

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: C055/04

Habitatmodellen voor kokkels in de Westerschelde

J. Steenbergen, J.M.D.D. Baars en T.P. Bult

Opdrachtgever: ALTERRA
Postbus 167
1790 AD Den Burg

Project nummer: 3.01.12192.02

Contract nummer: 03.104

Akkoord: Dr. A.C. Smaal
Hoofd Centrum voor Schelpdieronderzoek

Handtekening: _____

Datum: juli 2004

Aantal exemplaren: 10
Aantal pagina's: 17
Aantal tabellen: 2
Aantal figuren: 5
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:

Inhoudsopgave:	2
Samenvatting	3
1. Inleiding.....	4
2. Materiaal en Methoden.....	5
2.1 Beschikbare gegevens	5
2.1.1 Kokkels.....	5
2.1.2 Abiotische parameters	5
2.1.3 Black box gegevens kokkelvisserij.....	6
2.2 Analyses	6
2.2.1 Verkennende analyse visserij	6
2.2.2 Habitatmodelontwikkeling	7
2.2.3 Modelvalidatie.....	8
2.3 Responscurven	8
2.4 Kaart	9
3. Resultaten	10
3.1 Verkenning visserij effecten	10
3.2 Habitatmodel voor kokkels.....	11
3.3 Responscurven	13
3.4 Habitatkaart	13
4. Discussie.....	15
5. Samenvatting belangrijkste conclusies	18
6. Literatuur.....	19

Samenvatting

In opdracht van Alterra-Texel heeft het RIVO habitatmodellen gemaakt voor kokkels in het litoraal van de Westerschelde. Deze modellen zijn ontwikkeld middels deviantieanalyse/Poisson regressie en beschrijven de verspreiding van eenjarige kokkels ($\# \cdot m^{-2}$ & $g \cdot m^{-2}$) in relatie tot droogvalduur (%), zoutgehalte (saliniteit in psu) maximale stroomsnelheid bij gemiddeld tij ($cm \cdot s^{-1}$) en slibgehalte (%). De basisgegevens voor deze analyse waren de RIVO-survey-data uit 1994-2003 (voorjaarsbemonsteringen), RIKZ-gegevens over de bovengenoemde abiotische factoren en gegevens over de visserij-inspanning van kokkelschepen die beschikbaar zijn gesteld door de PO-kokkels (black-box gegevens 1997-2003).

Uit een aantal verkennende analyses werd geconcludeerd dat visserij geen factor van betekenis was die opgenomen zou moeten worden in habitatmodellen. Vervolgens zijn modellen gemaakt voor biomassa en aantallen kokkels op basis van gegevens in het zuidelijk deel van de Westerschelde, zonder te corrigeren voor mogelijke effecten van visserij. Het model voor de biomassa bleek de verspreiding van kokkels redelijk te beschrijven (% verklaarde deviantie = 40%) evenals het model voor de aantallen (% verklaarde deviantie = 40%). Deze modellen zijn gevalideerd met data uit het noordelijk deel van de Westerschelde. Uit deze validatie bleek de verspreiding van kokkels in het noordelijk deel van de Westerschelde matig-slecht voorspelbaar op basis van de modellen die waren ontwikkeld met gegevens uit het zuidelijk deel van de Westerschelde (% verklaarde deviantie = 6% resp 5%). Dit suggereert dat de modellen waarschijnlijk weinig generiek zijn en dus matig-slechte voorspellingen leveren wanneer toegepast in andere gebieden en tijdsperiodes.

Kokkelbiomassa's namen toe bij hogere slibgehaltenes en lagere stroomsnelheden. Kokkeldichtheden waren maximaal bij een saliniteit rond 27.5 psu. Ook droogvalduur vertoonde een optimum (rond 45%).

Op basis van het biomassamodel is een verspreidingskaart gemaakt. Deze kaart laat zien dat de hoogste kokkelbiomassa's in de Westerschelde voornamelijk in het gebied boven Paulinaschor, ten oosten van Terneuzen (langs de kust), bij het gat van Borsele en op de Middelpaalt kunnen worden verwacht. De Hoge Platen vertonen lage 1-jarige kokkelbiomassa's afgewisseld met matig tot hoge biomassa's. De platen die meer in het oosten van de Westerschelde liggen (Molenplaat, Brouwerplaat, Platen van Ossenis en Rug van Baarland) vertonen enkel lage biomassa's. Estuariene gradiënten lijken kokkelhabitat en het voorkomen van kokkels sterk te sturen.

1. Inleiding

In het Schelde-estuarium hangen economie, natuur en veiligheid (bescherming tegen overstroming) nauw met elkaar samen. Voor het zo goed mogelijk afstemmen van deze drie functies van het estuarium is kennis nodig over het functioneren van het fysische en het ecologische systeem.

Om deze kennis te ontwikkelen en te bundelen is het project ZEEKENNIS opgezet. Als onderdeel van dit project wordt gewerkt aan een modelinstrumentarium waarmee veranderingen in de hydromorfologie van dit gebied kunnen worden vertaald naar effecten op natuur, economie en veiligheid. In dit kader onderzoekt Alterra in opdracht van RIKZ de relaties tussen plaatmorphologie, sedimentsamenstelling en bodemfauna enerzijds en dichtheden van foeragerende steltlopers anderzijds. Hiervoor is onder andere een model nodig dat de verspreiding van kokkels in relatie tot habitat beschrijft.

Alterra heeft het RIVO gevraagd een dergelijk model te ontwikkelen voor de (biomassa)dichtheden 1-jarige kokkels (g.m^{-2} & $\text{\#.m}^{-2}$; voorjaarsgegevens). 0-Jarige kokkels zijn niet meegenomen omdat deze niet worden bemonsterd tijdens de (voorjaars) RIVO surveys en ook van minder belang zijn als voedsel voor scholeksters. Oudere kokkels zijn niet meegenomen omdat deze worden bevestigd en er nauwelijks gesloten gebieden zijn in de Westerschelde.

Deze rapportage beschrijft de ontwikkeling van dit model en geeft aan in hoeverre dichtheden en biomassa's van kokkels te voorspellen zijn in de Westerschelde met de beschikbare data.

