

Nederlands Instituut voor Visserij Onderzoek (RIVO) BV

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

Postbus 77
4400 AB Yerseke
Tel.: 0113 672300
Fax.: 0113 573477

RIVO Rapport

Nummer: C055/02

De Oosterschelde werken en de relatie tussen abiotische factoren en biomassa van kokkels.

B.J. Kater & J.M.D.D. Baars

Opdrachtgever: RIKZ
Ir. A.J.M. Geurts van Kessel
Postbus 8039
4330 EA Middelburg

Contractnummer: 67020720

Project nummer: 75002-31-00

Akkoord: Dr. A.C. Smaal
Afdelingshoofd CSO

Handtekening: _____

Datum: november 2002

Aantal exemplaren:	10
Aantal pagina's:	57
Aantal tabellen:	20
Aantal figuren:	41
Aantal kaarten:	6
Aantal bijlagen:	0

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

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

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

Inhoudsopgave:

Voorwoord	4
Samenvatting	5
1. Inleiding	6
1.1 Kader	6
1.2 Probleemschets	7
1.3 Habitatmodellen	8
1.4 Indeling in deelgebieden	10
2. Materialen en methoden	11
2.1 Biotische gegevens	11
2.2 Abiotische gegevens, en koppeling aan biomassa	14
2.3 Habitat modellering	15
2.4 Kaarten	16
2.5 Verschuivingen in habitatklassen per deelgebied (deelvraag 1)	17
2.6 Veranderingen in het bestand (deelvraag 2)	18
2.7 Vergelijken individuele parameters (deelvraag 3 en 4)	18
3. Resultaten	20
3.1 Generalized linear modelling	20
3.2 Vergelijken modellen met GLM methode	25
3.3 Verschuivingen in habitatklasse per deelgebied	25
3.4 Habitat suitability index model	28
3.5 Vergelijken modellen met HSIM methode	34

3.6	Verschuivingen in habitatklassen in de deelgebieden	35
3.7	Verschuiving van zeer geschikt kokkelareaal (deelvraag 1).....	37
3.8	Veranderingen in het bestand (deelvraag 2).....	40
3.9	Vergelijken individuele relaties (deelvraag 3)	44
3.10	Beschikbaar optimaal areaal (deelvraag 4).....	46
4.	Conclusies en discussie	49
4.1	Keuze van de perioden	49
4.2	Verschuiving van zeer geschikt kokkelareaal (deelvraag 1).....	50
4.3	Veranderingen in het bestand (deelvraag 2).....	50
4.4	Veranderingen in individuele relaties (deelvraag 3).....	51
4.5	Verschuivingen in areaal (deelvraag 4)	52
4.6	Eindconclusie	52
5.	Referenties	56

Voorwoord

Het voorliggende rapport is door het RIVO vervaardigd in opdracht van het RIKZ. Een aantal mensen heeft een belangrijke bijdrage geleverd aan dit rapport.

De dieptekaarten, droogvalduurkaarten en stroomsnelheidskaarten zijn geleverd door Kees van der Male van het RIKZ te Middelburg, waarbij het geen probleem was de droogvalduurkaarten in een ander format voor het project te leveren.

De saliniteitskaarten zijn in het gewenste format gezet en geleverd door Bram Schouwenaar van het RIKZ in Middelburg.

De sedimentgegevens zijn door Herman Hummel van het NIOO-CEME in Yerseke beschikbaar gesteld voor dit project.

Diverse versies van dit rapport zijn van waardevol commentaar voorzien door Joris Geurts van Kessel (RIKZ), Jaap de Vlas (RIKZ), Theo Prins (RIKZ), Jeroen Wijsman (RIKZ), Pauline Kamermans (RIVO), Fred Twisk (RIKZ) en Tammo Bult (RIVO).

Samenvatting

In dit rapport is aan de hand van modellen die de biomassa van kokkels beschrijven aan de abiotische gegevens een vergelijking gemaakt tussen de periode voor de bouw van de kering en twee perioden na de bouw van de kering. Hierbij is gekeken naar verschuiving van geschikte kokkelgebieden voor en na de bouw van de kering, de ontwikkeling van het kokkelbestand, veranderingen in relatie tussen abiotische factoren en kokkelgegevens en veranderingen in beschikbaar areaal met een optimale abiotische situatie voor kokkels volgens de modellen.

In het mondingsgebied is het aandeel optimaal kokkelgebied na de bouw van de Oosterschelde kering afgenomen, maar daarna weer toegenomen. Het areaal aan gebied met een goede droogvalduur is toegenomen. Deze toename is niet terug te vinden in de gemeten of gemodelleerde bestanden, deze laten over de gehele periode geen toe- of afname zien. Blijkbaar is er in de monding een ander proces wat er voor zorgt dat de bestanden ondanks het verbeterde habitat, niet toenemen.

In het middengebied is het areaal geschikte droogvalduur afgenomen, wat een daling van het optimale kokkelgebied tot gevolg heeft gehad. Zowel de gemodelleerde als gemeten kokkelbestanden dalen ook. In dit deelgebied lijkt een effect wat toegeschreven kan worden aan de bouw van de Oosterschelde werken direct waar te nemen te zijn op de kokkelbestanden.

In het komgebied neemt het areaal aan voor kokkels geschikte droogvalduur af sinds de aanleg van de Oosterschelde werken. De gemeten bestanden laten een sterke daling rond 1995 zien, wat met de modellen niet gereproduceerd kon worden. De modelberekeningen van 1985 zijn onbetrouwbaar omdat het een extrapolatie naar dit gebied betreft. De aanleg van de Oosterschelde werken lijken in dit deelgebied een beperkt effect te hebben gehad. Er is echter een ander proces (of processen) wat (ook) een rol speelt, en wat een sterke afname van het bestand in 1995 heeft veroorzaakt.

In de noordtak stabiliseert het optimale kokkelgebied zich in 1994. Sinds die periode neemt ook het areaal met voor kokkels geschikt droogvalduur niet af. De bestanden laten geen significante stijging of daling zien in die periode. Met de modellen kon het bestand in dit deelgebied, in tegenstelling tot de andere deelgebieden, niet worden gereproduceerd. De reden van het niet kunnen voorspellen van de bestanden in dit gebied zou kunnen zijn dat het model is gebaseerd op gegevens uit de hele Oosterschelde. Gezien het feit dat een deel hiervan bevestigd is, zit deze parameter indirect in de gebruikte kokkelgegevens. In de Noordtak is echter sinds 1992 niet meer op kokkels gevestigd.

1. Inleiding

1.1 Kader

In 1999 is na een tussentijdse evaluatie het beleidsbesluit Schelpdiervisserij Kustwateren 1999-2003 vastgesteld. Dit besluit hield onder andere in dat het voedselreserveringsbeleid dat in de periode 1993-1998 van kracht was voor de Oosterschelde, werd gewijzigd. De hoeveelheid voedsel die in de periode voor 1999 werd gereserveerd voor vogels in de Oosterschelde, was gerelateerd aan de gemiddelde voedselbehoefte van de vogels die eind jaren 80 in dit gebied aanwezig waren. Deze gemiddelde voedselbehoefte was vastgesteld op 3.4 miljoen kg kokkelvlees en 1.3 miljoen kg mosselvlees, totaal 4.7 miljoen kg. 3.8 miljoen kg van deze 4.7 miljoen kg werd gereserveerd voor scholeksters, de rest voor andere vogels. Van deze 3.8 miljoen kilo vlees had 3.4 miljoen betrekking op vlees in de vorm van kokkels en in dichtheden groter dan 50 per m², en 0.4 miljoen kg had betrekking op vlees in de vorm van mosselen. De Oosterschelde werd gesloten voor kokkelvisserij indien minder dan 60% van de voedselbehoefte van scholeksters (2.04 miljoen kg kokkelvlees) aanwezig was.

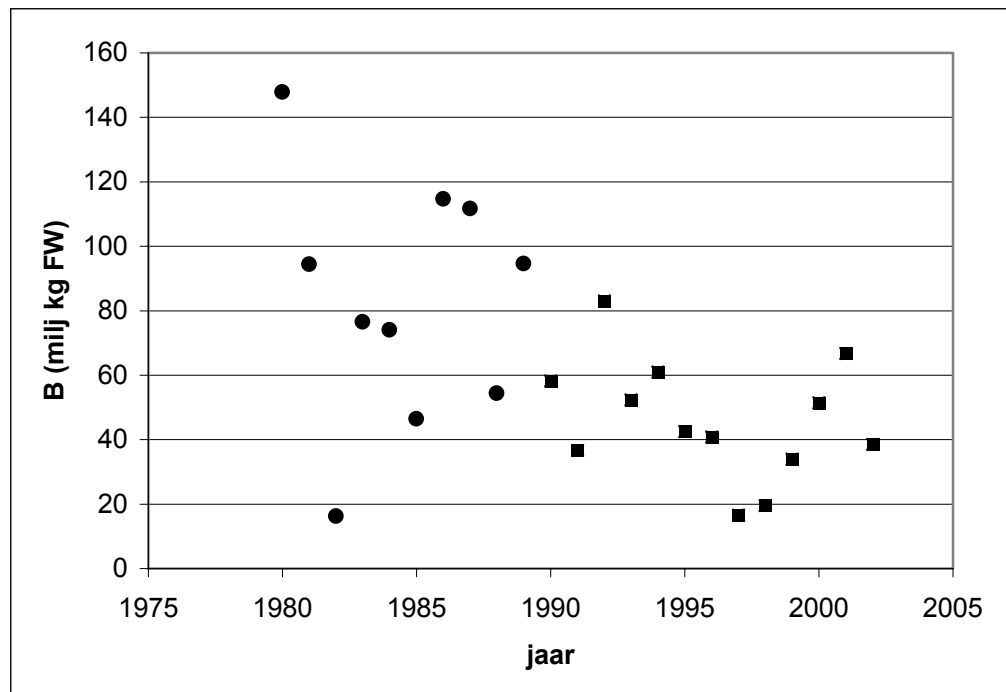
Na 1999 is besloten dat de volledige voedselbehoefte van vogels in de Oosterschelde moest worden gedekt in de vorm van kokkels. De redenen hiervan waren het ontbreken van (natuurlijke) mosselzaadval op de platen en alternatieve prooien voor scholeksters. Dit houdt in dat de Oosterschelde voor kokkelvisserij gesloten (of niet geopend) wordt indien op de platen minder dan 5 miljoen kg kokkelvlees aanwezig is in de vorm van kokkels en in dichtheden groter dan 50 per m².

In het korte termijnadvies wat in het kader van het eerste evaluatie onderzoek voor de Oosterschelde is opgesteld (Bult et al., 2001), wordt verondersteld dat er sprake is van een afname van zowel de hoeveelheid kokkels op het litoraal als van de aantallen scholeksters. De vooruitzichten in de Oosterschelde zijn ten aanzien van de foerageermogelijkheden niet gunstig, gelet op de langzame doch gestage achteruitgang van het areaal platen en het vrijwel ontbreken van alternatieve voedselbronnen. De lagere scholekster aantallen in de Oosterschelde roepen de vraag op of het nog wel terecht is om de hogere scholekster aantallen van eind jaren tachtig als referentie te hanteren om de hoeveelheid te reserveren voedsel te bepalen.

Deze informatie was voor LNV voldoende reden om het nieuwe voedselreserveringsbeleid in de Oosterschelde als voorlopig te bestempelen en de oorzaak of oorzaken van de achteruitgang van de kokkelbestanden te laten onderzoeken.

1.2 Probleemschets

De kokkelbestanden in de Oosterschelde worden sinds 1990 door het RIVO geïventariseerd. De bestanden tussen 1980 en 1990 kunnen gereconstrueerd worden (van Stralen & Kesteloo-Hendrikse, 1998). Figuur 1 laat de ontwikkeling van het kokkelbestand tussen 1980 en 2002 zien. In de figuur zijn de bestanden uit de periode voor de aanleg van de Oosterschelde werken gecorrigeerd voor het kleinere areaal wat ontstond door de aanleg van de compartimenteringsdammen. De data tussen 1980 en 1989 hebben een lage betrouwbaarheid omdat het hier reconstructies betreft. De data verzameld tussen 1990 en 2002 hebben een veel grotere betrouwbaarheid omdat het gebiedsdekkende surveys betreft.



Figuur 1: Het kokkelbestand (miljoen kg versgewicht in september; oude omrekenmethode) in de Oosterschelde van 1980 tot en met 2002, waarbij de gereconstrueerde periode 1980-1989 met ronde symbolen is aangegeven, en de periode met een gebiedsdekkende survey (1990-2001) met een vierkant symbool. De bestanden van voor de afronding van Oosterschelde werken zijn gecorrigeerd voor het kleinere areaal van na de Oosterschelde werken (Bult et al., 2001).

In het korte termijn advies Oosterschelde (Bult et al., 2001) is geconstateerd dat de omvang van het bestand in de jaren negentig lager was dan in de jaren tachtig. Uit de figuur blijkt dat de huidige kokkelbestanden, ondanks het lichte herstel in 2000 en 2001, nog steeds lager zijn vergeleken met de jaren 80.

Er zijn dus nog steeds aanwijzing dat het kokkelbestand achteruit gaat. Als mogelijke oorzaken van deze achteruitgang worden de opkomst van de Japanse oester, verandering in draagkracht als gevolg van een veranderde nutriëntbelasting en verandering in abiotiek ten gevolge van de bouw van de kering genoemd (Klinge, 2001).

In dit project zal naar de verandering in relatie tussen abiotiek en biomassa worden gekeken. Door de keuze voor biomassa is aansluiting met de kokkelhabitatkaart voor de Oosterschelde (Kater et al., in prep.) mogelijk. De resultaten van dit project dragen bij aan de beantwoording van de volgende vraag: Is de achteruitgang van het kokkelbestand te wijten aan veranderingen in geomorfologische of hydrologische veranderingen in de Oosterschelde?

In dit rapport zal verslag worden gedaan van het onderzoek naar de relatie tussen kokkel biomassa en verschillende abiotische factoren. Hiervoor zullen habitatmodellen worden gebruikt.

Het doel van het rapport is om antwoord te geven op de volgende vier deelvragen:

1. Zijn de geschikte kokkelgebieden in de Oosterschelde verschoven sinds de bouw van de Oosterschelde werken?
2. Hoe heeft het bestand zich per deelgebied sinds de jaren tachtig ontwikkeld?
3. Zijn de individuele relaties tussen kokkels en abiotiek zoals gevonden worden in de Oosterschelde in de loop der tijd veranderd, en is er een verband te leggen met de bouw van de Oosterschelde werken?
4. Is de hoeveelheid beschikbaar areaal wat in een periode optimaal is voor kokkels qua oppervlakte veranderd in de loop der tijd?

1.3 Habitatmodellen

Het voorspellen van de verspreiding van soorten is een belangrijk onderdeel bij management van bedreigde diersoorten, het herstellen van ecosystemen, het herintroduceren van soorten, de analyse van de variabiliteit van populaties en bij mens-natuur conflicten (Herzil et al., 2001). Habitatmodellen zijn een methode om de verspreiding van soorten te kunnen beschrijven. Hierbij kunnen verschillende typen habitatmodellen worden ontwikkeld. Guisan & Zimmerman (2000) hebben een uitgebreid overzicht gegeven van technieken die in de vegetatiekunde gebruikt worden. Probleem bij het onderzoek wat hier uitgevoerd gaat worden is dat enkelvoudige relaties vaak geen significant model opleveren. Dit wordt veroorzaakt door het gegeven dat de biomassa's niet onderhevig zijn aan een enkelvoudige abiotische variabele, maar aan een mix van bekende en onbekende abiotische (en biotische) variabelen. Daardoor liggen de biomassa metingen lager dan op grond van de geselecteerde abiotische variabele zou worden verwacht, en is het biomassa patroon gescatterd. Omdat voor dit project de enkelvoudige relaties van belang zijn, is gekozen om naast het toepassen van General Linear Models de Habitat Suitability Index

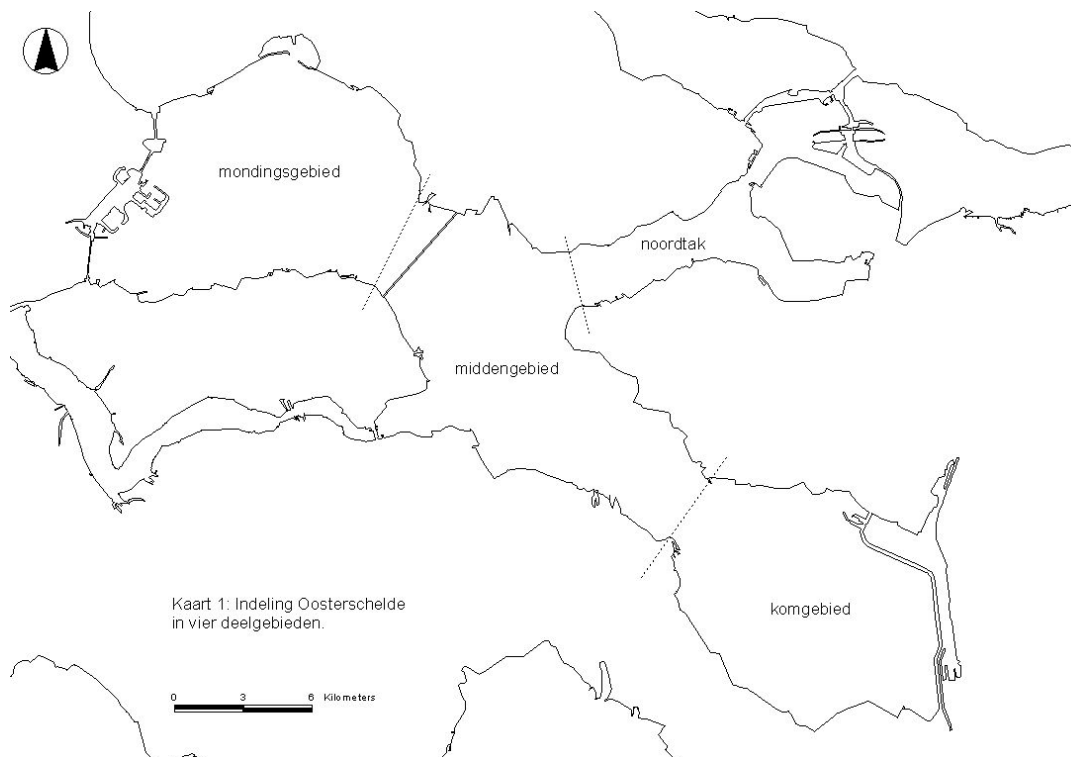
Modellering te gebruiken. De twee technieken die in dit rapport zijn gebruikt worden hieronder kort uiteengezet.

