorafgaand is kleiner. Een sterkere dichtheidsafhankelijkheid van de groei en/of sterfte kan hier een rol spelen. Het kan ook zijn dat de visserij is hoger is dan opgegeven. Overigens betreft het hier steeds jaren waarin de scholeksters geen problemen zullen hebben.

De grote onzekerheden verbonden met de voorspelling van kokkelbestanden zijn er precies de reden van dat *WEBTICS* elk jaar opnieuw geïnitieerd wordt met een geschat septembestand.

3.7 Het kritisch stress niveau

Voor de toepassing van het model is de biologische betekenis van het berekende stress niveau van groot belang. Dat is geen eenvoudige kwestie omdat scholeksters veel langer leven dan kokkels en niet verwacht kan worden dat het aantal scholeksters op een tijdschaal van enkele jaren met het voedselaanbod fluctueert. Het gaat daarom niet zozeer om een harde grens aan het aantal scholeksters dat ergens kan overwinteren, maar veeleer om een relatief kleine sterftekans (e.g. Atkinson *et al.* (2003); Bruinzeel & van de Pol (2003) en Rappoldt *et al.* (2003a, Hoofdstuk 3 van N. Dingemanse en B.J. Ens)) en om de mogelijke invloed van de wintercondities op het broedsucces (cf. Ebbinge & Spaans, 1995; Madsen, 1994; Hegyi & Sasvári, 1998a,b).

De relatief lange levensduur van scholeksters (tientallen jaren) impliceert dat de reproductie tijdens het broedseizoen elk jaar een relatief bescheiden aantal jonge vogels oplevert waarvan de overleving in hun eerste winter op de lange termijn na-



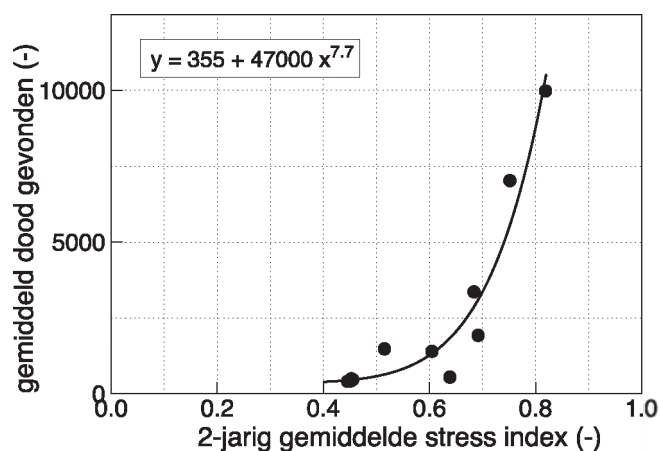
Figuur 3.4. Het tweejarig gemiddeld terugkeergetal als functie van de gesimuleerde stress index voor de Oosterschelde en de Waddenzee in de simulaties voor 1990-2001.

tuurlijk cruciaal is voor een stabiel aantal scholeksters, maar op de korte termijn weinig invloed daarop heeft (e.g. Goss-Custard *et al.*, 1996). Niettemin moet natuurlijk geprobeerd worden een verband tussen de stress index en de ontwikkeling van de scholeksterpopulatie vast te stellen en daartoe zijn verschillende mogelijkheden.

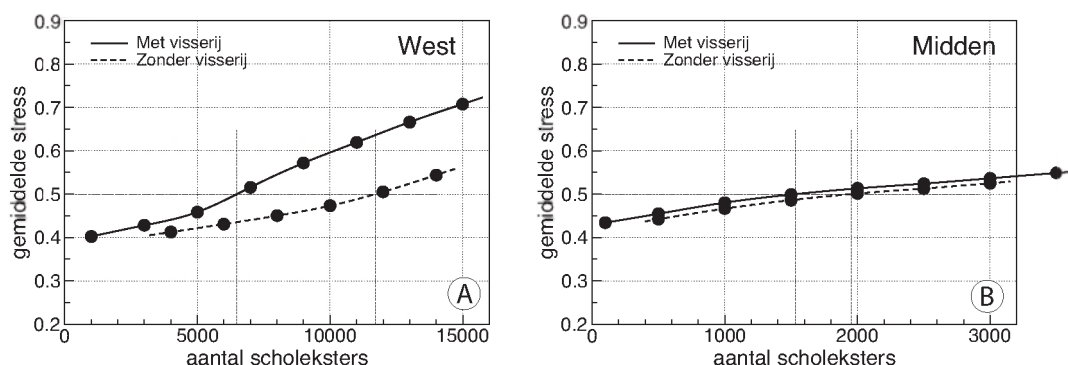
Zowel voor de Oosterschelde als de Waddenzee bestaat een verband tussen de waargenomen aantalsontwikkeling en de voor elk winterseizoen berekende stress index. Het terugkeergetal van de vogels² drukt uit of het aantal vogels groter of kleiner is in de herfst volgend op een beschouwd jaar. Figuur 3.4 laat zien dat het tweejarig gemiddelde terugkeergetal afneemt met de tweejarig gemiddelde stress. De verbanden zijn niet allebei hoog significant³ ($P=0.06$ voor de Oosterschelde en $P=0.01$ voor de Waddenzee), maar het resultaat voor de twee gebieden is wel consistent en geeft aan dat er voor de scholeksters iets mis gaat als de stress index voor meerdere jaren groter is dan ongeveer 0.5.

²Het terugkeergetal is vrijwel gelijk aan de verhouding tussen het aantal vogels in de herfst (september t/m november) van jaar $n+1$ en dat in de herfst van het beschouwde jaar n (zie Rappoldt *et al.*, 2003a, Appendix B).

