

Verlopend tij

Oosterschelde,
een veranderend natuurmonument

Rapport RIKZ/2004.028



Ministerie van Verkeer en Waterstaat
Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat
Rijksinstituut voor Kust en Zee/RIKZ



Verlopend tij

OOSTERSCHELDE, EEN VERANDEREND
NATUURMONUMENT

A.J.M. Geurts van Kessel

Rapport RIKZ/2004.028, inclusief cd-rom
ISBN 90-369-3458-3

December 2004



Inhoudsopgave

Voorwoord	5
Dankwoord	6
Samenvatting	7
1. Inleiding	9
2. Wettelijke beheers- en beleidskaders	11
2.1. EU-richtlijnen en nationale wetten	11
2.2. Beheer	13
2.3. Beleid	13
3. De Oosterschelde in historische vogelvlucht	17
3.1. Estuarium Oosterschelde, de uitgangssituatie	17
3.2. Van estuarium naar zeearm, de overgangsfase	21
3.3. Zeearm met zandhonger, de huidige situatie	24
4. Zandhonger	27
4.1. Het fenomeen zandhonger	27
4.2. Morfologische gevolgen van zandhonger	29
4.3. Effect van zeespiegelrijzing	32
4.4. De gevolgen van de zandhonger voor de ecologie	33
4.4.1. Afname droogvalduur	33
4.4.2. Effect afname droogvalduur op bodemdieren	35
4.4.3. Effect afname droogvalduur op vogels	37
4.5. Conclusie zandhonger	39
5. Biodiversiteit en exoten	41
5.1. Veranderingen, ook in de Oosterschelde	41
5.2. Gevolgen van de veranderingen voor de biodiversiteit	43
5.3. Conclusie biodiversiteit en exoten	48
6. Draagkracht	49
6.1. Achtergrond	49
6.2. Relatie primaire productie en doorzicht	50
6.3. Predatiedruk door Japanse oester	52
6.4. Conclusie draagkracht	54

7. Overige belangrijke natuurwaarden uitgelicht	55
7.1. Schorren	55
7.2. Zeegras	58
7.3. Vissen	60
7.4. Zeehonden	63
8. Synthese	65
8.1. Inleiding	65
8.2. Terugblik op de in dit rapport gepresenteerde bevindingen	65
8.2.1. Zandhonger	65
8.2.2. Biodiversiteit en exoten	67
8.2.3. Draagkracht	69
8.2.4. Overige belangwekkende natuurwaarden uitgelicht	70
8.3. De betekenis van de Europese Richtlijnen	71
8.4. Aandachtspunten voor toekomstig beheer	72
Referentielijst	73
Verklarende woordenlijst	77
Colofon	79

Voorwoord

Rijkswaterstaat Directie Zeeland brengt met enige regelmaat bekkenrapportages over de door haar beheerde rijkswateren uit. Deze rapportages verzorgt het Rijksinstituut voor Kust en Zee (RIKZ) in opdracht van de directie. In 1997 verscheen het vorige Oosterscheldebekkenrapport: 'De Oosterschelde, van estuarium tot zeearm' (Van Berchum & Wattel, 1997). Het beschrijft de toestand van en ontwikkelingen in de Oosterschelde in de jaren 1991-1996 en toetst deze aan de door de Directie vastgestelde beleids- en beheersdoelstellingen.

De Oosterschelde verandert. Ook nu, in 2004, werken de (voorspelde) gevolgen van de aanleg van de Deltawerken nog steeds door en daarnaast lijken ook de klimaatverandering en opkomst van exotische organismen invloed op het ecosysteem te hebben. Directie Zeeland heeft het RIKZ opgedragen om in een nieuwe bekkenrapportage de toestand en ontwikkelingen van de Oosterschelde te beschrijven en deze te plaatsen in de context van beleids- en beheersdoelstellingen en (inter)nationale wetgeving. Dit resulteerde in het voorliggende rapport 'Verlopend tij'.

Deze bekkenrapportage vormt een synthese van vele onderliggende (deel)rapportages. Deels zijn deze rapporten opgesteld ter voorbereiding van dit rapport, deels zijn ze opgesteld of gebruikt in het kader van de

Tweede Evaluatie van het Nederlands Schelpdier-visserijbeleid (EVA II). De studies zijn verricht door het Centrum voor Schelpdieronderzoek van het Nederlands Instituut voor Visserijonderzoek (RIVO) te Yerseke, het Nederlands Instituut voor Visserijonderzoek (RIVO) te IJmuiden, het Centrum voor Estuariene en Mariene Ecologie van het Nederlands Instituut voor Oecologisch Onderzoek (NIOO-CEME) te Yerseke, AquaSense te Colijnsplaat, Stichting Anemoon (ANalyse Educatie en Marien Oecologisch Onderzoek) te Bennebroek, Alterra Texel en door het Rijksinstituut voor Kust en Zee (RIKZ).

Om de gewenste kwaliteit van dit rapport te borgen zijn conceptversies door diverse deskundigen becommentarieerd. Tevens heeft de Auditcommissie EVA II (prof.dr. P.L. de Boer, prof.dr. C. Heip en prof.dr. W.J. Wolff) veel van de in dit rapport gepresenteerde resultaten beoordeeld. Deze beoordeling is terug te vinden als bijlage van het rapport 'Veranderende draagkracht van de Oosterschelde voor kokkels' (Geurts van Kessel et al., 2003).

Voor de geïnteresseerde lezer die dieper op de achtergrond van de gepresenteerde bevindingen en conclusies in wil gaan zijn alle relevante onderliggende rapportages op de bijgeleverde cd-rom beschikbaar gesteld.

Dankwoord

Vele personen hebben in de afgelopen jaren een bijdrage geleverd aan de totstandkoming van dit rapport. Aan allen is de hoofdauteur van dit rapport dank verschuldigd. Met name onderstaande collega's (RIKZ tenzij anders vermeld):

- Speciale dank gaat uit naar Ed Stikvoort die een onmisbare bijdrage heeft geleverd aan de begeleiding van diverse voor dit rapport verrichte uitbestedingen en een belangrijke bijdrage heeft geleverd aan de inhoudelijke eindredactie van dit rapport.
- Evenzo speciale dank aan Lilian Withagen die zeer intensief betrokken is geweest in de slotfase van dit project bij de verwerking van commentaren en de tekstuele redactie.
- Jaap Consemulder die een gevecht heeft moeten leveren om de bestanden van de cd-rom bij elkaar te krijgen en om de figuren volledig, illustratief en inzichtelijk te maken.
- Jan van den Broeke die geduldig alle veranderingen in de figuren steeds doorvoerde.
- Dirk van Maldegem onder wiens toewijding de morfologische gegevens zijn opgewerkt en de stand van zaken wat betreft zandhonger en schorgebieden in de Oosterschelde is geüpdatet.
- Belinda Kater voor haar aanzienlijke bijdrage aan het ontrafelen van de ecologische doorwerkingen van de zandhonger en het in kaart brengen van de opkomst en effecten van de Japanse oester.
- Theo Prins, Bert Wetsteyn en Jacco Kromkamp (NIOO-CEME) voor hun bijdragen aan de draagkrachtdiscussies.
- Kees Rappoldt (Alterra) en Cor Berrevoets voor hun berekeningen aan de betekenis van zandhonger voor de draagkracht voor scholeksters.
- Fred Twisk voor de realisatie van de ecotopen- en eco-elementenkaarten.
- Dick de Jong voor het aanleveren van informatie over de ontwikkeling van zeegras en schorren en voor de inbreng van zijn veldkennis.
- Marco Dubbeldam en Mario de Kluijver (AquaSense), Adriaan Gmelig Meyling (Stichting Anemoon), Herman Hummel, Bart Schaub, Tom Ysenbaert en Vincent Escavavage (NIOO-CEME) en Charlotte Deerenberg (RIVO IJmuiden) voor de prettige samenwerking bij de uitvoering van de diverse onderliggende onderzoeken die zij in opdracht van het RIKZ verricht hebben.
- Kees van der Male en Bram Schouwenaar voor de verrichte GIS werkzaamheden en modelruns.
- Frits Lefèvre en Gillis Wattel voor de ordening en aanlevering van de waterkwaliteitsgegevens.
- Hans van Pagee en Herman Haas voor hun bijdrage aan diverse discussies over oplossingsrichtingen en aansluiting bij het lopende traject van de Integrale Visie Deltawateren.
- Kees Storm, Jan Willem Slager, Jasper Hughtenburg en Arnold van der Wees die in de loop van de tijd allen als contactpersoon gefungeerd hebben voor dit project vanuit RWS directie Zeeland.
- Peter van Bragt, Jan van den Broeke, CSO Yerseke, Eugène Daemen, Martijn de Jonge, Peter Meininger, Edwin Pareé, Nathalie Steins, Ed Stikvoort en Pim Wolf voor het fotografische materiaal dat in dit rapport is opgenomen.

SAMENVATTING

'Verlopend tij' is een bekkenrapportage over de Oosterschelde gemaakt in opdracht van Rijkswaterstaat Directie Zeeland.

Wereldwijd wordt in toenemende mate bij het beheer van mariene gebieden de 'ecosysteembenadering' gebruikt. Uitgangspunt bij deze benadering is dat het ecosysteem centraal gesteld wordt en dat, rekening houdend met de natuurlijke processen, menselijk gebruik op duurzame wijze in het gebied ingepast wordt. Vanuit deze gedachtegang is in dit rapport gekozen voor een thematische behandeling van de belangrijkste morfologische en ecologische ontwikkelingen in de Oosterschelde te weten zandhonger, de opkomst van de exoten en draagkracht. Daarnaast zijn belangrijke natuurwaarden belicht: schorren, zeegras, de Gewone zeehond en vissen.

De aanleg van de Deltawerken heeft zandhonger van de geulen in de Oosterschelde tot gevolg, waardoor platen en slikken eroderen. De ontwikkeling van de zandhonger voltrekt zich in grote lijnen zoals bij de aanleg van de Deltawerken is voorspeld. Nieuw is het inzicht dat de ecologische gevolgen niet in honderden, maar al binnen enkele tientallen jaren merkbaar zullen zijn. Vooral de afname van de tijd die de platen en slikken droogvallen is een belangrijke bepalende factor. De Oosterschelde is namelijk als foerageergebied van groot internationaal belang voor diverse steltloper-soorten, deze vogels zijn voor hun voedselvoorziening afhankelijk van deze gebieden. Afname van de droogvalduur verkort de tijd die beschikbaar is voor foerageren en verandert de geschiktheid van de omgeving voor het voorkomen van die bodemorganismen, die de belangrijkste voedselbron voor de vogels zijn.

Toename van actieve import van exoten leidt tot een toename van nieuwe soorten en het verdwijnen van autochtone Oosterscheldesoorten. Opwarming van het zeewater als gevolg van klimaatverandering, het stabiele hoog zoutgehalte en de opwarming van het Oosterscheldewater door de aanleg van de Deltawerken versterken de toename van zoutminnende exoten. Als exoten lang genoeg domineren kunnen ze een aanzienlijke invloed op het ecosysteem uitoefenen. Illustratief is de opkomst van de Japanse oester. Deze

oester concurreert in de droogvallende gebieden in toenemende mate met de overige bodemdierlevensgemeenschappen. Tevens zijn er aanwijzingen dat de biodiversiteit van sublitorale hardsubstraat levensgemeenschappen afneemt bij een toenemende bedekingsgraad en tenslotte lijkt er op de schaal van de Oosterschelde een verband te bestaan tussen de opkomst van de Japanse oester en de verandering van de fytoplanktonsoortensamenstelling.

De primaire productie door het fytoplankton neemt af in delen van de Oosterschelde. Het doorzicht is in 10 jaar tijd bijna gehalveerd, waardoor waarschijnlijk sprake is van lichtlimitatie van het fytoplankton. De oorzaak van het teruglopende doorzicht is op dit moment nog onbekend, mogelijk wordt deze veroorzaakt door in het water opgeloste humuszuren. Door het teruglopen van het doorzicht neemt de draagkracht af. Het afnemen van de draagkracht raakt het functioneren van het Oosterschelde ecosysteem in al haar facetten. Maar of, en zo ja, op welke termijn daadwerkelijk merkbare effecten zullen optreden is op basis van de huidige resultaten niet aan te geven.

Het areaal schorren is, na de aanleg van de Oosterscheldewerken, met driekwart afgenomen, er resteert nog 500 ha. Dit areaal neemt jaarlijks nog met circa 3 ha af. Het areaal Groot en Klein zeegras is na de werken ook afgenomen; na een dieptepunt van 47 ha (1999) werd in 2003 weer 93 ha aangetroffen. Wellicht is een lichte daling van het zoutgehalte door vermeerdering van neerslag hier de oorzaak van. De visbestanden zijn veranderd, een verband met de aanleg van de Deltawerken kon niet aangetoond worden, de oorzaak ligt wellicht bij grootschalige veranderingen in het visbestand. Sinds het dieptepunt in de jaren zeventig groeit het aantal Gewone zeehonden in het Deltagebied, maar in de Oosterschelde stagneert de groei, mogelijk door recreatiedruk.

De Europese richtlijnen (Vogel- en Habitatrichtlijn, Kaderrichtlijn Water) zullen in de toekomst richtinggevend zijn voor beleid en beheer. De thema's zandhonger, opkomst exoten en afnemende draagkracht zijn naast deze richtlijnen gelegd en de belangrijkste knelpunten zijn gesignaleerd.



1. INLEIDING

In 1987 veranderde de Oosterschelde met het sluiten van de Philipsdam (in het kader van de Deltawerken) van een estuarium in een zeearm. De Oosterschelde werd dus niet, zoals andere deltawateren, volledig afgesloten van de zee en daardoor bleven het zoute getijdenmilieu met de bijbehorende natuurwaarden en de mogelijkheden voor de visserij grotendeels gespaard. Rijkswaterstaat voorspelde dat de Oosterschelde zou veranderen. Met verschillende meetprogramma's volgde Rijkswaterstaat de ontwikkelingen en in 1991 kon het daarop gebaseerde rapport 'Veilig Getij' (Smaal & Boeije, 1991) verschijnen. Het bevat een evaluatie van de ontwikkelingen in het functioneren van de Oosterschelde in de eerste jaren na het gereedkomen van de stormvloedkering (t/m 1990). Rijkswaterstaat concludeerde dat het getijverschil groter was dan voorspeld en het zoutgehalte hoger en dat werd als gunstig gezien. De toch al goede waterkwaliteit bleek verbeterd. Er was een vermindering van het areaal slikken en schorren voorspeld. Deze voorspelling werd bewaarheid, maar baarde Rijkswaterstaat toch zorgen: in het ergste geval zou op een termijn van dertig jaar

15% van het areaal door het proces dat al snel 'zandhonger' genoemd werd, verdwijnen waarbij de grootste veranderingen al in het laatste decennium van de vorige eeuw zouden plaatsvinden. In 'Veilig Getij' constateerde Rijkswaterstaat dat de veranderingen ook het gevolg zijn van de klimatologische omstandigheden en het socio-economische gebruik van het gebied. Een monitoringprogramma hield een vinger aan de pols van de ontwikkelingen.

Bekkenrapport

In 1997 bracht Rijkswaterstaat het eerste zogenoemde bekkenrapport van de Oosterschelde uit: 'De Oosterschelde, van estuarium naar zeearm' (Van Berchum & Wattel, 1997). Het rapport schetst de ontwikkelingen in de jaren 1991-1996 en bespreekt deze in het kader van de beleids- en beheersdoelstellingen. De conclusie was dat de Oosterschelde in die jaren nog steeds hoge natuurwaarden had, socio-economisch naar behoren functioneerde, maar dat het geconstateerde verlies aan intergetijdengebied waarschijnlijk tot lagere



De stormvloedkering in de monding van de Oosterschelde.

aantallen watervogels leidt of zal leiden. De veranderingen in de waterkwaliteit en hydrodynamiek bleken marginaal. Het meetprogramma bleef de ontwikkelingen volgen.

Doel

Nu, zeven jaar later, verschijnt dit tweede Oosterscheldebekkenrapport. Het doel is om de toestand van het watersysteem te beschrijven en deze in de context van de historische ontwikkeling, de beleids- en beheersdoelstellingen en de (inter)nationale regelgeving te plaatsen. Daarbij zal ook over de grenzen van het gebied gekeken worden, naar de samenhang met de omliggende wateren waarmee de Oosterschelde voorheen één dynamisch geheel vormde. Het rapport moet Directie Zeeland van Rijkswaterstaat in staat stellen om het beheer voor de komende jaren te bepalen en te onderbouwen.

Werkwijze

Dit rapport kijkt wat indeling betreft af van eerder verschenen bekkenrapportages over de deltawateren. Gekozen is voor een thematische benadering in plaats van een min of meer systematische opzet. Voor vele omgevingskenmerken, zowel fysische, chemische als biologische, zijn in de voorbereiding van dit bekkenrapport toestandsbeschrijvingen en analyses in rapportages uitgewerkt. Deze zullen hier echter niet één

voor één behandeld worden. Alleen de belangwekkende morfologische en ecologische ontwikkelingen zullen in dit rapport via enkele thema's aan bod komen. Hiervoor is gekozen omdat juist deze processen in grote mate bepalend zijn voor de verdere socio-economische inrichting van het watersysteem.