- Generalized Linear Modelling: Generalized linear models zijn gebaseerd op een veronderstelde relatie tussen het gemiddelde van de respons variabele en de lineaire combinatie van de verklarende variabele. Voor de data kunnen verschillende distributies worden gekozen (bijv. normaal, Poisson, binominaal, gamma). GLM's zijn daardoor flexibel en geschikt voor de analyse van ecologische relaties (Guisan et al., 2002). De GLM techniek is bijvoorbeeld toegepast in een onderzoek naar de spatiele patronen van vis in een litoraal rots rif in Spanje (Garcia-Charton & Perez-Ruzafa, 2001). De modellen die zijn ontwikkeld met de GLM techniek zijn bruikbaar bij de beantwoording van de deelvragen 1 en 2.
- Habitat suitability index: Habitat suitability index modeling is tool waarmee habitat kwaliteit voor soorten in kaart kan worden gebracht. Habitat suitability indices worden geconstrueerd op basis van synthese van bestaande kennis en expert judgement, waarbij de verschillende habitatcomponenten worden geschaald van 0 tot 1, waarbij 1 als optimaal habitat wordt beschouwd, en 0 als slecht habitat (Jones et al., 2002). Voorbeelden van recente toepassingen zijn: de ontwikkeling van een HSI model voor acht soorten vissen en ongewervelde soorten in de Casco en Sheepscot Bays in Maine (Brown, 2000); een HSI model voor ibissen in Yang County, China (Li, 2002); een habitat suitability model voor het herstel van kalkrijke graslanden (Burnside et al., 2002). De modellen die zijn ontwikkeld met de HSI techniek zijn bruikbaar bij de beantwoording van vraag 1, 3 en 4.

Het hier beschreven project heeft raakvlakken met het EVAII deelproject H3, waarin een kokkelhabitatkaart voor de Oosterschelde wordt gemaakt (Kater et al., in prep.). Doel van de habitatkaart is de verdeling van kokkels over de litorale gebieden in de Oosterschelde te beschrijven. In dit project is een langere tijdreeks (1990-2001) van kokkelgegevens gemiddeld en de relatie met de abiotiek uit die tijd onderzocht. Daarnaast is met de gevonden vergelijking de situatie van 1985 en 2001 gesimuleerd en een voorspelling voor 2010 gedaan. In dit project is juist in korte termijnen voor en na de bouw van de kering naar de relatie tussen kokkels en hun abiotiek gekeken. Hiertoe zijn drie perioden geselecteerd met zowel kokkelgegevens als gegevens over abiotische factoren met elkaar in relatie zijn gebracht (in tegenstelling tot de kokkelhabitatkaart, waar alleen de abiotische factoren zijn gevarieerd en de kokkelgegevens vervolgens gesimuleerd). In dit opzicht verschilt het hier beschreven project met de kokkelhabitatkaart.

1.4 Indeling in deelgebieden

Voor dit rapport is de Oosterschelde in vier deelgebieden verdeeld. Kaart 1 laat de indeling zien.



Kaart 1: Indeling van de Oosterschelde in deelgebieden.

2. Materialen en methoden

2.1 Biotische gegevens

2.1.1 Overzicht

In de afgelopen 25 jaar zijn diverse kokkelgegevens verzameld. Aan de hand van de beschikbare gegevens zal een keuze gemaakt worden, welke gegevens voor dit project bruikbaar zijn. Hieronder worden de gegevens opgesomd:

- Transecten 1980-1985, tussen 1980 en 1985 zijn gegevens verzameld op vaste raaien op de Roggenplaat, Neeltje Jans, de Vondelingenplaat en de Hooge Kraaijer (Coosen et al., 1994).
- BIOMON 1983-1991, tijdens de BIOMON campagnes zijn negen monsterpunten in de Oosterschelde bemonsterd. De punten bevinden zich op de Roggenplaat, Vondelingenplaat, Hooge Kraaijer en Verdrongen land van Zuid-Beveland.
- INTERECOS 1985 en 1989, een macrozoobenthische survey waarin de situatie van voor en na de aanleg van de kering wordt weergegeven, uitgevoerd in augustus en september 1985 en augustus en september 1989, waarbij locaties zijn bemonsterd op de Roggenplaat, Galgeplaat en Krabbenkreek (Meire et al., 1994).
- RIVO survey 1989, een survey in de gehele Oosterschelde, met uitzondering van de INTERECOS punten, en de Hooge Kraaijer (Van Stralen et al., 1991).
- RIVO surveys 1990-2001, waarvan door het RIVO jaarlijks het kokkelbestand in de Oosterschelde wordt bepaald. (Bult & Kesteloo, 2001).

2.1.2 Kokkels voor de bouw van de kering

Voor de beschrijving van de kokkelpopulatie voor de bouw van de kering was een ruimtelijke dataset nodig. De meeste verzamelde datasets hebben een temporele aard. Voor de ruimtelijke beschrijving van de kokkelpopulatie voor de bouw van de kering is daarom alleen de INTERECOS dataset uit 1985 gebruikt. De analyse in het korte termijn advies (Bult et al., 2000) heeft laten zien dat de interecosdata van 1985 goed in het temporele patroon van de andere surveys past, en daarom voor de hier uitgevoerd analyses bruikbaar zijn.

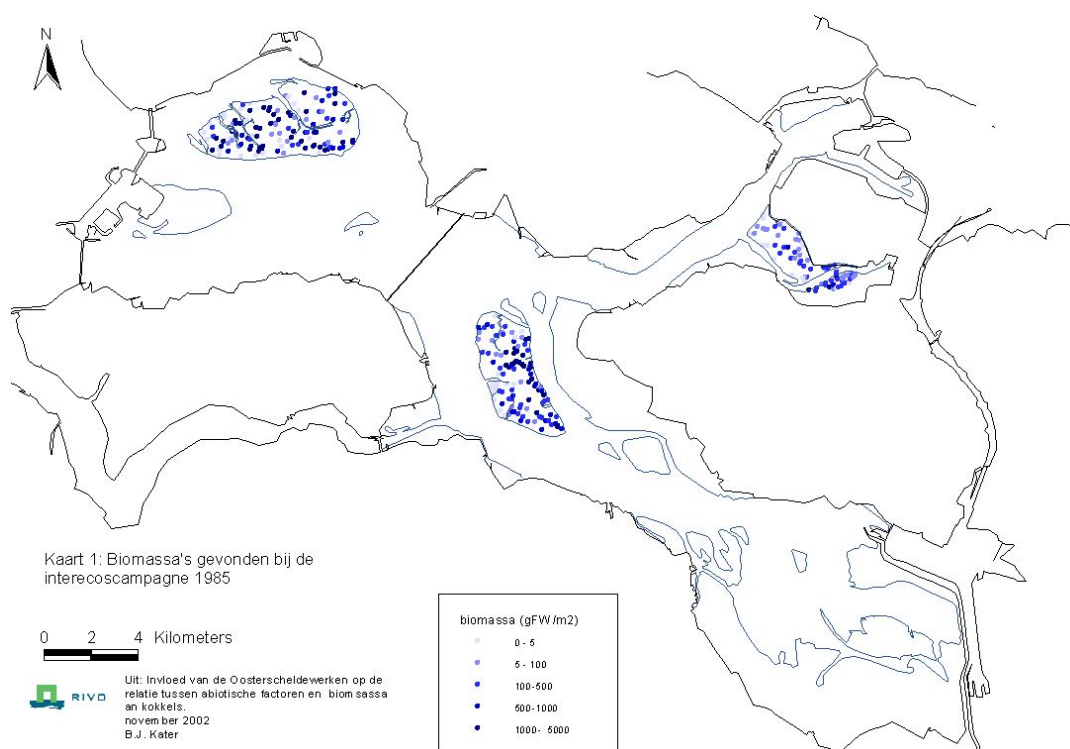
Tijdens deze survey zijn op elke locatie:

- 10 monsters genomen met een steekbuis (4,5 cm diameter) tot een diepte van 10 cm, de monsters zijn gezeefd over een 1 mm zeef;

- 5 monsters genomen met een steekbuis (15 cm diameter) tot een diepte van 30 cm, deze monsters zijn gezeefd over een 3 mm zeef.

De kokkelgegevens zijn afkomstig uit de kleinste steekbuis (4,5 cm diameter). In 1985 bevatte 86% van de monsterpunten kokkels, de gemiddelde biomassa was 25 g AFDW/m², en de gemiddelde dichtheid was 5565/m². In 1989 bevatte 67% van de monsterpunten kokkels, de gemiddelde biomassa was 77 g AFDW/m², en de gemiddelde dichtheid was 260/m² (Meire et al., 1994).

Eén van de datapunten vertoonde een niet-realistisch hoge biomassa gezien de plaats van het monsterpunt. Daarom is het punt uit de dataset weggelaten. Kaart 2 laat de ligging van de 304 gebruikte monsterlocaties zien. Van de kokkels is de totale biomassa per m² op alle kokkelpunten uit de dataset geëxtraheerd.



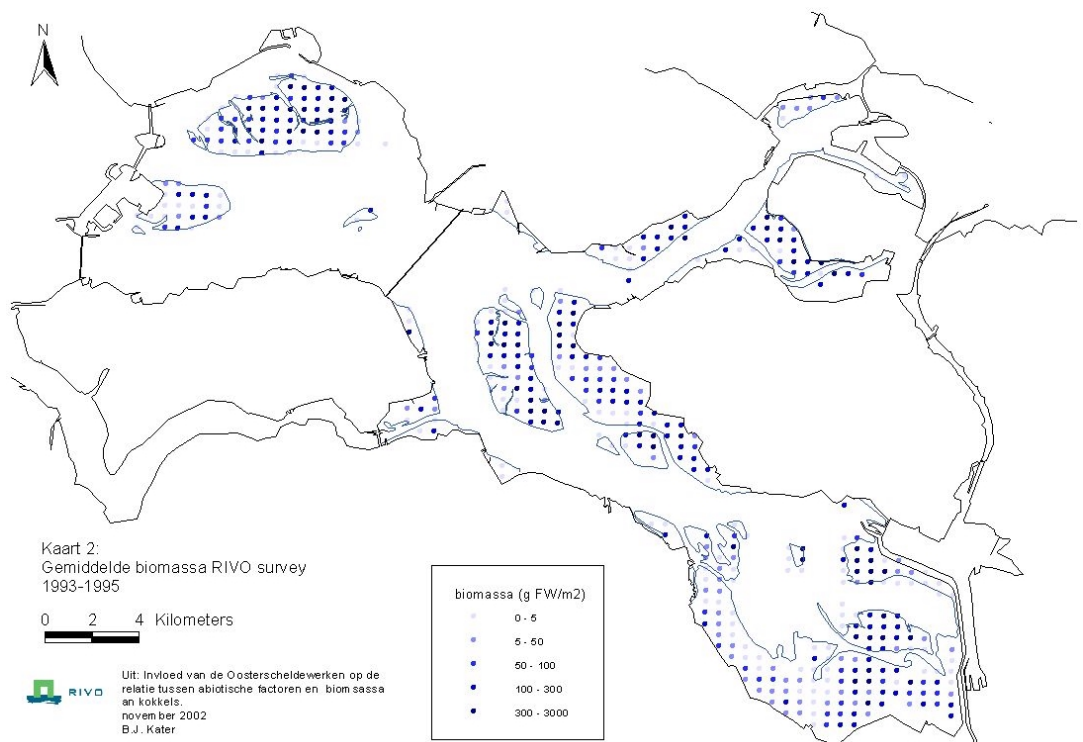
Kaart 2: Kokkelpunten in de Oosterschelde, monsters genomen in 1985

2.1.3 Kokkels na de bouw van de kering

Voor kokkelgegevens na de bouw van de kering zijn de gegevens van de RIVO surveys gebruikt. Het betreft in principe een litorale bemonstering, waarbij het intergetijde gebied en het gebied tot circa 1 meter onder de laagwaterlijn wordt bemonsterd. Soms worden echter ook diepere punten gemonsterd met een afwijkend monstertuig. De ligging van de monsterpunten is bepaald volgens een grid-methode. De monsterpunten liggen op raaien die lopen van noord naar zuid. De raaien hebben een onderlinge afstand van 571 meter

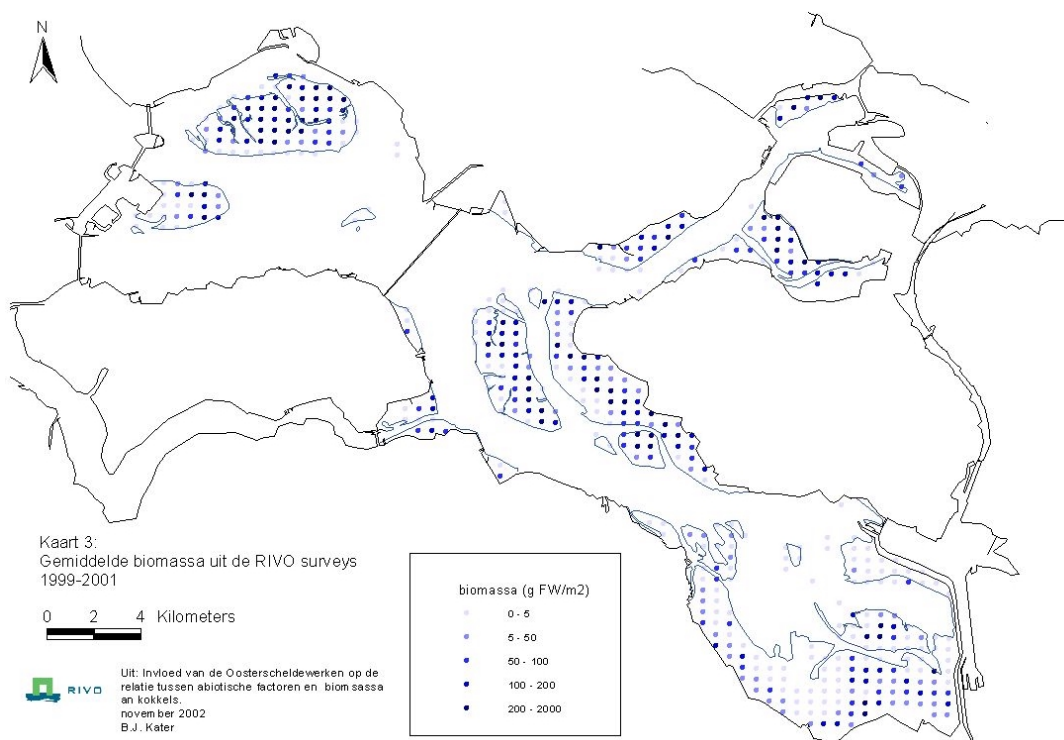
(0.5 min). De onderlinge afstand tussen de punten op een raai bedraagt 463 meter (=0.25 min). In de Oosterschelde liggen ± 500 monsterpunten. Het monsterevenement gebeurt in het voorjaar (april/mei) tijdens hoogwater met een monstertuig, het kokkelschepje. Per monsterpunt worden drie monsters genomen die samen een bodemoppervlak beslaan van 0.1m^2 (Bult & Kesteloo, 2001)

Na de bouw van de kering zijn twee perioden geselecteerd. De keuze van een periode is gebaseerd op de beschikbaarheid van abiotische gegevens (zie 2.3). De eerste periode valt begin jaren negentig. De kokkelbiomassa van deze periode is beschreven door de gemiddelde biomassa per m^2 op de surveypunten van de jaren 1993 tot en met 1995. Kaart 3 laat de ligging van de kokkelpunten en de gemiddelde biomassa zien.



Kaart 3: Kokkelpunten in de Oosterschelde, monsters genomen in 1993-1995.

De tweede periode is beschreven door de gemiddelde biomassa per m^2 op de surveypunten van de jaren 1999 t/m 2001. Bij de biomassa berekeningen zijn alleen de litoraal liggende punten gebruikt, welke allen met dezelfde bemonsteringstechniek zijn bemonsterd. Kaart 4 geeft de ligging van de monsterpunten en de gemiddelde biomassa weer.



Kaart 4: Kokkelpunten in de Oosterschelde, monsters genomen in 1999-2001.

2.2 Abiotische gegevens, en koppeling aan biomassa.

2.2.1 Droogvalduurkaart

De droogvalduurkaarten (% droogvalduur) zijn geleverd door het RIKZ. Er zijn droogvalduurkaarten van 1983, 1989 en 2001. De droogvalduurkaarten zijn gebaseerd op de dieptekaarten uit die periode, gecombineerd met de actuele waterstand gegevens. De droogvalduurkaarten zijn aangeleverd als een gridbestand met een gridgrootte van 20m x 20m. Door met de Get Grid Value Extension (Davies, 2000) de waarde van de gridcel die ligt op het kokkelpunt aan de kokkelparameters op dat punt te koppelen wordt een relatie gelegd tussen kokkels en droogvalduur.

2.2.2 Saliniteit

De saliniteitsberekeningen (g/l) zijn uitgevoerd door directie Zeeland met behulp van het model Oost3 (Lieveense, 2002). De uitkomsten zijn door het RIKZ in ArcInfo format gezet, welke door ArcView kan worden gelezen. Er zijn twee situaties doorgerekend, namelijk een de situatie voor de bouw van de kering, en de situatie na de bouw van de kering. De berekeningen zijn uitgevoerd op basis van een nat jaar. De resultaten zijn geleverd als grid

bestanden met een gridcel grootte van 100m x 100m. Met de Get Grid Value Extension (Davies, 2000) zijn gegevens van de periode voor de bouw van de kering aan de interecosdata van 1985 gekoppeld, en de zoutgegevens van de periode na de bouw van de kering aan de survey gegevens 1993-1995 en 1999-2001.

2.2.3 Stroomsnelheden

De maximale stroomsnelheden gedurende eb (cm/s) zijn berekend met het model SCALOOST voor het jaar 1983 en voor het jaar 1996. De berekeningen zijn uitgevoerd door het RIKZ. De stroomsnelheidsbestanden zijn aangeleverd als een gridbestand met een gridgrootte van 50m x 50m. Deze zijn in ArcView ingelezen. Door met de Get Grid Value Extension de waarde van de gridcel die ligt op het kokkelpunt aan de kokkelparameters op dat punt te koppelen wordt een relatie gelegd tussen kokkel biomassa en stroomsnelheid.