2. Materiaal en Methoden

2.1 Beschikbare gegevens

2.1.1 *Kokkels*

Voor het model is gebruik gemaakt van de biomassa's en aantallen van 1-jarige kokkels, zoals waargenomen tijdens de voorjaarssurveys van het RIVO in het litoraal van de Westerschelde (1992-2003). Tijdens deze surveys werd gebruik gemaakt van de kokkelschuif en steekbuis (figuur 2.1). Jaarlijks werden zo'n 250 stations bemonsterd in de periode maart-mei (figuur 2.2). De aldus verzamelde monsters werden gezeefd en uitgezocht. Indien nodig werd een subsample genomen op basis van volume. Aanwezige kokkels werden hierbij gesorteerd naar leeftijd (1-jarig, 2-jarig, meerjarig) en geteld en gewogen (g versgewicht). Voor een uitgebreider beschrijving van deze survey wordt verwezen naar Bult et al (2004).



Figuur 2.1 steekbuis en kokkelschuif die worden gebruikt voor de RIVO-survey (Bult et al, 2004).

2.1.2 *Abiotische parameters*

De volgende abiotische gegevens zijn beschikbaar gesteld als GIS-bestanden door het RIKZ en ALTERRA.

- Diepte (cm t.o.v. NAP) in 2002, zoutgehalte (saliniteit in psu) in 1992, droogvalduur (%) in 2001 en maximale stroomsnelheid bij springtij en gemiddeld tij (cm.s^{-1}) in 2001. De metadata wordt beschreven in een werkdocument van het RIKZ (van der Male en Schouwenaar, 2003).
- Slibgehalte (%) uit 2002. (Steltzer, 2003), slibgehalte betreft GIS-kaart en geen veldmeting.

2.1.3 *Black box gegevens kokkelvisserij*

Posities van kokkelschepen en de visserij-inspanning worden sinds 1998 in de Westerschelde geregistreerd met een zogeheten black box: wanneer de zuigpompen van kokkelschepen aan staan vindt iedere minuut registratie plaats van de positie. Deze registraties worden in opdracht van de Producenten Organisatie kokkels verwerkt door DCI electronics (DCI 1998, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003).

Met behulp van de blackbox registraties is het mogelijk om per visseizoen te bepalen waar en hoe intensief (%) er is gevestigd en welk bodemoppervlak is bevestigd.

De blackbox gegevens zijn door de Producentenorganisatie Kokkelvisserij voor dit project beschikbaar gesteld en aangeleverd door DCI (Kamermans et al, 2003).

2.2 Analyses

2.2.1 *Verkenkende analyse visserij*

In eerste instantie is een verkennende analyse uitgevoerd om te bepalen of de visserij een dusdanige invloed had op de verspreiding van de 1-jarige kokkels in het litoraal van de Westerschelde, dat "visserij" als verklarende variabele in het model zou moeten worden opgenomen (TOTVIS). Het litoraal werd hierbij gedefinieerd als die gebieden waar de droogvalduur volgens de door het RIKZ aangeleverde kaartmateriaal groter was dan 3 %.

Voor deze analyse zijn de kokkelbiomassa's en visserij-inspanning per station gemiddeld over de periode 1999-2003 (kokkels) en 1998-2002 (visserij). Deze periodes worden met elkaar vergeleken omdat visserij in een bepaald jaar de ontwikkeling van het broed in dat jaar zou kunnen beïnvloeden. Het eventuele effect op 1-jarigen is dan vervolgens het jaar erna zichtbaar. Vervolgens zijn deze gegevens gebruikt in een model waarbij de biomassa's 1-jarige kokkels werden beschreven in relatie tot de voornoemde abiotische gegevens en de visserij-inspanning.

Deze analyse betrof een deviantieanalyse/Poisson regressie in SAS (GENMOD procedure, stepwise backwards regression, type III). De schaalparameter werd hierbij geschat binnen de gebruikte procedure; $\alpha=0.05$ werd gebruikt als selectiecriteria voor opname van variabelen in het model. Alle abiotische variabelen en de visserij werden hierbij opgenomen als zodanig en gekwadrateerd. Hierdoor kunnen zowel lineaire als optima en minima functies worden gemodelleerd. De gemiddelde biomassadichtheid en visserij-inspanning per station werden in het model gewogen naar rato van het aantal jaren op basis waarvan deze gemiddelden waren

berekend: een gemiddelde biomassadichtheid op een station gebaseerd op 4 jaar waarnemingen weegt dus 2 keer zo zwaar mee in het uiteindelijke model als een biomassadichtheid berekend op basis van 2 jaar waarnemingen.

Aldus werden modellen ontwikkeld van de vorm:

$$dichtheid = e^{(a+b*diepte+c*diepte^2+d*stroomsnelheid_{max}+e*stroomsnelheid_{max}^2+f*saliniteit+g*saliniteit^2+h*slib+i*slib^2+j*visserij+k*visserij^2)}$$

Om het belang van visserij versus abiotiek te bepalen werd gebruik gemaakt van de % deviantie die werd verklaard door visserij en abiotiek: als deze verhouding groot was dan werd aangenomen dat de invloed van visserij niet kon worden genegeerd. Als deze verhouding klein was dan werd aangenomen dat een habitatmodel op basis van alleen abiotische factoren al een redelijke beschrijving kon geven van de verspreiding van 1-jarige kokkels.

2.2.2 Habitatmodelontwikkeling

Op basis van deze verkennende analyse werd geconcludeerd dat het niet noodzakelijk was om visserij als factor in het model op te nemen. Hierdoor kon gebruik worden gemaakt van de gehele kokkeldataset, i.p.v. slechts de periode waarvoor black-box gegevens beschikbaar waren.

Voorafgaand aan de analyses werden de gemiddelde biomassa's en aantallen 1-jarige kokkels in de periode 1992-2003 per station uitgerekend. Deze dataset werd vervolgens opgesplitst in een zuidelijk en een noordelijk deel, om het model te kunnen valideren. Een verdeling in tijd kon niet worden gemaakt daar van de abiotische gegevens slechts gegevens van 1 jaar beschikbaar waren. Het zuidelijk deel werd gebruikt voor modelontwikkeling (ZUIDBIOM & ZUIDAANT). Het noordelijk deel voor modelvalidatie (zie figuur 2.2).. De dichtheden (biomassa en aantal) uit het zuidelijk gebied werden gerelateerd aan: zoutgehalte (saliniteit in psu), diepte (cm), droogvalduur (%) slibgehalte (%) en maximale stroomsnelheid bij gemiddeld en springtij (cm.s^{-1}) (als zodanig en gekwadeerd). Hierbij werd gebruik gemaakt van Poisson regressie/analysis of deviance, zoals hierboven beschreven.