Leeswijzer

Het eerste deel van het rapport is van algemene aard: Hoofdstuk 2 geeft aan welke wettelijke, beheers- en beleidskaders voor de Oosterschelde relevant zijn. Hoofdstuk 3 geeft een integrale gebiedsbeschrijving, waarbij ingegaan zal worden op de historische en morfologische ontwikkelingen, de effecten van de Deltawerken en het veranderende gebruik van de Oosterschelde. Het tweede deel schetst de ontwikkelingen aan de hand van thema's en specifieke natuurwaarden: zandhonger (Hoofdstuk 4), biodiversiteit en exoten (Hoofdstuk 5), draagkracht (Hoofdstuk 6) en schorren, zeegras, vissen en zeehonden (Hoofdstuk 7). Hoofdstuk 8 geeft de synthese: wat betekenen de geschetste ontwikkelingen in de context van wettelijke, beleids- en beheersdoelstellingen en welke aandachtspunten voor het toekomstig beheer vloeien daaruit voort? Een literatuurlijst en verklarende woordenlijst besluiten het rapport. Geïnteresseerde lezers kunnen de 'onderliggende' rapportages raadplegen op de bijgeleverde cd-rom.



Scholeksters in de Oosterschelde.

2. WETTELIJKE BEHEERS- EN BELEIDSKADERS

Bij het beheren van het rijkswater Oosterschelde dient Rijkswaterstaat rekening te houden met tal van verplichtingen die vanuit regionale, nationale en internationale beheers-, beleids- en wettelijke kaders gesteld worden. Lof (2003) geeft een gedetailleerd overzicht van alle kaders en de bijbehorende doelstellingen en/of verplichtingen. Hieronder volgt een beknopt overzicht van juridisch-dwingende kaders, regionale beheersplannen en op ontwikkeling en/of toekomstgericht(e) beleid(svisies).

2.1 EU-RICHTLIJNEN EN NATIONALE WETTEN

EU-Vogelrichtlijn

De Europese Unie beoogt een samenhangend ecologisch netwerk tot stand te brengen voor het behoud van kenmerkende en/of bedreigde habitats en soorten (Natura 2000). Daartoe heeft de EU de Vogel- en Habitatrichtlijnen uitgevaardigd. De Vogelrichtlijn heeft de instandhouding van alle in het wild levende vogelsoorten op Europees grondgebied als doel. EU-lidstaten zijn verplicht om de populaties in het wild levende vogels door voldoende gevarieerde leefgebieden voor de vogels te beschermen, in stand te houden of te herstellen. In dat kader is de Oosterschelde in 1989 aangewezen als Speciale Beschermingszone (SBZ) op grond van: 1) de Oosterschelde is een belangrijke schakel in een internationaal samenhangend systeem van waterrijke gebieden (trekroute kustvogels), 2) de Oosterschelde is een zeer belangrijk voedsel- en broedgebied voor vogels, 3) de Oosterschelde herbergt grote aantallen (bijzondere) broedende vogelsoorten en 4) de Oosterschelde is van bijzonder grote betekenis (onmisbaar) als rust-, rui- en foerageergebied voor doortrekkende en overwinterende watervogels. Bovendien kwalificeert de Oosterschelde voor twintig watervogelsoorten op het zogenoemde 1%-criterium, waarvan de Kanoetstrandloper (*Calidris canutus*), de Rosse grutto (*Limosa lapponica*) en de Scholekster (*Haematopus ostralegus*) de belangrijkste zijn (Berrevoets et al., 2003). Voor deze twintig vogelsoorten is de Oosterschelde in internationaal opzicht van groot belang. De Vogelrichtlijn verplicht de beheerder

maatregelen te nemen ter voorkoming van vermindering in kwaliteit/kwantiteit van de leefgebieden voor deze vogels, alsmede zorg te dragen voor het instandhouden van vogelpopulaties in elke SBZ middels (nog vast te stellen) instandhoudingsdoelen.

EU-Habitatrichtlijn

De Habitatrichtlijn heeft als doel de totale biologische diversiteit op het Europese grondgebied te waarborgen door het instandhouden en versterken van belangrijke natuurlijke en halfnatuurlijke habitats en wilde flora en fauna (uitgezonderd vogels). Dat gebeurt door het aanwijzen van beschermde gebieden voor specifieke habitats en soorten. In 2000 is de Oosterschelde aangemeld als Speciale Beschermings-zone (SBZ) in het kader van de Habitatrichtlijn op grond van het voorkomen van de volgende habitats: 1) mariene wateren en getijdengebieden (grote ondiepe krekens en baaien en bij eb droogvallende slikwadden en zandplaten) en 2) Atlantische en continentale kwelders en schorren (Atlantische schorren; eenjarige pioniervegetaties van slik- en zandgebieden met *Salicornia spp.* en andere zoutminnende soorten en schorren met slijkgrasvegetatie). De Habitatrichtlijn verplicht de beheerder tot het nemen van maatregelen die de toestand van de kwalificerende habitats en de soorten bevorderen (tenzij de soorten in verwaarloosbare aantallen voorkomen). De Habitatrichtlijn maakt, in tegenstelling tot de Vogelrichtlijn, een onderscheid in de te beschermen soorten en habitats: prioritair en niet-prioritair. In de Oosterschelde kwalificeren de Gewone zeehond (*Phoca vitulina*) en de Noordse woelmuis (*Microtus oeconomus*) volgens de Habitatrichtlijn, waarvan de laatste soort prioritair is.

EU Kaderrichtlijn Water

Eind 2000 is de Europese Kaderrichtlijn Water (KRW) in werking getreden. De richtlijn heeft tot doel om aquatische ecosystemen en waterafhankelijke terrestrische natuur voor achteruitgang te behoeden, te beschermen en te verbeteren. Centraal staat de stroomgebiedsbenadering. De Oosterschelde wordt tot het Scheldestroomgebied gerekend. De richtlijn beslaat

de chemische en biologische toestand van stroomgebieden, waarbij de ecologische kwaliteitselementen fytoplankton, macrofyten (wieren en hogere planten), macrofauna en vissen gedefinieerd zijn (dus geen vogels en zeezoogdieren). De lidstaten dienen maatregelenprogramma's op te stellen om al de watersystemen die onder hun beheer vallen in een zogeheten goede ecologische toestand te krijgen. Wát deze goede ecologische toestand is, is thans nog niet gedefinieerd. Voor natuurlijke wateren zijn referenties bepaald. Voor sterk veranderde wateren (zoals de Oosterschelde) en kunstmatige wateren moet dit nog gebeuren. In 2005 moeten referenties en maatlaten voor sterk veranderde en kunstmatige wateren beschikbaar komen. Bij een referentie hoort een maatlat om de goede toestand te kunnen bepalen. Dit is een afgeleide van de natuurlijke toestand. Het verschil tussen de actuele ecologische toestand, de trends en de goede toestand in 2015 geeft inzicht in de te leveren inspanning. In de te nemen maatregelen zullen ook de EU Vogelrichtlijn en EU Habitatrichtlijn moeten worden betrokken. Dit speelt met name bij de afstemming van doelen en maatregelen voor watergerelateerde natuur.

Op dit moment lijkt de Oosterschelde aangewezen te gaan worden als 'kustwater', waarvoor alleen instandhoudingsdoelstellingen en een monitoringsverplichting zal gelden voor de zogenaamde macrofyten, fytoplankton en bodemdieren. Mocht het herstel van estuariene verbindingen doorgang vinden, dan zou de Oosterschelde als 'overgangswater' gekwalificeerd kunnen worden, hetgeen ook instandhoudings- en monitoringsverplichtingen voor vissen zal inhouden.

Natuurbeschermingswet

Grote delen van de Oosterschelde zijn in 1990 door het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij onder werking van de Natuurbeschermingswet gebracht. Dit betekent dat de Oosterschelde een beschermd natuurmonument is waarin de rust niet verstoord mag worden, de bodem en het water niet verontreinigd mogen worden en in het algemeen geen schade aan het gebied toegebracht mag worden. Om negatieve gevolgen van betreding en verstoring te voorkomen is een toegankelijkheidsregeling van kracht: de verschillende gebruiksfuncties mogen slechts in aangewezen gebieden beoefend worden en zijn (deels) via vergunningen aan regels gebonden. De vernieuwde Natuurbeschermingswet (die nog door de 1^e Kamer bekrachtigd moet worden) zal sterk gekoppeld zijn aan de invoering van de EU Vogel- en Habitatrichtlijn.

Flora en Faunawet

De Flora- en Faunawet is een nationale raamwet die met regelingen en besluiten kan worden aangevuld. De wet vervangt onder andere de Vogelwet, de Jachtwet en de soortenbeschermingsbepalingen van de Natuurbeschermingswet. Tevens zijn de soortenbeschermingsbepalingen van de Vogel- en Habitatrichtlijn met deze wet in de Nederlandse wetgeving geïmplementeerd. De wet benoemt een reeks van beschermde dier- en plantensoorten. Deze soorten zijn overal in het land beschermd, ongeacht of ze in een beschermd gebied voorkomen. Handelingen die schadelijk zijn voor beschermde soorten zijn verboden. Voor de Oosterschelde gaat het wat beschermde soorten betreft voornamelijk om alle inheemse vogelsoorten, de Gewone (*Phoca vitulina*) en Grijze zeehond (*Halichoerus grypus*) en de Noordse woelmuis. Daarnaast komen ook de beschermde Levendbarende Hagedis en mogelijk de Rugstreepad voor.

2.2 BEHEER

Beheersplan Rijkswateren

Het nationaal Beheersplan Rijkswateren 2001-2004 is een concrete uitwerking (qua maatregelen) van de uitgangspunten van de Vierde Nota Waterhuishouding. Voor de Oosterschelde zijn de belangrijkste doelen: 1) voldoen aan de in de Wet op de waterkeringen gestelde veiligheidsnormen, 2) benutten van de mogelijkheden voor het versterken van het estuariene karakter door een aangepast inlaatbeheer van water uit het Volkerak-Zoommeer en 3) het treffen van maatregelen om de ecologische functie van de eroderende schorren, slikken en platen optimaal te houden. Het Beheersplan Rijkswateren wordt momenteel herzien.

Regionaal Beheersplan Nat / Beheers- en inrichtingsplan Nationaal Park Oosterschelde

In het Regionaal Beheersplan Nat is het landelijke beleid van het Beheersplan Rijkswateren vertaald naar regionale streefbeeld. Deze geven richting aan het beleid en beheer van de watersystemen van directie Zeeland. Het Nationaal Park Oosterschelde hanteert dezelfde streefbeeld: 1) behoud en ontwikkeling van processen die behoren bij een zeearm of estuarium

(getij- en eventueel rivierstromen en onder invloed daarvan erosie en sedimentatie in dynamisch evenwicht); 2) behoud en ontwikkeling van patronen die behoren bij een zeearm of estuarium (geulen, slikken, platen en schorren) met bijbehorend reliëf (schorranden, kreken, kommen, prielen, plaatoevers), inclusief biotische componenten (als kokkel- en mosselbanken, zeegras, slijkgras- en schorvegetaties); zo mogelijk behoud en ontwikkeling van overgangen van zoet-, via brak- naar zoutwatersystemen; 3) behoud en ontwikkeling van de complete voedselketen van een zeearm of een estuarien systeem. De streefbeeld zijn deels omgezet in concrete doelen; de eis daarbij was dat de situatie/soortenrijkdom minstens vergelijkbaar moest zijn aan die van de periode 1995-2000.

2.3 BELEID

Beleidsplan Oosterschelde (1995)

Het huidige Beleidsplan Oosterschelde is in 1995 door de Gedeputeerde Staten van Zeeland vastgesteld en geldt tot en met 2005. Het beperkt zich tot de hoofdlijnen voor inrichting en beheer. De hoofddoelstelling is 'het behoud en zo mogelijk versterking van aanwezige natuurlijke waarden, met inachtneming van basisvoorwaarden voor



Neeltje Jans.

een goed maatschappelijk functioneren van het gebied, waaronder met name de visserij wordt begrepen'. Als randvoorwaarde geldt dat 'de veiligheid van het gebied voor de zee te allen tijde gewaarborgd moet zijn'. Als hoofdfunctie voor het gebied is natuur benoemd. Sinds 2002 is de Oosterschelde een Nationaal Park, dat dezelfde doelstellingen van het Beleidsplan Oosterschelde nastreeft, gecombineerd met de doelstellingen van Nationale Parken, namelijk 1) intensiveren van natuurbeheer; 2) stimuleren van natuur- en milieueducatie; 3) bevorderen van natuurgerichte recreatie en 4) bevorderen van onderzoek.

4e Nota Waterhuishouding (1998)

Het landelijke waterbeleid voor de periode 1998-2006 is vastgelegd in de vierde Nota Waterhuishouding. Het beoogt Nederland een veilig en goed bewoonbaar land met gezonde en duurzame watersystemen te laten zijn. Voor de Oosterschelde zijn de volgende uitwerkingen relevant: 1) onderzoek verrichten naar de mogelijkheden om in delen van de Oosterschelde de zandhonger te stillen, waardoor ter plaatse weer plaat- en schorgroei

op kan treden; 2) binnendijs realiseren van vergelijkbare ecologische functies; 3) streven naar herstel van estuariene kwaliteit en samenhang tussen de Deltawateren en 4) water(-overschot), water- en ruimtegebrek op elkaar afstemmen.

Waterbeleid in de 21e eeuw (2000)

De Commissie Waterbeheer in de 21e eeuw heeft in 2000 na studie geconcludeerd dat een omslag in het waterbeleid en het denken over water nodig is om Nederland veilig, leefbaar en aantrekkelijk te houden. In plaats van reageren op incidenten moet Nederland structureel anticiperen op de stijgende zeespiegel, de toenemende rivierafvoeren en de bodemdaling. In de nota 'Anders omgaan met water' (Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 2000) heeft de regering aangegeven hoe het veiligheidsprobleem en de wateroverlast aangepakt zou moeten worden. Voor waterbeheerders zijn de volgende hoofdlijnen uit die nota van belang: 1) volgen van de zogenaamde driestapsstrategie van vasthouden-bergen-afvoeren van water; 2) ruimte reserveren voor incidentele



Satellietfoto van het Deltagebied waarop de Oosterscheldewerken zijn aangegeven.

wateropvang, gecombineerd met andere daarmee verenigbare doeleinden en 3) bij ingrepen of maatregelen de 'watertoets' toepassen om gevolgen voor veiligheid en wateroverlast in beeld te brengen.

Planstudie Ruimte voor de Rivier (2002)

In 2000 heeft het kabinet het standpunt 'Ruimte voor de Rivier' gekozen als uitgangspunt voor een nieuwe aanpak van de hoogwaterproblematiek van onze grote rivieren. Dit standpunt is gebaseerd op de verwachting dat er in de toekomst meer water moet worden afgevoerd en op de wens om Nederland deze eeuw voldoende veilig, leefbaar en aantrekkelijk te houden voor bewoners en investeerders. De planstudie 'Ruimte voor de Rivier' heeft tot doel het beschermingsniveau langs de bedijkte Rijntakken en het benedenstroomse deel van de bedijkte Maas uiterlijk in 2015 in overeenstemming te brengen met de vereiste norm. Eén van de mogelijkheden, het afleiden van water vanuit het Noordelijk Deltabekken via het Volkerak-Zoommeer in de richting van de Zeeuwse Delta (Oosterschelde en/of Grevelingenmeer), is een maatregel die in het kader van de Verdiepingsslag Volkerak-Zoommeer nader is uitgewerkt. Inzet van deze maatregel levert een aanzienlijke waterstandsval op in het beneden-rivierengebied en wordt daardoor als voorkeursalternatief meegenomen in het MER Ruimte voor de Rivier. Voor de Oosterschelde betekent deze maatregel dat gedurende enkele dagen een grote hoeveelheid zoet rivierwater zal moeten worden verwerkt. Verwacht mag worden dat dit tot een aanzienlijke daling van het zoutgehalte zal leiden en tot sterfte van zoutminnende soorten. Omdat de frequentie waarmee de maatregel ingezet zal worden op de korte termijn zeer laag is (eens in 1600 jaar) zijn de effecten voor de Oosterschelde vooralsnog beperkt.

Verkenning oplossingsrichtingen Volkerak-Zoommeer (2003)

Om de problemen met de blauwalgen in het Volkerak-Zoommeer te kunnen oplossen is eind 2002 in opdracht van Directoraat Generaal Water van het Ministerie van Verkeer en Waterstaat het project 'Verkenning oplossingsrichtingen Volkerak-Zoommeer' gestart door Rijkswaterstaat Directie Zeeland. Doel was om in overleg

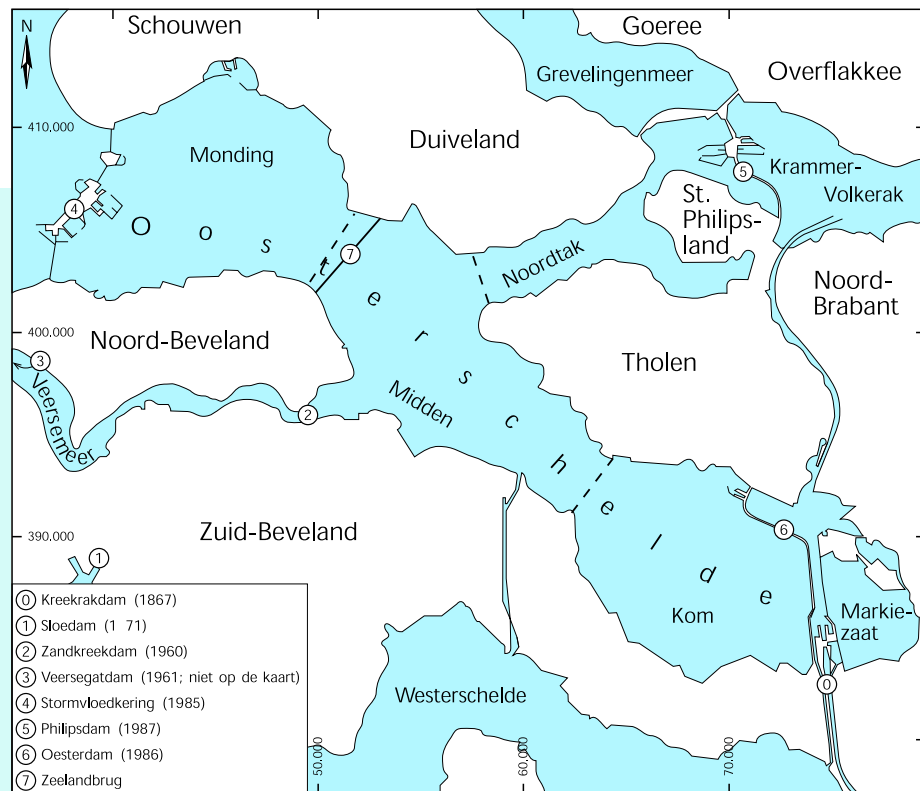
met de omgeving mogelijke oplossingen te verkennen ter verbetering van de waterkwaliteit en bestrijding van de blauwalgen op middellange termijn. Eind 2003 is het project afgerond met de beschrijving van drie kansrijke oplossingsrichtingen. In alle gevallen speelt de Oosterschelde een centrale rol, óf als leverancier van schoon zout water en getij óf als opvangbekken voor zoet rivierwater. In 2004 is de 'planstudie Volkerak-Zoommeer' gestart voor het uitwerken van middellange termijn maatregelen. Ook hier zal de Oosterschelde een belangrijke rol spelen. De startnotitie voor deze planstudie zal in het laatste kwartaal van 2004 worden vastgesteld.