2.2.4 Mediane korrelgrootte

De gegevens van de mediane korrelgrootte zijn geleverd door het NIOO-CEME (H. Hummel). Deze gegevens zijn beschikbaar voor de jaren 1979, 1980, 1985, 1989, 1990, 1991, 1992, 1996, 1999 en 2000. De mediane korrelgrootte uit de periode 1979 t/m 1985 is gebruikt in combinatie met de kokkelgegevens uit 1985. Aan de kokkelgegevens van 1993-1995 zijn de mediaan korrelgrootte gegevens uit de periode 1989-1996 gekoppeld. Tenslotte zijn aan de kokkelgegevens van 1999-2001 de mediaan korrelgrootte gegevens van 1999-2000 gekoppeld.

2.3 Habitat modellering

Per periode wordt een model gebouwd op basis van generalized linear modelling, en op basis van habitat suitability index modelling.

2.3.1 Generalized linear modelling

Om relaties tussen abiotische en biotische variabelen in kaart te brengen kunnen verschillende statistische technieken worden toegepast. Als eerste is een generalized linear model (GLM) toegepast. In deze procedures wordt een relatie gezocht tussen alle abiotische parameters en de biotische variabele. Het habitat is gemodelleerd voor drie situaties:

- Abiotische parameters van voor de bouw van de kering met de kokkelbiomassa's uit 1985;
- Abiotische parameters van 1994 met de kokkelbiomassa's van 1993-1995;
- Abiotische parameters van 2001 met de kokkelbiomassa's van 1999-2001.

Als abiotische parameters zijn droogvalduur, stroomsnelheid en saliniteit gebruikt. De modellen zijn gefit middels een stepwise backwards procedure, met een Poisson verdeling en een log link. In de test is een significant niveau van 5% aangehouden. De analyses zijn uitgevoerd met behulp van SAS (2000).

2.3.2 *Habitat suitability index model*

Voor iedere individuele abiotische variabele is een relatie gelegd tussen de abiotische parameter en de biomassa van kokkels. Vervolgens is een model over de hoogste punten heen gefit, waarbij een model ontstond wat bij iedere waarde van de abiotische parameter de maximaal mogelijke biomassa weergeeft. Om een zo goed mogelijk model te verkrijgen zijn zowel eerst als tweedegraads functies gefit over zowel ongetransformeerde als logaritmisches getransformeerde biomassa. Alleen significante modellen worden gebruikt. Keuze van het uiteindelijke model hangt af van de biologische verklaarbaarheid van het model, de beschrijving van de top van de data (worden de hoogste waarden goed beschreven), en de fit (r^2). Het fitten is uitgevoerd met behulp van SYSTAT (Systat, 1998). De gevonden vergelijking wordt omgezet in een suitability index door de top van de curve op 1 te stellen. De suitability indices voor diverse abiotische variabelen worden gecombineerd tot een habitat suitability index door het ongewogen geometrische gemiddelde te nemen (Layher & Maughan, 1985):

$$HSI = [SI_{par1} * SI_{par2} * * SI_{par_n}]^{1/n}$$

Het habitat suitability index model wordt ook toegepast voor de volgende drie situaties:

- Abiotische parameters van voor de bouw van de kering met de kokkelbiomassa's uit 1985;
- Abiotische parameters van 1994 met de kokkelbiomassa's van 1993-1995;
- Abiotische parameters van 2001 met de kokkelbiomassa's van 1999-2001.

2.4 Kaarten

2.4.1 *Opzet kaarten*

Met de gevonden vergelijking zijn habitatkaarten gemaakt. Hiertoe is eerst, met behulp van het script Create Map Grid Theme (Banerjee, 2000), een grid van 100m*100m over de Oosterschelde gelegd. Per gridcel is de benodigde abiotische informatie van de abiotische

kaart gelezen, en gekoppeld aan de gridcel. Vervolgens kon, met behulp van het gevonden model, de biomassa of suitability van de gridcel worden bepaald.

2.4.2 Presentatie kaart

Voor presentatie doeleinden zijn de resultaten van de modellen in zes klassen verdeeld. De gridcellen waarvoor geen biomassa of suitability kon worden berekend, omdat er een of meerder abiotische variabelen ontbraken, hebben de kleur grijs gekregen. De overige gridcellen zijn in vijf groepen met gelijk aantal cellen gedeeld, zodat in iedere groep 20% van de gridcellen voorkwam, volgens de volgende indeling:

rood	zeer geschikt voor kokkels	cellen met de hoogste biomassa/SI, 20% van het totaal aantal cellen
geel	geschikt voor kokkels	cellen met de hoogste biomassa/SI nadat rood aan de cellen is toegekend, 20% van het totaal aantal cellen
groen	minder geschikt voor kokkels	cellen met de hoogste biomassa/SI nadat rood en geel aan de cellen is toegekend, 20% van het totaal aantal cellen
blauw	weinig geschikt voor kokkels	cellen met de hoogste biomassa/SI nadat rood, geel en groen aan de cellen is toegekend, 20% van het totaal aantal cellen
paars	ongeschikt voor kokkels	cellen met de laagste biomassa/SI, 20% van het totaal aantal cellen
grijs	-	geen data wegens ontbreken abiotische parameter(s)

Na de productie van de kaarten is het resultaat in een korte beschouwing beschreven en is een kwantitatieve vergelijking met de meetgegevens uitgevoerd. Na de presentatie van de modellen van de drie perioden zijn deze met elkaar vergeleken.

2.5 Verschuivingen in habitatklassen per deelgebied (deelvraag 1)

Na het modelleren van de drie perioden en het maken van de kaarten is per modelleringstechniek uitgekend wat het aandeel van iedere habitatklasse (zeer geschikt, geschikt, minder geschikt, weinig geschikt en ongeschikt) per deelgebied is. Hieruit wordt bepaald hoe, per deelgebied, de klassen in de loop der tijd zijn verschoven.

Aan de hand van de verschuivingen die door beide modellen worden voorspeld is nagegaan of het zeer geschikte kokkelhabitat in de loop der tijd verschoven is naar andere plaatsen, en of er mogelijk een verband is met de bouw van de Oosterschelde werken.

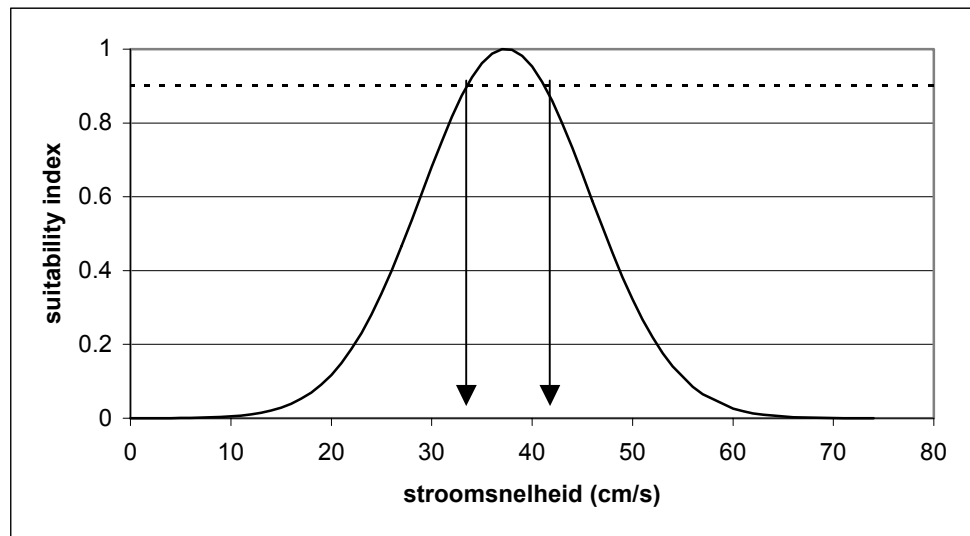
2.6 Veranderingen in het bestand (deelvraag 2)

Per deelgebied is het kokkelbestand van jaar tot jaar op basis van de surveys uitgerekend. Per deelgebied is middels een trendanalyse bepaald of het bestand een significant dalende of stijgende trend vertoont. Tevens is het bestand op basis van de GLM kaarten per deelgebied uitgerekend. Onderzocht is of per deelgebied het bestand goed kon worden beschreven met de modeluitkomsten. Daarna is per deelgebied, op basis van de gemodelleerde (1985, 1994 en 2001) en gemeten (1990-2002) gegevens gekeken in welke mate het bestand is veranderd, en of dit mogelijk is toe te schrijven aan de abiotische factoren die onder het model liggen.

2.7 Vergelijken individuele parameters (deelvraag 3 en 4)

Per abiotische variabele zijn de in de drie perioden gevonden HSI modellen vergeleken. De drie modellen zijn in een figuur gepresenteerd. Voor ieder van de drie geselecteerde jaren is de top van de betreffende abiotische variabele berekend.

Rondom de top van het model ligt het gebied waar de kans op een hoge biomassa het grootst is. Bij de analyse van de verschuiving van het beschikbare optimale areaal wordt de bovenste 10% van het model gebruikt. Figuur 2 laat het voorbeeld zien. In het voorbeeld is de zwarte lijn het model wat de relatie tussen een abiotische factor en de biomassa beschrijft. De 10% hoogste suitability van het model is berekend en weergegeven door de stippellijn. De waarde van de abiotische factor waartussen de optimale 10% aan suitability voorkomt worden gevormd door het snijpunt tussen het model en de stippellijn. De pijlen wijzen naar de waarden van de abiotische factor die de grens van het 10% optimaal gebied vormen.



Figuur 2: Voorbeeld vaststellen 10% optimaal gebied, zie tekst.

Aan de hand van de grenzen kan op een Oosterschelde dekkende gridkaart van de abiotische worden berekend hoeveel gridcellen binnen deze grenzen vallen. Door dit aantal te vermenigvuldigen met de oppervlakte van een gridcel, wordt een beeld verkregen van het areaal waar de optimale situatie voor kokkels voorkomt. Dit is gedaan voor de situatie voor de kering. Vervolgens op de abiotische kaart van de situatie na de kering berekend hoe groot het beschikbare oppervlak is met de grenzen van voor de kering.

3. Resultaten

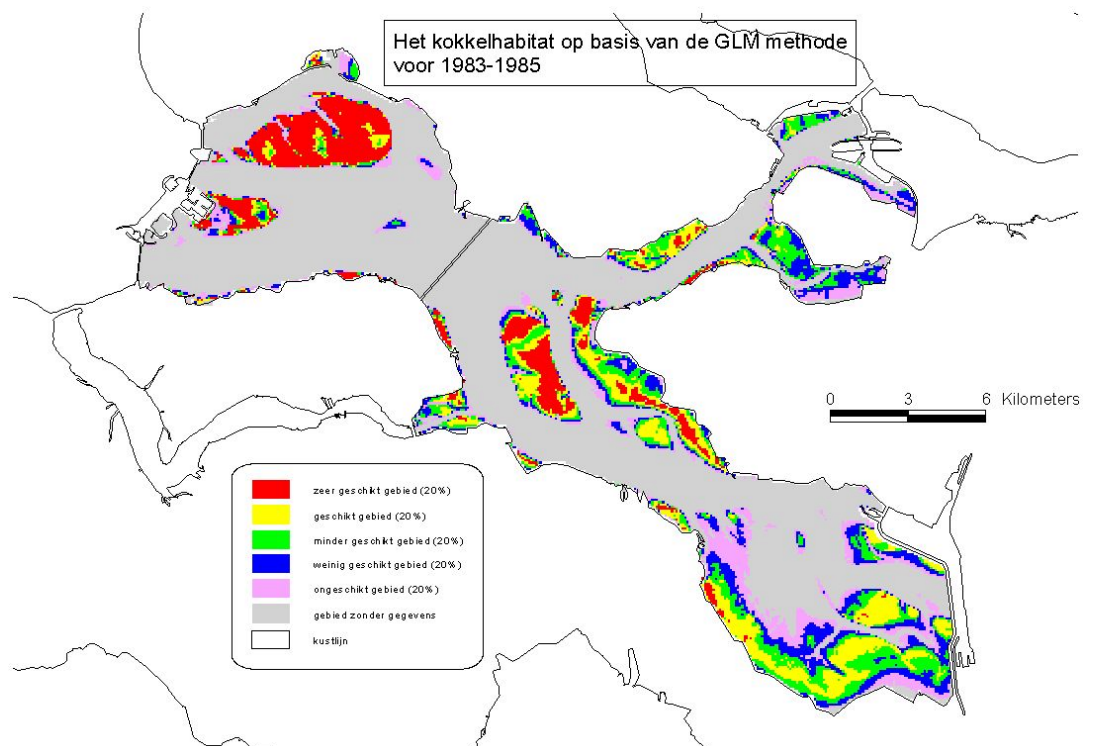
3.1 Generalized linear modelling

3.1.1 Periode voor de bouw van de kering (1985)

Met de parameters droogvalduur, stroomsnelheid en saliniteit is een GLM gefit door de kokkel biomassa's van 1985 (n=304). Tabel 1 laat de resultaten van de analyse zien. Vier parameters waren significant, namelijk droogvalduur*droogvalduur, stroomsnelheid*stroomsnelheid, droogvalduur*saliniteit, en stroomsnelheid*saliniteit. Met het model is een kaart voor 1985 gemaakt. Deze wordt weergegeven in Kaart 5.

Tabel 1: Resultaten van de GLM voor de situatie voor de bouw van de kering.

Parameter	significant?	p-waarde	Schatting
droogvalduur (1-ste orde)	nee		
droogvalduur (2-de orde)	ja	< 0.001	$1.8 * 10^{-3}$
stroomsnelheid (1-ste orde)	nee		
stroomsnelheid (2-de orde)	ja	0.011	$1.4 * 10^{-3}$
saliniteit (1-ste orde)	nee		
saliniteit (2-de orde)	nee		
droogvalduur*stroomsnelheid	nee		
droogvalduur*saliniteit	ja	< 0.001	$9.3 * 10^{-3}$
stroomsnelheid*saliniteit	ja	0.029	$5.6 * 10^{-3}$
droogvalduur*stroomsnelheid*saliniteit	nee		
Intercept	ja	0.033	1.5



Kaart 5: GLM kaart voor 1985

Volgens de GLM kaart voor 1985 liggen de goede kokkelgebieden met name in het mondingsgebied en op de Vondelingsplaat. Opvallend is dat naarmate er meer westwaarts wordt gegaan de geschiktheid van het gebied voor kokkels afneemt. De resultaten in het komgebied zijn minder betrouwbaar dan de resultaten in de andere drie deelgebieden omdat de analyse is gebaseerd op kokkelgegevens waarin het komgebied niet was opgenomen. Omdat de abiotische gegevens in het komgebied niet in de ranges van de abiotiek in mondingsgebied, middengebied of noordtak vallen, is dit gedeelte gebaseerd op geëxtrapoleerde gegevens. In principe zou het komgebied in deze kaart buiten beschouwing gelaten moeten worden. Het totale kokkelbestand voor 1985 wordt, volgens de gehele (dus inclusief komgebied) kaart geschat op 51 miljoen kg.

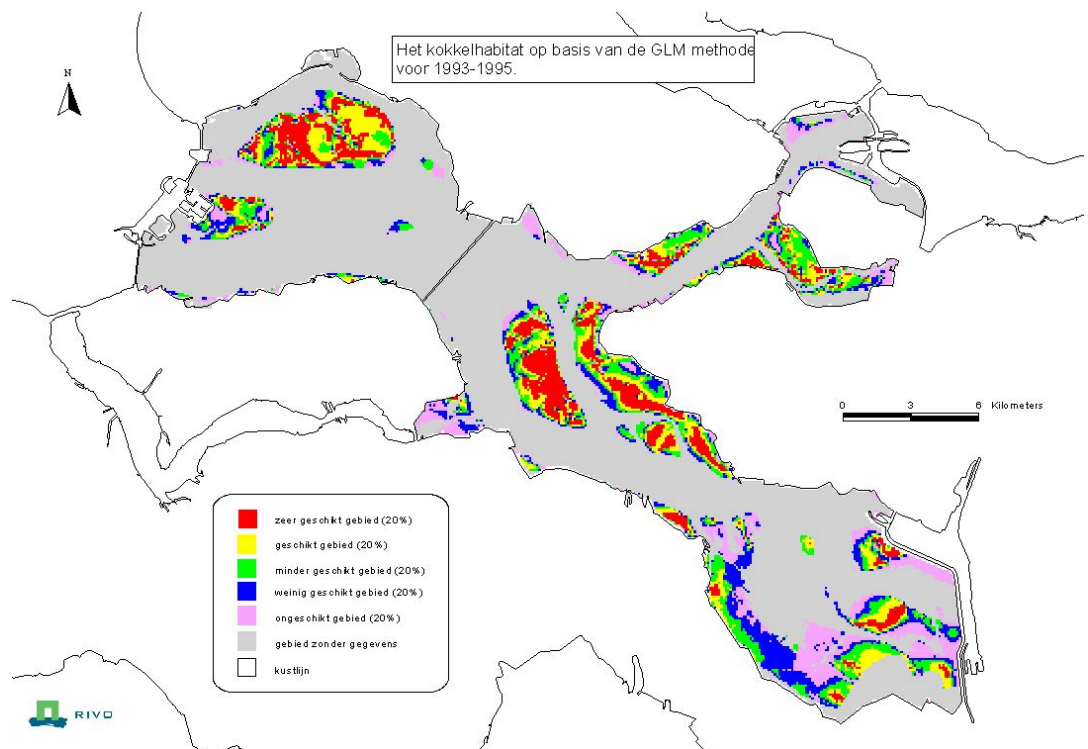
Wanneer de GLM kaart van 1985 (kaart 5) met de bestandsgegevens van 1985 (kaart 2) wordt vergeleken valt het volgende op de modelmatige beschrijving van de drie platen met monsterpunten de metingen goed volgt: de Roggenplaat is het beste kokkelgebied, gevolgd door de Vondelingsplaat, en de Krabbenkreek is het slechtste kokkelgebied. Met het model wordt de Roggenplaat wel als beter beschreven dan met metingen gevonden, is de aanduiding van de kop van de Vondelingsplaat als goed kokkelgebied niet terecht.