³Er is op deze P waarden vermoedelijk wat af te dingen omdat de punten, zijnde tweejarige gemiddelden, niet onafhankelijk van elkaar zijn.



Figuur 3.5. Het aantal dood gevonden scholeksters als functie van het gesimuleerde stress niveau in de Waddenzee voor de periode 1990-2001. Elk punt is een tweejarig gemiddelde.



Figuur 3.6. Berekende draagkracht voor de survey bestanden van 1992–2005. De punten zijn gemiddelde stress niveaus gesimuleerd voor de historische aantallen scholeksters gecombineerd met de surveybestanden 1992–2005 in Tabel 2.2, steeds met het weer, het getij en de gemiddelde droogvalduur van 2005. De curve door de punten is berekend met de “cubic splines” interpolatiemethode (Press *et al.*, 1992). (A) Afgelezen voor een kritisch stress niveau van 0.50 levert dit voor Westerschelde West een draagkracht van 11700 (zonder visserij) en 6500 (met visserij). (B) Voor Westerschelde Midden is de draagkracht 1950 (zonder visserij) en 1530 (met visserij). Een schatting van de onzekerheid in deze getallen wordt besproken in de tekst.

Dat wordt bevestigd door Figuur 3.5 die het (tweejarig gemiddeld) aantal doodgevonden scholeksters in de Waddenzee laat zien als functie van het (tweejarig gemiddeld) stress niveau⁴. De gegevens die in deze grafiek zijn verwerkt zijn bijeengebracht door Kees Camphuysen en statistisch bewerkt door Paul Goedhart in Bijlage C van Rappoldt *et al.* (2003b). Uit de figuur blijkt dat de wintersterfte snel toeneemt naarmate het stress niveau over meerdere jaren boven 0.5 ligt. Voor de meeste van de gesimuleerde seizoenen ligt het stress niveau overigens boven 0.5, hetgeen consistent is met de aanzienlijke afname van het aantal scholeksters in het Nederlands Waddengebied in de betreffende periode.

3.8 Draagkrachtberekening

De draagkracht van een deelgebied kan nu met behulp van *WEBTICS* worden geschat door het aantal scholeksters te bepalen waarvoor de stress index de kritische waarde 0.5 bereikt. Daartoe wordt een aantal simulaties uitgevoerd, elk met een ander aantal scholeksters⁵. Er wordt dan een grafiek gemaakt van de stress index als functie van het aantal vogels. Tussen de berekende punten wordt vervolgens geïnterpoleerd met behulp van cubic splines (Press *et al.*, 1992), en het aantal vogels waarvoor het model een stress niveau van 0.5 oplevert wordt aan de hand daarvan bepaald.

Figuur 3.6 laat het resultaat zien van een draagkrachtberekening voor de Westerschelde op basis van de gemeten surveybestanden voor kokkels en nonnetjes voor winterseizoenen van 1992–1993 tot en met 2005–2006. De figuur laat een aanzienlijk effect van de visserij zien, vooral voor Westerschelde West. Dit grote effect wordt voor een belangrijk deel veroorzaakt door de intensieve bevissing van de kokkels tussen 1992 en 1998. Daarna is de intensiteit verminderd (zie Tabel 2.5).

⁴De figuur is gemaakt naar aanleiding van een discussie met John Goss-Custard tijdens een EVA-II workshop.

⁵Waargenomen aantallen vogels worden daartoe vermenigvuldigd met een constante zodat het seizoensverloop van het aantal vogels in stand blijft.

Het effect van visserij wordt hier niet verder geanalyseerd. Het is echter alleen de draagkracht *met visserij* die kan worden vergeleken met het gemiddeld aantal overwinterende vogels. De scenarioberekeningen in dit rapport zijn gedaan *zonder* de nog onbekende visserij en het uitgangspunt voor die berekeningen is dus de draagkracht van het gebied *zonder* de directe effecten van visserij op het kokkelbestand.

Een onzekerheidsmarge in een berekende draagkracht kan worden berekend door het gebruikte kritisch stress niveau te variëren. Lezen we de curven in Figuur 3.6 niet alleen af voor het “standaard” kritisch stress niveau van 0.50, maar ook voor 0.45 en 0.55, dan krijgen we voor Westerschelde West *zonder* visserij 11700 in het interval [8000, 14300] en *met* visserij een draagkracht van 6500 in het interval [4600, 8200]. Het gemiddelde aantal overwinterende scholeksters bedroeg 6670 hetgeen zeer goed in overeenstemming is met het berekende aantal.

Voor Westerschelde Midden (Figuur 3.6B) valt op dat de stress index aanzienlijk langzamer toeneemt met het aantal scholeksters dan voor het deelgebied West. Dat heeft als consequentie dat de draagkrachtschatting relatief onzeker is. *Met* visserij is de berekende draagkracht 1530 in het interval [400, 3500] en *zonder* visserij wordt dat 1950 in het interval [660, 4000]. Het gemiddeld aanwezig aantal vogels is over de beschouwde periode gedaald van 6200 (de seizoenen 1992–1998) naar 2500 (de seizoenen 1999–2005). Het aantal scholeksters is de laatste jaren dus consistent met de (ruwe) draagkracht schatting *met* visserij (in het interval [400, 3500]).