Integrale Visie Deltawateren (2003)

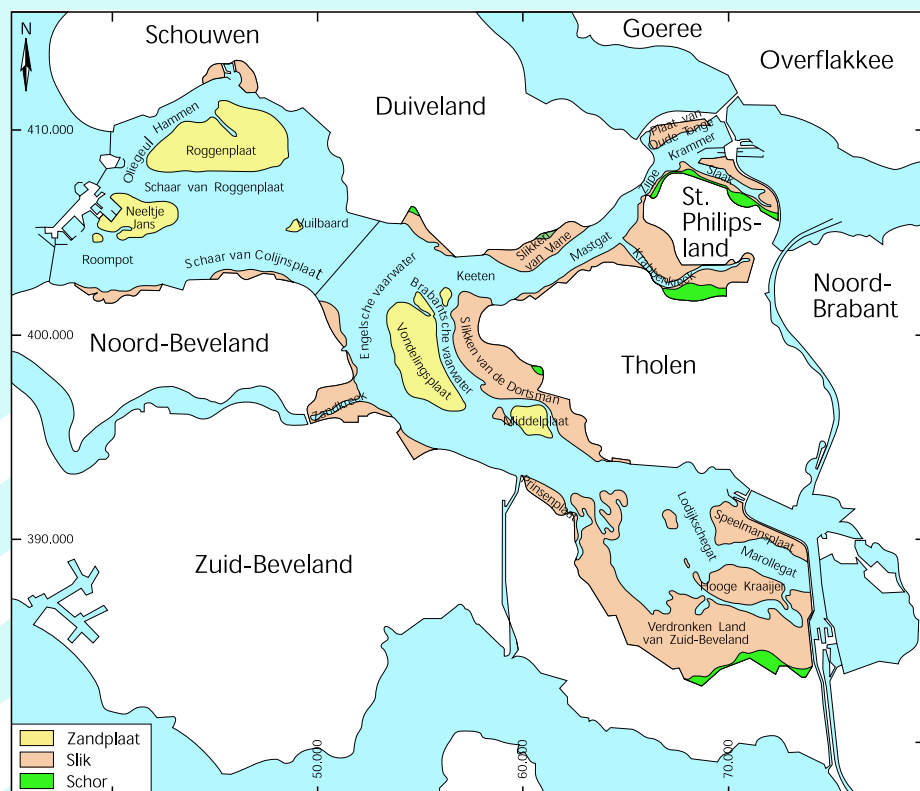
De provincies Zeeland, Noord-Brabant en Zuid-Holland hebben in samenwerking met het Rijk een integrale visie voor de Deltawateren opgesteld. Deze visie is inmiddels vastgesteld door de drie Provinciale Staten. Geformuleerd is hoe die wateren en de overgangen van water naar land er over dertig jaar uit moeten zien, hoe ze functioneren en hoe de samenleving er gebruik van kan maken. Het streefbeeld is een duurzame Delta die veilig is en ecologisch en economisch vitaal. Bij het opstellen van de visie is rekening gehouden met zeespiegelstijging, toenemende rivierafvoeren en toenemend menselijke gebruik. Het herstel van de overgang rivieren-zee, de estuariene dynamiek, het (deels) weer verbinden van de wateren, wordt als oplossingsrichting gezien voor de 'kwalen' die de Deltawateren hebben ontwikkeld vanaf de tijd dat ze strikt gescheiden zijn door de Deltawerken. In de visie zijn natuurlijke overgangen en natuurlijke processen uitgangspunt. Vooral het Volkerak-Zoommeer speelt hierbij een centrale rol, met mogelijke consequenties voor de Oosterschelde.

Nota Ruimte (2004)

De Nota Ruimte geeft de visie van het kabinet op de ruimtelijke ontwikkeling van Nederland. Ook in deze nota is gekozen voor het versterken van de natuurlijke processen en de natuurlijke kwaliteit. De Integrale Visie Deltawateren vormt hierbij het uitgangspunt en wordt in de nota min of meer 'omarmd'.



Figuur 3.1: De Oosterschelde na voltooiing van de Deltawerken. Er worden 4 deelgebieden onderscheiden (gestippelde lijnen): Monding, Middengebied, Kom en Noordtak.



Figuur 3.2: Locatie en naamgeving van slikken, platen en de belangrijkste geulen in de Oosterschelde.

3. DE OOSTERSCHELDE IN HISTORISCHE VOGELVLUCHT

Als deel van het deltagebied van de rivieren Maas, Rijn en Schelde is de Oosterschelde altijd aan veranderingen onderhevig geweest. Sterker nog: veranderlijkheid is een karakteristiek van rivierdelta's. Sturend voor de veranderingen zijn de hydromorfologische processen, zoals getijverschil en stroomsnelheden, sediment aan- en afvoer, ligging van platen, schorren, slikken en geulen en zoetwatertoevoer vanuit de rivieren. Deze omgevingskenmerken zijn bepalend voor hoe het ecosysteem er uit komt te zien: waar komen welke levensgemeenschappen voor en welke functies vervullen zij. Ook de mens reageert in zijn gebruik van het gebied op de veranderingen en stuurt daarmee ook weer de hydromorfologische processen.

De veranderingen die de Oosterschelde heeft doorgemaakt willen we duidelijk in beeld brengen. Daarom wordt in dit hoofdstuk de historische ontwikkeling van de Oosterschelde in vogelvlucht beschreven op drie niveaus (hydromorfologie, ecologie en menselijk gebruik) en geïllustreerd aan de hand van drie periodes:

- 1) de 'uitgangssituatie' (rond 1983): de periode voorafgaand aan de stormvloedkering en de compartimenteringsdammen;
- 2) de 'overgangsfase' (1986-1996): de periode waarin de Oosterschelde van een estuarium in een zeearm veranderde en
- 3) de 'huidige situatie' (1997-2004).

Figuren 3.1 en 3.2 geven kaarten van de Oosterschelde waarop de gebruikte geografische aanduidingen aangegeven zijn.

Om de drie tijdperiodes in beeld te brengen zijn zogenaamde ecotopenkaarten van de Oosterschelde gemaakt, voor elke periode één (Twisk, 2003). Ecotopenkaarten brengen de leefgebieden (de ecotopen) voor verschillende levensgemeenschappen (samenhangende verzamelingen dieren en planten) in beeld. Ze geven inzicht in de ruimtelijke verspreiding van die leefgebieden. Deze kaarten zijn gebaseerd op de omgevingsfactoren die voor een belangrijk deel bepalend zijn voor het al of niet voorkomen van de levensgemeenschappen, namelijk het zoutgehalte, de bodemsamenstelling, de hoogteligging en de

hydrodynamiek. Sommige organismen zijn in staat om delen van ecotopen te domineren en daar de condities in zulke mate te beïnvloeden dat er een eigen – afwijkende – levensgemeenschap ontstaat. Deze bijzondere situaties, bijvoorbeeld zeegrasvelden of mosselbanken zijn weergegeven op aparte kaarten, de 'eco-elementen' kaarten. De drie ecotopenkaarten zijn gebaseerd op gegevens uit respectievelijk (circa) 1983, 1990 en 2001. Voor verdere uitleg over de totstandkoming van deze ecotopenkaarten kunt u de onderliggende rapporten (Twisk, 2003 en Wijsman, 2003) raadplegen op de bijgeleverde cd-rom.

3.1 ESTUARIMUM OOSTERSCHELDE, DE UITGANGSSITUATIE

Hydromorfologie

Het huidige Deltagebied was aan het begin van de jaartelling voor een groot deel overdekt met veen, waarin de zee en de rivieren Schelde, Rijn en Maas gaandeweg een complex en voortdurend veranderend geulenpatroon sleten. Naast dit erosieproces vond ook sedimentatie plaats: de rivieren voerden klei en zand aan dat op het veen bezonk. De mens had nog weinig invloed op de waterstaatkundige toestand van het landschap.

In de vroege middeleeuwen begonnen de bewoners hun invloed op het gebied uit te oefenen: in de loop van eeuwen legden ze dammetjes en dijken aan, groeven watergangen uit, ontwaterden het gebied en ze wonnen zout door veen af te graven en te verbranden (moertering). Het gevolg was dat het stromende water minder ruimte kreeg, waardoor de stroomgeulen veel groter werden. De getijwerking werd daar sterker door en het land klinkte in. Ondertussen trad er tegelijkertijd een – gematigde – zeespiegelrijzing op, die met kleine en grote overstromingen gepaard ging. In 5 november 1531 deed zich één van de grootste overstromingen voor, de Sint Felixvloed, waarbij het Verdrongen Land van Zuid-Beveland ontstond (het huidige Komgebied van de Oosterschelde). In de 16^e eeuw was de Oosterschelde uitgegroeid tot een breed estuarium. Door landverlies in de late middeleeuwen vergrootte het getijvolume nog meer. Geulen werden dieper en breder.



De Plompe Toren op Schouwen.

Tot dan toe had de Oosterschelde het water van de rivier de Schelde afgevoerd, maar dat veranderde, de Maas en de Rijn namen deze functie over. In de tweede helft van de 19^e eeuw werd de Oosterschelde definitief van de Schelde afgesloten met een spoordijk door de

verzande Kreekrak en een dam in het Sloe. In de Oosterschelde voerde men steeds meer bagger- en kanalisatiewerken uit, waardoor het getijvolume tot 1960 toenam en de geulen nog verder verruimden. Als reactie op de stormvloedramp van 1953 is in 1959 de uitvoering van het Deltaplan begonnen. Eerst werd het Veerse Meer door de Zandkreekrakdam (1960) van de Oosterschelde afgesloten, vervolgens de Grevelingen (1960-1964) en met de aanleg van de Volkerakdam (1969) stopte de zoetwatertoevoer naar de Oosterschelde. Door deze werkzaamheden nam het getijvolume van 1960 tot 1983 nog eens 8% toe. De totale toename van het getijvolume tussen 1872 en 1983 leidde tot een export van circa 340 miljoen m³ zand vanuit de Oosterschelde naar zee.

Ecologie

De ecologie van een estuarium wordt in belangrijke mate gestuurd door de hydromorfologische processen. Tot en met 1987 voerden de rivieren achterin de Oosterschelde zoet water aan. Dat zorgde voor een gradiënt van zoet via brak naar zout water. De aanleg



Intergetijdengebied.

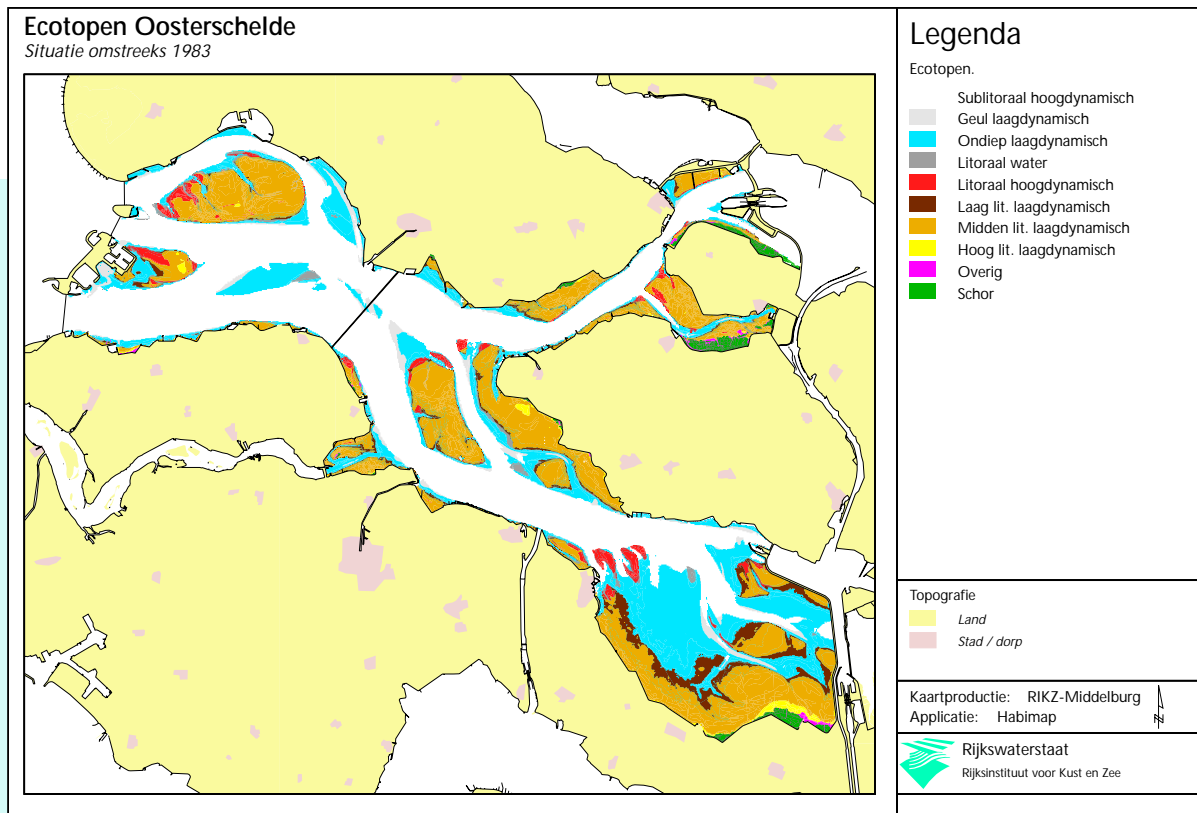
van de Volkerakdam in 1969 veranderde de ligging van de zoutgradiënt. Kon voorheen een grote hoeveelheid rivierwater via het Volkerak naar de Oosterschelde stromen, in de nieuwe situatie kreeg de Oosterschelde aanzienlijk minder zoet water en verschoof het overgangsgedebied van zoet naar zout water noordwaarts richting Volkerakdam. Niettemin was er nog steeds sprake van een estuariene gradiënt, langs deze gradiënt konden de typische estuariene organismen gedijen. De met het zoete water meegevoerde nutriënten en organische stoffen voedden het ecosysteem. Het meegevoerde slib vertroebelde het water en bezonk in de luwere delen. In het intergetijdengebied leidde dat tot gradiënten in de bodemsamenstelling (met name ook daar waar mosselpercelen lagen, mosselen vangen slib in). Wanneer de omstandigheden luw genoeg waren en de hoogte van de bodem voldoende, konden nieuwe schorren ontstaan en hoogden bestaande schorren geleidelijk op. De vegetatie maakte de daarbij behorende successie door. De stroomsnelheden waren in die tijd nog zo hoog dat de erosie van platen en slikken die door winterstormen optrad, tijdens rustiger periodes hersteld kon worden.