Aldus werd een model ontwikkeld van de vorm:

$$dichtheid = e^{(a+b*diepte+c*diepte^2+d*stroomsnelheid_{max}+e*stroomsnelheid_{max}^2+f*saliniteit+g*saliniteit^2+h*slib+i*slib^2)}$$

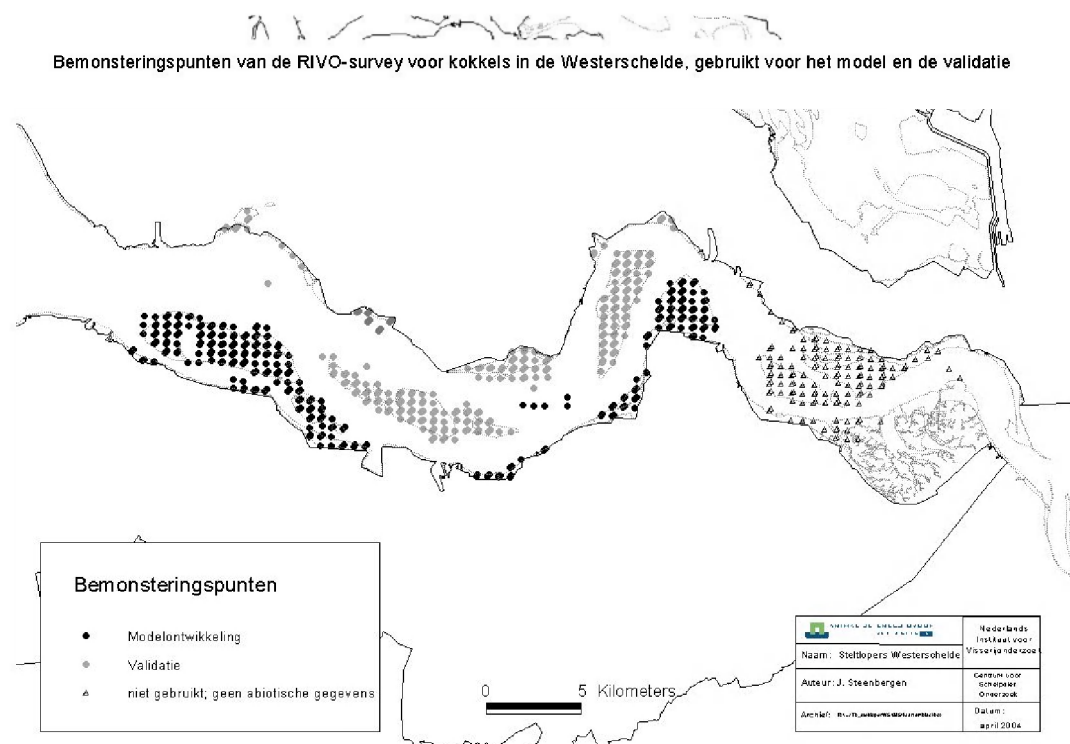
In aanvulling hierop is ook een model ontwikkeld op basis van alle punten van de Westerschelde (TOTBIOM). Dit model is niet gevalideerd.

2.2.3 Modelvalidatie

Het model op basis van het zuidelijke deel van de Westerschelde is gevalideerd op de noordelijke helft. Hierbij is wederom gebruik gemaakt van deviantieanalyse/Poisson regressie:

$$\text{waargenomen dichtheid} = e^{(a+b*\ln(\text{voorspelde dichtheid}))}$$

De p waarden en percentages verklaarde deviantie uit deze analyses zijn gebruikt om te beoordelen of er een significant verband was tussen voorspellingen en waarnemingen (p) en wat het voorspellend vermogen was van het habitatmodel (verklaarde deviantie).



Figuur 2.2 Overzicht van de locaties van de monsternames van kokkels die zijn gebruikt in deze studie. De locaties aangegeven met een driehoek zijn niet gebruikt, aangezien in dat gebied de abiotische factoren incompleet waren. Voor de ontwikkeling het gevalideerde model zijn de zwarte rondjes (zuidelijk deel) gebruikt voor modelontwikkeling en de grijze (noordelijk deel) voor de validatie.

2.3 Responscurven

Voor de parameters uit het model ZUIDBIOM zijn responscurves gemaakt. Hierbij is gekeken naar de variatie in kokkelbiomassa's per abiotische variabele door van de overige abiotische variabelen de gemiddelde waarden te nemen.

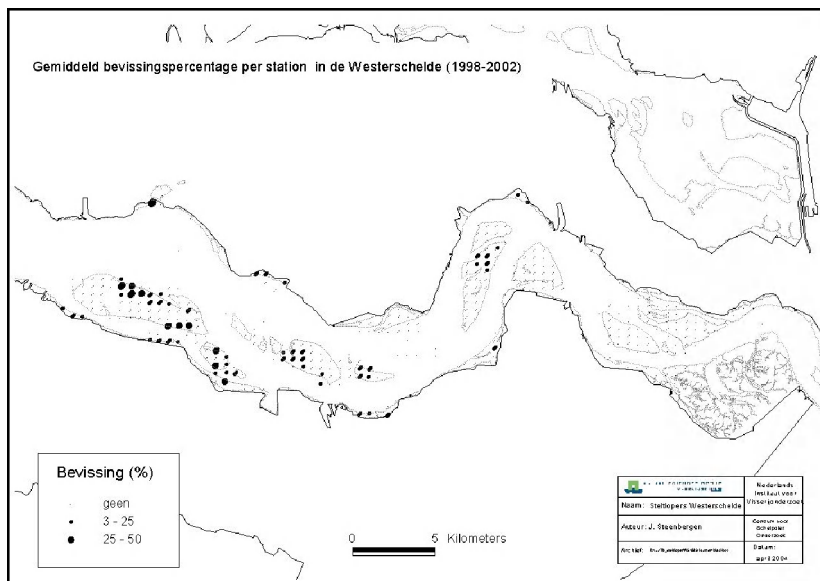
2.4 Kaart

Met de gevonden vergelijking van het model ZUIDBIOM is een habitat kaart gemaakt. Hiertoe is eerst met behulp van het script Create Map Grid Theme een grid van 100*100m over de Westerschelde 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 1-jarige kokkels van de gridcel worden bepaald (vergelijk: Kater en Baars, 2003).