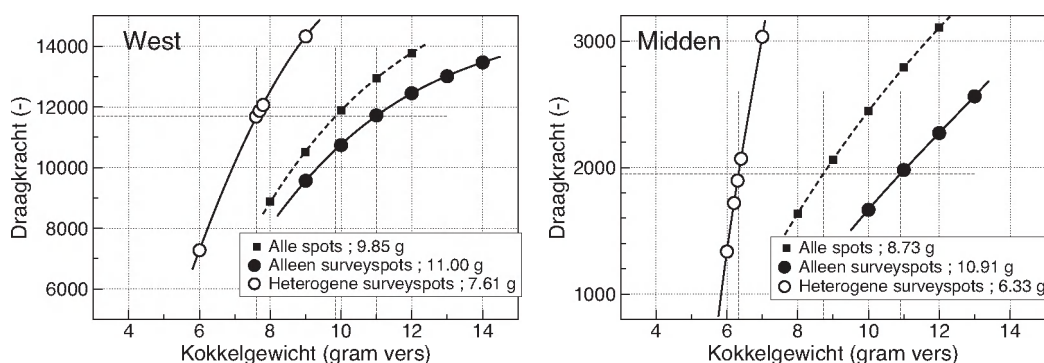
Het resultaat voor Westerschelde Midden laat zien dat betrouwbare schattingen voor dit deelgebied moeilijk zijn. Het basisniveau van de stress index (het niveau bij een zeer gering aantal vogels) is hoger dan voor Westerschelde West, het stijgt slechts langzaam met het aantal vogels, het effect van visserij is relatief klein, de gegeten fractie van de kokkels is lager dan in West en de droogvalduur van de kokkels is in de meeste jaren kleiner dan in West. Dat alles wijst erop dat de omstandigheden voor een overwintering in Westerschelde Midden minder goed zijn dan in het deelgebied West en dat het aantal overwinterende vogels gevoelig kan zijn voor veranderingen. In Rappoldt & Ens (2006) is dit overigens ook geconstateerd en is gesuggereerd dat het deelgebied Midden mogelijk marginaal geworden is. De laatste jaren echter is het aantal scholeksters er stabiel.

3.9 Draagkrachtberekening voor modelbestanden

In de modelbestanden ontbreken de nonnetjes, die voor de Westerschelde veel belangrijker zijn dan voor de Oosterschelde (zie Figuur 3.2). Daarom zijn aan alle gebruikte modelbestanden de nonnetjes uit de IMARES schelpdiërsurvey van het jaar 2005 toegevoegd.

Verder zijn er belangrijke verschillen tussen waargenomen surveybestanden en modelbestanden berekend met een habitatmodel, zoals dat van van Kater *et al.* (2004), of met behulp van meerjarige gemiddelden per ecotoop, zoals ten behoeve van dit rapport. Een modelbestand beschrijft een verwachtingswaarde voor het kokkelbestand waarbij de ruimtelijke verschillen *alleen* (of voornamelijk) worden veroorzaakt door verschillen in stroomsnelheid en droogvalduur en niet door de grilligheid van de broedval en de vorming van kokkelbanken. Op de consequenties hiervan voor de vogels is uitvoerig ingegaan in Rappoldt *et al.* (2006, Hoofdstuk 4.7). Ook voor de scenario berekeningen in dit rapport hebben we met dit probleem te maken (zie de Figuren 2.8 op bladzijde 26).

De methode voor het gebruik van modelbestanden is dan ook dezelfde als die in de zandhongerstudie. Voor een referentiejaar moet de draagkracht van de mo-



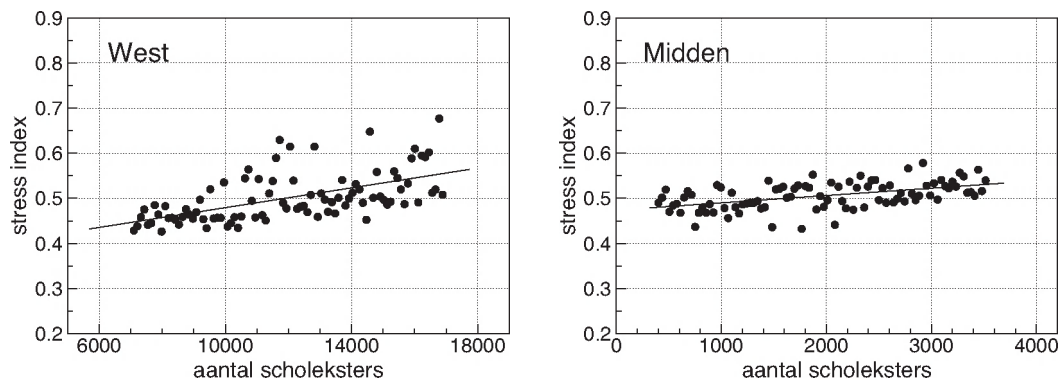
Figuur 3.7. Calibratie van de draagkracht van het modelbestand voor 2005 door het bepalen van het individuele kokkelgewicht. Voor ieder van de drie typen modelbestand is de draagkracht berekend als functie van het individuele kokkelgewicht. Het kokkelgewicht wordt vervolgens zodanig gekozen dat de draagkracht van het modelbestand gelijk is aan die van de surveybestanden, 11700 scholeksters voor Westerschelde West en 1950 scholeksters voor Westerschelde Midden (Figuur 3.6). De gebruikte regressielijnen zijn 3-de orde polynomen. De afgelezen kokkelgewichten zijn voor elk bestandstype in de legenda aangegeven.

delbestanden gecalibreerd worden tegen dat van surveybestanden. Daarbij wordt gebruik gemaakt van het feit dat de modelbestanden weliswaar een biomassa leveren maar *geen* grootte van de individuele kokkels (terwijl de voedselopname van vogels daar wel van afhangt). Een modelbestand kan dus aan de vogels worden aangeboden in de vorm van veel kleine of relatief weinig grote kokkels en het verschil is aanzienlijk.