Menselijk gebruik

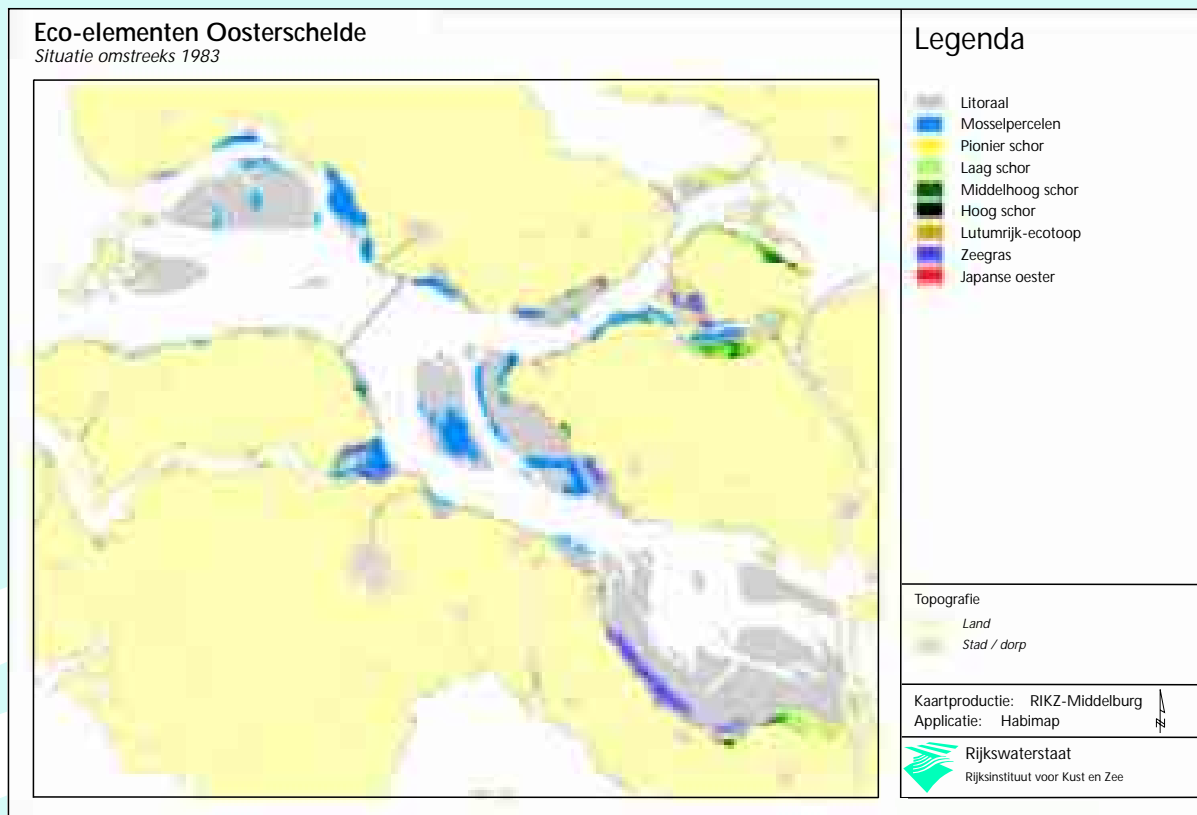
Van oudsher gebruikt de mens de Oosterschelde vooral voor (schelpdier)visserij en scheepvaart. Schelpdierkweek is daarbij verreweg de belangrijkste economische activiteit. Tot begin jaren zestig van de vorige eeuw bood de Oosterschelde veel ruimte voor de teelt van platte oesters (*Ostrea edulis*) en mosselen (*Mytilus edulis*). De strenge koude winter van 1962/1963 verminderde het oesterbestand drastisch. Het overgebleven bestand kreeg te lijden aan de ziekte *Bonamia ostrea*, die waarschijnlijk met een partij geïmporteerde platte oesters uit Frankrijk in de Oosterschelde terecht is gekomen. Ook de kreeftenvisserij stortte volledig in. Omdat het oesterbestand zich niet herstelde, importeerden de oesterkwekers de Japanse oester (*Crassostrea gigas*) als alternatief. Een groot risico op ongewenste effecten leek dat niet te hebben, want de Oosterschelde zou niet warm genoeg zijn voor deze oestersoort om zich te kunnen voortplanten. Bovendien voorzag het Deltaplan toen nog het volledig afsluiten van de Oosterschelde met een dam in de monding, waardoor het water zoet zou worden: dan

zou de Japanse oesterkweek onmogelijk worden. Hoe anders zou het de Oosterschelde vergaan. Na maatschappelijk protest nam de politiek in de jaren zeventig het besluit om de natuurwaarden en de visserij voor de Oosterschelde te behouden en de veiligheid te verzekeren middels een stormvloedkering. De Oosterschelde bleef dus zout. Eind jaren zeventig kwam de mechanische kokkelvisserij in dit estuarium tot ontwikkeling en tot in de jaren tachtig werden grote hoeveelheden kokkels opgevist. In de warme zomer van 1976 was er toch een goede broedval van de Japanse oester opgetreden; op de platen en slikken kwam de soort hier en daar voor. De kwekers teelden in de Oosterschelde voort met deze oesters.

Figuren 3.3 en 3.4 geven de ecotopen- en eco-elementenkaart van de 'kleine' Oosterschelde in 1983 en staan 'model' voor de periode voorafgaand aan de Oosterschelde-werken, toen de Oosterschelde nog estuarium was, al komt de begrenzing in de kaart overeen met de huidige ligging van dijken en dammen. Een belangrijk kenmerk dat deze kaarten laten zien is dat de geulen in deze periode vrijwel allemaal hoogdynamisch zijn: de stroomsnelheden zijn hoog. De hoogdynamische litorale delen bevinden zich voornamelijk aan de (noord)westelijke uiteinden van platen en slikken. De in het ecotopenstelsel gehanteerde klassengrenzen zijn zodanig dat er binnen de kleine Oosterschelde geen onderscheid is. Het gebruikte stelsel is niet fijn genoeg om de invloed van zoet water te tonen. Echter, zee gras gedijt beter in minder zout water, daardoor zijn indirect de plaatsen die onder invloed van zoet water staan wel af te lezen, immers in de Zandkreek, de Krabbenkreek, op de slikken van den Dortsman en in de Kom zijn plaatselijk flinke zee grasvelden te vinden. De kaart laat verder zien dat de Japanse oester nog maar hier en daar kleine banken gevormd heeft. In de Oosterschelde komen nauwelijks wilde mosselbanken voor. Mosselpercelen voor de teelt beslaan echter een aanzienlijk oppervlak en vormen een belangrijk specifiek biotoop. De kaart laat zien dat de telers kerngebieden hebben: rond de geul De Hammen, het Mastgat en in het Middengebied, met name in de ondiepe en op de bij laagwater droogvallende delen. De Kom kent geen kweekpercelen voor mosselen. Wel verwateren kwekers hier hun mosselen vóór ze ter consumptie verhandeld worden. In de Kom liggen kweekpercelen voor oesters.



Figuur 3.3: Ecotopenkaart van de 'kleine' Oosterschelde in 1983.



Figuur 3.4: Eco-elementenkaart van de 'kleine' Oosterschelde in 1983.

3.2 VAN ESTUARIUM NAAR ZEEARM, DE OVERGANGSFASE

Hydromorfologie

Aanvankelijk zou de Oosterschelde volgens het Deltaplan afgesloten worden van de zee door een dam, maar omwille van de waardevolle natuur en de economisch belangrijke visserijactiviteiten werd er uiteindelijk voor gekozen de stormvloedkering te bouwen. Deze is in 1986 in gebruik genomen.

Om voldoende zoetwater voor de landbouwsector in West-Brabant te realiseren, een getijloze scheepvaartverbinding tussen Antwerpen en Rotterdam tot stand te brengen en een voldoende groot getijverschil te behouden, werden in het oostelijk deel van de Oosterschelde de Oesterdam (1986) en in de noordelijke tak de Philipsdam (1987) aangelegd. De oorspronkelijke Oosterschelde is daarmee in drieën gesplitst: 1) het mondingsdeel ten westen van de stormvloedkering bleef een onderdeel van de Voordelta, 2) de delen landwaarts achter de Oester- en Philipsdam werden getijloos en zoet en 3) het deel tussen de stormvloedkering en de compartimenteringsdammen – de zeearm ‘kleine Oosterschelde’ – kreeg een meer gedempt getij en een stabiel hoog zoutgehalte.

Deze Oosterscheldewerken hebben de waterhuishouding gewijzigd: het gemiddeld getijverschil, het getijvolume en de stroomsnelheden zijn afgenomen. Daarmee samenhangend is de verblijftijd van het water, vooral in de Noordtak en de Kom, fors toegenomen.

De aanvoer van zoet water werd voor een belangrijk deel afgesneden, met als gevolg een vrijwel homogene verdeling van de (hoge) zoutgehaltes over de gehele Oosterschelde in plaats van de gradiënten van zout aan de zeezijde tot brak achterin het estuarium. Tabel 3.1 geeft een overzicht van de belangrijkste fysische veranderingen.

Ecologie

Door de aanleg van de compartimenteringsdammen werden flinke delen van de Oosterschelde afgesneden: het Markiezaat verzoette achter de Oesterdam en het Volkerak-Zoommeer achter de Philipsdam. Daarmee gingen aanzienlijke oppervlakten intergetijdengebieden, schor en de daarbij behorende levensgemeenschappen verloren. Daarnaast verdween bovendien slik en plaat doordat de getijslag minder groot was geworden: het gebied boven de nieuwe hoogwaterlijn viel permanent droog, terwijl een ander deel nooit meer droogviel. Het schorareaal nam door versterkte erosie gestaag af. Dat wordt niet gecompenseerd door aanwas van nieuw schor. Hoewel door de verlaagde stroomsnelheden een groter gebied luw genoeg is voor het ontstaan van schor, is het aanbod van sediment (slib) in het water te gering om de hoogteligging van de luwe slikken zodanig te doen toenemen dat het voldoende hoog komt te liggen voor het kiemen van primaire schorvegetatie. Door de sterk verminderde aanvoer van zoet water (en de lagere stroomsnelheden) nam het doorzicht toe en de toevoer van voedingsstoffen af. De primaire productie

	vóór de Oosterscheldewerken		na de Oosterscheldewerken	
Totaal oppervlak (km ²)	452		351	
Wateroppervlak (km ²)	362		304	
Oppervlakte Intergetijdengebied (km ²)	183		118	
Gemiddeld getijslag (m)	3.70		3.25	
Maximale stroomsnelheid (m/s)	1.5		1.0	
Verblijftijd (d)	5-25 (west)	75>100 (oost)	10-50 (west)	150->200 (oost)
Getijvolume (10 ⁶ m ³)	1230		880	
Zoetwateraanvoer door rivieren (m ³ /s)	50-100		10	
Zoutgehalte (% Cl)	16.9 (west)	15.4 (oost)	17.1 (west)	16.7 (oost)

Tabel 3.1: De belangrijkste hydrodynamische karakteristieken van de Oosterschelde, vóór en na de aanleg van de Deltawerken.



De Krammersluizen in de Philipsdam.

door fytoplankton bleef echter gelijk, bij de vogels nam het aantal zichtjagers (viseters) toe. Door het betere doorzicht, waardoor meer licht tot dieper in het water kon doordringen, konden de bodemalgen beter gedijen. Met name in de relatief ondiepe Kom van de Oosterschelde nam de primaire productie door deze algen toe. Een deel van de vissen en bodemdieren kon daarvan profiteren.

Het estuariene karakter van de levensgemeenschappen veranderde naar een meer mariene samenstelling. De brakwatersoorten verdwenen nagenoeg geheel en hoewel de totale soortenrijkdom wellicht eerder toedat afnam, werden de ruimtelijke verschillen in soortensamenstelling minder uitgesproken. Zeegrasvelden konden zich door het uitblijven van een periodieke verlaging van het zoutgehalte – belangrijk voor de kieming van zaden – niet goed handhaven, de oppervlakten werden steeds kleiner.

Menselijk gebruik

De bouw van de stormvloedkering had voor de mosselkwekers directe consequenties. In de Oosterschelde bevonden zich verspreid over de delen verschillende soorten percelen met hun eigen functie, afhankelijk van de bodemgesteldheid, voedselbeschikbaarheid en stroomsnelheden.

Niet alleen werden binnen de nieuwe begrenzing van de Oosterschelde ter compensatie van de gewijzigde

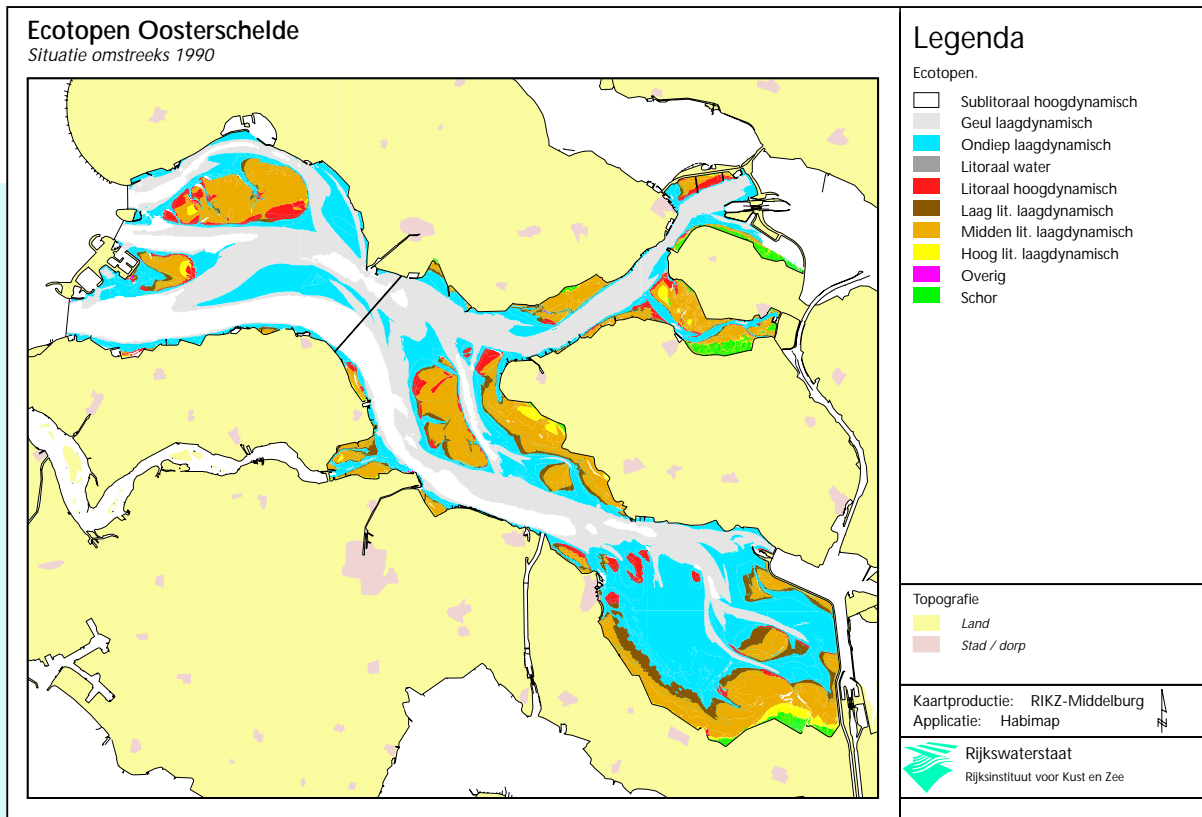
omstandigheden nieuwe mosselpercelen toegewezen, maar het gebruik van de percelen door de kwekers veranderde ook. Figuur 3.6, de eco-elementenkaart van 1990, laat dat duidelijk zien. Niet alleen liggen de percelen meer verspreid over de Oosterschelde, maar ze zijn ook verplaatst van de droogvallende delen naar de permanent onder water liggende randen van platen en slikken. De mosselen hebben daar langer tijd om voedsel uit het water te filteren (en dus te groeien), maar hebben ook minder te lijden van vraat door de talrijke scholeksters. Deze vogels waren daardoor aangewezen op ander voedsel.

De ecotopenkaart van 1990 laat zien dat het verplaatsen van de mosselpercelen mogelijk werd omdat grote delen van de geulen na de Oosterscheldewerken van hoogdynamisch in laagdynamisch veranderden en daardoor geschikt werden voor het 'kweken' van mosselen (Figuur 3.5). Verder is op de kaart te zien dat de hoogdynamische delen in het droogvallende gebied deels verschoven zijn. Vooral op de Roggenplaat in het westelijke deel is de hydrodynamische situatie flink veranderd: de dynamiek heeft zich richting zuidrand van de plaat verschoven.

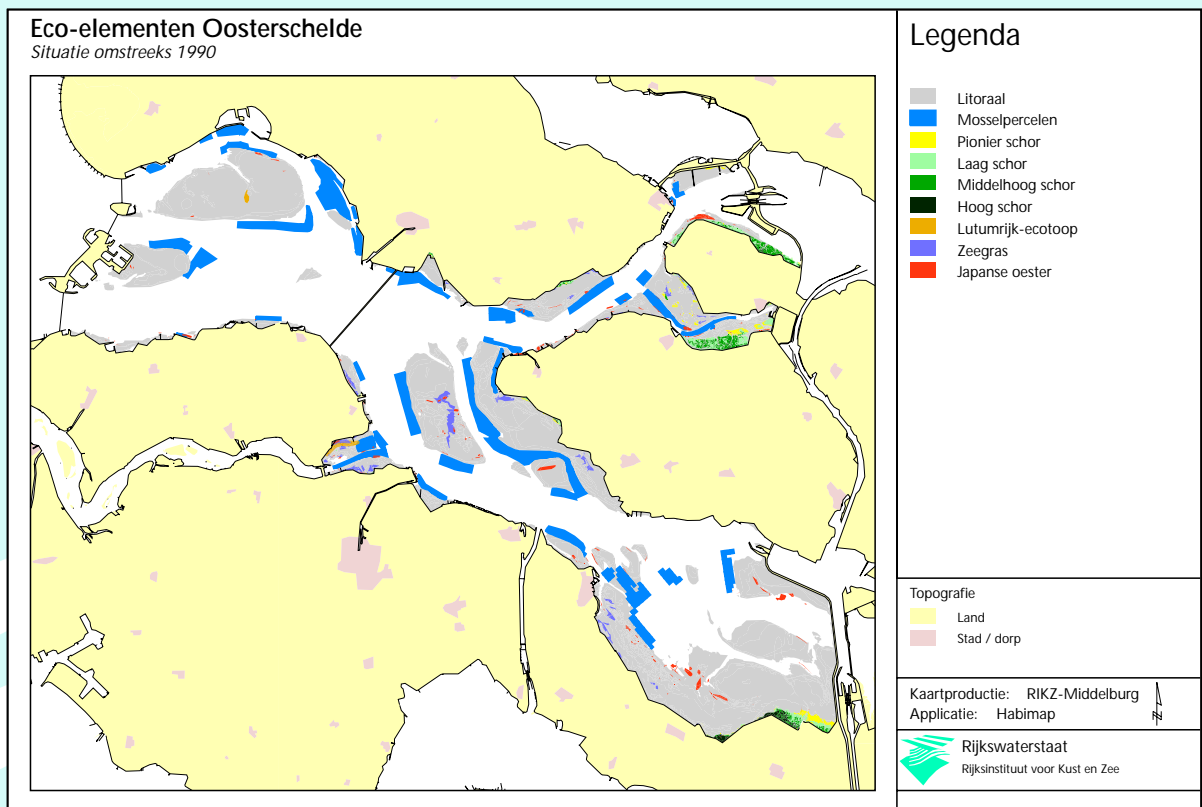
De eco-elementenkaart (Figuur 3.6) laat tot slot zien dat het zeegras nauwelijks nog voorkomt. Alleen in de Zandkreek bevinden zich nog enige velden van formaat. De Japanse oester daarentegen blijkt duidelijk te zijn toegenomen, nog wat 'schuchter' in het westelijke deel, maar flink verbreid in de overige delen.