3.1.2 Periode na de bouw van de kering (1994)

Met de parameters droogvalduur, stroomsnelheid en saliniteit is een GLM gefit door de kokkel biomassa's van 1993-1995 (n=376). Tabel 2 laat de resultaten van de analyse zien. Vijf parameters waren significant, namelijk droogvalduur, droogvalduur*droogvalduur, stroomsnelheid, stroomsnelheid*stroomsnelheid, en droogvalduur*stroomsnelheid. Dit betekent dat in 1994 de saliniteit geen rol speelde in de verklaring van de variantie in de kokkelbiomassa. Met het model is een kaart voor 1994 gemaakt. Deze wordt weergegeven in kaart 6.

Tabel 2: Resultaten van de GLM voor de situatie na de bouw van de kering.

Parameter	significant?	p-waarde	Schatting
droogvalduur (1-ste orde)	ja	< 0.001	$1.5 * 10^{-1}$
droogvalduur (2-de orde)	Ja	< 0.001	$-1.1 * 10^{-3}$
stroomsnelheid (1-ste orde)	Ja	< 0.001	$3.3 * 10^{-1}$
stroomsnelheid (2-de orde)	Ja	< 0.001	$-3.8 * 10^{-3}$
saliniteit (1-ste orde)	Nee		
saliniteit (2-de orde)	Nee		
droogvalduur*stroomsnelheid	Ja	< 0.001	$-1.9 * 10^{-3}$
droogvalduur*saliniteit	Nee		
stroomsnelheid*saliniteit	nee		
droogvalduur*stroomsnelheid*saliniteit	nee		
Intercept	ja	0.044	-2.7



Kaart 6: GLM kaart 1994.

Volgens de GLM kaart voor 1994 liggen de goede kokkelgebieden met name op de Roggenplaat, Vondelingsplaat, Slikken van den Dortsman, Slikken van Viane, bij Sint Annaland en op de Hooge Kraaijer. Op basis van de GLM kaart 1994 wordt een bestand van 19.2 miljoen kg kokkels voorspeld.

Een vergelijking tussen de GLM kaart van 1994 (kaart 6) en de bestandsgegevens van 1993-1995 (kaart 3) laat zien dat de kaart de bestandsgegevens redelijk goed beschrijft. In het mondingsgebied komen op de Roggenplaat de goede kokkelgebieden overeen tussen kaart en opname. Op Neeltje Jans worden wel hele goede gebieden voorspeld, maar niet aangetroffen. In het middengebied komt de voorspelling op de Vondelingsplaat redelijk overeen met de gevonden verdeling. Op de Slikken van den Dortsman worden op een aantal plekken door de habitatkaart goede kokkelgebieden aangewezen, waar in de bestandopname geen hoge biomassa is aangetroffen. In het komgebied komt de voorspelling op de Hooge Kraaijer en op de Speelmansplaten goed overeen met metingen. In de noordtak klopt de voorspelling op de Slikken van Viane echter niet met de gevonden biomassa, maar in de Krabbenkreek is er wel een redelijke overeenkomst.

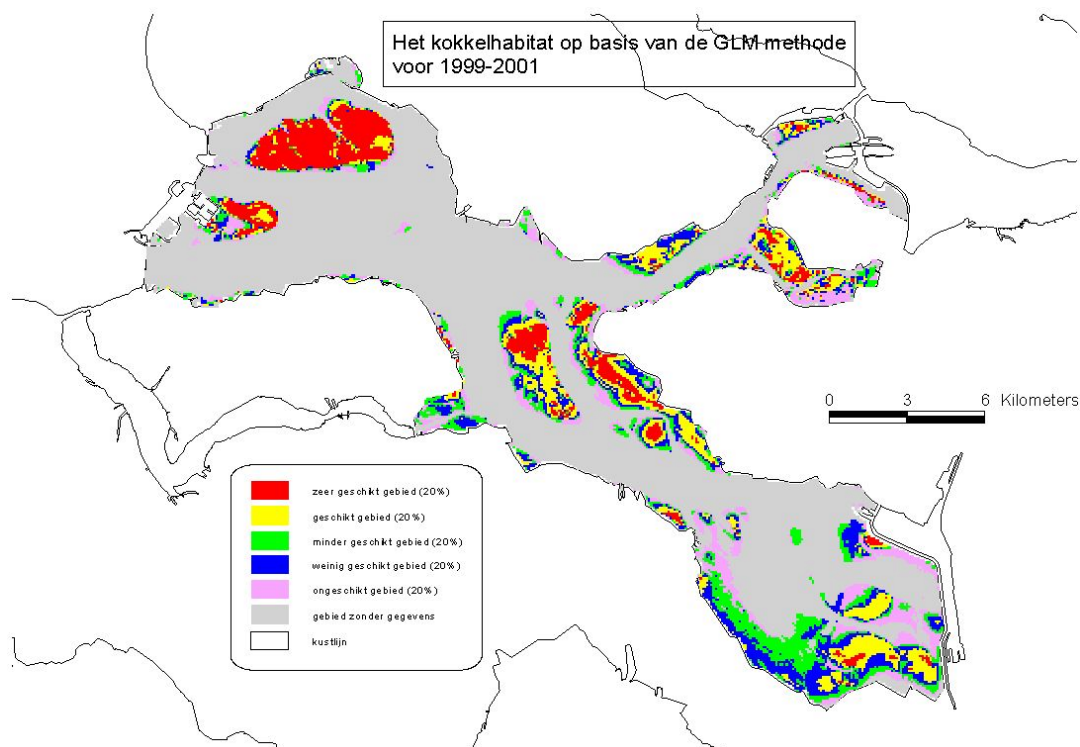
3.1.3 Periode na de bouw van de kering (2000)

Met de parameters droogvalduur, stroomsnelheid en saliniteit is een GLM gefit door de kokkel biomassa's van 199-2001 (n=411). Tabel 3 laat de resultaten van de analyse zien.

Zes parameters waren significant, namelijk droogvalduur, droogvalduur*droogvalduur, stroom, stroomsnelheid*stroomsnelheid, saliniteit, en saliniteit*saliniteit. Met het model is een kaart voor 2001 gemaakt. Deze wordt weergegeven in Kaart 7.

Tabel 3: Resultaten van de GLM voor de situatie na de bouw van de kering (2000).

Parameter	significant?	p-waarde	Schatting
droogvalduur (1-ste orde)	Ja	< 0.001	$1.3 * 10^{-1}$
droogvalduur (2-de orde)	Ja	< 0.001	$-1.3 * 10^{-3}$
stroomsnelheid (1-ste orde)	Ja	< 0.001	$1.7 * 10^{-1}$
stroomsnelheid (2-de orde)	Ja	< 0.001	$-2.4 * 10^{-3}$
saliniteit (1-ste orde)	Ja	< 0.001	-26
saliniteit (2-de orde)	Ja	< 0.001	$7.5 * 10^{-1}$
droogvalduur*stroomsnelheid	Nee		
droogvalduur*saliniteit	nee		
stroomsnelheid*saliniteit	nee		
droogvalduur*stroomsnelheid*saliniteit	nee		
Intercept	ja	< 0.001	217



Kaart 7: GLM kaart voor 2000

Volgens de GLM kaart voor 2000 liggen de goede kokkelgebieden met name op de Roggenplaat, Neeltje Jans, Vondelingsplaat, en Slikken van den Dortsman. Op basis van de GLM kaart voor 2001 wordt een totaal bestand van 13.4 miljoen kg geschat.

Een vergelijking tussen de GLM kaart van 2000 (kaart 7) en de bestandsgegevens van 1999-2001 (kaart 4) laat zien dat er ook in dit jaar een redelijke overeenstemming is tussen beide kaarten. In het mondingsgebied wordt bijna de hele Roggenplaat door het model als zeer goed kokkelgebied bestempeld. Dit klopt voor de plaat, met uitzondering van de westpunt waar in de survey geen hoge biomassa wordt gevonden. Op de Vondelingsplaat wordt met name de noordkant als goed gebied voorspeld, daar worden in de survey ook hoge biomassa waarden aangetroffen. Op de zuidpunt zijn ook hoge biomassa waarden gemeten, wat in het model minder duidelijk naar voren komt. De Slikken van den Dortsman worden door het model goed beschreven. In het komgebied worden door het model nauwelijks plaatsen geschikt voor een hoge biomassa aangewezen. Dit klopt met de survey, met uitzondering van de Hooge Kraaijer waar wel een hoge kokkelbiomassa is aangetroffen in de survey. In de noordtak is er wederom weinig overeenstemming met de modelvoorspelling op de Slikken van Viane en de gemeten biomassa, maar in de Krabbenkreek en op de plaat van Oude Tonge is wel een goede overeenstemming te vinden.

3.2 Vergelijken modellen met GLM methode

Bij het vergelijken van de resultaten van de GLM methode valt als eerste op dat alle drie perioden verschillende significante parameters hadden. De droogvalduur en stroomsnelheid werden in alle drie jaren als parabool in het model ondergebracht, zij het dat in 1985 de eerste orde termen niet significant waren. De saliniteit als aparte term was in 2001 als enige jaar significant, terwijl alleen in 1985 de interacties tussen saliniteit en droogvalduur en saliniteit en stroomsnelheid significant waren. De interactie tussen droogvalduur en stroomsnelheid is juist weer alleen in 1994 significant. De interactie tussen alle drie abiotische factoren is in geen enkel model significant gebleken.

3.3 Verschuivingen in habitatklasse per deelgebied

De GLM methode voorspelt in alle drie perioden dat het mondingsgebied geschikt is voor kokkels. De percentuele aandelen van iedere klasse in dit deelgebied wordt weergegeven in Tabel 4.

Tabel 4: Procentueel aandeel van iedere habitatklassen in het mondingsgebied.

klasse	Type	1983	1994	2001
rood	zeer geschikt	59	28	59
geel	Geschikt	9	28	12
groen	minder geschikt	6	18	9
blauw	weinig geschikt	8	15	8
paars	Ongeschikt	17	11	12

In 1985 bestond het habitat in het mondingsgebied voor bijna 60% uit zeer geschikte plaatsen voor kokkels, zowel op de Roggenplaat als op Neeltje Jans. In 1994 is de situatie voor kokkels iets minder dan in 1985. Er is een deel van de zeer geschikte gebieden veranderd in geschikt gebied, maar toch is de monding nog een heel aantrekkelijk kokkelgebied, waar iets meer dan de helft als (zeer) geschikt wordt gekenmerkt. In 2001 lijkt de situatie van 1985 weer hersteld, met een zeer groot gebied, opnieuw bijna 60% van het beschreven gebied, wat als zeer geschikt wordt gekenmerkt.

De GLM methode voorspelt in 1985 en 1994 dat de ongeveer de helft van het middengebied (zeer) geschikt is voor kokkels, terwijl in 2001 dit meer naar minder tot ongeschikt gaat verschuiven. De percentuele aandelen van iedere klasse in dit deelgebied wordt weergegeven in Tabel 5.

Tabel 5: Procentueel aandeel van iedere habitatklassen in het middengebied.

klasse	type	1983	1994	2001
rood	zeer geschikt	24	32	18
geel	geschikt	26	21	25
groen	minder geschikt	20	19	19
blauw	weinig geschikt	17	16	20
paars	ongeschikt	13	12	18

In het middengebied valt het volgende op. Op de Vondelingsplaat valt op dat de zuidpunt in zowel 1985 als 1994 zeer geschikt kokkelgebied bevatte, maar dat dit in 2001 is vervangen door geschikt kokkelgebied. Op de Slikken van den Dortsman varieert de ligging van geschikt gebied van periode tot periode, echter zonder opvallende verschuivingen. Opvallend is wel dat de Middelploot steeds geschikter lijkt te worden voor kokkels. De Zandkreek is in alle drie de jaren minder tot ongeschikt voor kokkels, waarbij 1994 de slechtste periode was.

De GLM methode voorspelt dat de noordtak steeds geschikter wordt voor kokkels. Werd in 1985 nog maar een vijfde van het gebied als (zeer) geschikt geclassificeerd, in 1994 is dit toegenomen tot 35%, terwijl in 2001 ruim 40% als (zeer) geschikt wordt aangeduid. De percentuele aandelen van iedere klasse in dit deelgebied wordt weergegeven in Tabel 6.

Tabel 6: Procentueel aandeel van iedere habitatklassen in de noordtak.

klasse	Type	1983	1994	2001
rood	zeer geschikt	4	15	12
geel	geschikt	14	20	29
groen	minder geschikt	30	27	14
blauw	weinig geschikt	30	18	21
paars	ongeschikt	21	21	23

In de noordtak neemt de geschiktheid in de drie beschouwde perioden dus langzaam toe. Dit is vooral in de Krabbenkreek; de Slikken van Viane gaan er in de loop der tijd als kokkelgebied op achteruit, terwijl de Krabbenkreek steeds beter wordt.

De GLM methode laat zien dat in het komgebied het aandeel (zeer) geschikte gebieden is afgenomen van een kwart in 1985 naar een vijfde in 1994. Dit aandeel heeft zich tot 2001 gestabiliseerd. De modeluitkomsten in de kom in 1985 zijn echter wel gebaseerd op extrapolatie, en daarom weinig betrouwbaar. De percentuele aandelen van iedere klasse in dit deelgebied wordt weergegeven in Tabel 7.

Tabel 7: Procentueel aandeel van iedere habitatklassen in het komgebied. 1983 is grijs omdat het hier een geëxtrapoleerde, weinig betrouwbare, situatie betreft.

klasse	Type	1983	1994	2001
rood	zeer geschikt	1	6	2
geel	geschikt	24	14	16
groen	minder geschikt	24	19	30
blauw	weinig geschikt	26	28	27
paars	ongeschikt	25	34	25

3.4 Habitat suitability index model

3.4.1 *Periode voor de bouw van de kering (1985)*

3.4.1.1 Droogvalduur

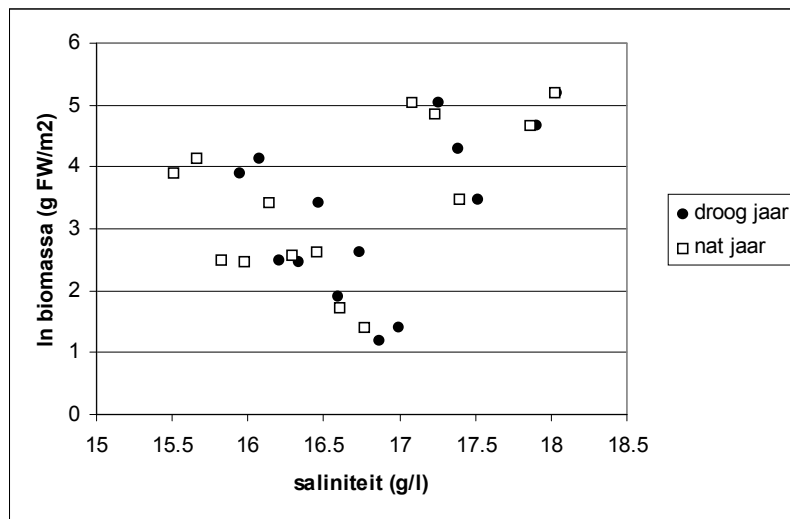
De biomassa gegevens van de interecos campagne uit 1985 zijn gekoppeld aan de droogvalduurkaart van 1983 en in klassen verdeeld. Per klasse is de maximaal voorkomende biomassa bepaald. De modellen op de getransformeerde biomassa's beschrijven de hoogste biomassa's beter dan de ongetransformeerde modellen. Gekozen is voor een tweedegraads functie met logaritmisches getransformeerde biomassa's ($r=0.800$; $p \leq 0.002$; $n=17$). De top van de functie ligt bij een droogvalduur van 49%, de 10%-grenzen bij 43% en 55%.

3.4.1.2 Stroomsnelheid

De analyses zijn met de stroomsnelheid bij eb gedurende springtij uitgevoerd. De biomassagegevens die gekoppeld zijn aan deze stroomsnelheid zijn in klassen verdeeld. Gekozen is voor een tweedegraads functie met logaritmisches getransformeerde biomassa's ($r=0.818$; $p < 0.002$; $n=17$). De top van het model ligt bij een stroomsnelheid van 37 cm/s. De 10%-grenzen liggen bij 33.5 cm/s en 41.2 cm/s.

3.4.1.3 Saliniteit

Na koppeling van de biomassa gegevens van de interecos campagne uit 1985 aan de saliniteit voor de bouw van de kering zijn de biomassagegevens in klassen verdeeld. Per klasse is het maximum bepaald. Figuur 3 laat de relatie tussen de saliniteit in een nat en droog jaar, en de biomassa zien.



Figuur 3: Relatie tussen saliniteit (voor de bouw van de kering) en het natuurlijk logaritme uit de maximale biomassa (1985).

In de figuur zijn drie groepen data te onderscheiden, een groep data tussen de 15 en 17 g/l, een groep data tussen de 17 en 18 g/l en een groep data rond 18 g/l. Een regressie analyse door drie clusters van punten is statistisch gezien niet toegestaan.

Omdat saliniteit een oost-west gradiënt heeft en de gebruikte survey niet gebiedsdekkend is, zouden deze drie groepen op de drie bemonsterde platen kunnen duiden. Met het GIS zijn de maxima van iedere klasse getraceerd op herkomst. Het bleek inderdaad dat de eerste groep biomassa data afkomstig was uit de Krabbenkreek, de tweede groep van de Vondelingenplaat, en de derde groep van de Roggenplaat. Er zijn verder geen modellen door de punten gefit.