In Figuur 3.7 wordt voor het modelbestand van 2005 een kokkelgrootte bepaald zodanig dat de draagkracht *zonder visserij* overeenkomt met de in Figuur 3.6 berekende draagkracht voor de surveybestanden. Dat wordt voor de deelgebieden West en Midden afzonderlijk gedaan en bovendien voor drie verschillende versies van het modelbestand:

- 1 Met de biomassa's voor alle spots of gridcellen. Dit bestand is aanzienlijk groter dan het gemiddelde surveybestand (zie Tabel 2.3 op bladzijde 23) omdat de ecotoopbenadering biomassa's voorspelt voor een groot aantal cellen die in de survey niet bemonsterd worden. Of deze kokkels er ook echt (zullen) zijn is onduidelijk.
- 2 Met de biomassa's voor *alleen* de surveyspots. De grootte van dit bestand is in overeenstemming met de surveybestanden. Doordat het kleiner is dan dat voor alle spots leidt de calibratie in Figuur 3.7 tot een groter kokkelgewicht. Grotere individuele kokkels compenseren voor een kleiner totaal.
- 3 Met de biomassa's voor de surveyspots en kunstmatig toegevoegde ruimtelijke heterogeniteit zoals beschreven in Hoofdstuk 2.5.4. Dit leidt tot aanzienlijk hogere lokale kokkeldichtheden waar de vogels, ook in het model, van profiteren. Het te gebruiken kokkelgewicht is daarom voor zowel West als Midden een stuk kleiner, 7.6 g respectievelijk 6.3 g.

Het gemiddelde gewicht van twee- en meerjarige kokkels in de surveybestanden 1992–2005 bedraagt (na zomergeroei) voor Westerschelde West 6.6 g en voor Westerschelde Midden 5.7 g (zie ook Rappoldt & Ens, 2006, Hoofdstuk 2.2.1). De benodigde kokkelgewichten voor het heterogeen gemaakte modelbestand zijn dus veel realistischer dan die voor uniforme bestanden.



Figuur 3.8. Voorbeeld van een draagkrachtberekening met een kunstmatig heterogeen modelbestand. De grafieken voor de deelgebieden West en Midden hebben betrekking op het scenario P4P voor het jaar 2015 in combinatie met de in Figuur 3.7 bepaalde kokkelgrootten van 7.6 g en 6.3 g voor West respectievelijk Midden. De 90 punten in elke grafiek zijn gesimuleerde stress getallen voor verschillende aantallen vogels en voor steeds een andere random realisatie van het modelbestand (zie ook Figuur 2.11 op bladzijde 30). De draagkracht, het aantal scholeksters waarvoor het stress niveau kritisch is, wordt vervolgens bepaald met lineaire regressie: 11885 vogels voor West en 1616 vogels voor Midden.

Het berekenen van draagkracht voor een kunstmatig heterogeen gemaakt modelbestand heeft nog enige toelichting. Het aanbrengen van heterogeniteit is beschreven in Hoofdstuk 2.5.4 en het “recept” op bladzijde 29. Door het gebruik van random getallen is er niet één enkel heterogeen bestand, maar kan een willekeurig groot aantal random realisaties van het modelbestand gegenereerd worden (zie Figuur 2.11 op bladzijde 30). Door voor een groot aantal realisaties en voor verschillende aantallen scholeksters een simulatie uit te voeren en een stress index te berekenen, kan de relatie tussen het aantal vogels en het gemiddelde stress niveau bepaald worden als een regressielijn. Daaruit wordt dan de draagkracht berekend door de lijn af te lezen bij het kritisch stress niveau. In Figuur 3.8 wordt op deze wijze de draagkracht berekend van het modelbestand 2015 voor het scenario P4P.

Scenario's voor de verruiming

In dit hoofdstuk wordt voor elk van de scenario's NA, P4N en P4P een draagkracht berekend. Deze aantallen scholeksters worden vergeleken met die voor het referentiejaar 2005 om te zien wat de effecten zijn van de voorgenomen verruiming van de Westerschelde. Allereerst wordt nog een beknopte beschrijving gegeven van de invoergegevens onder verwijzing naar de voorgaande hoofdstukken.

4.1 De invoergegevens

Voor de drie scenario's voor de verruiming NA, P4N en P4P zijn draagkrachtberekeningen gedaan met behulp van de volgende gegevens en methoden:

Het weer en de waterstanden van 2005 (zie Hoofdstuk 2.3),

De gemiddelde droogvalduren voor het jaar waarvoor gerekend wordt, 2005, 2010 of 2015 (zie Hoofdstuk 2.2.1),

Het *relatieve verloop* van het aantal scholeksters over de wintermaanden van 2005 (zie Hoofdstuk 2.4),

De nonnetjes van de IMARES schelpdiersurvey voor 2005, toegevoegd aan alle kokkel modelbestanden,

De door het IMARES via gemiddelden per ecotoop berekende modelbestanden voor 2005, 2010 en 2015 (zie Hoofdstuk 2.5.2). Elk van de modelbestanden wordt gebruikt in drie versies, (1) de biomassa van alle spots, (2) de biomassa van alléén de surveyspots en (3) de biomassa van alléén de surveyspots met kunstmatig toegevoegde heterogeniteit (zie Hoofdstuk 3.9),

Een kokkelgrootte zodanig bepaald in Figuur 3.7 op bladzijde 42 dat de draagkracht *zonder visserij* van het modelbestand van 2005 overeenkomt met die van de gemeten surveybestanden. Deze kokkelgrootte wordt vervolgens gebruikt met de modelbestanden voor 2010 en 2015 om het effect van verruiming te berekenen ten opzichte van het referentiejaar 2005,

De methode voor het berekenen van een draagkracht beschreven in de Hoofdstukken 3.8 en 3.9 in combinatie met een kritisch stress niveau van 0.5 (Hoofdstuk 3.7).