Schelpdiervisserij in de Oosterschelde.



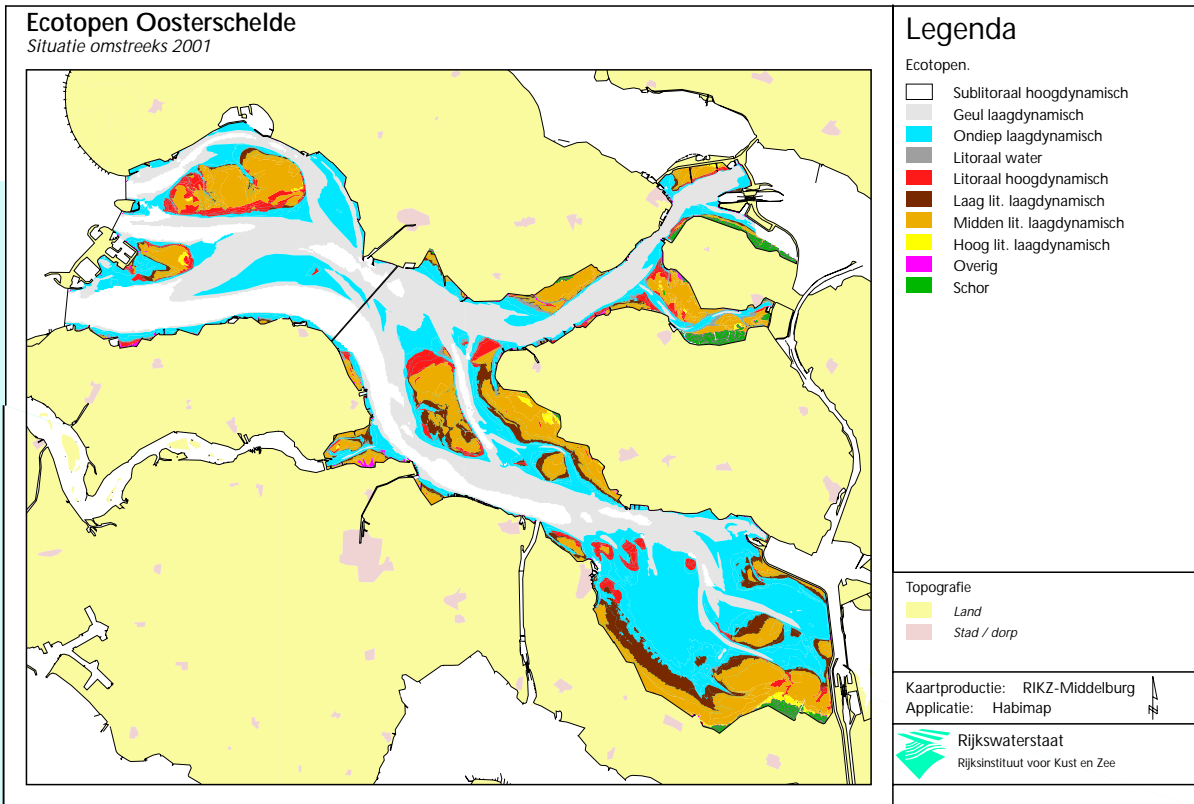
Figuur 3.5: Ecotopenkaart van de Oosterschelde in 1990.



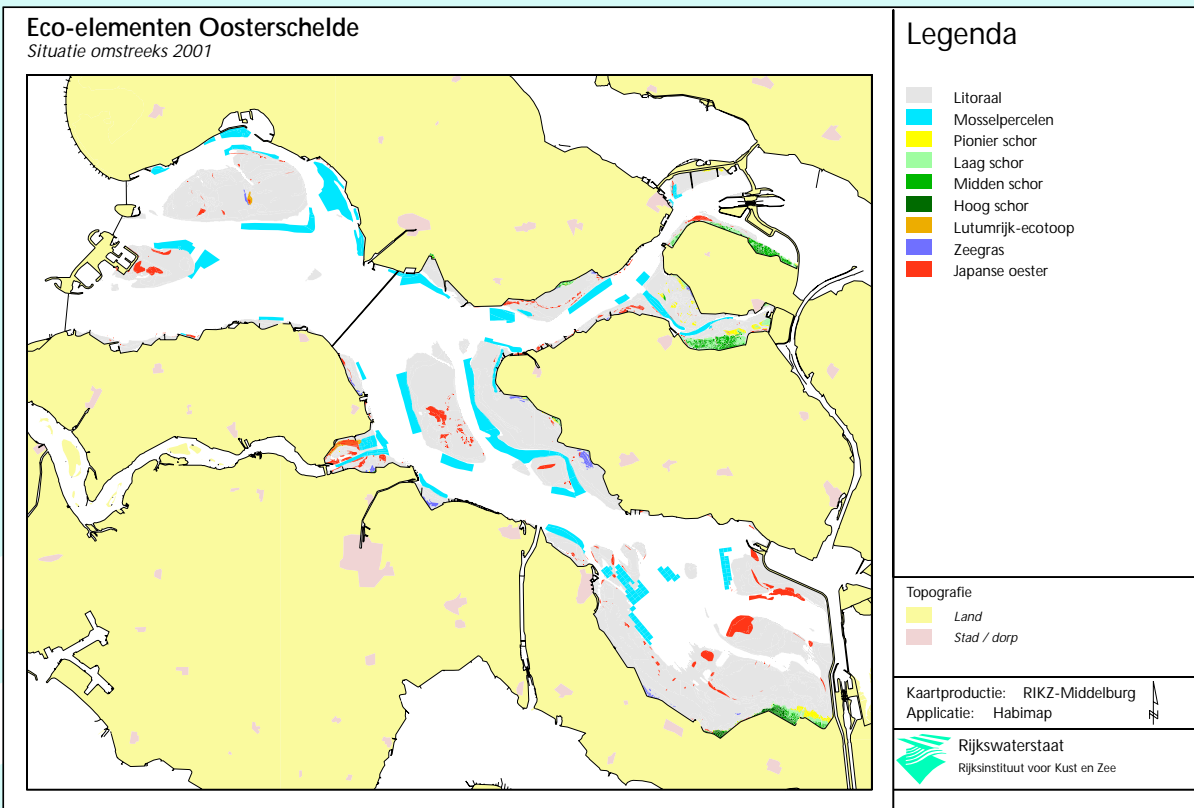
Figuur 3.6: Eco -elementenkaart van de Oosterschelde in 1990.

3.3 ZEEARM MET ZANDHONGER, DE HUIDIGE SITUATIE

Grote waterbouwkundige veranderingen zijn er sinds de ingebruikname van de stormvloedkering en de sluiting van de compartimenteringsdammen niet meer in de Oosterschelde geweest. Het proces 'zandhonger' (in Hoofdstuk 4 wordt daar nog dieper op in gegaan) schrijdt voort. Door de verlaagde stroomsnelheden in de Oosterschelde overheersen de erosieve processen de opbouwende processen, waardoor de slikken en platen langzaam maar zeker eroderen en onder water verdwijnen. Dat effect was voorspeld; de gevolgen worden de laatste jaren steeds duidelijker zichtbaar. De ecotopenkaart van 2001 (Figuur 3.7) laat dat in vergelijking met de beide voorgaande ecotopenkaarten duidelijk zien: het areaal laaggelegen intergetijdengebied is toegenomen, terwijl de hoge delen aan het verdwijnen zijn en middenhoge delen in omvang afnemen. De eco-elementenkaart (Figuur 3.8) laat verder zien dat het zeegras het nog steeds moeilijk heeft. De Japanse oester is enorm toegenomen en bedekt nu grote aaneengesloten stukken van het intergetijdengebied, in alle delen. In deze periode voerde het Ministerie van LNV een nieuw schelpdiervisserijbeleid dat van invloed was op de kokkelvisserij. Kern van het beleid is de zogenaamde voedselreservering van kokkels voor vogels die werd gerelateerd aan de voedselhoeveelheid nodig voor scholeksters. Daardoor werd in de jaren 1996-2000 de sector in de Oosterschelde geconfronteerd met vangstverbod. Alleen in 2001 lagen er voldoende kokkels om te mogen vissen. Dat er in die jaren te weinig voedsel voor scholeksters was kwam (naast kokkelvisserij) mede door het al eerder verplaatsen van de mosselpercelen naar onder water liggende delen. Mosselen zijn een belangrijke alternatieve voedselbron voor scholeksters in de Oosterschelde.



Figuur 3.7: Ecotopenkaart van de Oosterschelde in 2001.



Figuur 3.8: Eco-elementenkaart van de Oosterschelde in 2001.



4 ZANDHONGER

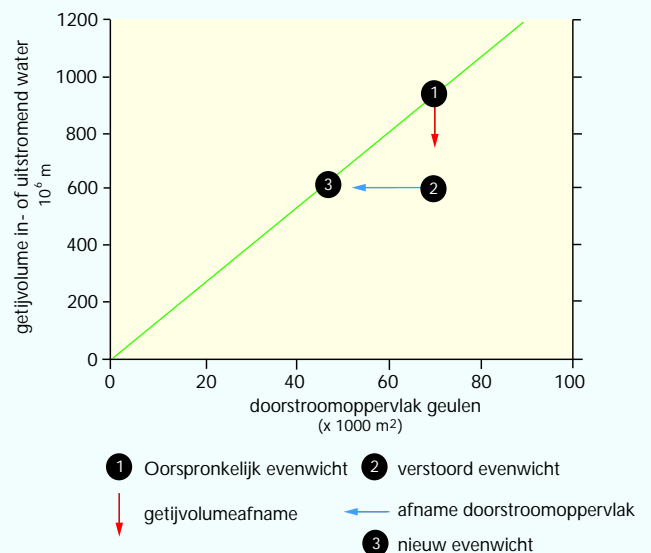
In dit hoofdstuk wordt het principe van zandhonger uitgelegd. De zandhonger van de Oosterschelde is een fenomeen dat al tijdens de bouw van de Oosterscheldewerken bekend was. Zandhonger veroorzaakt erosie in het intergetijdengebied en Kohsiek et al. (1987) maakten al schattingen van het verloop en de omvang van deze erosie. Dit hoofdstuk gaat verder in op de morfologische gevolgen van zandhonger in de Oosterschelde op basis van waarnemingen en modellen. De morfologische veranderingen veroorzaken veranderingen in de ecologie van de Oosterschelde. Deze veranderingen komen ook in dit hoofdstuk aan de orde. Tijdens de onderzoeken die in het kader van de evaluatie van het schelpdiervisserijbeleid zijn uitgevoerd is gebleken dat zandhonger mede een belangrijke rol speelt in de ruimte die de Oosterschelde biedt voor kokkels en scholeksters (Geurts van Kessel et al., 2003; Rappoldt et al., 2003). Voor deze bekkenrapportage zijn (verkennde) (deel)studies uitgevoerd naar wat de betekenis van zandhonger zou kunnen zijn voor andere organismen en levensgemeenschappen in de Oosterschelde (Kater et al., 2002; Kater et al., 2003; Schaub et al., 2003; Escaravage et al., 2003).



Stormvloedkering vanuit de lucht.

4.1 HET FENOMEEN ZANDHONGER

Na de bouw van de Oosterscheldewerken is de doorstroomopening in de Oosterscheldemonding verkleind, waardoor het getijvolume fors verminderde. De grootte (het doorstroomoppervlak) van de geulen heeft een directe relatie met de hoeveelheid water die er doorheen stroomt: hoe meer water er doorstroomt, hoe groter de geulen (Figuur 4.1). Het watersysteem (de Oosterschelde) probeert een nieuw evenwicht te vinden tussen de grootte van de geulen en het verminderde getijvolume. Het gevolg hiervan is dat de geulen kleiner 'wensen' te worden door opvulling, ze hebben zandhonger.



Figuur 4.1: Evenwichtsrelatie tussen getijvolume en doorstroomoppervlak geulen.

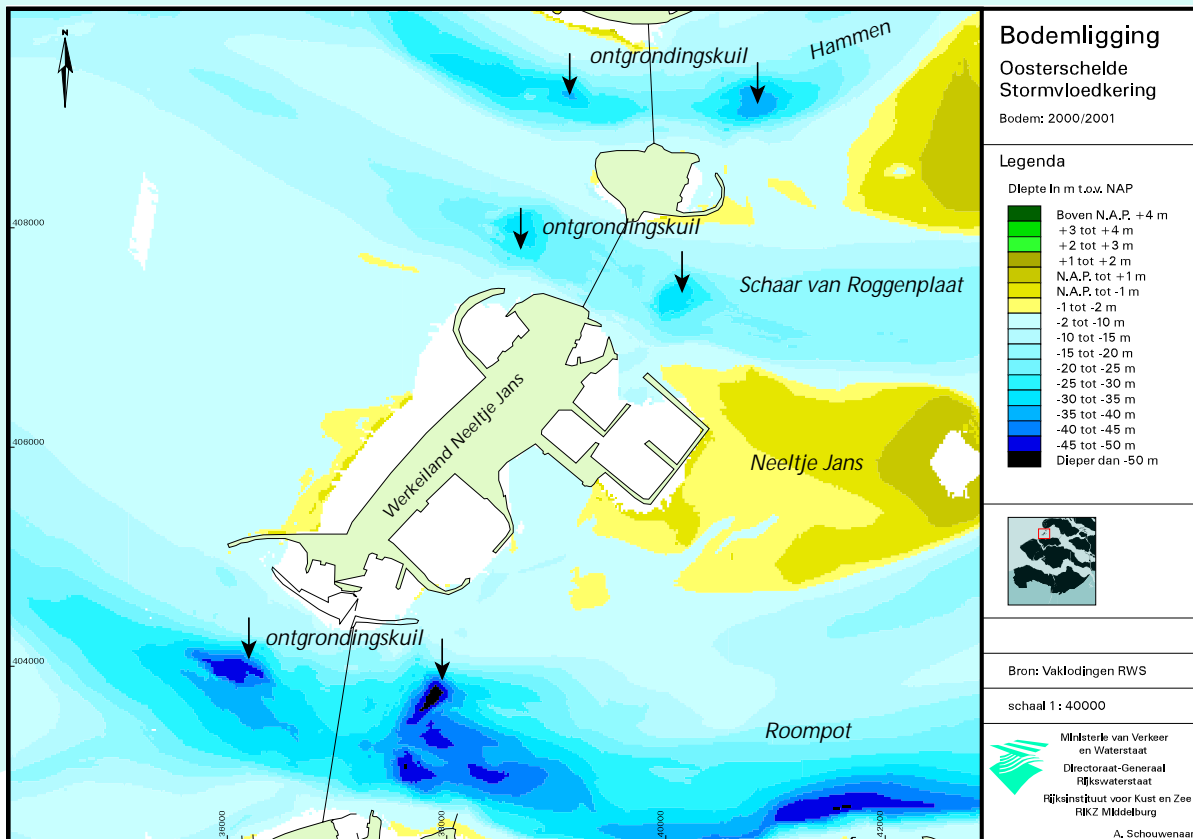
Het was wel eens anders: in de periode na de sluiting van het Volkerak (1969) en vóór de aanleg van de Oosterscheldewerken was het getijvolume (de hoeveelheid water die met eb de zeearm uitstroomt en met vloed weer instroomt) in de Oosterschelde toegenomen. Als morfologisch gevolg daarvan 'moesten' de geulen groter worden zodat een nieuw evenwicht bereikt kon worden. Er bleef dus zand 'over'. In die tijd exporteerde de Oosterschelde dan ook zand naar de Voordelta.

Realiseren van een nieuw evenwicht

Om een nieuw evenwicht te kunnen bereiken hebben de geulen 400 tot maximaal 600 miljoen m³ sediment¹ nodig (Kohsiek et al., 1987; Van Maldegem, 1998), dat is een enorme hoeveelheid. Ter vergelijking: om te zorgen dat de kustlijn op de huidige plaats blijft is in de hele Nederlandse kustzone jaarlijks minder dan 10 miljoen m³ zand nodig. Het sediment om de geulen op te vullen moet ergens vandaan komen. Een mogelijkheid is (natuurlijke) import vanuit aanliggende wateren, een andere mogelijkheid is herverdeling van het sediment in het watersysteem zelf.

In geval van natuurlijke import van zand zou het zand vanuit de Voordelta moeten komen. Dit is echter

onmogelijk, want deze bron is door de aanleg van stormvloedkering voorgoed 'afgesneden'. Dat komt omdat tijdens en na de aanleg van de stormvloedkering aan weerszijden van de kering diepe 'ontgrondingskuilen'² zijn ontstaan (Figuur 4.2). Het gevolg is nu, dat zand dat met vloed meestroomt bezinkt vóór de kering in de ontgrondingskuilen en met eb weer vanuit de kuilen zeewaarts wordt getransporteerd. De natuurlijke import van slib vanuit de Voordelta is niet geblokkeerd door de stormvloedkering. Uit veldonderzoek is afgeleid dat jaarlijks circa 1 miljoen m³ afkomstig vanuit de Voordelta in de Oosterschelde achterblijft (Ten Brinke, 1993). Dit is echter een schatting met grote onzekerheden; het zou zelfs zo kunnen zijn dat er netto export van slib uit de Oosterschelde plaatsvindt.



Figuur 4.2: Dieptekaart Oosterschelde 2001, omgeving stormvloedkering. Aan weerszijden van de kering bevindt zich eerst een vrij vlakke bodem omdat daar bodembescherming is aangebracht. Daarbuiten bevinden zich de diepe ontgrondingskuilen (tot ongeveer NAP -50 m).

¹ Sediment bestaat uit zand en/of slib. Zand is groter van korrel dan slib en daardoor bezinkt het snel. Slib is fijner, waardoor het lang in suspensie blijft (lang blijft zweven in het water).