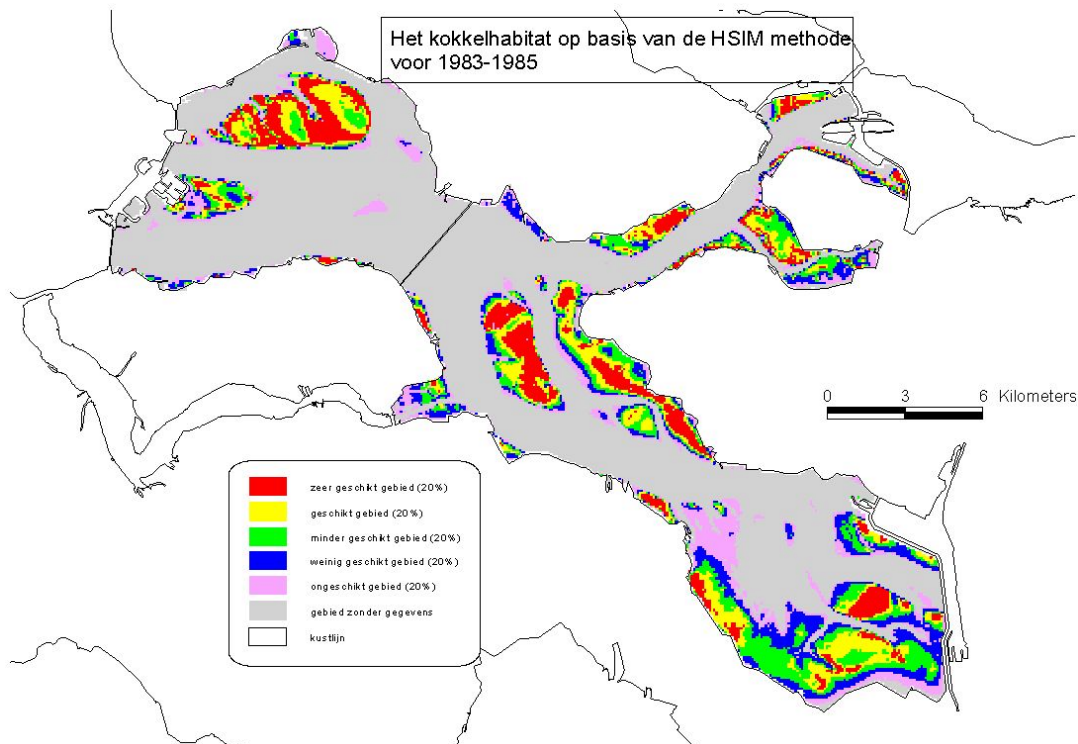
3.4.1.4 Mediane korrelgrootte

De mediane korrelgroottes uit 1985 zijn gekoppeld aan de kokkelbiomassa's uit 1985. Aan 297 van de 304 kokkelpunten kon een mediaan worden gekoppeld. De aan de mediane korrelgroottes gekoppelde biomassa's zijn in klassen verdeeld. Per klasse is de maximaal voorkomende biomassa bepaald. De modellen op de getransformeerde biomassa's beschrijven de hoogste biomassa's beter dan de ongetransformeerde modellen. Gekozen is voor een tweedegraads functie met getransformeerde biomassa's ($r=0.864$; $p<0.002$; $n=12$). De top van de curve ligt bij 149 μm .

3.4.1.5 Habitat suitability index model voor 1985

Het habitat suitability index model (HSIM) is gebaseerd op de suitability indices van stroomsnelheid en droogvalduur. Saliniteit kon niet worden meegenomen omdat er geen model van gemaakt kon worden, en voor de mediane korrelgrootte ontbreken

Oosterschelde-brede kaarten. De geschiktheid van de diverse gebieden voor kokkels op basis van de HSIM methode is weergegeven in Kaart 8.



Kaart 8: Habitat model van de Oosterschelde met behulp van het habitat suitability index model (HSIM).

De kaart laat zien dat volgens het HSIM model de beste gebieden voor kokkels in 1985 te vinden waren op de Roggenplaat, Vondelingsplaat, Slikken van den Dortsman, Hooge Kaaijer, Slikken van Viane en plaat van Oude Tonge.

Wanneer de HSIM kaart van 1985 (kaart 8) met de bestandsgegevens van 1985 (kaart 2) wordt vergeleken valt het volgende op de modelmatige beschrijving van de drie platen met monsterpunten de metingen goed volgt: de Roggenplaat is het beste kokkelgebied, gevolgd door de Vondelingsplaat, en de Krabbenkreek is het slechtste kokkelgebied. Met het model wordt de Roggenplaat goed beschreven, maar is de aanduiding van de kop van de Vondelingsplaat als goed kokkelgebied niet terecht.

3.4.2 Periode na de bouw van de kering (1994)

3.4.2.1 Droogvalduur

De gemiddelde biomassa gegevens van de RIVO survey uit 1993, 1994 en 1995 zijn in klassen verdeeld. Per klasse is het maximum bepaald. Gekozen is voor een tweedegraads

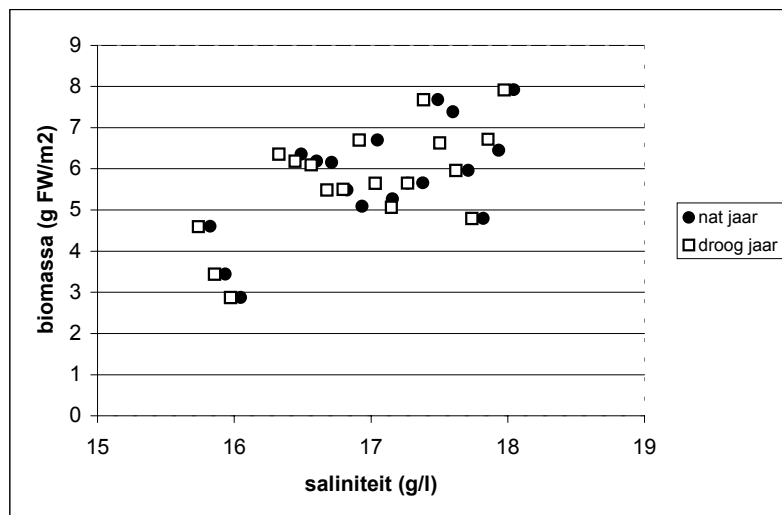
functie met getransformeerde biomassa's ($r^2=0.800$; $p<0.002$; $n=15$). De top van het model ligt bij een droogvalduur van 7.7%, de 10%-grenzen bij 0% en 25%.

3.4.2.2 Stroomsnelheid

De analyses zijn voor de stroomsnelheid bij eb gedurende springtij uitgevoerd. De beste fit over de hoogste biomassa werd bereikt bij een tweedegraads functie met getransformeerde biomassa's ($r=0.914$; $p<0.002$; $n=17$). De top van de curve ligt bij een stroomsnelheid van 30 cm/s, de 10%-grenzen bij 25 cm/s en 35 cm/s.

3.4.2.3 Saliniteit

De biomassagegevens van de surveys uit 1993-1995 zijn, na koppeling aan de saliniteit van na de kering, in klassen verdeeld. Per klasse is het maximum bepaald. Figuur 22 laat de relatie tussen de saliniteit en biomassa in het droge en het natte jaar zien.



Figuur 4: Relatie tussen saliniteit (na de bouw van de kering) en het natuurlijk logaritme uit de maximaal voorkomende biomassa (1993-1995).

Ook in dit jaar zijn twee groepen te onderscheiden, waardoor regressie analyse niet is toegestaan. Omdat er nog maar één periode overblijft (1999-2001) kunnen geen verschuivingen worden onderzocht. Deze laatstgenoemde periode is dan ook niet onderzocht.

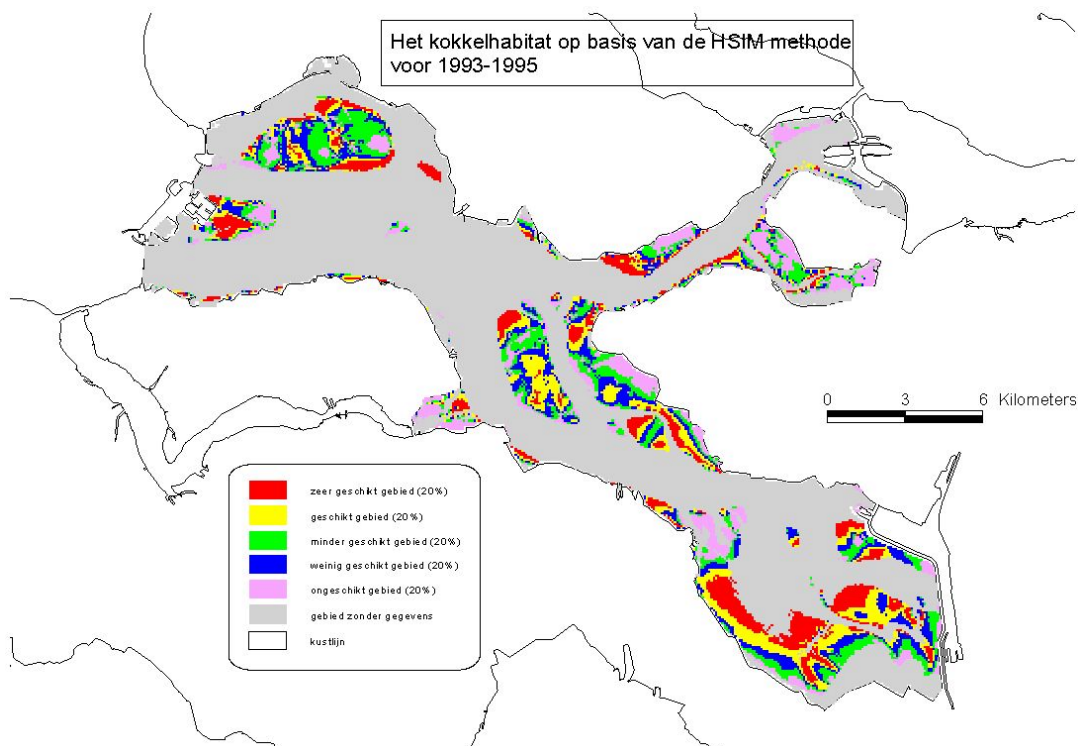
3.4.2.4 Mediane korrelgrootte

De mediane korrelgroottes uit de periode 1990-1996 zijn gekoppeld aan de kokkelbiomassa's uit de jaren 1993-1995. Er waren 163 mediane korrelgrootte metingen die aan een kokkelbiomassa gekoppeld konden worden. De beste fit werd bereikt bij een

tweedegraads functie met logaritmisch getransformeerde biomassa's ($r=0.817$; $p < 0.01$; $n=13$).

3.4.2.5 Habitat suitability index model voor 1994

Het habitat suitability index model (HSIM) voor 1994 is gebaseerd op de suitability indices van stroomsnelheid en droogvalduur. Saliniteit kon niet worden meegenomen omdat er geen model van gemaakt kon worden, en voor de mediane korrelgrootte en slibpercentage ontbreken Oosterschelde-brede kaarten. De geschiktheid van de diverse gebieden voor kokkels op basis van de HSIM methode is weergegeven in Kaart 9.



Kaart 9: Habitat model van de Oosterschelde met behulp van het habitat suitability index model (HSIM).

Een vergelijking tussen de HSIM kaart van 1994 (kaart 9) en de bestandsgegevens van 1993-1995 (kaart 3) laat zien dat de kaart de bestandsgegevens niet goed beschrijft. In het mondingsgebied komen op de Roggenplaat de goede kokkelgebieden niet overeen tussen kaart en opname, behalve op de westpunt. Op Neeltje Jans worden wel hele goede gebieden voorspeld, maar niet aangetroffen. In het middengebied komt de voorspelling op de Slikken van de Dortsman redelijk overeen met de gevonden verdeling, op de Vondelingsplaat worden meer goede kokkelplaatsen aangetroffen dan op grond van het model verwacht. In het komgebied komt de voorspelling op de Hooge Kraaijer en op de Speelmansplaten redelijk overeen met metingen. In de noordtak klopt de voorspelling op de Slikken van Viane en Krabbenkreek niet met de gevonden biomassa.

3.4.3 *Periode na de bouw van de kering (2001)*

3.4.3.1 Droogvalduur

De gemiddelde biomassa gegevens van de RIVO surveys uit 1999, 2000 en 2001 zijn aan de droogvalduurkaart 2001 gekoppeld. De droogvalduur is in klassen verdeeld. Per klasse is de maximaal voorkomende biomassa bepaald. Gekozen is voor een tweedegraads functie met getransformeerde biomassa's ($r=0.659$; $p < 0.002$; $n=20$). De top van het model ligt bij een droogvalduur van 42%, de 10%-grenzen bij 32% en 52%.

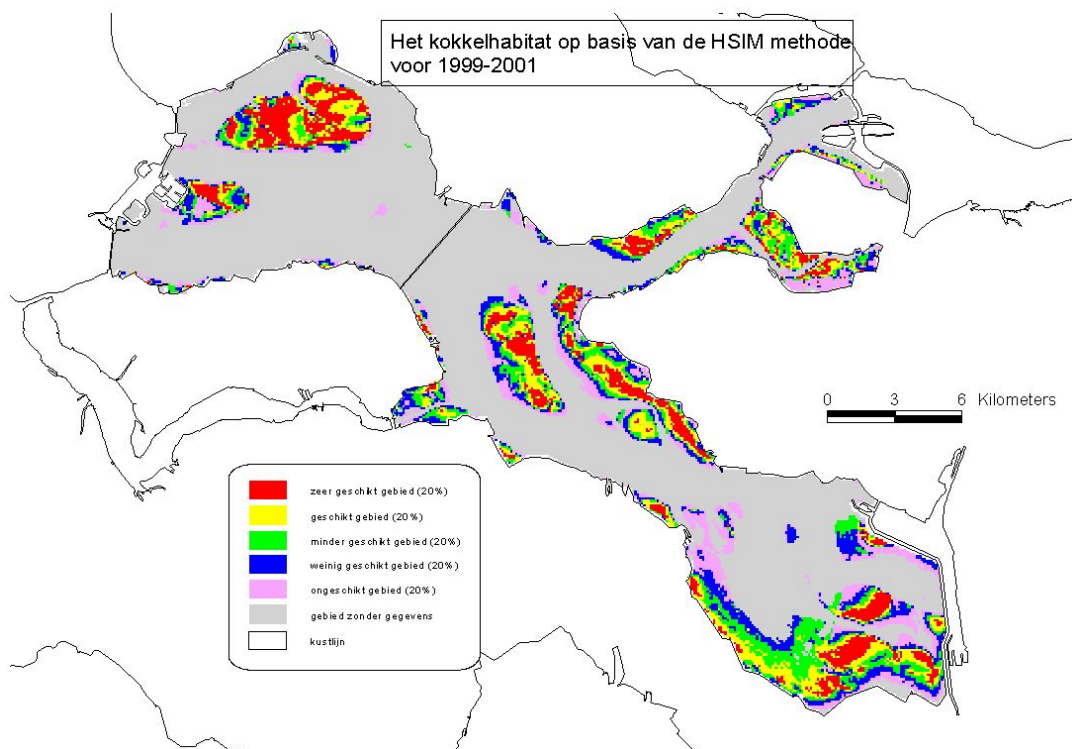
3.4.3.2 Stroomsnelheid

De analyses zijn voor de stroomsnelheid bij eb gedurende springtij uitgevoerd. Voor de stroomsnelheid is de stroomsnelheidskaart van 1996 gebruikt, omdat de situatie in 2000 niet veranderd is. Een tweedegraads functie met getransformeerde biomassa's ($r=0.940$; $p < 0.002$; $n=17$) gaf de beste fit.

3.4.3.3 Mediane korrelgrootte

De mediane korrelgroottes uit 1999 en 2000 zijn gekoppeld aan de kokkelbiomassa's uit de jaren 1999-2001. Er waren 21 gegevens van een mediaan die aan een kokkelbiomassa gekoppeld konden worden. De beste fit werd bereikt met een tweedegraads functie met getransformeerde biomassa's ($r=1.000$; $p < 0.002$; $n=4$).

3.4.3.4 Habitat suitability index model voor 2000



Kaart 10: Habitat model van de Oosterschelde met behulp van het habitat suitability index model (HSIM).

Een vergelijking tussen de HSIM kaart van 2000 (kaart 10) en de bestandsgegevens van 1999-2001 (kaart 4) laat zien dat er ook in dit jaar een redelijke overeenstemming is tussen beide kaarten. In het mondingsgebied komt de modelmatige beschrijving van de Roggenplaat en Neeltje Jans goed overeen met de survey gegevens. Op de Vondelingsplaat wordt met name de oostkant als goed gebied voorspeld, daar worden in de survey ook hoge biomassa waarden aangetroffen. Op de zuidpunt zijn ook hoge biomassa waarden gemeten, wat in het model minder duidelijk naar voren komt. De Slikken van den Dortsman worden door het model goed beschreven. In het komgebied worden door het model op de Hooge Kraaijer en het deel van het Verdrongen land van Zuid Beveland ten zuiden van de Hooge Kraaijer goede biomassa plekken voorspeld. Dit klopt met de survey, zij het dat op het Verdrongen land wat minder hoge kokkelbiomassa worden aangetroffen in de survey. In de noordtak is weinig overeenstemming met de modelvoorspelling op de Slikken van Viane en de plaat van Oude Tonge en de gemeten biomassa, maar in de Krabbenkreek is wel een redelijke overeenstemming te vinden.

3.5 Vergelijken modellen met HSIM methode

Alle drie de kaarten geproduceerd door de HSIM methode, zijn gebaseerd op stroomsnelheid en droogvalduur. Dit maakt de kaarten onderling goed vergelijkbaar.

Wanneer de kaarten van periode tot periode met elkaar worden vergeleken valt als eerste op dat de kaart van 1985 in alle deelgebieden overeenkomsten vertoont met de kaart van 2000, en dat de kaart van 1994 een ander beeld geeft.

3.6 Verschuivingen in habitatklassen in de deelgebieden

De HSIM methode laat zien dat in 1983 en 2001 iets meer dan de helft van het mondingsgebied (zeer) geschikt was voor kokkels. In 1994 was het aandeel (zeer) geschikt gedaald tot een derde. Dit werd veroorzaakt door zowel een daling in geschikt als zeer geschikt gebied. De percentuele aandelen van iedere klasse in dit deelgebied wordt weergegeven in tabel 8.

Tabel 8: Procentueel aandeel van iedere habitatklassen in het mondingsgebied.

Klasse	Type	1983	1994	2001
Rood	zeer geschikt	31	20	35
Geel	Geschikt	24	15	20
Groen	minder geschikt	14	27	14
Blauw	weinig geschikt	10	21	15
Paars	Ongeschikt	22	17	16

In het mondingsgebied is in 1983 een groot deel van de Roggenplaat bedekt met zeer geschikt gebied. In 1994 is dit gebied op de Roggenplaat minder geworden, en naar de randen verschoven. In 2001 is de situatie van 1985 min of meer hersteld. Neeltje Jans was in 1985 weinig geschikt voor kokkels, terwijl in de twee perioden daarna de geschiktheid is toegenomen. Opvallend is dat in 1994 de zuidkant als zeer geschikt wordt aangeduid, terwijl dit in 2001 juist de voorkant is.

De GLM methode voorspelt in 1985 en 2001 dat iets minder dan de helft van het middengebied (zeer) geschikt is voor kokkels, terwijl in 1994 dit ruim een derde is. De verlaging in 1994 wordt veroorzaakt door een vermindering van het zeer geschikte gebied. De percentuele aandelen van iedere klasse in dit deelgebied wordt weergegeven in tabel 9.

Tabel 9: Procentueel aandeel van iedere habitatklassen in het middengebied.