De drie scenario's in combinatie met de drie versies van elk modelbestand leiden voor elk deelgebied tot 9 draagkrachtberekeningen voor 2010 en 2015. Die kunnen met elkaar en met de draagkracht voor het referentiejaar worden vergeleken.

Tabel 4.1. Berekende draagkracht voor scholeksters *zonder visserij* voor de jaren 2005, 2010 en 2015 voor de drie gebruikte scenario's NA, P4N en P4P.

scenario	West			Midden		
	2005	2010	2015	2005	2010	2015
	Alle spots					
Null NA	11692	11611	11693	1950	1899	1727
Nevengeulen P4N	11692	11573	11659	1950	1896	1657
Plaatranden P4P	11692	11582	11901	1950	1892	1652
	Alleen de schelpdier-survey spots					
Null NA	11692	11668	11839	1950	1899	1933
Nevengeulen P4N	11692	11633	11805	1950	1895	1937
Plaatranden P4P	11692	11636	12025	1950	1889	1922
	Met aangebrachte heterogeniteit					
Null NA	11702	11643	11704	1951	1865	1869
Nevengeulen P4N	11702	11871	11976	1951	1732	1782
Plaatranden P4P	11702	11888	11885	1951	1727	1616

4.2 Resultaat

In Tabel 4.1 is het resultaat van de berekeningen te vinden. De aantallen zijn *zonder visserij* berekend en moeten daarom worden geïnterpreteerd *relatief* ten opzichte van de opgelegde referentie aantallen¹ in de kolommen voor 2005².

Tabel 4.2 geeft de relatieve verschillen ten opzichte van het referentiejaar 2005 als een percentage. De procentuele verschillen ten opzichte van scenario NA, het Nul Alternatief, zijn te vinden in de Tabel 4.3.

Opvallend is dat alle verschillen klein zijn. Dat komt omdat er slechts kleine verschillen zijn in de grootte van het kokkelbestand tussen de verschillende scenario's (Tabel 2.3) en omdat bovendien de verschillen in droogvalduur van de kokkels klein zijn (Figuur 2.7).

De berekende effecten zijn in feite zo klein dat de vraag gesteld moet worden of de verschillen in Draagkracht een “echt effect” zijn van de droogvalduurkaarten voor 2010 en 2015 zijn, of dat er stochasticiteit in de berekeningen aanwezig is. Hierop zal in de Discussie (Hoofdstuk 5) worden ingegaan.

We merken hier slechts op dat een verandering van 1% in de Tabellen 4.2 en 4.3 voor Westerschelde West correspondeert met ongeveer 120 vogels voor een situatie *zonder visserij* met 11700 vogels. Die vogels zijn er echter niet. Het gemiddeld aantal overwinterende scholeksters in de Westerschelde bedraagt 6670 (Figuur 2.3

¹Door middel van het kiezen van een kokkelgrootte zodanig dat de draagkracht van het modelbestand van 2005 overeenkomt met de draagkracht van de surveybestanden zonder het directe effect van visserij (zie Figuur 3.7 op bladzijde 42).

²De kolommen voor 2005 in Tabel 4.1 zouden exact de opgelegde draagkracht moeten reproduceren (11700 en 1950 vogels). De kleine afwijkingen worden veroorzaakt door het gebruik van andere gekozen aantallen vogels in de draagkrachtberekening en de dientengevolge net iets andere regressielijnen (regressielijnen zoals die in de Figuren 3.6 en 3.7).

Tabel 4.2. Procentuele verandering ten opzichte van 2005 voor de scenario's NA, P4N en P4P. De percentages moeten betrokken worden op het gemiddeld aanwezige aantal van 6670 scholeksters in Westerschelde West (1992–2005) en 2500 scholeksters in Westerschelde Midden (1999–2005).

scenario	West (%)		Midden (%)	
	2010	2015	2010	2015
	Alle spots			
Null NA	−0.7	+0.0	−2.6	−11.4
Nevengeulen P4N	−1.0	−0.3	−2.8	−15.0
Plaatranden P4P	−0.9	+1.8	−3.0	−15.3
	Alleen de schelpdier–survey spots			
Null NA	−0.2	+1.3	−2.6	−0.9
Nevengeulen P4N	−0.5	+1.0	−2.8	−0.7
Plaatranden P4P	−0.5	+2.8	−3.1	−1.4
	Met aangebrachte heterogeniteit			
Null NA	−0.5	+0.0	−4.4	−4.2
Nevengeulen P4N	+1.4	+2.3	−11.2	−8.7
Plaatranden P4P	+1.6	+1.6	−11.5	−17.2

Tabel 4.3. Procentuele verandering ten opzichte van het Nul Alternatief voor de scenario's NA, P4N en P4P.

scenario	West (%)		Midden (%)	
	2010	2015	2010	2015
	Alle spots			
Nevengeulen P4N	−0.3	−0.3	−0.2	−4.1
Plaatranden P4P	−0.2	+1.8	−0.4	−4.3
	Alleen de schelpdier–survey spots			
Nevengeulen P4N	−0.3	−0.3	−0.2	+0.2
Plaatranden P4P	−0.3	+1.6	−0.5	−0.6
	Met aangebrachte heterogeniteit			
Nevengeulen P4N	+2.0	+2.3	−7.1	−4.7
Plaatranden P4P	+2.1	+1.5	−7.4	−13.5

op bladzijde 18), hetgeen goed overeenkomt met de draagkrachtberekening *met visserij* van 6500 (zie Figuur 3.6 op bladzijde 40 in Hoofdstuk 3.8). Een effect van 1% komt daarom neer op 67 scholeksters. En een effect van 1% voor Westerschelde Midden komt neer op 25 scholeksters³.