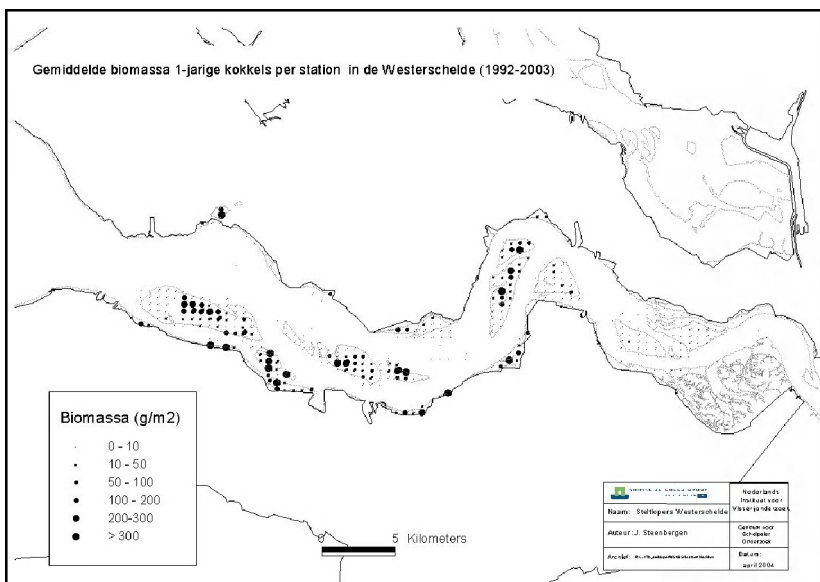
3. Resultaten

3.1 Verkenning visserij effecten

Wanneer de gemiddelde bevissing per station wordt vergeleken met de gemiddelde biomassa blijkt dat voornamelijk is gevist op die plekken waar de dichtheden 1-jarige kokkels het hoogst zijn (figuur 3.1 en 3.2).



Figuur 3.1: gemiddeld bevissingspercentage per station in de Westerschelde over de periode 1998-2002 op basis van black box data.



Figuur 3.2: gemiddelde biomassa 1-jarige kokkels per station in de Westerschelde over de periode 1992-2003 op basis van RIVO-survey gegevens.

De biomassadichtheid kokkels in het litoraal van de gehele Westerschelde bleek redelijk voorspelbaar ($n=296$, $r^2=0.42$, $p<0.01$; zie tabel 3.1) door habitat en visserij (model: TOTVIS). Van de totale deviantie werd 42% verklaard door abiotiek en visserij, waarvan 3% door visserij en 39% door abiotiek.

3.2 Habitatmodel voor kokkels

Aangezien visserij slechts een klein deel van de variantie verklaart zijn modellen ontwikkeld zonder gebruik van visserij op basis van kokkelbiomassa's (ZUIDBIOM) en kokkelaantallen (ZUIDAANT) uit het zuiden van de Westerschelde. Hierdoor konden de gegevens over kokkelbiomassa's vanaf 1992 worden gebruikt. Het model ZUIDBIOM verklaart 40% van de deviantie (tabel 3.1; $n=167$, $p \leq 0.05$) en model ZUIDAANT verklaart 35% van de deviantie (tabel 3.1; $n=167$, $p \leq 0.05$). Verklarende abiotische variabelen in ZUIDBIOM waren droogvalduur, saliniteit, stroomsnelheid bij gemiddeld tij en slib (tabel 3.2). In §3.3 zijn van deze variabelen responscurves gemaakt. In het model ZUIDAANT werden alleen diepte, droogvalduur, stroomsnelheid bij gemiddeld tij opgenomen als verklarende abiotische variabelen (tabel 3.2).

Tabel 3.1. Overzicht van de responsvariabele biomassa (g.m^{-2}) waarvoor kokkel-habitatmodellen zijn gemaakt. Weergegeven zijn; totale Westerschelde (TOTBIOM) en zuidelijk deel (TOTBIOM en TOTAANT) en het model met visserij (TOTVIS) en de verklaarde deviantie (r^2) berekend op basis van het lege (devLEEG) en uiteindelijke (devMODEL) habitatmodel. Onder "ontwikkeling" is weergegeven in hoeverre kokkeldichtheden zijn te beschrijven in een habitatmodel op basis van gegevens uit gebied zuid. Voor de modellen ZUIDBIOM en ZUIDAANT is onder "Validatie" vervolgens weergegeven in hoeverre waarnemingen in het noordelijk deel van de Westerschelde (figuur 2.2) zijn te voorspellen op basis van de modellen ontwikkeld met gegevens uit zuid.

Model	Variabele	Jaar	Ontwikkeling				Validatie				
			N	r^2	devMODEL	DevLEEG	n	r^2	p	devMODEL	devLEEG
TOTVIS	B (g.m^{-2})	99-03	294	0.42	53546	91784	nvt	Nvt	nvt	nvt	nvt
TOTBIOM	B (g.m^{-2})	92-03	296	0.31	167953	243709	nvt	Nvt	nvt	nvt	nvt
ZUIDBIOM	B (g.m^{-2})	92-03	167	0.40	94848	157022	129	0.06	<0.05	81485	86366
ZUIDAANT	N (#.m^{-2})	92-03	167	0.35	110941	171694	129	0.05	<0.05	79525	83845

Tabel 3.2. Overzicht van de parameterschattingen van de variabelen in de kokkel-habitatmodellen ($p \leq 0.05$; n.s.= niet significant). Tevens zijn weergegeven de gemiddelde droogvalduur (%), saliniteit, stroomsnelheid bij maximaal tij en gemiddeld tij (cm.s^{-1}) en slibgehalte (%). Het habitatmodel is beschreven in paragraaf 2.2.