² De ontgrondingskuilen zijn ontstaan als gevolg van verhoging van de stroomsnelheid en van de turbulentie bij de stormvloedkering.

Import van sediment vanuit de Voordelta biedt dus geen oplossing voor de zandhonger van de Oosterschelde. Daarom is in de Oosterschelde “herverdeling” van het aanwezige sediment aan het plaatsvinden.

4.2 MORFOLOGISCHE GEVOLGEN VAN ZANDHONGER

Zandhonger veroorzaakt dus herverdeling van het sediment in de Oosterschelde. De platen worden afgebroken door de golfwerking en de stroomsnelheden zijn te gering om zand bovenop de platen te brengen. Het zand verplaatst zich door de stroming nog wel door zogenaamd bodemtransport ('rollend' over de bodem), maar wordt tot veel minder hoog in de waterkolom opgewerveld. Een klein gedeelte van het zand sedimenteert rond laagwater, maar netto overheerst erosie van het intergetijdengebied over de opbouw (Figuur 4.3).

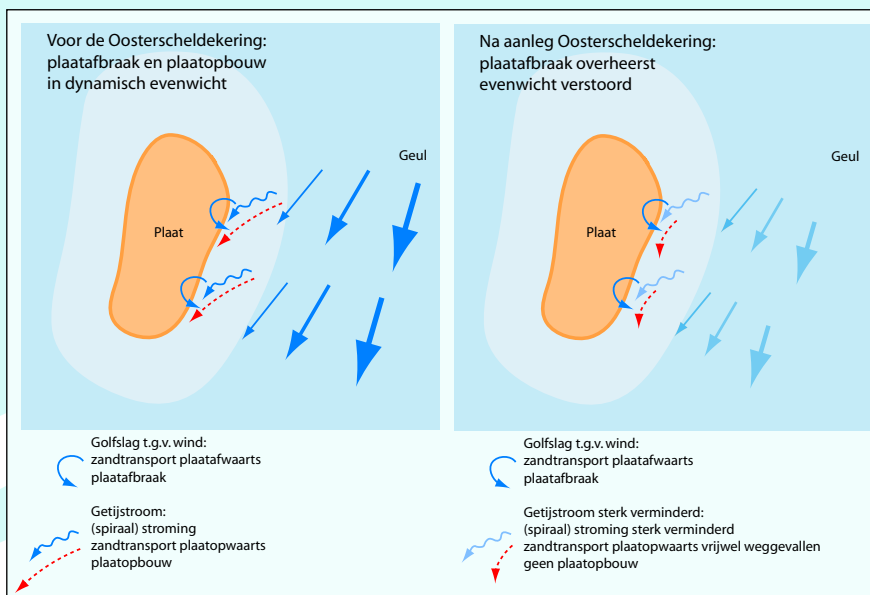
Voorspeld is dat het effect van de zandhonger zal leiden tot een gestage afbraak van platen, slikken en schorranden (Kohsiek et al., 1987). Nu is berekend dat bij volledige afbraak van het intergetijdengebied inclusief de schorren zo'n 160 miljoen m³ zand wordt geleverd

en dat is lang niet genoeg om de zandhonger te stillen. Er wordt dan ook verwacht dat het intergetijdengebied van de Oosterschelde op een termijn van honderden jaren vrijwel geheel zal verdwijnen.

Meer gedetailleerd inzicht in morfologische ontwikkelingen

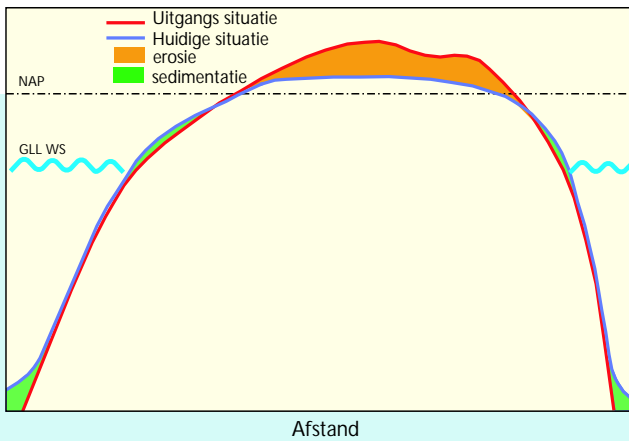
In de vorige bekkenrapportage (Van Berchum en Wattel, 1997) werd een afname van circa 35 ha intergetijdengebied gemeten en geconstateerd dat dit minder was dan de 70 ha die eerder voorspeld waren (Kohsiek et al., 1987). Destijds werd gesproken over een niet-lineair afnemende trend. Uit recent morfologisch onderzoek is gebleken dat de afname tot nu toe vrijwel lineair is geweest en circa 50 ha per jaar bedraagt (Hesselink et al., 2003). De nu gemeten afname komt beter overeen met de voorspellingen die gedaan zijn in 1987.

Uit volumeberekeningen blijkt dat de intergetijdengebieden voortdurend sediment verliezen. Dit zand zet zich voor het grootste deel af in de geulen. In de periode na de aanleg van de werken tot nu is ca 30 miljoen m³ zand verdwenen³.



Figuur 4.3: Principeschematische afbeelding van de opbouw en afbraak van platen vóór en na de aanleg van de stormvloedkering.

³ Uitgaande van een wateroppervlakte van 30000 ha betekent dit omgerekend dat de geulen gemiddeld met 1 dm zijn verondiept. Dit verschil is niet meetbaar, omdat tijdens het meten een onnauwkeurigheid optreedt van 2% van de waterdiepte, wat overeenkomt met 2 dm (Van Maldegem, 2004).



Figuur 4.4: Schematische weergave van de aanpassing van de platen aan het gedempt getij in de Oosterschelde (GLLWS betekent Gemiddeld Laag Laag Water Springtij, dit is de laagste laagwaterlijn, deze komt slechts af en toe voor).

Een klein gedeelte van het zand sedimenteert rond laagwater.

Door erosie verandert ook de vorm van het intergetijdengebied. In Figuur 4.4 is te zien dat de hoogste delen in de loop der jaren dreigen te verdwijnen.

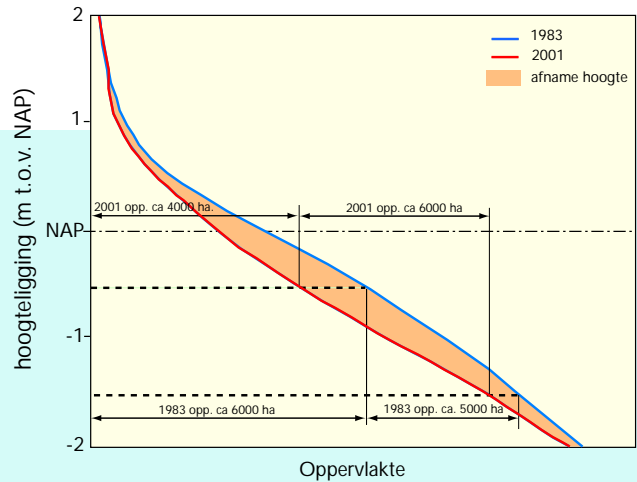
Figuur 4.4 heeft globaal de verandering van het intergetijdengebied laten zien. Figuur 4.5 toont dat de veranderingen in de Oosterschelde als geheel in de zone tussen NAP -2 m en NAP +1,5 m zijn opgetreden, het sterkst tussen NAP -1,5 m en NAP. Door de erosie zijn de gebieden vooral verlaagd, wat heeft geleid tot een verandering van de oppervlakte in de verschillende zones:

- de oppervlakte hoger dan NAP -0,5 m is tussen 1983 en 2001 afgenomen van circa 6000 naar circa 4000 ha
- de oppervlakte lager dan NAP -0,5 m is deze periode toegenomen van circa 5000 naar circa 6000 ha.

Door de verlaging is netto ongeveer 1000 ha intergetijdengebied verdwenen. Gemiddeld zijn de hellingen van de gebieden wat verflauwd.

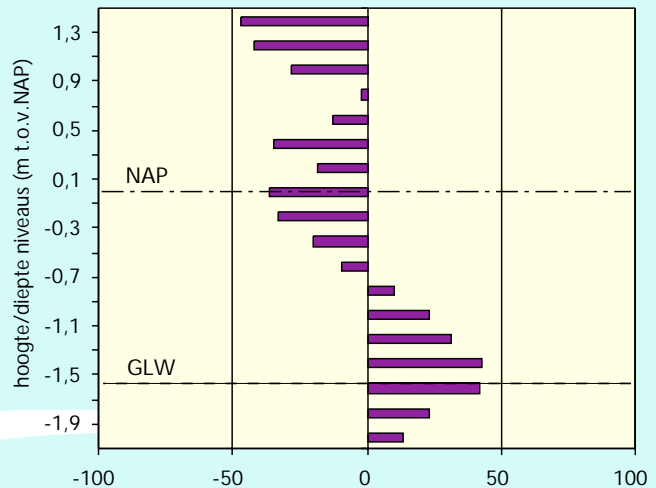
Er is ook bepaald wat de veranderingen van de oppervlakte intergetijdengebied zijn op verschillende hoogtes, van NAP -2 m naar NAP +1,5 m, telkens met een verschil van 0,2 m. (Figuur 4.6) Berekend is welk percentage van het totale oppervlak op een bepaalde hoogte is veranderd. Dit percentage is in de grafiek weergegeven. De figuur toont duidelijk het 'omslagpunt': het niveau van NAP -0,5 m.

Figuur 4.6 laat boven het niveau van NAP -0,5 m sterke verschillen zien in relatieve verandering (zie bijvoor-



Figuur 4.5: Oppervlakte aan platen en slikgebied t.o.v. de waterstand in 1983 en 2001 voor de hele Oosterschelde.

Relatieve oppervlakte hoogte/diepteniveau 1983 - 2001 (% van het betreffende niveau)



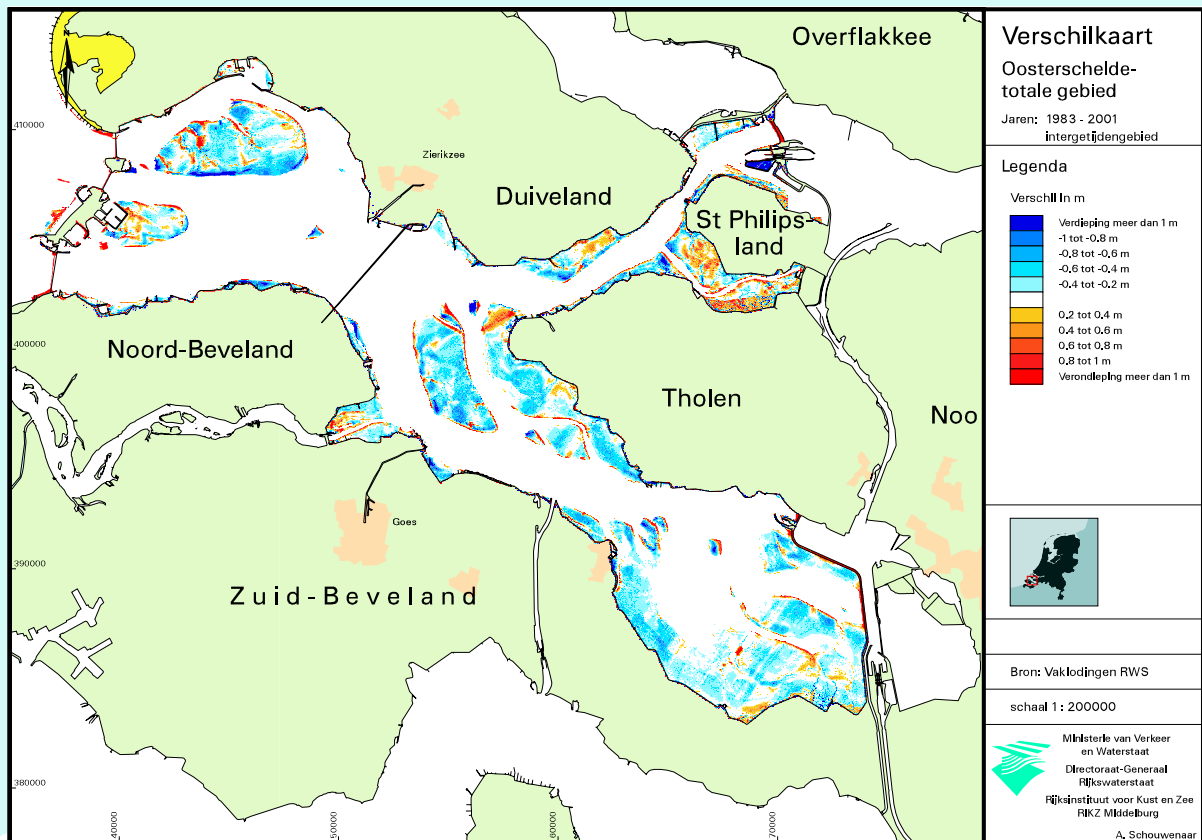
Figuur 4.6: Verandering van de oppervlakte van de platen en slikken in de hele Oosterschelde tussen 1983 en 2001 op verschillende hoogte/diepteniveaus. (GLW betekent Gemiddeld Laag Water).

beeld NAP 0,9 m). Dit is waarschijnlijk het gevolg van de opnamemethode voor de hooggelegen delen in 1983, waarvan de onnauwkeurigheid relatief groot was (Van Maldegem, 2004). Beneden dit niveau verlopen de veranderingen geleidelijker omdat de betrouwbaarheid van de metingen hier hoger is. Het beeld dat naar voren komt is echter toch heel duidelijk.

Waar zijn die veranderingen zichtbaar in de Oosterschelde?

De bezoeker van de platen van de Oosterschelde zou zich de vraag kunnen stellen: waar liggen die minder hoge delen nu, waar krijg ik dus eerder natte voeten? Waar en welke veranderingen zijn opgetreden is te zien op de hoogteverschilkaarten ⁴. Op de kaart van de verschillen tussen 1983 en 2001 is het gebied beneden laagwater blanco gelaten (Figuur 4.7). Deze kaart geeft

een vrij zuiver beeld van de veranderingen die in het intergetijdengebied zijn opgetreden gedurende een periode van 6 tot 8 jaar na de aanleg van de Oosterscheldewerken. De platen laten vooral erosie (verdieping) zien van orde grootte decimeters. Hier en daar zijn langs de randen, maar ook op de platen zelf smalle zones van sedimentatie (verondieping) zichtbaar. Dit komt omdat in de prielen (heel smalle geultjes op de plaat) gemakkelijk sediment wordt afgezet en door het 'wandelen' van de platen ⁵.



Figuur 4.7: Hoogteverschilkaart van de intergetijdengebieden in de Oosterschelde. Van de situatie 2001 is de situatie van 1983 afgetrokken. De sedimentatie ten zuiden van Sint Philipsland is waarschijnlijk veroorzaakt door onjuiste meetinformatie.

⁴ De hoogte van een gebied in een bepaald jaar afgetrokken van de hoogte van dat gebied in een ander jaar geeft het hoogteverschil dat in de hoogteverschilkaart wordt weergegeven. Een positief getal betekent sedimentatie (het gebied is in de loop der jaren hoger komen te liggen), een negatief getal betekent erosie.

⁵ Het wandelen van platen wordt veroorzaakt door de getijstrooming en de hierbij optredende 'spiraalstroming' (Figuur 4.3). Spiraalstroming holt de plaat aan de buitenbocht van de geul enigszins uit, terwijl de plaat aan de binnenbocht wat bolliger van vorm wordt.

Specifieke veranderingen in Monding, Middengebied, Noordtak en Kom

Per deelgebied van de Oosterschelde zijn de specifieke veranderingen in hoogte en oppervlakte van het intergetijdengebied in de Figuren 4.8, 4.9 en 4.10 weergegeven (voor de indeling van de Oosterschelde in deelgebieden zie Figuur 3.1).

De afname van intergetijdengebied bedraagt in de periode 1983 – 2001 voor de afzonderlijke gebieden (zie Figuur 4.9):

- Monding 11 ha/jr (8%)
- Middengebied 12 ha/jr (7%)
- Noordtak 8 ha/jr (7%)
- Kom 21 ha/jr (11%).

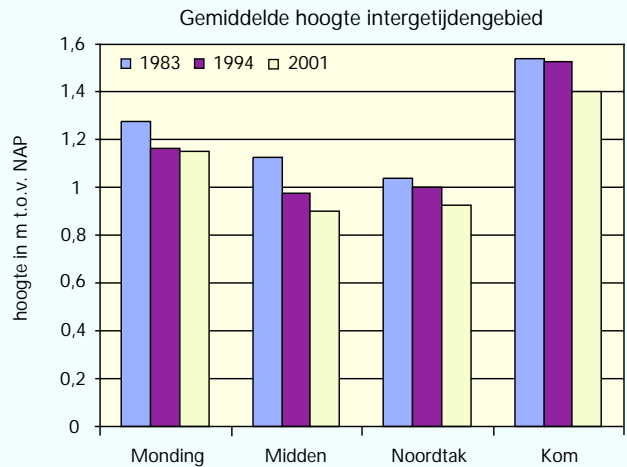
De absolute afname is het sterkst in het Middengebied en de Kom. De procentuele afname is eveneens het grootst in de Kom. De procentuele afnames van Monding, Middengebied en Noordtak komen sterk overeen.

In de Kom bevindt zich onder een aanzienlijk deel van het intergetijdengebied veen (zogenaamd Hollandveen). Veen erodeert niet of nauwelijks. De verwachting is dat daardoor de afname van het intergetijdengebied in de Kom in de toekomst vertraagt. Een mogelijk effect van veen op het watersysteem, wordt besproken in Hoofdstuk 6. Dat effect kan ontstaan als het veen direct in contact komt met het water omdat de bovenliggende laag is geërodeerd.