³In Figuur 3.6 op bladzijde 40 wordt voor Westerschelde Midden de draagkracht *met visserij* berekend als 1530 vogels met een onzekerheidsinterval [400, 3500] en de draagkracht *zonder visserij* als 1950 vogels in [660, 4000]. Deze laatste is de gebruikte referentiedraagkracht in de scenarioberekeningen, maar relatieve effecten moeten betrokken worden op het aanwezige aantal van 2500 vogels. Absolute draagkrachtberekeningen voor Westerschelde Midden zijn onzeker omdat de berekende stress maar langzaam toeneemt met het aantal vogels.

Discussie

5.1 Het aantal scholeksters in de Westerschelde

Enkele technische verbeteringen aan het model (zie bladzijde 35) hebben geleid tot een verbetering van de met het model berekende draagkracht van de Westerschelde, voor overigens dezelfde parameter waarden als die in eerdere rapportages.

Voor Westerschelde West is de schatting op basis van de surveybestanden 1992–2005 nu een draagkracht van 11700 scholeksters *zonder visserij* (in een ruw geschat interval van [8000, 14300] en 6500 scholeksters met visserij (in [4600, 8200]). Er is dus een aanzienlijk visserij effect dat echter in dit rapport niet nader wordt geanalyseerd. De draagkracht met visserij is goed in overeenstemming met het gemiddeld aantal van 6670 overwinterende vogels (periode 1992–2005).

Voor Westerschelde Midden zijn de cijfers 1950 en 1530 *zonder* respectievelijk *met* visserij, echter met een relatief veel grotere onzekerheid (intervallen [660, 4000] respectievelijk [400, 3500]). De berekende draagkracht met visserij is consistent met gemiddeld aantal van 2500 vogels dat de laatste 7 jaar in Westerschelde Midden overwintert. Zoals ook te zien is aan de intervallen zijn de berekeningen voor Westerschelde Midden gevoeliger voor parameter waarden. Dat is een gevoeligheid die wellicht ook in werkelijkheid bestaat: Het aantal scholeksters in Westerschelde Midden is tegenwoordig veel lager dan in de periode 1992–1998 (zie Figuur 2.3 op bladzijde 18).

Het in Rappoldt & Ens (2006) geuite vermoeden dat het deelgebied Midden op weg zou zijn marginaal te worden kan niet worden bevestigd. De laatste jaren is het aantal scholeksters er stabiel en stijgt zelfs weer na een dieptepunt in 2002 (Figuur 2.3). Waar de gevoeligheid van de draagkrachtschatting met *WEBTICS* precies door wordt veroorzaakt is nog niet uitgezocht. Een gemiddeld kortere droogvalduur of een andere droogvalduurverdeling van de kokkels dan in West is een voor de hand liggende mogelijkheid.

5.2 Heterogene modelbestanden

Het toevoegen van heterogeniteit aan modelbestanden functioneert op de wijze die is gesuggereerd in het zandhonger rapport (Rappoldt *et al.*, 2006). Door het aanbrengen van heterogeniteit gaat het modelbestand veel meer lijken op een gemeenten surveybestand waarin lokaal hoge kokkeldichtheden voorkomen waar de vogels gebruik van maken (Figuur 2.11 op bladzijde 30). De gefitte kokkelgrootte gaat

daardoor omlaag naar een realistische waarde (Figuur 3.7 op bladzijde 42).

We moeten hierbij de door *WEBTICS* gebruikte kokkelbestanden niet verwarren met “echte kokkelbestanden”. Echte kokkeldichtheden variëren op de schaal van tientallen meters en het gedrag van foeragerende vogels in zo’n omgeving is ongetwijfeld ingewikkelder dan wat er in *WEBTICS* gesimuleerd wordt. In werkelijkheid bijvoorbeeld zijn er individuele verschillen tussen vogels en de subdominante individuen zullen genoeg moeten nemen met de minder goede plekken. Al dergelijke zaken worden in *WEBTICS* buiten beschouwing gelaten. Er wordt slechts gewerkt met surveybestanden. Dat zijn een aantal waargenomen lokale kokkeldichtheden en kokkelgewichten waarvan wordt aangenomen dat ze representatief zijn voor een oppervlak van 26 ha en waarop scholeksters foerageren die alle gelijk zijn (zie ook de aannamen op bladzijde 33).

Hier gaat een ecologisch opschalingsprobleem achter schuil: “Hoe goed kunnen van elkaar verschillende scholeksters een heteroog kokkelbestand exploreren en exploiteren?”. Dit opschalingsprobleem, en alle daarmee verbonden parameters, wordt uit de weg gegaan in *WEBTICS* door het gebruik van een stress index (Hoofdstuk 3.3), een inspanningsniveau van de vogels op uniforme 26 ha spots, waarvoor een kritische waarde is bepaald (zie Hoofdstuk 3.7). Het is het “waarom” achter deze kritische waarde dat het echte ecologische schaalprobleem vertegenwoordigt.