Klasse	Type	1983	1994	2001
Rood	zeer geschikt	27	14	20
Geel	Geschikt	21	23	22
groen	minder geschikt	17	20	18
blauw	weinig geschikt	18	23	21
paars	Ongeschikt	17	20	19

De Vondelingsplaat bestaat in 1985 voor een groot deel uit zeer geschikt kokkelgebied. In 1994 is dit aanzienlijk afgenomen, alleen op de noordpunt wordt nog zeer geschikt gebied gevonden, terwijl de oppervlakten weinig en ongeschikt gebied fors zijn toegenomen. In 2001 is de oude situatie enigszins hersteld. Op de Slikken van den Dortsman valt hetzelfde patroon te zien.

De HSM methode laat zien dat in de noordtak de geschiktheid voor kokkels van 1985 naar 1994 is afgenomen van ruim 40% naar een kwart. Dit werd veroorzaakt door een afname van zowel geschikt als zeer geschikt gebied. In 2001 is de geschiktheid weer toegenomen, echter alleen vanwege de toename van het aandeel geschikt gebied. Het aandeel zeer geschikt gebied is tussen 1994 en 2001 gelijk gebleven. De percentuele aandelen van iedere klasse in dit deelgebied wordt weergegeven in tabel 10.

Tabel 10: Procentueel aandeel van iedere habitatklassen in de noordtak.

klasse	Type	1983	1994	2001
rood	zeer geschikt	20	15	15
geel	Geschikt	22	10	21
groen	minder geschikt	22	19	23
blauw	weinig geschikt	19	13	20
paars	Ongeschikt	17	42	20

Op de Slikken van Viane lijkt het oppervlakte zeer geschikt gebied nauwelijks te veranderen van periode tot periode, maar de plaats waar het zeer geschikte gebied ligt verschuift van periode tot periode. Opvallen is dat in 1994 de gehele oostkant van dit gebied als ongeschikt wordt aangeduid, terwijl dit in 1985 nog zeer geschikt gebied was. De geschiktheid van de plaat van Oude Tonge en de Krabbenkreek neemt sterk af van 1985 naar 1994, en vertoont daarna een heel licht herstel.

De HSIM methode laat zien dat in het komgebied het aandeel (zeer) geschikte gebieden is toegenomen van een kwart in 1985 naar de helft in 1994. Dit aandeel is daarna weer afgenomen. De modeluitkomsten in de kom in 1985 zijn echter wel gebaseerd op extrapolatie, en daarom weinig betrouwbaar. De percentuele aandelen van iedere klasse in dit deelgebied wordt weergegeven in Tabel 11.

Tabel 11: Procentueel aandeel van iedere habitatklassen in het komgebied. 1983 is grijs omdat het hier een geëxtrapoleerde, weinig betrouwbare, situatie betreft.

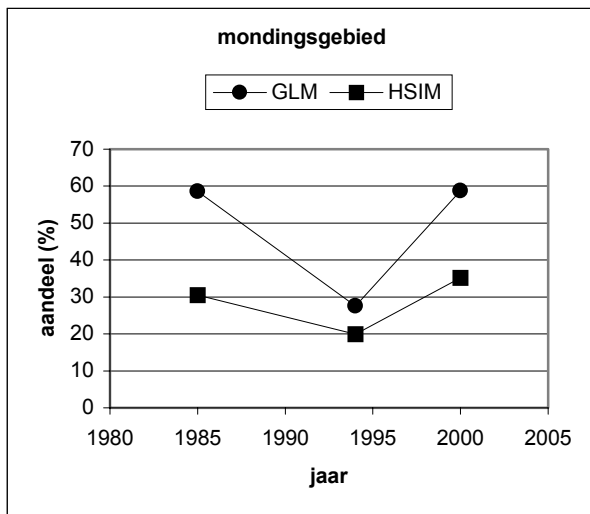
klasse	Type	1983	1994	2001
rood	zeer geschikt	1	6	2
geel	Geschikt	24	14	16
groen	minder geschikt	24	19	30
blauw	weinig geschikt	26	28	27
paars	Ongeschikt	25	34	25

Over de gehele Oosterschelde beschouwd laten het mondingsgebied, middengebied en de noordtak een daling van (zeer) geschikt kokkelgebied zien tussen 1985 en 1994. Deze gebieden lijken te zijn opgeschoven naar het komgebied. In 2001 treedt een situatie op die vergelijkbaar is met de situatie van 1985.

3.7 Verschuiving van zeer geschikt kokkelareaal (deelvraag 1)

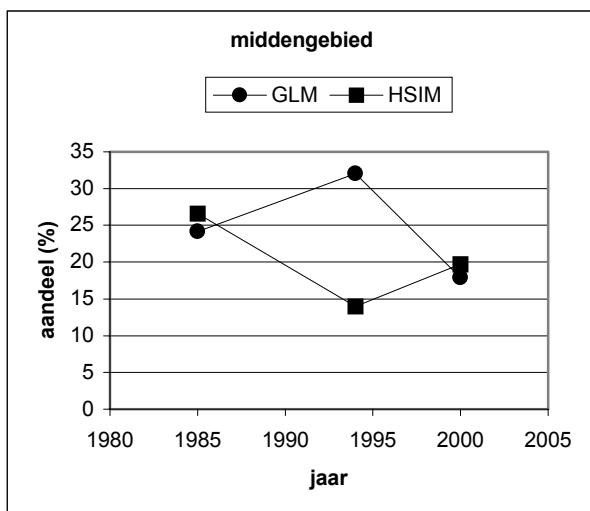
Met de beide kaarten is voor alle drie perioden het aandeel van het zeer geschikte kokkelareaal van het totaal gemodelleerde areaal per deelgebied berekend (zie 3.3 en 3.6). In deze paragraaf worden de verschuivingen gesimuleerd door beide modellen vergeleken. Dit gebeurt enerzijds om de modellen met elkaar te vergelijken, en anderzijds om een uitspraak te kunnen doen over mogelijke verschuivingen.

In het mondingsgebied geven beide modellen hetzelfde beeld (figuur 5). Het aandeel daalt van 1985 naar 1994, maar is weer hersteld in 2001. De verschuiving kan een effect van de bouw van de kering zijn, wat daarna snel weer herstelt. Aannemelijker is dat aan de verschuiving een andere oorzaak ten grondslag ligt. Het bestand zoals gevonden in dit deelgebied volgt de modeluitkomsten. In 1993-1995 werd in mei een bestand van 6.8 miljoen kg gevonden, in 1999-2001 een bestand van 12.0 miljoen kg.



Figuur 5: Aandeel van het zeer geschikte (rood) kokkelgebied in het mondingsgebied.

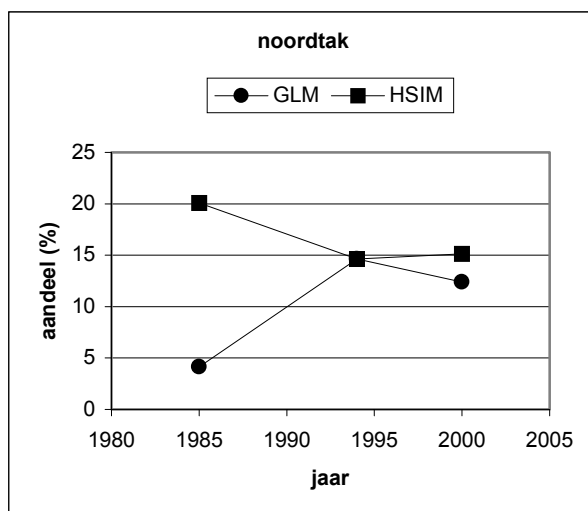
In het middengebied geven beide modellen een verschillend beeld (figuur 6). De HSIM methode laat een daling van het aandeel, gevolgd door een toename zien, terwijl de GLM methode juist een toename van het aandeel, gevolgd door een vermindering laat zien. Het bestand zoals gevonden in dit deelgebied volgt de modeluitkomsten van de GLM methode. In 1993-1995 werd in mei een bestand van 10.4 miljoen kg gevonden, in 1999-2001 een bestand van 7.2 miljoen kg.



Figuur 6: Aandeel van het zeer geschikte (rood) kokkelgebied in het middengebied.

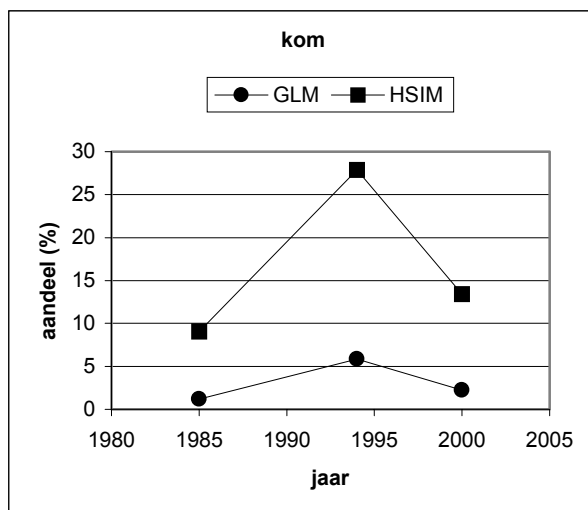
In de noordtak geven beide modellen aan dat het aandeel zeer geschikte kokkelgebieden aan het gehele habitat tussen 1994 en 2001 redelijk stabiel verloopt (figuur 7). Dit is terug te vinden in het bestand wat in 1993-1995 gemiddeld 3.5 miljoen kg was, en in 1999-2001

gemiddeld 4.7 miljoen kg. In de periode voor de bouw van de kering was volgens de GLM methode het aandeel geschikt kokkelgebied veel lager dan in de jaren erna, terwijl het volgens de HSIM methode veel hoger lag.



Figuur 7: Aandeel van het zeer geschikte (rood) kokkelgebied in de noordtak.

In het komgebied tenslotte laten beide modellen hetzelfde resultaat zien: een stijging van het aandeel zeer geschikt gebied van 1985 tot 1994, en daarna een afname (figuur 8). Het bestand laat ook dit patroon zien, in 1999-2001 werd 10.5 miljoen kg gevonden in het komgebied, in 1999-2001 2.7 miljoen kg.

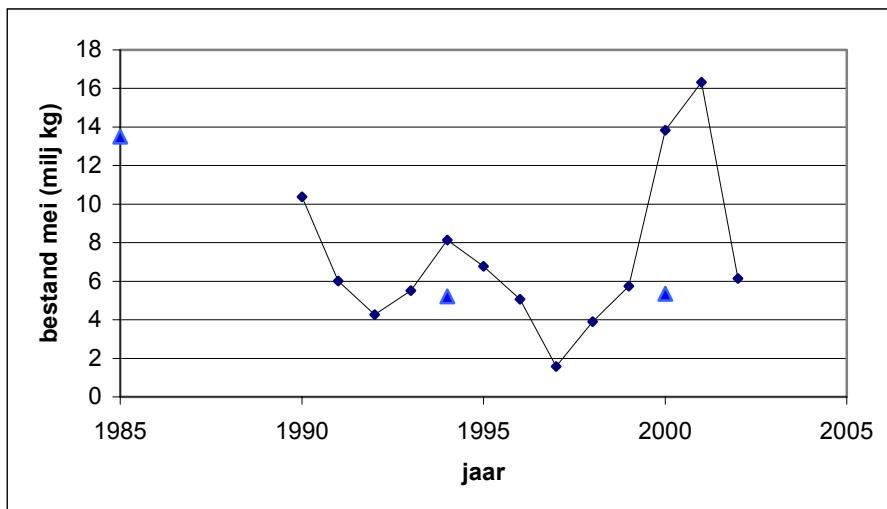


Figuur 8: Aandeel van het zeer geschikte (rood) kokkelgebied in het komgebied.

3.8 Veranderingen in het bestand (deelvraag 2)

De bestanden gemeten in de jaren 1990 tot en met 2002 zijn per deelgebied uitgezet. Daarnaast is per deelgebied het bestand volgens het GLM model uitgezet. Het bestand van 1985 is het bestand van september. Dit is teruggerekend naar mei door een sterfte van mei naar september van 28% en een gemiddelde groei van 200% te veronderstellen (Twisk, 1990).

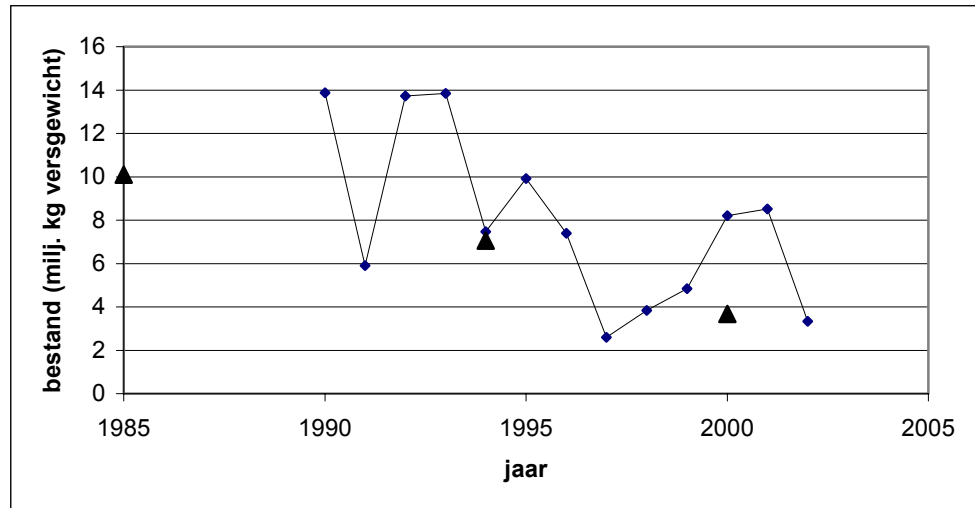
Het gemeten bestand in het mondingsgebied vertoont tussen 1990 en 2002 sterke fluctuaties tussen de 2 miljoen kg en 17 miljoen kg. De data vertonen geen significant dalende of stijgende trend ($p=0.660$). Het bestanden zoals door de GLM kaart voor 1994 en 2001 liggen met resp. 5.2 en 5.3 miljoen kg op de hoogte van het gemeten bestand. Volgens de GLM kaart van 1985 heeft er in dit jaar 13.5 miljoen kg aan kokkels gelegen. Het verloop van het bestand en de modelresultaten zijn weergegeven in Figuur 9. De figuur laat zien dat de bestanden in 1985 hoger waren dan in de jaren na de bouw van de kering, maar dat in deze periode het gemeten bestand twee maal (2000 en 2001) op het oude niveau van rond de 15 miljoen kg komt.



Figuur 9: Verloop van het bestand kokkels in het mondingsgebied (doorgetrokken lijn; mei gegevens) en de modeluitkomsten van de GLM kaarten (driehoeken).

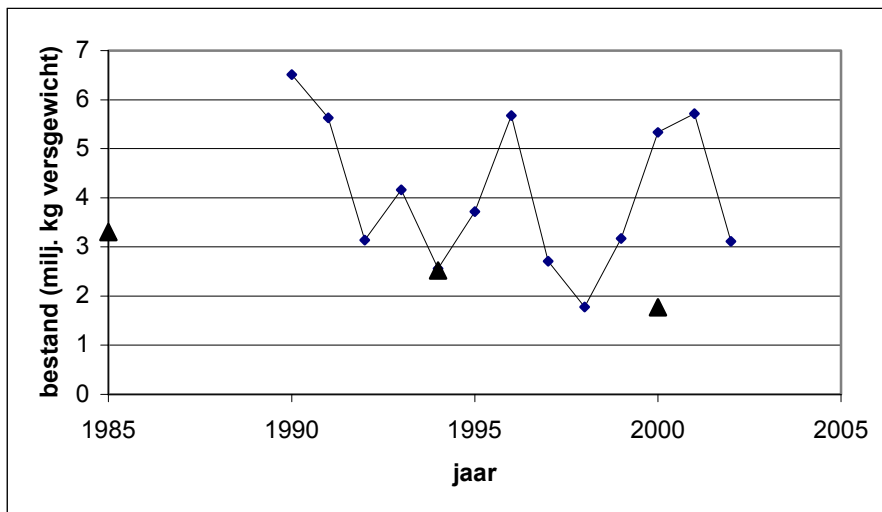
Het gemeten bestand in het middengebied vertoont tussen 1990 en 2002 fluctuaties van jaar tot jaar. Het bestand daalt significant ($p=0.043$), de gemiddelde afname is 8% per jaar. Het bestanden zoals door de GLM kaart voor 1994 en 2001 liggen met resp. 7.1 en 3.7 miljoen kg op de hoogte van het gemeten bestand. Volgens de GLM kaart van 1985 heeft er in dit jaar 10.1 miljoen kg aan kokkels gelegen, wat ongeveer gelijk is aan het bestand

van begin jaren negentig. Het verloop van het bestand en de modelresultaten zijn weergegeven in Figuur 10.



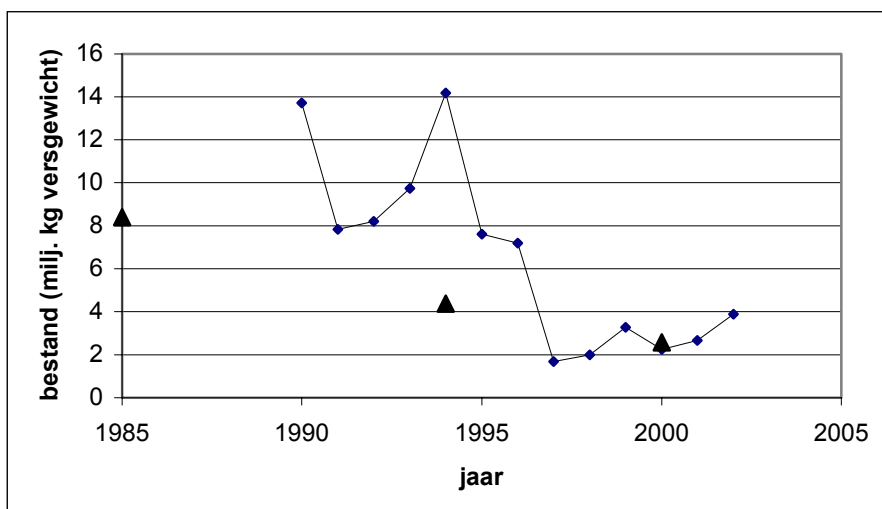
Figuur 10: Verloop van het bestand kokkels in het middengebied (doorgetrokken lijn; mei gegevens) en de modeluitkomsten van de GLM kaarten (driehoeken).