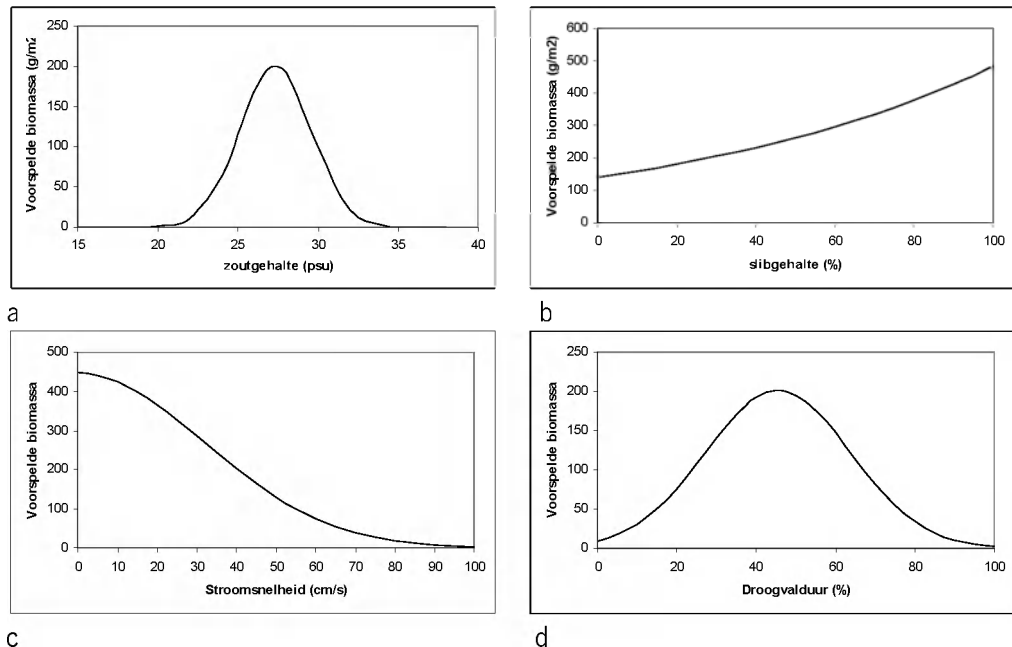
Gebied Variabele	ZUIDAANT N (#.m⁻²)	ZUIDBIOM B (g.m⁻²)	TOTBIOM B (g.m⁻²)
Constant	-81.4058	-73.1979	-19.1694
Diepte	n.s.	n.s.	n.s.
Diepte²	n.s.	n.s.	n.s.
Droogvalduur	0.13773	0.13575	0.10474
Droogvalduur²	-0.00159	-0.00149	-0.00127
Saliniteit	6.12657	5.56079	1.45122
Saliniteit²	-0.11077	0.10169	-0.02570
Stroomsnelheid_{max}	n.s.	n.s.	0.00043
Stroomsnelheid_{max}²	n.s.	n.s.	n.s.
Stroomsnelheid_{gem}	n.s.	n.s.	0.09616
Stroomsnelheid_{gem}²	-0.00043	-0.00049	-0.00207
Slibgehalte	n.s.	0.01227	0.02836
Slibgehalte²	n.s.	n.s.	-0.00028
Gemiddelde			
Droogvalduur	55.1596183	55.1596183	51.4148545
Saliniteit	27.5702395	27.5702395	26.6266554
Stroomsnelheid_{max}	-	-	37.7162162
Stroomsnelheid_{gem}	39.0119760	39.0119760	41.4222973
Slibgehalte	-	26.4554557	24.4544932

Wanneer met ZUIDBIOM de biomassa's in het noordelijke deel van de Westerschelde werden voorspeld bleek de deviantie voor 6% te verklaren (tabel 3.1; $n=129$, $p \leq 0.05$). Wanneer met ZUIDAANT de aantallen kokkels in het noordelijke deel van de Westerschelde werden voorspeld bleek de deviantie voor 6% te verklaren (tabel 3.1; $n=129$, $p \leq 0.05$).

Het model op basis van alle stations in de Westerschelde in de periode 1992-2003 (TOTBIOM) bleek 31% van de deviantie te verklaren (tabel 3.1; $n=296$, $p \leq 0.05$). In dit model zijn veel verklarende habitatvariabelen aanwezig (tabel 3.2).

3.3 Responscurven

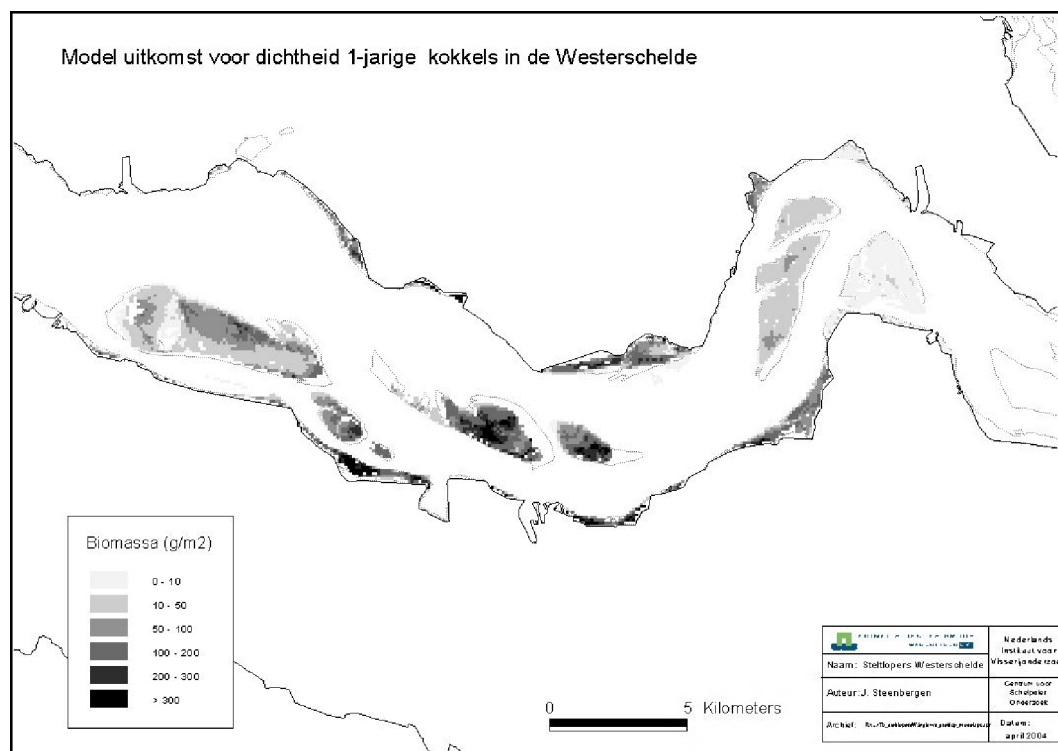
Kokkelbiomassa's zijn het hoogst bij zoutgehaltes tussen de 25-30 psu. Het optimum voor droogvalduur ligt bij een waarde iets boven de 40%. Kokkeldichtheden waren maximaal bij een saliniteit rond 27.5 psu en een droogvalduur rond 45% (figuur 3.3 a, b, c, d).