De toevoeging van heterogeniteit aan modelbestanden doet deze bestanden dus niet lijken op echte kokkelbestanden, maar op surveybestanden. Nadat de berekende verwachtingswaarden van een modelbestand zijn vervangen door biomassa’s zoals die voorkomen in schelpdiersurveys, gedraagt een modelbestand in *WEBTICS* zich inderdaad net zo als een surveybestand. Op zichzelf is dat niet verbazend, maar het vergroot wel het vertrouwen in scenarioberekeningen met modelbestanden.

5.3 Scenario’s voor verruiming van de Westerschelde

De verschillen tussen de aantallen in Tabel 4.1 zijn zo klein dat de eerste vraag is of ze het gevolg kunnen zijn van stochasticiteit in het rekenwerk, of dat ze als (kleine) effecten kunnen worden geïnterpreteerd. Daarbij spelen de volgende overwegingen een rol:

- (1) Een draagkracht berekend met de heterogene modelbestanden bevat de stochastische effecten van de kunstmatig toegevoegde heterogeniteit. De berekeningen zijn weliswaar gemaakt met 90 random realisaties van het modelbestand, maar zoals te zien is in Figuur 3.8 zal de aflezing van een regressielijn een statistische onzekerheid hebben die niet kleiner is dan 100 scholeksters. Omdat de verschillen in Tabel 4.1 van dezelfde orde van grootte zijn kunnen de resultaten voor heterogene modelbestanden dus niet gebruikt worden voor het detecteren van kleine verschillen tussen de scenario’s¹.
- (2) De voor de zandhongerstudie (Rappoldt *et al.*, 2006) gebruikte modelbestanden zijn afgeleid van een kokkel habitatmodel. De in dit rapport gebruikte modelbestanden zijn gebaseerd op gemiddelden per ecotoop. Een nadeel daarvan is het stochastische karakter van de zulke gemiddelden. De ruis zal van dezelfde orde van grootte zijn als de onzekerheid in een totale bestands-

¹De met heterogene bestanden berekende aantallen in Tabel 4.1 wijken ook niet zodanig af van de andere aantallen dat we moeten besluiten dat er iets mis is met het gebruik van de modelbestanden *zonder* heterogeniteit.

schatting (enkele tientallen procenten²). Deze ruis werkt door in de modelbestanden die immers op basis van een ecotopensamenstelling berekend worden. Dat betekent dat kleine verschillen tussen de scenario's het resultaat kunnen zijn van toevalligheden in de waarnemingen waaruit de ecotoopgemiddelden zijn berekend en niets te maken hebben met een systematische verschuiving in bijvoorbeeld de droogvalduur van de kokkels.

- (3) Consistentie van effecten berekend met de verschillende typen modelbestanden ("Alle spots", "Survey spots" en "Survey spots met heterogeniteit") zou een indicatie kunnen voor een echt effect. Dat werkt echter ook niet omdat de verschillende typen niet onafhankelijk van elkaar zijn.

Wij concluderen hieruit dat berekende *verschillen* in draagkracht niet of slechts ten dele toegeschreven kunnen worden aan het karakter van de verschillende scenario's.

Een ander punt is de beoordeling van de berekende verschillen. Een verschil van 2% voor Westerschelde West (zie Tabel 4.2) correspondeert met $2 \times 67 = 134$ scholeksters. Dat is minder dan 3% van het geschatte effect van de kokkelvisserij in de periode 1992–2005 ($11700 - 6500 = 5200$ vogels). Voor Westerschelde Midden zijn de percentages in Tabel 4.2 groter, tot boven de 10%. Daar staat tegenover dat de verschillen tussen P4N en P4P ook niet groter zijn dan berekend voor deelgebied West. 2% van de vogels in Westerschelde Midden betreft 50 scholeksters.

De geringe omvang van de berekende effecten in combinatie met de onzekerheden betekent dat de modelberekeningen in dit rapport niet kunnen bijdragen aan een keuze tussen scenario P4N of P4P. Andere overwegingen moeten daarbij de doorslag geven. Die kunnen ook op vogels betrekking hebben. Een belangrijke aanname die schuil gaat achter de gebruikte modelbestanden is dat het storten van bagger op de plaatranden niet ten koste gaat van de bodemfauna op de platen of dat de bodemfauna zich snel herstelt. Een inschatting van de risico's die een bepaald scenario met zich meebrengt lijkt in dit geval belangrijker dan *eventueel* bestaand effect op de draagkracht dat zo klein is dat we niet eens met zekerheid kunnen aangeven of het positief is of negatief.

²Een specifiek ecotoopgemiddelde is weliswaar gebaseerd op meerdere schelpdierssurveys, maar wordt berekend voor slechts een deel van de gridcellen.

Conclusies

Op basis van modelberekeningen met het model WEBTICS kan worden geconcludeerd dat het effect van verruiming van de vaargeul van de Westerschelde op de draagkracht voor Scholeksters erg klein is. Als er al een effect is, dan is de orde van grootte enkele procenten van de Scholekster populatie. Ter vergelijking: volgens de berekeningen met *WEBTICS* heeft de mechanische kokkelvisserij in de periode 1992-2005 de draagkracht voor Scholeksters in de Westerschelde met meer dan 40% verlaagd.