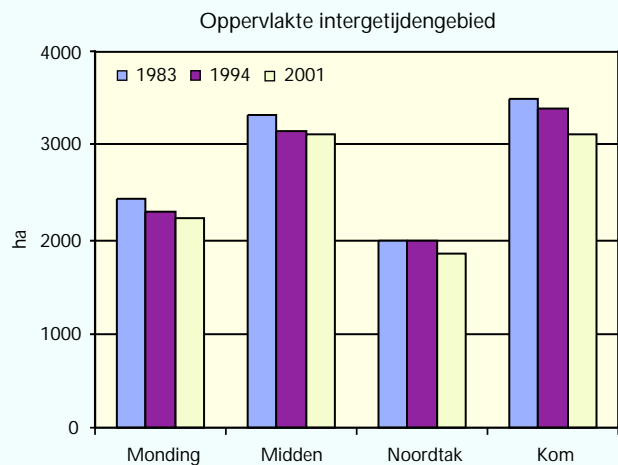
Door het afvlakken van de platen neemt het oppervlak aan ondiepwatergebied over het algemeen toe (Figuur 4.10).

4.3 EFFECT VAN ZEESPIEGELRIJZING

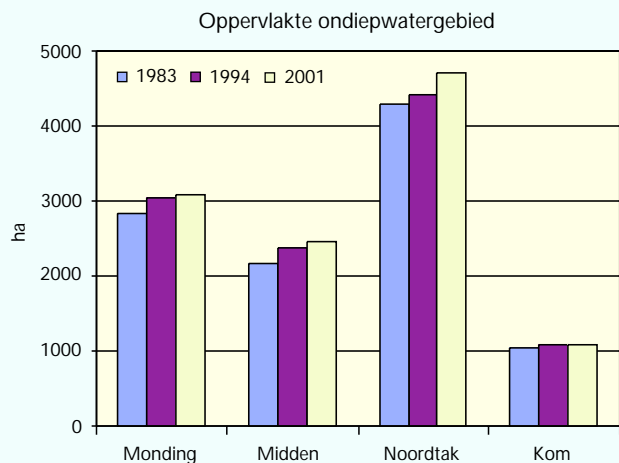
Omdat de effecten van de zandhonger zich afspelen op een tijdschaal van eeuwen, moet ook rekening worden gehouden met de effecten van de relatieve zeespiegelrijzing. Verwacht wordt een stijging van minimaal 0,20 tot gemiddeld 0,60 m/eeuw. Het oppervlakte aan intergetijdengebied zal drastisch afnemen met naar schatting 1000 tot 3000 ha per eeuw (10 tot 30% van het huidige oppervlak in de Oosterschelde). Met de zeespiegelrijzing verandert ook het getij. De hoogwater-



Figuur 4.8: Gemiddelde hoogte intergetijdengebied Oosterschelde in 1983, 1994 en 2001 voor de deelgebied (m NAP).



Figuur 4.9: Oppervlakte intergetijdengebied Oosterschelde in 1983, 1994 en 2001 voor de deelgebieden.



Figuur 4.10: Oppervlakte ondiepwatergebied Oosterschelde in 1983, 1994 en 2001 voor de deelgebieden. Ondiepwatergebied is zone tussen NAP – 8 m en gemiddeld laag water.



Kop van de Roggeplaat en de stormvloedkering.

standen stijgen per eeuw 5 cm sneller dan de gemiddelde zeespiegelrijzing, terwijl de laagwaterstanden per eeuw 5 cm langzamer stijgen dan de gemiddelde zeespiegelrijzing (Technische adviescommissie voor de Waterkeringen, 2002). De getijslag neemt dus met 10 centimeter per eeuw toe.

Door de zeespiegelrijzing neemt het doorstroomoppervlak van de geulen gemiddeld 3% per eeuw toe. Tevens wordt door de zeespiegelrijzing het getijverschil (het verschil in waterhoogte tussen eb en vloed) op zee groter en deze vergroting werkt gedempt door op het getij in de Oosterschelde⁶. De vergroting van het getijverschil in de Oosterschelde geeft een vergroting van het getijvolume van iets minder dan 4%. Netto zal de evenwichtsrelatie tussen getijvolume en doorstroomoppervlak van de geulen door beide effecten niet veranderen (zie Figuur 4.1). De zeespiegelrijzing heeft dus nauwelijks effect op de zandhonger van de Oosterschelde.

De zeespiegelrijzing zal wél effect hebben op de oppervlakte van de platen. Door de genoemde verhoging van het getijverschil komt het laagwater gemiddeld 5 cm hoger te liggen, dit is bij lange na niet voldoende om de zeespiegelrijzing van 60 cm te compenseren. Het water zal dus een groter deel van de platen permanent overspoelen, er verdwijnt plaatoppervlak. Dit effect van de zeespiegelrijzing heeft tot gevolg dat de afname van het intergetijdengebied (5000 ha afname per eeuw als gevolg van erosie door zandhonger) mogelijk anderhalf maal zo snel zal verlopen als eerder is voorzien.

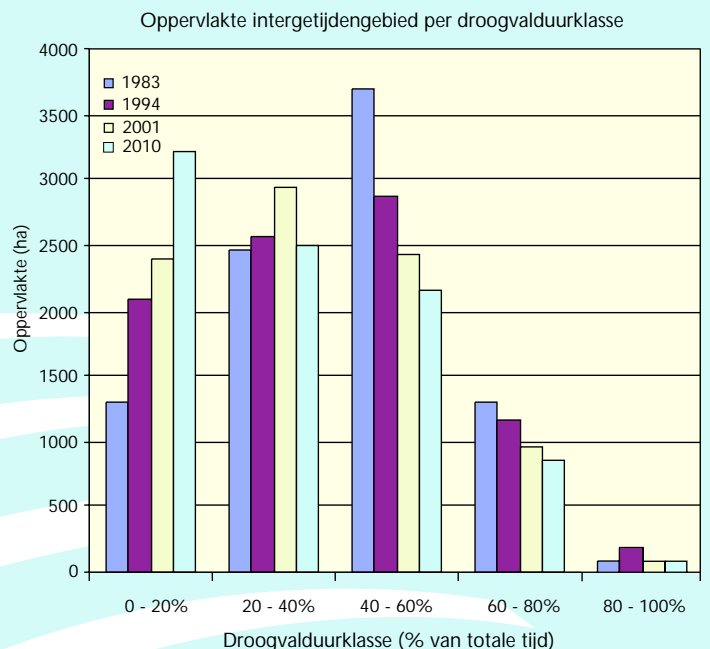
⁶ In het gebied ten westen van de kering is de maximale toename van het getijverschil 10 cm (per eeuw) bij een getijverschil van 250 cm (=4%). In de Oosterschelde zal dit dus iets minder dan 4% zijn.

4.4 DE GEVOLGEN VAN DE ZANDHONGER VOOR DE ECOLOGIE

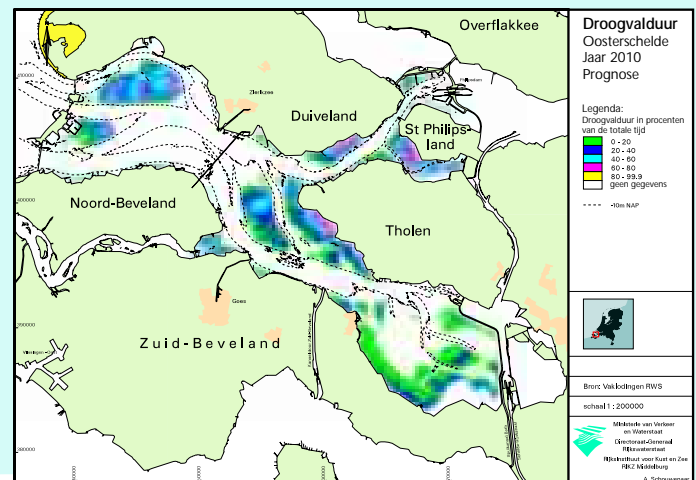
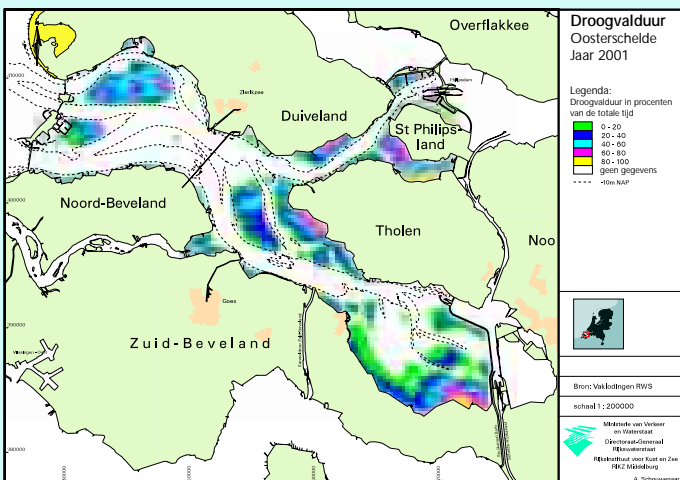
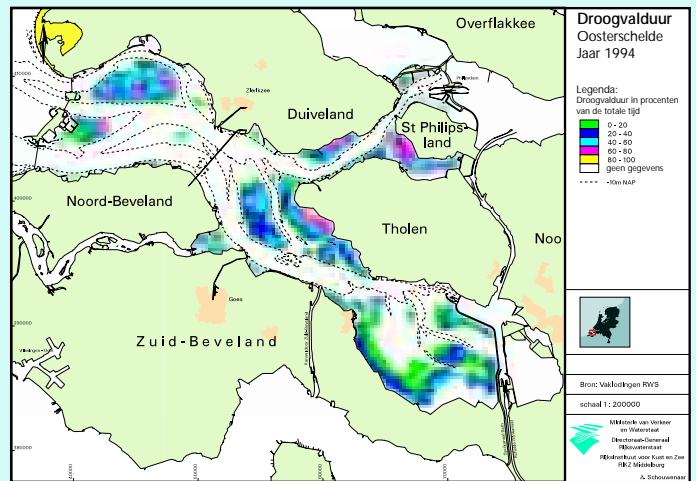
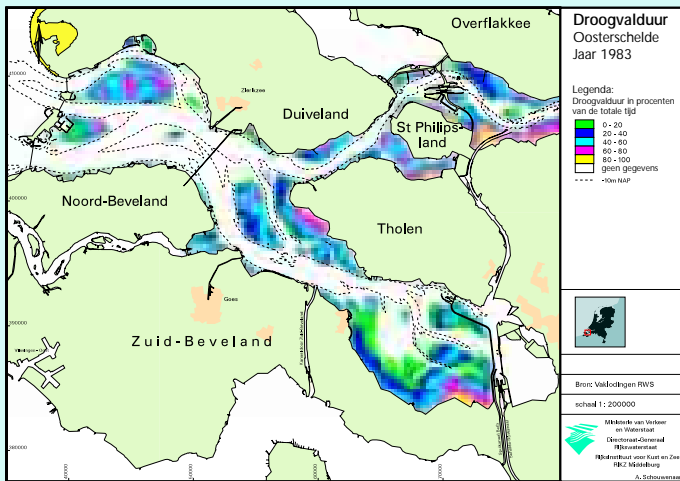
4.4.1 Afname droogvalduur

De platen van de Oosterschelde zijn rijk aan ongewerveld dierlijk leven. Vele soorten zijn specifiek voor de Oosterschelde. Op het moment dat de platen droogvallen dienen deze ongewervelden als voornaamste voedselbron voor de talrijke stellopers die het gebied rijk is. Door afvlakking van het intergetijdengebied neemt ook de droogvalduur (de tijd dat de slikken en platen tijdens laagwater droogvallen) af. De tijd dat de vogels kunnen foerageren neemt dus ook af.

In welke mate is de droogvalduur veranderd? Om dat te bepalen is de droogvalduur rekenkundig afgeleid uit de bodemhoogte en de gemiddelde getijcurve van de Oosterschelde voor de jaren 1983, 1994 en 2001. Daarnaast is een schatting gemaakt voor 2010. Daarbij is ieder jaar verdeeld in vier klassen. Figuur 4.11 toont de



Figuur 4.11: Oppervlakte intergetijdengebied bij diverse droogvalduurklassen voor de totale Oosterschelde in 1983, 1994 en 2001 en een prognose voor 2010.



Figuren 4.12a,b,c,d: Kaartjes van de droogvalduur van de Oosterschelde in 1983 (linksboven), 1994 (rechtsboven), 2001 (linksonder) en de prognose 2010 (rechtsonder).

oppervlakken intergetijdengebied die binnen de verschillende droogvalduurklassen vallen. De systematische veranderingen in droogvalduur zijn eveneens zichtbaar op de kaartjes van de droogvalduur voor de berekende jaren (Figuur 4.12a,b,c,d). Afgezien van enkele uitzonderingen is de algemene tendens dat de oppervlakte van de gebieden die

oorspronkelijk meer dan 40 % van de tijd droogvielen – de hoger gelegen delen dus – in omvang afnemen, terwijl de oppervlakte van de gebieden die oorspronkelijk minder dan 40% van de tijd droogvielen in omvang toenemen. In de Monding verloopt dit proces van afvlakking het meest geleidelijk. In de andere gebieden en zeker de Kom verloopt dit proces heel snel.

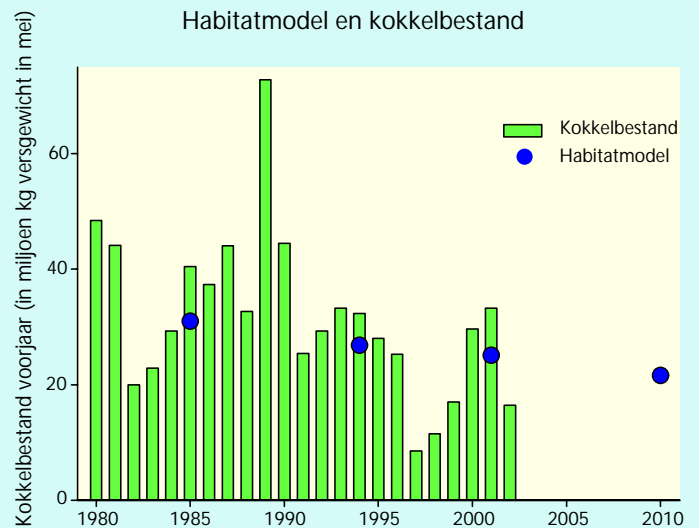
Terwijl in de Monding en in mindere mate in de Noordtak gebieden nog relatief lange tijd droogvallen, is dat in het Middengebied en zeker in de Kom niet het geval.

4.4.2 Effect afname droogvalduur op bodemdieren

Afname potentieel kokkelbestand

Om na te gaan in hoeverre en in welke mate de verkorting van de droogvalduur invloed heeft op het kokkelbestand (op de hoeveelheid kokkels) is in kader van het project EVA II voor het kokkelbestand een kokkelhabitatmodel ontwikkeld. Met dit model kan een schatting gemaakt worden van de ontwikkeling van het potentiële kokkelbestand in de Oosterschelde in relatie tot de droogvalduur (Kater et al., 2003).

Figuur 4.13 toont de schattingen door het model voor de jaren 1985, 1994, 2001 en 2010 als blauwe stippen. In dezelfde figuur zijn de werkelijke kokkelbestanden, zoals die vanuit diverse meetcampagnes in het veld berekend zijn, als staven weergegeven. De werkelijke kokkelbestanden hebben niet alleen te maken met de invloed van de afnemende droogvalduur, maar zij variëren ook door bijvoorbeeld strenge winters en de kokkelvisserij.



Figuur 4.13: Geschatte totale kokkelbestand Oosterschelde op basis van een kokkelhabitatmodel (blauwe stippen) en het jaarlijkse kokkelbestand volgens diverse meetcampagnes. Beide reeksen tonen de situatie in de maand mei.

De figuur laat zien dat de door het model berekende afname van het potentiële gemiddelde kokkelbestand tussen 1985 en 2010 ongeveer 30% bedraagt, wat neerkomt op ongeveer 1 à 2 % per jaar. Opgemerkt dient te

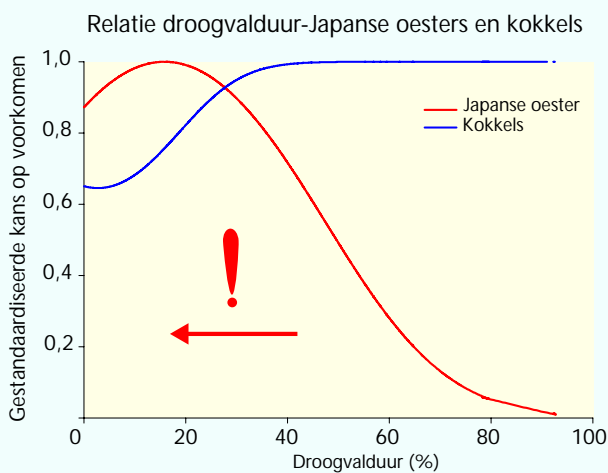


Kokkels.

worden dat deze getallen gebaseerd zijn op een ongevalideerd ⁷ model en daarom als indicatief beschouwd moeten worden. Het is echter wel de best mogelijke schatting van het negatieve effect van een afnemende droogvalduur op het potentiële kokkelbestand zoals die op dit moment gemaakt kan worden.

Verandering omgeving ten gunste van de Japanse oester

Waar kokkels in de Oosterschelde het beste gedijen bij een droogvalduur van 40-60% van de tijd (Figuur 4.14) en de verwachting is dat de draagkracht voor deze soort zal afnemen omdat het oppervlak van de hooggelegen delen afneemt door de zandhonger, ziet de situatie er heel anders uit voor een andere schelpdiersoort, de Japanse oester (*Crassostrea gigas*, zie ook Hoofdstuk 5). In het intergetijdengebied neemt de Japanse oester momenteel het meest toe in de lagere delen met de korte droogvalduur van rond 20% van de tijd. Omdat de oppervlakte laaggelegen gebied met een korte droogvalduur ten gevolge van de zandhonger toeneemt ten koste van de hoger gelegen delen met een langere droogvalduur, verandert het intergetijdengebied ten gunste van de Japanse oester en ten koste van de kokkel.