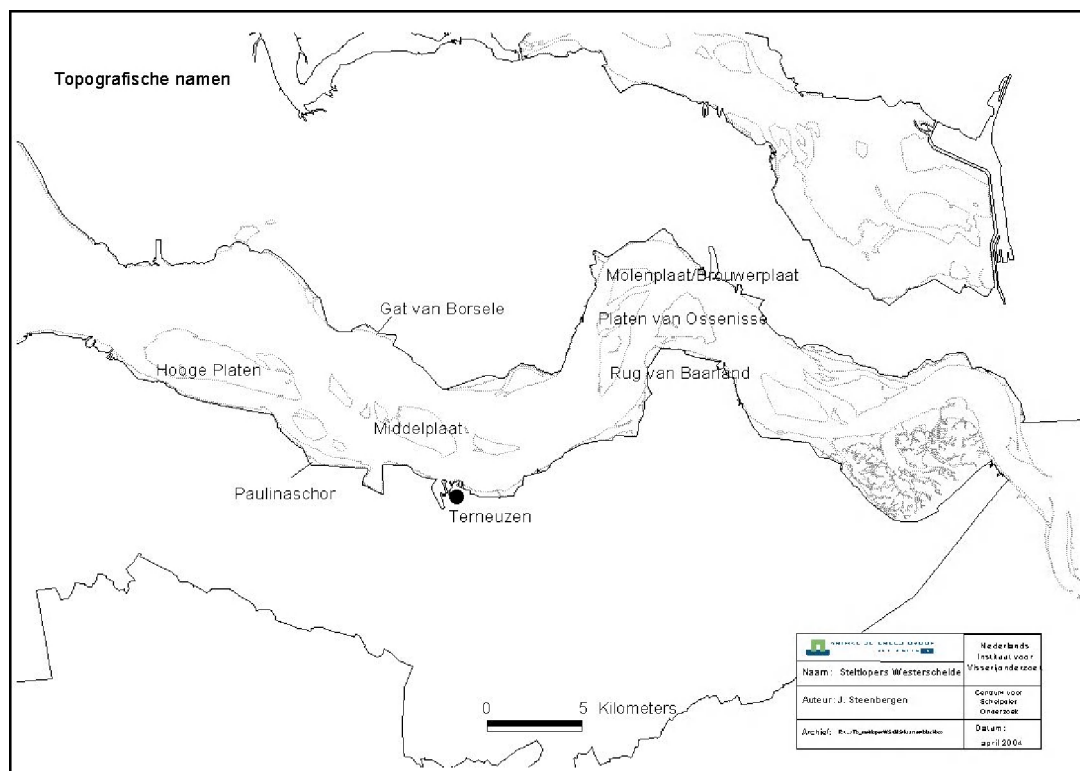
Figuur 3.3: respons curves mbt biomassa van kokkels in de Westerschelde, gebaseerd op de parameters in tabel 3.2 (model: ZUIDBIOM). a: zoutgehalte, b: slibgehalte, c: stroomsnelheid en d: droogvalduur.

3.4 Habitatkaart

Met behulp van het habitatmodel uit gebied zuid is een verspreidingskaart gemaakt die is weergegeven in figuur 3.3. Volgens deze kaart liggen de hoogste kokkelbiomassa's in de Westerschelde voornamelijk in het gebied boven Paulinaschor, ten oosten van Terneuzen, bij het gat van Borsele, en op de Middelpaat (figuur 3.4). De Hoge Platen aan de westzijde vertonen lage 1-jarige kokkelbiomassa's afgewisseld met matig tot hoge biomassa's. De platen die meer in het oosten van de Westerschelde liggen (Molenplaat, Brouwerplaat, Platen van Ossensisse en Rug van Baarland, figuur 3.4) vertonen enkel lage biomassa's.



Figuur 3.3: GLM kaart voor biomassadichtheid 1-jarige kokkels (B in g.m^{-2}) in de Westerschelde. Kaart is gemaakt op basis van het gevalideerde model in zuidelijke deel van Westerschelde.



Figuur 3.4: namen van de gebieden in de Westerschelde waar in de tekst naar wordt verwezen.

4. Discussie

De modellen voor het zuidelijk deel van de Westerschelde (ZUIDBIOM en ZUIDAANT) bleken de verspreiding van kokkels uitgedrukt in biomassa en aantallen redelijk te beschrijven (% verklaarde deviantie = resp 40% en 35%). Bij verdere validatie van de modellen op basis van gegevens uit het noordelijk deel van de Westerschelde, bleek dat slechts 6% (ZUIDBIOM) en 5% (ZUIDAANT) van de deviantie in het noorden van de Westerschelde werd verklaard op basis van de modellen uit het zuidelijk deel. Dit betekent dat zowel het model ZUIDBIOM als ZUIDAANT waarschijnlijk weinig generiek zijn en dat men daarom zeer voorzichtig moet zijn met de interpretatie van de resultaten van dit model, zeker wanneer toegepast in andere gebieden of tijdperiodes.