De kleine berekende effecten verschillen niet wezenlijk tussen de varianten P4N en P4P. *Mogelijk* is er voor scenario P4P een klein positief effect op de draagkracht voor Scholeksters in het Westelijke deel van de Westerschelde (ten opzichte van het nulscenario) en een klein negatief effect op de draagkracht voor Scholeksters in het middengedeelte van de Westerschelde. Echter, de berekende effecten zijn zo klein dat zij qua omvang niet zijn te onderscheiden van de onzekerheden die het gevolg zijn van de onzekerheid in de gebruikte kokkelbestanden per ecotoop.

Dit alles betekent dat de keuze tussen de verschillende scenario's voor de verruiming van de vaargeul zal moeten plaatsvinden op basis van een inschatting van andere ecologische risico's dan draagkrachtverlies voor Scholeksters, bijvoorbeeld de mogelijke verstoring of het risico dat opgespoten slik slechts langzaam gekoloniseerd wordt door het bodemleven.

Referenties

- Ahrens, J. H., Dieter, U., 1974. Computer methods for sampling from gamma, beta, poisson and binomial distributions. *Computing* 12, 223–246.
- 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, 127–141.
- Bratley, P., Fox, B. L., Schrage, L. E., 1987. A guide to simulation. Springer-Verlag, New York, second edition.
- 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., Ens, B. J., Baars, D., Kats, R. K. H., Leopold, M. F., 2003. Evaluatie van de meting van het beschikbare voedselaanbod voor vogels die grote schelpdieren eten. Rapportage in het kader van EVA-II deelproject B3. Technical report, Wageningen IMARES, voorheen RIVO, Yerseke, the Netherlands. RIVO Rapport C018/04.
- Cheng, R. C. H., Feast, G. M., 1979. Some simple gamma variate generators. *Applied Statistics* 28, 290–295.
- 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.
- Goss-Custard, J. D., le V. dit Durell, S. E. A., Clarke, R. T., Beintema, A. J., Caldow, R. W. G., Meininger, P. L., Smit, C. J., 1996. 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.
- Hegyí, 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.
- Hegyí, Z., Sasvári, L., 1998b. Parental condition and breeding effort in waders. *Journal of Animal Ecology* 67, 41–53.
- Hogg, R. V., Craig, A. T., 1978. Introduction to mathematical statistics. Macmillan Publishing Co., New York, 4th edition.
- Kamermans, P., Kesteloo-Hendrikse, J. J., 2001. Voortgangsverslag deelproject H2 van EVA-II: Schattingen van groei en sterfte van de kokkel ten behoeve van de extrapolatie van voorjaarsinventarisaties naar bestandsgroottes in het

- najaar. Technical report, Wageningen IMARES, voorheen RIVO, Yerseke, the Netherlands. RIVO Rapport.
- Kater, B. J., Brinkman, A., Baars, J., Aarts, G., 2004. Kokkelhabitatkaarten voor de Oosterschelde en Waddenzee. Eindrapport EVA-II deelproject H3 (Evaluatie Schelpdiervisserij tweede fase. Technical report, Wageningen IMARES, voorheen RIVO, Yerseke, the Netherlands. RIVO Rapport C060/03.
- Kesteloo, J. J., 2006. Kokkelgroei en overleving in de zomerperiode in de Westerschelde. Technical report, Wageningen IMARES, Yerseke, the Netherlands. Rapport C055/06.
- L'Ecuyer, P., 1988. Efficient and portable combined random number generators. *Communications of the ACM* 31, 742–751.
- Madsen, J., 1994. Impacts of disturbance on migratory waterfowl. *Ibis* 137, S67–S74.
- Press, W. H., Flannery, B. P., Teukolsky, S. A., Vetterling, W. T., 1992. *Numerical Recipes, the art of scientific computing*, second edition. Cambridge University Press, New York.
- Rappoldt, C., Ens, B. J., 2005. Scholeksters en hun voedsel in de Westerschelde; een verkenning van de voedselsituatie voor de scholeksters in de Westerschelde over de periode 1992–1993 met het simulatiemodel WEBTICS. Technical report, Alterra, Wageningen, the Netherlands. Alterra-rapport 1209.
- Rappoldt, C., Ens, B. J., 2006. Scholeksters en kokkels in de Westerschelde; modelberekeningen voor de periode 1992–2003 op basis van een verbeterde schatting van de groei en overleving van kokkels in de zomer. Technical report, EcoCurves, Haren, the Netherlands. EcoCurves rapport 1.
- Rappoldt, C., Ens, B. J., Berrevoets, C. M., Geurts van Kessel, A. J. M., Bult, T. P., Dijkman, E. M., 2003a. 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. M., 2003b. 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., Ens, B. J., Kersten, M. A. J. M., Dijkman, E. M., 2003c. 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., Kersten, M., Ens, B. J., 2006. Scholeksters en de droogvalduur van kokkels in de Oosterschelde; Modelberekeningen voor de periode 1990–2045 aan het effect van zandhonger en zeespiegelstijging op het aantal scholeksters. Technical report, EcoCurves, Haren, the Netherlands. EcoCurves rapport 2.

- Tadikamalla, P. R., Johnson, M. E., 1981. A complete guide to gamma variate generation. *American Journal of Mathematical and Management Sciences* 1, 213–236.
- Wijsman, J. W. M., Kesteloo-Hendrikse, J. J., 2007. Het effect van baggerwerkzaamheden ten behoeve van de verruiming op de kokkkelbestanden in de wester-schelde. Technical report, Wageningen IMARES, Yerseke, the Netherlands. Concept Rapport.