Het gemeten bestand in de noordtak vertoont tussen 1990 en 2002 fluctuaties tussen de 2 miljoen kg en 7 miljoen kg. De data vertonen geen significant dalende of stijgende trend ($p=0.464$). Het bestanden zoals door de GLM kaart voor 1994 en 2001 liggen met resp. 2.5 en 1.8 miljoen kg lager dan het gemeten bestand. Volgens de GLM kaart van 1985 heeft er in dit jaar 3.3 miljoen kg aan kokkels gelegen, hetgeen waarschijnlijk ook een onderschatting is. Het verloop van het bestand en de modelresultaten zijn weergegeven in Figuur 11. Het lijkt erop dat in de noordtak een niet mee gemodelleerd proces een belangrijke rol speelt in het uiteindelijke bestand, waardoor de gemeten bestanden hoger zijn dan de gemodelleerde.



Figuur 11: Verloop van het bestand kokkels in de noordtak (doorgetrokken lijn; mei gegevens) en de modeluitkomsten van de GLM kaarten (driehoeken).

Het gemeten bestand in het komgebied vertoont tussen 1990 en 2002 fluctuaties van jaar tot jaar. Het bestand daalt significant ($p=0.002$), de gemiddelde afname is 15% per jaar. Het bestand zoals door de GLM kaart voor 1994 ligt met een waarde van 4.4 miljoen kg onder de metingen, terwijl in 2001 het bestand van 2.6 miljoen kg op de hoogte van het gemeten bestand ligt. Volgens de GLM kaart van 1985 heeft er in dit jaar 8.4 miljoen kg aan kokkels gelegen. Het verloop van het bestand en de modelresultaten zijn weergegeven in figuur 12.



Figuur 12: Verloop van het bestand kokkels in het komgebied (doorgetrokken lijn; mei gegevens) en de modeluitkomsten van de GLM kaarten (driehoeken).

Uit bovenstaande analyse blijken de metingen in twee van de vier deelgebieden een significant dalend bestand aan te geven. De modellen berekenen in alle deelgebieden een dalend bestand van 1985 naar 2001. Vraag is of deze bestandsdalingen te wijten zijn aan veranderingen in abiotiek ten gevolge van de bouw van de Oosterschelde werken. In de modellen zijn in alle drie jaren de twee abiotische parameters stroomsnelheid en droogvalduur opgenomen. In Tabel 12 is voor ieder deelgebied weergegeven hoe het bestand volgens de metingen is veranderd (gemiddelde 1999-2001 versus gemiddelde 1993-1995), en hoe het bestand volgens de modellen is veranderd. Daarbij is de verandering in optimale droogvalduur voor kokkels (20%-60%) weergegeven. Voor stroomsnelheid was het niet mogelijk dit te doen omdat deze dataset naast de droogvallende delen waar zich de kokkels bevinden, ook de sublitorale delen bevat.

Tabel 12: Verandering in biomassa (%), en areaal met optimale droogvalduur (ha).

deelgebied	periode	meting ¹	model ²	droogvalduur ³
mondingsgebied	1985-1994	-	39%	60 ha
	1994-2000	176%	102%	90 ha
middengebied	1985-1994	-	70%	-170 ha
	1994-2000	70%	52%	-60 ha
Noordtak	1985-1994	-	52%	-230 ha
	1994-2000	136%	59%	40 ha
Komgebied	1985-1994	-	54%	-360 ha
	1994-2000	26%	70%	-150 ha

1. procentueel deel van het gemodelleerde kokkelbestand dat aan het einde van een periode van het bestand van het begin van de periode over is (<100%) of erbij is gekomen (>100%)
2. procentueel deel van het gemeten kokkelbestand dat aan het einde van een periode van het bestand (1999-2000-2001) van het begin van de periode (1993-1994-1995) over is (<100%) of erbij is gekomen (>100%)
3. verandering van het areaal met een geschikte droogvalduur voor kokkels

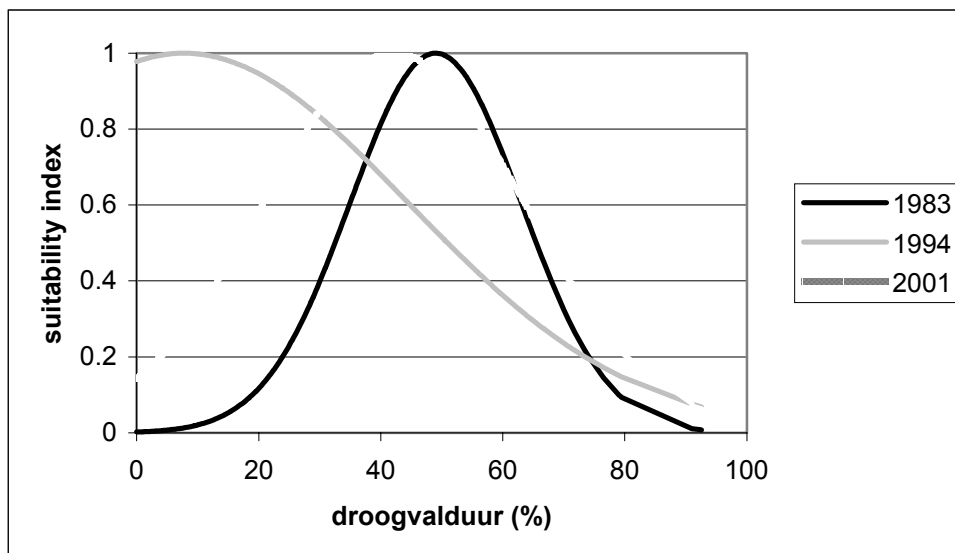
Uit Tabel 12 blijkt dat een afname van geschikt droogvalduur areaal in alle gevallen leidt tot een afname van de biomassa, zowel in meting als in model. Een toename van het areaal leidt in twee van de drie gevallen tot een toename in biomassa, uitzondering is het mondingsgebied van 1985 naar 1994 waar het areaal met geschikte droogvalduur met 60 ha toenam, maar in 1994 toch minder dan de helft van het bestand van 1985 werd teruggevonden.

3.9 Vergelijken individuele relaties (deelvraag 3)

Aan de hand van de resultaten van HSIM model zijn de individuele relaties tussen kokkelbiomassa en abiotiek met elkaar vergeleken.

3.9.1 Droogvalduur

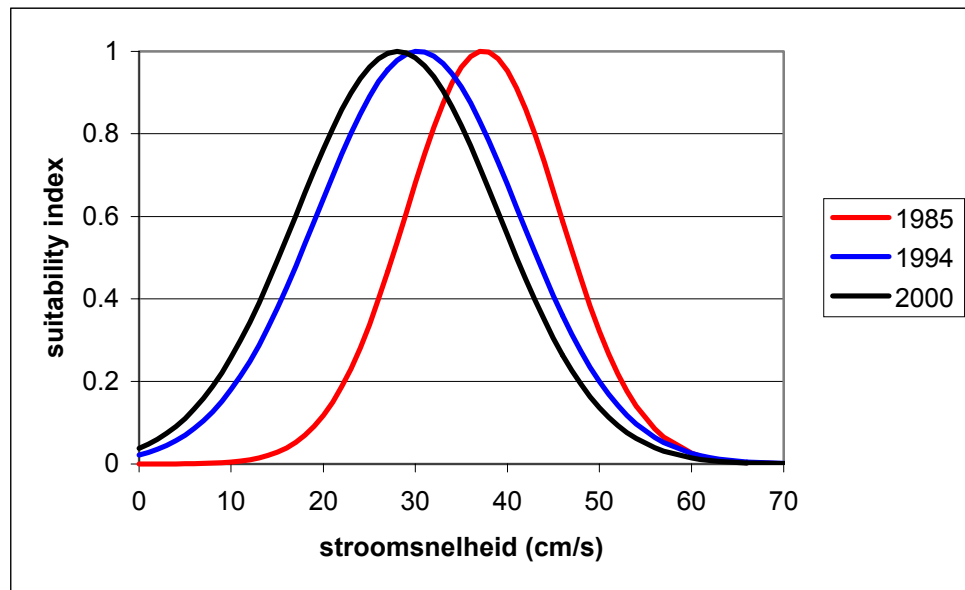
De drie gevonden responscurven voor droogvalduur zijn samen in een figuur ondergebracht. Figuur 13 laat de drie responscurves zien. De figuur laat zien dat de kokkels in 1985 een top hadden bij een droogvalduur van ongeveer 50%, in de jaren negentig van ongeveer 10%, waarna het top in 2001 weer terug is naar een kortere droogvalduur van ongeveer 40%.



Figuur 13: Responscurves van de drie geselecteerde jaren.

3.9.2 Stroomsnelheid

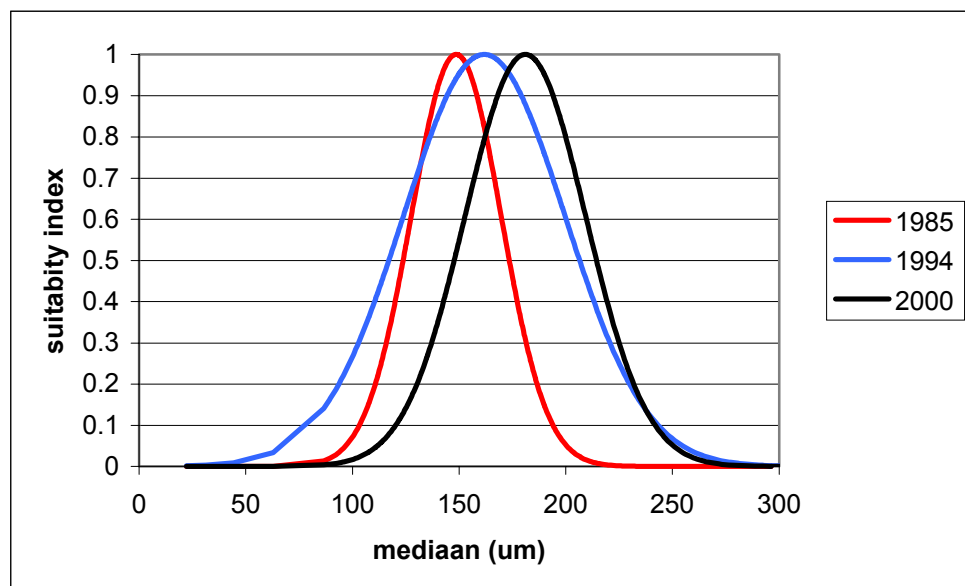
De drie gevonden responscurven zijn samen in een figuur gebracht, waarbij de biomassa van 1985 is teruggerekend naar meiwaarden (Twisk, 1990). Figuur 14 laat de responscurven zien. De figuur laat zien dat de top van de kokkels daalt van 37 cm/s in 1985 via 32 cm/s in 1994 naar 28 cm/s in 2001.



Figuur 14: Responscurven van de drie geselecteerde jaren voor de situatie in mei.

3.9.3 Mediane korrelgrootte

De drie gevonden responscurven uitgedrukt als suitability index zijn samen in Figuur 15 gebracht. Per jaar is de optimale mediaan, de top van het model, berekend. De figuur laat zien dat de top van kokkels in de loop der tijd verschuift van 150 μm in 1985 naar 160 μm in 1994 en vervolgens naar 180 μm in 2000.



Figuur 15: Responscurven van de drie geselecteerde jaren voor de situatie in mei.

3.10 Beschikbaar optimaal areaal (deelvraag 4)

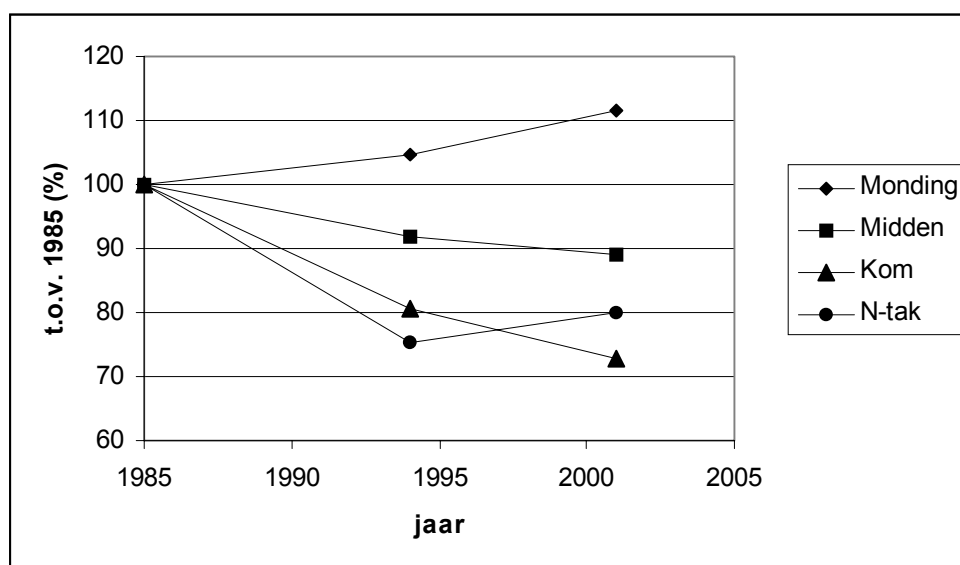
3.10.1 Droogvalduur

Uit het model is berekend tussen welke droogvalduur grenzen de 10% hoogste suitability voorkomt. Met behulp van de droogvalduurkaarten is vervolgens berekend op welk oppervlak deze droogvalduur voorkomt in de diverse jaren. Tabel 13 geeft het resultaat. De tabel laat zien dat met de grenzen van de kaart van 1985 (43% - 55%) en van 2001 (33%-55%) het beschikbare areaal met die droogvalduur in zowel absolute als relatieve zin afneemt. Het verschil tussen beide gegevens wordt veroorzaakt door het feit dat in 1985 het Krammer-Volkerak is gemodelleerd, en in 1994 een deel van het Verdrongen Land van Zuid Beveland mist.

Tabel 13: Procentueel en absoluut (in m²) aandeel van het oppervlak aan het gebied waarbinnen de 10% hoogste suitability in een jaar ligt.

	Kaart 1985	Kaart 1994	Kaart 2001
43% - 55% (1985)	20% (3690)	17% (1980)	14% (1990)
0% - 25% (1994)	29% (5390)	44% (5010)	41% (5830)
33% - 55% (2001)	30% (5440)	29% (3280)	23% (3190)

Uitgaande van de resultaten in dit project en de resultaten van de habitatkaart (Kater & Baars, in prep.) kan afgeleid worden dat 1994 qua relatie droogvalduur en kokkels een apart jaar is. Over het algemeen komen kokkels bij voorkeur voor bij een droogvalduur tussen de 20% en 60%. Met behulp van de droogvalduurkaarten van de drie gemodelleerde perioden is gekeken hoe het areaal tussen de 20% en 60% droogvalduur zich vanaf 1985 heeft ontwikkeld. Voor de gehele Oosterschelde is het areaal met een droogvalduur tussen de 20% en 60% in 1994 nog 89% van het areaal van 1985 (van Maldegem & Hesselink, in prep.). In 2001 is het nog 87% van het areaal van 1985. Wanneer deze percentages per deelgebied worden uitgerekend blijkt dat het areaal in de monding is toegenomen, in het middengebied en komgebied gedaald, en in de noordtak eerst gedaald en daarna weer toegenomen. Figuur 16 laat dit in een grafiek zien.



Figuur 16: Procentuele verandering ten opzichte van 1985 van het areaal met 20% tot 60% droogvalduur. Gebaseerd op data uit van Maldegem & Hesselink, in prep..

3.10.2 Stroomsnelheid

Uit het model is berekend tussen welke stroomsnelheidsgrenzen de 10% hoogste biomassa voorkomt. Met behulp van de stroomsnelheidskaarten is vervolgens berekend op welk oppervlak deze stroomsnelheid voorkomt in de diverse jaren. Tabel 14 laat het resultaat zien. De tabel laat zien dat met de grenzen van 1985 het aandeel weliswaar is toegenomen, maar het absolute areaal is afgenomen. Dit is te wijten aan de sluiting van het Krammer-Volkerrak.

Tabel 14: Procentueel en absoluut (in m²) aandeel van het oppervlak aan het gebied waarbinnen de 10% hoogste suitability in een jaar ligt.

	Kaart 1985	Kaart 1996
34 cm/s – 41 cm/s (1985)	10% (5060)	13% (4850)
25 cm/s – 35 cm/s (1994)	11% (5450)	16% (6340)
23 cm/s – 33 cm/s (2001)	12% (5600)	19% (7460)

3.10.3 *Mediaan*

Omdat de mediaangegevens niet Oosterschelde dekkend zijn en van jaar tot jaar op andere punten is bemonsterd, kan geen beschikbaar areaal worden berekend.

4. Conclusies en discussie

4.1 Keuze van de perioden

De keuze van de drie perioden in deze studie is vooral gestuurd door de beschikbaarheid van abiotische gegevens. Daarom zal in deze eerste paragraaf worden bekeken of de geselecteerde periode gemiddelde jaren betrof, of dat er een factor is aan te wijzen die mogelijke verschuivingen kan verklaren.

De Interecos campagne uitgevoerd in 1985 was de enige survey in deze periode die gebiedsdekkend genoeg was om bruikbaar te zijn. Voor de reconstructie van het kokkelbestand in dit jaar in het Korte Termijn Advies (Bult et al., 2000) is de EOS dataset gebruikt. In het Korte Termijn Advies kon niet worden aangetoond dat de hier gebruikte Interecos survey afwijkt van de andere data (Vroon, EOS, BIOMON). Het totale bestand voor dit jaar werd (uit EOS data) geschat op 46 miljoen kg vers in september. Verondersteld mag worden dat de Interecos data in orde grootte hetzelfde bestand opleveren. Het bestand in 1985 is een van de lagere bestanden in de Oosterschelde in de jaren tachtig, waarin het gemiddelde bestand (1980-1989) 82 miljoen kg in september bedraagt. Alle data van voor 1990 moeten echter wel met enige terughoudendheid worden beschouwd, omdat de totaal bestanden allen op reconstructies zijn gebaseerd.