Het matig-generieke karakter van de modellen zou voort kunnen komen uit: (1) de habitatrelaties van kokkels in noord en zuid zijn fundamenteel anders, (2) de habitatrelaties zijn in principe hetzelfde maar (2a) de gebruikte statistiek of (2b) de beschikbare informatie over abiotiek of (2c) de beschikbare informatie over kokkels is ontoereikend om de relaties goed te beschrijven in die zin dat een generiek model ontstaat. Als we uitgaan van het idee dat kokkels in noord niet fundamenteel verschillen van kokkels in zuid dan zouden de habitatrelaties in noord hetzelfde moeten zijn als in zuid. Dit is niet het geval. Als we aannemen dat de RIVO-schattingen een goede indruk geven van de gemiddelde verspreiding van kokkels over de Westerschelde, dan is het weinig generieke karakter van de modellen waarschijnlijk toe te schrijven aan een combinatie van 2a en 2b. Kokkelgegevens uit een reeks van jaren zijn namelijk gekoppeld aan omgevingsinformatie uit een enkel jaar. Met betrekking tot de beschikbare informatie over abiotiek zou er bij gebruik van abiotische info uit meer jaren voor bijv. diepte en droogvalduur wellicht een beter model zijn uit gekomen. Voor het maken van dit model waren deze gegevens helaas niet voorhanden.

Dat habitatmodellen weinig generiek zijn is een terugkerend probleem. Met name meer complexe modellen lijken vaak weinig generiek. Voor zowel de Waddenzee, Westerschelde als Oosterschelde zijn in het verleden (complexe) habitatmodellen ontwikkeld voor schelpdieren (Bult et al, 2003, Kater & Baars, 2002, Ysebaert et al, 2002). Deze modellen zijn ontwikkeld voor specifieke problematiek en vaak beperkt gevalideerd, waarbij de indruk bestaat dat ook deze modellen weinig generiek zijn. Hierdoor is het moeilijk deze toe te passen voor het voorspellen van inrichtingsmaatregelen. Immers, model-genericiteit is een belangrijke randvoorwaarde wil men betrouwbare schattingen verkrijgen voor een nieuwe situatie.

Het huidige modelinstrumentarium bestaat dus uit een beperkt assortiment modellen, die weinig generiek lijken terwijl onvoldoende duidelijk is in hoeverre meer generieke modellen mogelijk

zijn. In de toekomst is het wenselijk om model-genericiteit expliciet te onderzoeken om aanbevelingen te kunnen doen voor welke beleidsvragen welke habitatmodellen gebruikt zouden moeten worden.

Factoren die over het algemeen van belang worden geacht voor de verspreiding van macro-invertebraten, zoals kokkels in deze studie, zijn sediment (Gray, 1974; Rhoads, 1974; Probert, 1984), voedsel beschikbaarheid (Pearson & Rosenberg, 1978, 1987; Olafsson et al, 1994), en waterbeweging (Butman, 1987; Pearson & Rosenberg, 1987). Uit onderliggende studie kwam een relatie tussen biomassa's van kokkels en de abiotische variabelen; zoutgehalte, stroomsnelheid, droogvalduur en slibgehalte naar voren. Biomassadichtheden in de Westerschelde namen toen met hogere saliniteit en af bij toenemende stroomsnelheden. Voor droogvalduurtijd en slibgehalte vertoonde de kokkelbiomassa een maximum.

Ysebaert (2002) heeft logistische modellen ontwikkeld waarbij de kans op voorkomen van kokkels in de Westerschelde wordt bepaald aan de hand van onder andere saliniteit, stroomsnelheid en mediane korrelgrootte. Die studie laat zien dat kokkels het meest algemeen waren bij saliniteiten tussen de 18-30 psu. Buiten deze range waren kokkels minder algemeen. Dat komt aardig goed overeen met de bevindingen in dit rapport, waar de kokkels het meest algemeen voorkwamen bij zoutgehaltes tussen de 25-30 psu. Bevindingen met betrekking tot stroomsnelheid en mediane korrelgrootte/slibgehalte komen echter niet overeen. In de studie van Ysebaert werd een optimum gevonden voor mediane korrelgrootte (als maat voor slib) van 120 μm terwijl in het model beschreven in dit rapport biomassa kokkels toenamen met een toenemend slibgehalte. Voor stroomsnelheid geldt dat in de huidige studie de biomassa kokkels afneemt bij een toenemende stroomsnelheid. Ysebaert daarentegen vond een optimum voor de kans op voorkomen bij een stroomsnelheid van 35 cm.s^{-1} . De verklaring voor dit verschil zou kunnen zijn dat de monsterpunten van de studie van Ysebaert in zowel het litoraal als het sublitoraal lagen. In sublitoraal en litoraal spelen andere processen een rol waardoor de verschillen in de uitkomsten van deze modellen wellicht te verklaren zijn. Wellicht dat de lage kokkeldichtheden in de diepere gebieden, tevens waar stroomsnelheden hoger en slibgehaltes lager zijn, oorzaak zijn van de verschillen tussen de studies. Dit geeft aan dat het lastig is en blijft mogelijk gevonden habitatrelaties te duiden in termen van oorzaak en gevolg, met name bij estuariene studies rond zoet/zout overgangen aangezien in estuaria sprake is van een scala aan gradiënten mbt saliniteit, slibgehaltes, nutriënten, hydrodynamica, morfologie en ecologie die onderling zeer sterk zijn gecorreleerd en vaak indicatief zijn voor factoren die niet expliciet in het model worden meegenomen.

Volgens de verspreidingskaart op basis van de modeluitkomsten (ZUIDBIOM; figuur 3.3) liggen de hoogste kokkelbiomassa's in de Westerschelde voornamelijk langs de randen en op de

Middelplaat. Dit komt ook goed overeen met de verspreidingskaart op basis van de monsternames (figuur 3.2) en de visserij-inspanning (figuur 3.2): de Hooge Platen aan de westzijde vertonen lage 1-jarige kokkelbiomassa's afgewisseld met matig tot hoge biomassa's. De platen in de oostelijke richting vertonen enkel lage biomassa's. Over het algemeen komen dus de modeluitkomsten goed overeen met de waargenomen stationsgemiddelde dichtheden, op een gebied in het oosten na (Molenplaat, Brouwerplaat en Baarland). De lagere kokkeldichtheden in het oosten zijn waarschijnlijk veroorzaakt doordat het huidige modelinstrumentarium bepaalde aspecten van de estuariene gradiënt in de Westerschelde onvoldoende meeneemt. Mogelijk dat piekafvoeren van zoetwater tijdens perioden van veel regenval de kokkeldichtheden in het oostelijk deel van de Westerschelde verlagen. Tijdens een hoge rivierafvoer kunnen deze kokkels namelijk worden blootgesteld aan zoutgehaltes tot zelfs 1-2 gCl.l⁻¹ ($\pm 1.8-3.6$ psu), waardoor massale sterfte plaatsvindt (Wolff, 1973). Hierdoor leidt een redelijke broedval in het oosten van de Westerschelde nauwelijks tot oudere bestanden. Het model houdt echter geen rekening met temporele variatie in abiotiek, zoals piekafvoeren, maar rekent met de jaargemiddelden. Ook zou troebelheid, voedsel of productiviteit een rol kunnen spelen, variabelen die gerelateerd zijn aan een estuariene gradiënt in saliniteit, maar die niet expliciet zijn meegenomen in het model.

Uit de verkennende studie naar mogelijke effecten van visserij is niet gebleken dat visserij als factor in het model opgenomen zou moeten worden. Om deze reden is visserij niet opgenomen in de verdere analyses en modellen. Hierbij moet worden opgemerkt dat deze verkennende analyse niet was bedoeld om visserijeffecten op broedval te kwantificeren, maar vooral was bedoeld om te beoordelen of visserij een dussdanige invloed heeft op de verspreiding van 1-jarige kokkels in het voorjaar dat visserij als factor niet kan worden genegeerd als onderdeel van een habitatmodel. Voor een goede kwantificering van mogelijke visserijeffecten zijn andere analyses nodig die echter buiten het bestek van deze opdracht vallen.

5. Samenvatting belangrijkste conclusies

- Er is een model ontwikkeld dat de biomassadichtheden 1-jarige kokkels beschrijft in de Westerschelde. Het beschrijvend vermogen van dit model was redelijk-goed (% verklaarde deviantie=40%). Echter, uit validatie bleek dat dit model waarschijnlijk weinig generiek is (% verklaarde deviantie=6%).
- Kokkeldichtheden waren groter bij hogere slibgehaltenes en lager bij toenemende stroomsnelheden. Bij een toenemende droogvalduurtijd en zoutgehalte neemt de biomassa 1-jarige kokkels in eerste instantie toe en vervolgens weer af.
- De kokkelhabitatkaart op basis van het model (ZUIDBIOM) geeft enkel een goede indruk van de verspreiding van kokkels binnen het gebied en de periode waarop het model is gebaseerd. Echter door de lage genericiteit van het model is voorzichtigheid geboden met de interpretatie van de resultaten wanneer toegepast in andere gebieden of tijdperiodes.
- Aanbevolen wordt om meer aandacht te besteden aan model genericiteit met aanbevelingen welke modellen (complex of simpel, generiek) het beste aansluiten bij specifieke beheersvragen.

6. Literatuur

- Bult TP, Ens BJ, Baars D, Kats R, Leopoldt M, 2004. B3: Evaluatie van de meting van het beschikbare voedselaanbod voor vogels die grote schelpdieren eten. RIVO rapport nr: C018/04.
- Bult T, Kater B, Baars D, 2003. Habitatmodellen voor de commerciële schelpdieren in de Westelijke Waddenzee. RIVO rapport nr: C026/03
- Butman CA, 1987. Larval settlement of soft-sediment invertebrates: the spatial scales of pattern explained by active habitat selection and the emerging role of hydrodynamical processes. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.* 25: 113-165.
- DCI (1998). Kokkelvisintensiteit 1997. Rapport 77016-R01.
- DCI (1999). Kokkelvisintensiteit 1998. Rapport 87006-R01.
- DCI (2000). Kokkelvisintensiteit 1999. Rapport 07003-R01.
- DCI (2001). Kokkelvisintensiteit 2000. Rapport 01032-R01-rev 1.
- DCI (2002). Kokkelvisintensiteit 2001. Rapport 02014-R01-rev 0.
- DCI (2003). Kokkelvisintensiteit 2002. Rapport VR03-00028-R01-rev0.
- Gray JS, 1974. Animal-sediment relationships. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.* 12: 223-261.
- Kamermans P, Schuiling E, Baars D, Riet M van, 2003. A1: Visserij-inspanning. RIVO-Rapport C057/03
- Kater BJ en Baars JMDD, 2002, De Oosterschelde werken en de relatie tussen abiotische factoren en biomassa kokkels. RIVO rapport nr: C055/02.
- Male K van der, Schouwenaar B, (2003). Stroomsnelheden en andere fysische parameters in de Oosterschelde en in de Westerschelde. Werkdocument RIKZ/AB/2003.813x.
- Olafsson EB, Peterson CH & Ambrose WG, 1994. Does recruitment limitation structure populations and communities of macro-invertebrates in marine soft sediments: the relative significance of pre- and post-settlement processes. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.* 32: 65-109.
- Pearson TH & Rosenberg R, 1978. Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. *Oceanogr. Mr. Biol. Ann. Rev.* 16: 229-311.

-
- Pearson TH & Rosenberg R, 1987. Feast and famine: structuring factors in marine benthic communities. In: organisation of communities: past and present. JHR Gee & PS Giller (Ed). Blackwell Science, Oxford.
 - Probert PK, 1984. Disturbance, sediment stability, and trophic structure of soft-bottom communities. J. Mar. Res. 42: 893-921.
 - Rhoads DC, 1974. Organism-sediment relations on the muddy sea floor. Oceanogr. Mar. Ann. Rev. 12: 263-300.
 - Steltzer, 2003. Mapping the siltcontent of the Westerschelde sediments using satellite data. DC/RIKZ.
 - Ysebaert T, Meire P, Herman MJ en Verbeek H, 2002. Macrobenthic species response surfaces along estuarine gradients: prediction by logistic regression. Mar. Ecol. Prog. Ser. Vol 225: 79-95.
 - Wolff WJ, 1973. The estuary as a habitat. An analysis of data on the soft-bottom macrofauna of the estuarine area of the rivers Rhine, Meuse, and Scheldt. In: Zoologische verhandelingen, No. 126. Delta instituut voor hydrobiologisch onderzoek, rapport 106.