Voor de periode rondom 1994 is de gemiddelde kokkelbiomassa van de jaren 1993, 1994 en 1995 gebruikt. Deze periode kenmerkte zich door biomassa die gemiddeld zijn voor de jaren negentig. Het gemiddelde bestand in mei in deze drie jaren is 31 miljoen kg versgewicht, met 1994 als beste jaar (32 miljoen kg) en 1995 als slechtste jaar (25 miljoen kg) van de drie. Het gemiddelde bestand in mei in de jaren negentig (1990-1999) bedraagt 27 miljoen kg. Omgerekend naar september waarden (oude methode) bedraagt het gemiddelde bestand in de periode 1993-1995 52 miljoen kg, waarbij het gemiddelde september bestand in de jaren negentig (1990-1999) 47 miljoen kg.

Ook de periode 1999-2001 kenmerkt zich als gemiddeld, hier wordt een gemiddeld bestand van 27 miljoen kg in mei gevonden over de drie jaren. 1999 is het slechtste jaar (17 miljoen kg), 2001 het beste (33 miljoen kg). Omgerekend naar september waarden (oude methode) wordt gemiddeld voor 1999-2001 een bestand van 51 miljoen kg berekend.

Geconcludeerd kan worden dat in alle drie beschouwde perioden de biomassa ongeveer even hoog was, en dat er geen uitzonderlijke jaren in de analyse zijn meegenomen.

4.2 Verschuiving van zeer geschikt kokkelareaal (deelvraag 1)

In het mondingsgebied is het aandeel geschikt gebied na de bouw van de Oosterschelde werken afgenomen, maar daarna ook weer toegenomen. Het aandeel lijkt vooral naar het komgebied te zijn verschoven. Uit de analyse volgt niet of de gebieden uit het mondingsgebied naar de kom zijn gedrukt, of dat een verbetering in de kom tot vermindering in het mondingsgebied heeft geleid. Tevens is niet aan te tonen of de verschuiving in dit deelgebied een effect is van de bouw van de Oosterschelde werken of niet. Geconcludeerd kan worden dat het aandeel geschikt kokkelareaal in dit deelgebied is gedaald na de bouw van de kering, maar dat er daarna herstel is opgetreden. Dit duidt op een effect met een kortdurend karakter.

In het middengebied is het aandeel van geschikt kokkelareaal aan het dalen sinds de aanleg van de Oosterschelde werken. Volgens het ene model gaat dit via een verbetering in 1994, volgens het andere model via een verslechtering. Geconcludeerd kan worden dat het areaal geschikt kokkelgebied sinds 1985 is afgenomen, en dat dit mogelijk een effect van de Oosterschelde werken is.

In de noordtak is het aandeel geschikt kokkelareaal vanaf 1994 gestabiliseerd. Volgens het ene model was het aandeel voor de bouw van de Oosterschelde werken hoger, volgens het andere model lager. Voor dit deelgebied kan geen conclusie over mogelijke effecten van de bouw van de Oosterschelde. Wel kan worden geconcludeerd dat een verschuiving van geschikt kokkelhabitat na de bouw van de kering snel stabiliseert.

In de kom is het aandeel geschikt gebied na de bouw van de Oosterschelde werken toegenomen, maar daarna ook weer afgenomen. Het aandeel lijkt vooral vanuit het mondingsgebied te zijn geleverd. Uit de analyse volgt niet of de gebieden uit het mondingsgebied naar de kom zijn gedrukt, of dat een verbetering in de kom tot vermindering in het mondingsgebied heeft geleid. Tevens is niet aan te tonen of de verschuiving in dit deelgebied een effect is van de bouw van de Oosterschelde werken of niet. Geconcludeerd kan worden dat het aandeel geschikt kokkelareaal in dit deelgebied is toegenomen na de bouw van de kering, maar daarna is afgenomen. Dit duidt op een effect met een kortdurend karakter.

4.3 Veranderingen in het bestand (deelvraag 2)

Het bestand in het mondingsgebied is volgens de metingen tussen 1990 en 2002 niet significant gestegen of gedaald. Het model laat wel een afname van 1985 naar 1994 zien, maar rond 2000 wordt een even groot bestand gemeten als in 1985 gesimuleerd. Geconcludeerd kan worden dat er geen aanwijzingen zijn dat het kokkelbestand in het

mondingsgebied is gestegen of gedaald ten gevolge van de bouw van de Oosterschelde werken.

In het middengebied wordt een significante daling van het gemeten bestand tussen 1990 en 2002 aangetroffen. Ook de modelresultaten laten een daling van het bestand zien. Geconcludeerd kan worden dat het bestand in het middengebied aan het dalen is, maar uit deze analyse wordt niet duidelijk of dit een effect van de Oosterschelde werken is.

In de noordtak daalt of stijgt het kokkelbestand niet significant tussen 1990 en 2002. De modelresultaten liggen onder de metingen, wat er op duidt dat het model de gemeten bestanden onderschat. De bestanden in dit gebied kunnen niet met een Oosterschelde breed model op basis van droogvalduur, stroomsnelheid en saliniteit worden beschreven. Er geen conclusie over stijging of daling van bestanden voor en na de bouw van de Oosterschelde werken worden getrokken. Wel kan worden geconcludeerd dat de bestanden in de noordtak sinds 1990 stabiel zijn.

In het komgebied is het bestand tussen 1990 en 2002 significant gedaald. Opvallend is dat het model van 1994 de metingen niet goed reproduceert, maar het model van 2000 wel. Het verloop op basis van het model van 1985 en de metingen laat een bestand van ongeveer 10 miljoen kg tot 1995 zien, waarna het bestand tussen 1995 en 1997 een sterke daling vertoont om daarna weer rond de 2 miljoen kg te stabiliseren. Deze snelle daling duidt niet op een effect van de bouw van de Oosterschelde kering, omdat verwacht kan worden dat dit effect direct na de bouw inzet, en een geleidelijk verloop zonder plotselinge omslag laat zien. Blijkbaar speelt hier een andere effect een rol. Er kan geconcludeerd worden dat het bestand in het komgebied sterk gedaald is, maar dat dit waarschijnlijk geen direct effect is van de verandering in abiotiek ten gevolge van de bouw van de Oosterschelde werken.

4.4 Veranderingen in individuele relaties (deelvraag 3)

Droogvalduur

De modellen van 1985 en van 2001 lijken op elkaar: beiden hebben een top bij een droogvalduur tussen 40% en 50%. Dit is ook het optimum dat door de kokkelhabitatkaart wordt gevonden (Kater & Baars, in prep.).

Het model van 1994 is een afwijkend model. De optimale droogvalduur ligt tussen de 0 % en 20%. Blijkbaar werden de kokkels in 1994 op plaatsen met een kortere droogvalduur aangetroffen. Dit kan twee oorzaken hebben: of de kokkels werden van hun optimale plaatsen verdrongen (opgevist, gepredeerd, weggespoeld, enz.), of kokkels prefereren

plaatsen met een korte droogvalduur en in 1994 was dit habitat, in tegenstelling tot de andere jaren, beschikbaar.

Geconcludeerd kan worden dat de relatie tussen kokkelbiomassa en droogvalduur van 1985 naar 1994 is veranderd, de hoogste kokkelbiomassa's worden bij een kortere droogvalduur gevonden. In 2001 wordt eenzelfde curve gevonden als in 1985: de hoogste kokkelbiomassa's worden hoger op de platen gevonden. Het lijkt onwaarschijnlijk dat de bouw van de Oosterschelde werken iets met deze verschuiving te maken hebben omdat in dat geval geen herstel van de oude situatie verwacht zou worden.

Stroomsnelheid

In 1985 werden kokkels bij hogere stroomsnelheden aangetroffen vergeleken met de jaren daarna. Een effect van de bouw van de kering is een verlaging van de stroomsnelheden. Kokkels lijken zich te hebben aangepast aan de verlaging. In de situatie van 1985 ligt de top op gelijke hoogte als gevonden voor de Westerschelde.

Mediaan

Voor de mediaan kon voor alle drie situaties een gelijkvormig en significant model worden gefit. Van 1985 naar 1994 naar 2001 schuift de top van het model steeds naar een grover sediment toe. Deze verschuiving is waarschijnlijk te relateren aan de vergroving van het Oosterschelde sediment.

4.5 Verschuivingen in areaal (deelvraag 4)

Op basis van de modellen uit dit rapport en het kokkelhabitat (Kater & Baars, in prep.) kan afgeleid worden dat kokkels meestal gevonden worden bij een droogvalduur tussen de 20% en de 60%. Het beschikbare areaal met een voor kokkels geschikte droogvalduur is in de monding toegenomen, en in het middengebied en het komgebied afgenomen. In de noordtak heeft eerst een afname plaatsgevonden, maar tussen 1994 en 2001 is het geschikte areaal weer toegenomen.

4.6 Eindconclusie

In het mondingsgebied is het aandeel optimaal kokkelgebied na de bouw van de Oosterschelde kering afgenomen, maar daarna weer toegenomen. Het areaal aan gebied met een goede droogvalduur is toegenomen. Deze toename is niet terug te vinden in de gemeten of gemodelleerde bestanden, deze laten over de gehele periode geen toe- of afname zien. Blijkbaar is er in de monding een ander proces wat er voor zorgt dat de bestanden ondanks het verbeterde habitat, niet toenemen.

In het middengebied is het areaal geschikte droogvalduur afgenomen, wat een daling van het optimale kokkelgebied tot gevolg heeft gehad. Zowel de gemodelleerde als gemeten kokkelbestanden dalen ook. In dit deelgebied lijkt een effect wat toegeschreven kan worden aan de bouw van de Oosterschelde werken direct waar te nemen te zijn op de kokkelbestanden.

In het komgebied neemt het areaal aan voor kokkels geschikte droogvalduur af sinds de aanleg van de Oosterschelde werken. De gemeten bestanden laten een sterke daling rond 1995 zien, wat met de modellen niet gereproduceerd kon worden. De modelberekeningen van 1985 zijn onbetrouwbaar omdat het een extrapolatie naar dit gebied betreft. De aanleg van de Oosterschelde werken lijken in dit deelgebied een beperkt effect te hebben gehad. Er is echter een ander proces (of processen) wat (ook) een rol speelt, en wat een sterke afname van het bestand in 1995 heeft veroorzaakt.

In de noordtak stabiliseert het optimale kokkelgebied zich in 1994. Sinds die periode neemt ook het areaal met voor kokkels geschikt droogvalduur niet af. De bestanden laten geen significante stijging of daling zien in die periode. Met de modellen kon het bestand in dit deelgebied, in tegenstelling tot de andere deelgebieden, niet worden gereproduceerd. Dit betekent dat het bestand in dit deelgebied in de situatie voor de bouw van de Oosterschelde werken onbekend is, en ook geen uitspraak over mogelijke effecten gedaan kunnen worden, behalve dat het habitat in dit deelgebied sinds 1994 gestabiliseerd lijkt te zijn. De reden van het niet kunnen voorspellen van de bestanden in dit gebied zou kunnen zijn dat het model is gebaseerd op gegevens uit de hele Oosterschelde. Gezien het feit dat een deel hiervan bevestigd is, zit deze parameter indirect in de gebruikte kokkelgegevens. In de Noordtak is echter sinds 1992 niet meer op kokkels gevestigd. Dit kan tot gevolg hebben dat dit deelgebied afwijkt van de rest van de Oosterschelde, waardoor het model een foute voorspelling van bestanden doet.

Uit het onderzoek wordt duidelijk dat de relatie tussen kokkelbiomassa's en abiotische parameters aan een grote dynamiek onderhevig zijn, oftewel dat de relatie tussen kokkelbiomassa en abiotiek in hoofdlijnen vastligt, maar veel variatie kent tengevolge van toeval en chaos. Er kunnen over korte perioden verschuivingen optreden. Deze verschuivingen kunnen niet zonder meer uit de bouw van de Oosterschelde werken worden verklaard. Blijkbaar zijn er nog andere factoren van belang die een uitwerking hebben op de biomassa van kokkels, en is de bestandsverlaging niet alleen te wijten aan de verandering van de abiotische factoren ten gevolge van de bouw van de Oosterschelde werken. Hierbij valt te denken aan:

- Een verandering van de voedselsituatie, welke wel als gevolg van de Oosterschelde werken kan optreden.
- Een verandering van de voedselsituatie als gevolg van de opkomst van concurrenten zoals de Japanse oester.
- Competitie om ruimte met de Japanse oester.
- Druk op de kokkelpopulatie ten gevolge van kokkelvisserij en predatie door vogels.

Een nadere analyse zal antwoord moeten geven op de vraag welke van deze genoemde factoren de hoofdrol heeft gespeeld bij de verlaging van het kokkelbestand in de afgelopen twintig jaar in de Oosterschelde. Hiertoe zullen de volgende acties in EVAII kader worden uitgevoerd:

- De mogelijke invloed van een verandering in voedselsituatie zal het beste merkbaar zijn aan de groei van éénjarige kokkels, zij groeien immers het snelst. Door de groei van éénjarige kokkels in verschillende perioden met verschillende voedselsituaties met elkaar te vergelijken moet het mogelijk zijn mogelijke effecten van de verandering van de voedselsituatie vast te stellen.
- Naast kokkels komen ook andere organismen voor in de Oosterschelde, die gebruik maken van dezelfde voedselvoorraad als de kokkel. De belangrijkste zijn de mossel en de Japanse oester. Deze laatste is in de afgelopen twintig jaar sterk opgekomen (Kater et al., in prep.). Door op verschillende momenten in de tijd een voedselbalans op te stellen kan bekeken worden of de maximale draagkracht van het watersysteem bereikt is, of dat er geen sprake kan zijn van voedselcompetitie tussen Japanse oesters, mosselen en kokkels.
- Naast voedselcompetitie met Japanse oesters kan de kokkel ook om ruimte competieren met deze soort. Door de kaart met de bestaande oesterbanken (Kater et al, in prep.) te combineren met de kokkelhabitatkaart (Kater et al., in prep.) kan onderzocht worden of de oesters de kokkels uit optimaal kokkelgebied verdrongen hebben, of dat oesters in andere gebieden liggen.
- Om het effect van de schelpdiervisserij in de Oosterschelde te onderzoeken kunnen tenslotte de gevonden biomassa's van kokkels aan de visserij inspanning worden gekoppeld, waarna onderzocht moet worden of er in de relatie tussen beiden een patroon te ontdekken valt.

Op korte termijn lijkt de bouw van de Oosterschelde kering geen doorslaggevend effect op de kokkelpopulatie te hebben, en wordt de dynamiek bepaald door mogelijk een combinatie van effecten van bouw en andere processen. Met de in dit rapport gehanteerde methodiek is het niet mogelijk om uitspraken te doen over lange termijn effecten van de bouw van de Oosterschelde werken.

5. Referenties

Brown SK, Buja KR, Jury SH & Monaco ME, 2000. Habitat suitability index models for eight fish and invertebrate species in Casco and Sheepscot Bays, Maine. *North American Journal of Fisheries Management* 20: 408-435.

Bult TP & Kesteloo JJ, 2001. Het kokkelbestand in de Nederlandse kustwateren in 2001. RIVO rapport C 041/01.

Bult TP, Ens BJ, Lanthers RLP, Smaal AC & Zwarts L, 2000. Korte termijn advies voedselreservering Oosterschelde. Samenvattende rapportage in het kader van EVAII. Rapport RIKZ/2000.042.

Burnside NG, Smith RF & Waite S, 2002. Habitat suitability modeling for calcareous grassland restoration on the South Downs, United Kingdom. *Journal of Environmental Management* 65: 209-221.

Coosen J, Twisk F, van der Tol MWM, Lambeck RHD, van Stralen MR & Meire PM, 1994. Variability in stock assessment of cockles (*Cerastoderma edule* L.) in the Oosterschelde (in 1980-1990), in relation to environmental factors. *Hydrobiologia* 282/283: 381-395.

Davies J, 2000. Get Grid Value Extension. Download van <http://arcscrippts.esri.com>.

ESRI, 2000. ArcView 3.2a. Environmental Systems Research Institute Inc., USA.

ESRI, 1996. Spatial Analyst 2.0a. Environmental Systems Research Institute Inc., USA.

Garcia-Charton JA & Perez-Ruzafa, 2001. Spatial pattern and the habitat structure of a Mediterranean rocky reef fish local assemblage. *Marine Biology* 138: 917-934.

Guisan A & Zimmermann NE, 2000. Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological Modelling* 135: 147-186.

Guisan A., Edwards Jr TC & Hastie T, 2002. Generalized linear and generalized additive models in studies of species distribution: setting the scene. *Ecological Modelling* 1657: 89-100.

Hirzel AH, Helfer V & Metral F, 2001. Assessing habitat-suitability models with a virtual species. *Ecological Modelling* 145: 111-121.

Jol JG, Kater BJ & Duin R, 2000. De biologie, ecologie en populatiedynamica van puitaal (*Zoarces viviparus* L.) in de Nederlandse kustwateren en estuaria. Werkdocument RIKZ/OS/804x. Rijksinstituut voor Kust en Zee, Middelburg.

Jones PF, Hudson RJ & Farr DR, 2002. Evaluation of a winter habitat suitability index model for elk in West-Central Alberta. *Forest Science* 48(2): 417-425.

Klinge M, 2001 Lange termijn onderzoeksprogramma voedselreservering Oosterschelde. Witteveen+Bos, Deventer. Rapport Rw1029.1.

Layher WG & Maughan OE, 1985. Spotted bass habitat evaluation using an unweighted geometric mean to determine HSI values. *Proceedings of the Oklahoma Academy of Science* 65: 11-17.

Li X, Li D, Li Y, Ma Z & Zhai T, 2002. Habitat evaluation for crested ibis: a GIS-based approach. *Ecological Research* 17: 565-573.

Lievense P, 2002. Bekkenrapportage Oosterschelde Chloridegehalten. Rijkswaterstaat, Meetinformatiedienst Middelburg (concept juli 2002).

Meire PM, Seys J, Buijs J & Coosen J, 1994. Spatial and temporal patterns of intertidal macrobenthic populations in the Oosterschelde: are they influenced by the construction of the storm-surge barrier? *Hydrobiologia* 282/283: 157-182.

Stralen van MR & Kesteloo-Hendrikse JJ, 1998. De ontwikkeling van het kokkelbestand in de Waddenzee (1971-1997) en Oosterschelde (1980-1997). RIVO rapport C005.98.

Stralen van MR, Kesteloo-Hendrikse JJ & Brand CM, 1991. Bestands grootte en visserij mortaliteit van kokkels in 1989. RIVO rapport AQ 91-02.

SYSTAT, 1998. SYSTAT 9. SPSS Inc. USA.

Twisk F, 1990. Groei en sterfte van overjarige kokkels in de Oosterschelde. Rijkswaterstaat, Dienst Getijdewateren, Middelburg. Notitie GWWS-90.13093.