Figuur 4.14: Relatie tussen droogvalduur en kans dat Japanse oester en kokkel voorkomen.



Japanse oesterbank in de Oosterschelde.

Het is voor de kokkel maar zeer beperkt mogelijk om, bij afname van het meest geschikt gebied, te verplaatsen naar het minder gunstige gebied, het gebied dus dat minder droogvalt. Daar bevinden zich namelijk al de riffen van Japanse oesters die deze ruimte in beslag nemen.

De Japanse oester zal zich voorlopig nog flink in het lage deel van het intergetijdengebied kunnen uitbreiden en lijkt aldus mee te liften op de veranderende omstandigheden. De kokkel in de Oosterschelde dreigt met het verder eroderen van de hoogste delen steeds meer in de knel te komen.

Effecten op overige bodemdiersoorten

Om een indruk van de mogelijke effecten door de afvlakking van platen en slikken op de overige (anders dan kokkels en oesters) bodemdiersoorten te krijgen, is nagegaan op welke hoogte welke bodemdieren voorkomen (Schaub et al., 2003; Escaravage et al., 2003). Uit deze analyse blijkt dat de meeste soorten die algemeen in de bodem voorkomen geen duidelijke differentiatie naar hoogte in het intergetijdengebied vertonen, met andere woorden: deze kunnen zowel hoog als laag in de droogvallende delen voorkomen. Er zijn echter twee (zeer) algemene soorten die duidelijk een 'voorkeur' hebben voor de hogere delen:

⁷ Het model is specifiek voor deze periode en de Oosterschelde ontwikkeld en kon niet getoetst voor andere watersystemen of een andere tijdsperiode (vanwege gebiedsspecifieke verschillen en het ontbreken van een voldoende lange datareeks van de Oosterschelde).

het wadslakje (*Hydrobia ulvae*) en het slijkgarnaaltje (*Coro-phium arenarium*). Beide soorten kunnen plaatselijk erg hoge dichtheden bereiken, tot duizenden per m².

4.4.3 Effect afname droogvalduur op vogels

Zoals beschreven (Paragraaf 4.4.1) veroorzaakt zandhonger afname en afvlakking van platen, waardoor het steeds langer duurt voordat platen en slikken droogvallen. Daarnaast overspoelen ze steeds sneller. De droogvalduur van platen en slikken wordt steeds kleiner. Voor vogels die hun voedsel zoeken op drooggevallen platen en schorren betekent dit dat de tijd die ze hebben om te foerageren korter wordt.

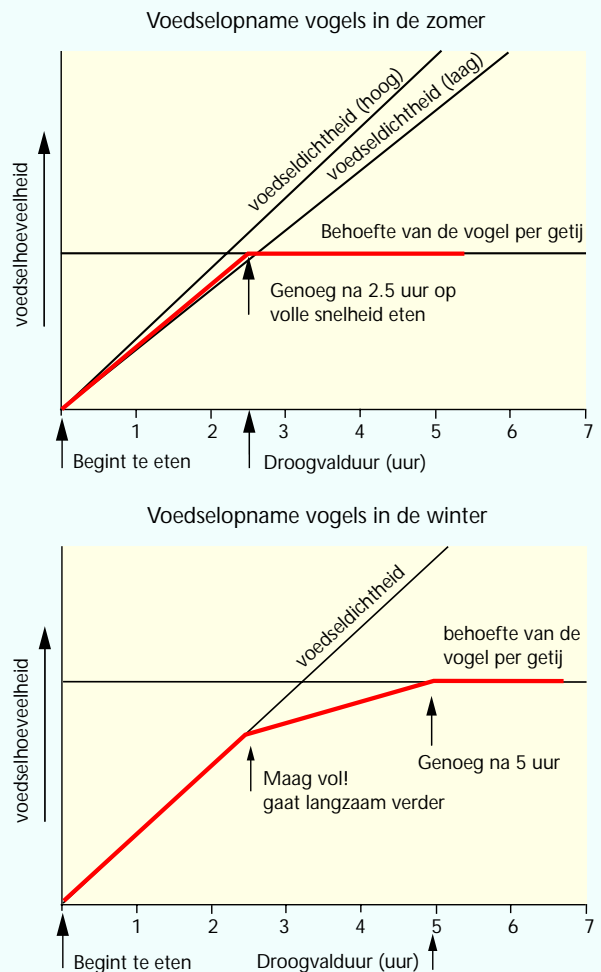
Het effect van de afnemende droogvalduur zal zich zeker in de winterperiode manifesteren, als de voedselbehoefte van vogels hoger ligt dan in de zomerperiode. Diverse vogelsoorten gebruiken de Oosterschelde als overwinterings- en/of doortrekgebied. Vogels die trekken hebben veel energie nodig. Nog afgezien van de tijd die vogels nodig hebben om voldoende voedsel te vinden, kunnen ze ook niet onbeperkt achter elkaar dooreten. Als de maag vol is, moeten de vogels (tijdelijk) stoppen met eten of langzamer foerageren.

Volwaardige voedselalternatieven als het intergetijdengebied onder water staat hebben deze vogels niet. Het gevaar dreigt dus dat niet alle vogels aan hun dagelijkse voedselbehoefte kunnen voldoen.

Scholeksters

Een vogelsoort die bij uitstek afhankelijk is van het intergetijdengebied in de Oosterschelde is de scholekster (*Haematopus ostralegus*). Deze foerageert voornamelijk op kokkels (*Cerastoderma edule*), schelpdieren die vooral in de langer (meer dan 40% van de tijd) droogvallende delen van het intergetijdengebied voorkomen. Figuur 4.15 a en b laat de relatie zien tussen droogvalduur en voedselopname van scholeksters in zomer en winter.

In het kader van het project EVA II is een model voor de Oosterschelde ontwikkeld, waarmee het effect van een afnemende droogvalduur op de scholekster-populatie voorspeld kan worden (Rappoldt et al., 2003). Het model gaat uit van het duidelijke verband dat bestaat tussen de



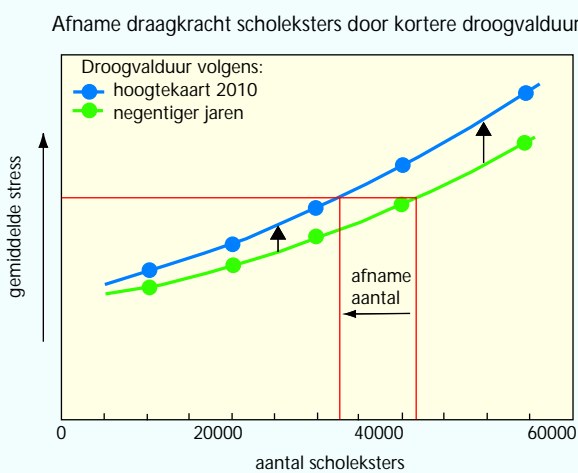
Figuur 4.15 a en b: Schematische weergave van de relatie tussen droogvalduur en voedselopname van scholeksters in zomer (boven) en winter (onder).

stressindex die de groep scholeksters ondervindt die in een bepaald jaar in de Oosterschelde verblijft, en het aantal scholeksters van deze groep dat terugkeert in het daaropvolgende jaar (zie voor nadere definiëring van begrip stressindex Rappoldt et al., 2003).

De stressindex dient onder een bepaald niveau te blijven om de populatie scholeksters stabiel te houden. Is de stress te hoog, dan is de kans groot dat de populatie afneemt.

Het model is gebruikt om het effect van de afnemende droogvalduur van het intergetijdengebied op de

scholeksterpopulatie te kunnen inschatten. Daarbij zijn de droogvalduurgegevens voor begin jaren negentig en de geprognosticeerde gegevens voor 2010 gebruikt. Figuur 4.16 toont het resultaat. Het model geeft aan dat de stressindex tussen begin jaren '90 en 2010 zodanig toeneemt dat een afname van ongeveer 10.000 scholeksters verwacht kan worden. 10.000 scholeksters



Figuur 4.16: Gemiddeld stressniveau van de scholeksterpopulatie in de Oosterschelde in de jaren negentig en 2010, (gebaseerd op modelberekeningen).

is meer dan 1/5 deel van de populatie van begin jaren negentig (circa. 45.000).

Figuur 4.17 laat zien dat de aantallen scholeksters en de hoeveelheden kokkels in de Oosterschelde sinds het einde van de jaren tachtig een neergaande trend doormaken.

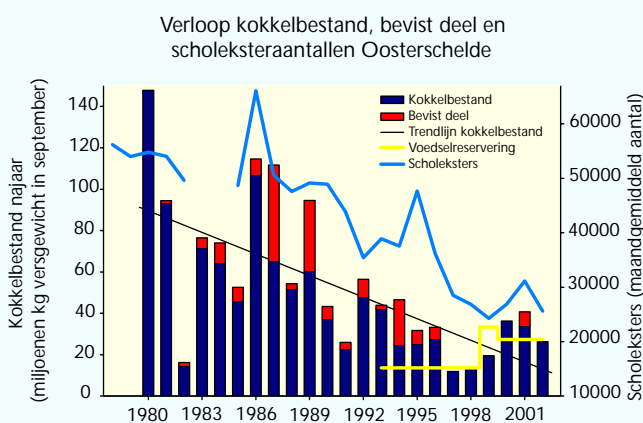
Resultaten uit het EVA II onderzoeksprogramma geven aan dat de oorzaak van de teruggang van het aantal scholeksters gedurende de jaren '90 vooral veroorzaakt is door een combinatie van verplaatsing van mosselweekpercelen naar dieper water (begin jaren '90) en intensieve mechanische kokkelvisserij voorafgaande aan en gedurende de strenge winters van 1995/1996 en 1996/1997.

De draagkracht voor scholeksters in de komende tijd zal voor een belangrijk deel bepaald worden door de verkorting van de droogvalduur in combinatie met de toenemende concurrentie tussen schelpdieren (zie Hoofdstuk 5) en een afnemende primaire productie (zie Hoofdstuk 6) (Geurts van Kessel et al., 2003; Rappoldt et al., 2003).

Effecten op andere vogels die foerageren in intergetijdengebieden

Lof (2003) heeft laten zien dat op de scholekster na er nog geen duidelijke signalen uit de vogelmonitoring naar voren komen. Het moment waarop andere vogelsoorten beïnvloed worden door de afnemende droogvalduur is afhankelijk van de prooikeus van de soort en de beschikbaarheid van geschikte alternatieve prooien.

Met name vogels die voor een belangrijk deel afhankelijk zijn van de bodemdiersoorten die in de hoger gelegen delen van het intergetijdengebied voorkomen, zouden als eerst merkbaar getroffen kunnen worden. Afgaande op wat bekend is over de voedselkeuzen van wadvogels (Van de Kam et al., 1999) zijn bergeenden (*Tadorna tadorna*) (wadslakjes), bontbekplevieren (*Charadrius hiaticula*) (slijkgarnaaltjes), bonte strandloper (*Calidris alpina*), rosse grutto (*Limosa lapponica*) en tureluur (*Tringa totanus*) (beide prooidieren) de vogelsoorten waar het om zou kunnen gaan, uitgaande van de voedselsituatie. Gezien de snelheid waarmee de droogvalduur afneemt wordt verwacht dat negatieve effecten op de overige vogelpopulaties zich veel eerder zullen manifesteren dan tot nu toe werd aangenomen.



Figuur 4.17: Het kokkelbestand (miljoenen kg versgewicht in september) in de Oosterschelde van 1980 t/m 2002 volgens diverse meetcampagnes, het bevestigd deel en het maandgemiddelde aantal scholeksters over het seizoen van juni t/m juli.

4.5 CONCLUSIE ZANDHONGER

De aanleg van de Deltawerken heeft geresulteerd in een zandhonger van de geulen in de Oosterschelde van orde 400 tot 600 miljoen m³, waardoor platen en slikken eroderen. De ontwikkeling van de zandhonger voltrekt zich in grote lijnen zoals bij de aanleg van de Deltawerken voorspeld is (Kohsiek et al., 1987). Hoewel tot nu toe de indruk bestond dat duidelijke effecten van dit fenomeen op ecologische waarden pas op (zeer) lange tijdschaal duidelijk zichtbaar zouden worden (honderden jaren), duiden recente inzichten erop dat

negatieve effecten al op veel kortere termijn te verwachten zijn (tientallen jaren). Niet zozeer de snelheid waarmee het oppervlak intergetijdengebied afneemt is hierbij bepalend, maar de afname van de tijd die de platen en slikken droogvallen. Enerzijds hebben vogels die voor hun voedselvoorziening afhankelijk zijn van deze gebieden hierdoor minder tijd om voedsel op te nemen, anderzijds verandert de geschiktheid van de omgeving voor het voorkomen van bodemorganismen, de belangrijkste voedselbron voor de vogels in de Oosterschelde.



Foeragerende bontbekplevier.



5. BIODIVERSITEIT EN EXOTEN

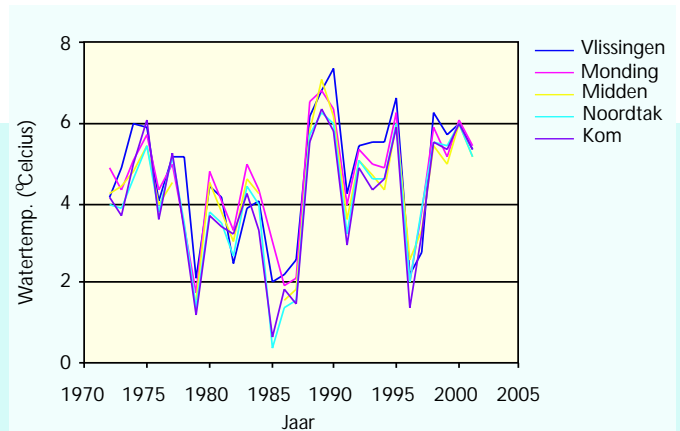
Binnen de Nederlandse delta geldt de Oosterschelde als een gebied met een uitzonderlijk hoge biodiversiteit. In internationale verdragen en wetgeving krijgt de bescherming van de biodiversiteit steeds meer prioriteit. Het is dan ook niet voor niets dat de Oosterschelde ter bescherming van haar biodiversiteit als wetland van internationale importantie wordt gekenmerkt en beschermd onderdeel uitmaakt van Natura 2000, het samenhangende, ecologische, Europese netwerk dat de EU-Habitatrichtlijn beoogt.

Het behoud van de biodiversiteit gaat echter niet 'zo maar'. De Oosterschelde stond en staat aan verschillende veranderingen en invloeden bloot die onder andere gevolgen hebben voor de soorten diversiteit, maar ook voor de soortensamenstelling van het gebied. De veranderingen zijn het (directe en indirecte) gevolg van klimaatverandering, van de Deltawerken en de actieve import van levend materiaal. Dit hoofdstuk schetst de veranderingen en de gevolgen daarvan zoals die nu zichtbaar zijn. Daarbij is gebruik gemaakt van de kennis die onderzoek door Bureau Aquasense (de Kluijver en Dubbeldam, 2003), Stichting Anemoon (Gmelig Meyling et al., 2004), het NIOO-CEME (Schaub et al., 2003; Escaravage et al., 2003) en het EVA II-project (Geurts van Kessel et al., 2003) heeft opgeleverd.

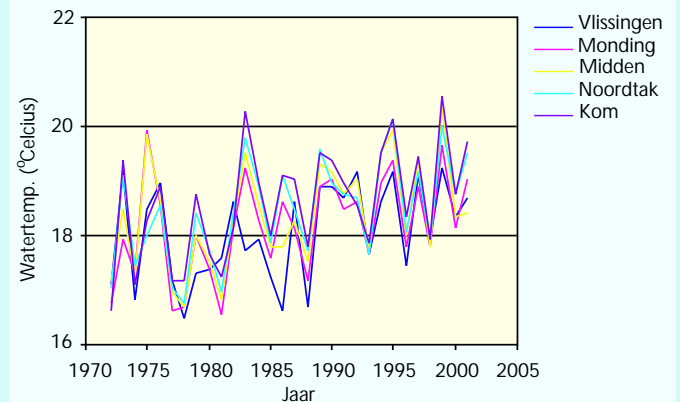
5.1 VERANDERINGEN, OOK IN DE OOSTERSCHELDE

Klimaatverandering

De aarde 'warmt op'. Klimaatdeskundigen voorspellen dat de klimaatsveranderingen die zijn ingezet zullen doorzetten. In welke mate en zelfs in welke richting, daarover bestaan nog grote onzekerheden. In 2001 presenteerde het Intergovernmental Panel on Climate Change hierover haar derde klimaatrapport. Op basis hiervan bracht het KNMI een brochure uit met conclusies over het weer en de zeespiegelstijging in de 21^e eeuw (KNMI, 2001). De temperaturen bij het aardoppervlak zullen mondiaal in de komende eeuw minstens 1,4 tot 5,8 °C stijgen en in Europa zelfs nog iets meer. Daarbij neemt de kans op zomerse hittegolven toe en de kans op vorstdagen af.



Figuur 5.1a: Gemiddelde watertemperatuur over de winterperiode berekend voor de vier deelgebieden in de Oosterschelde.



Figuur 5.1b: Gemiddelde watertemperatuur over de zomerperiode berekend voor de vier deelgebieden in de Oosterschelde.

Mulder en Peperzak (2003) geven aan dat in de kustwateren watertemperaturen de stijging van de luchttemperaturen grotendeels zullen volgen.

Uit analyse van metingen van watertemperaturen over de afgelopen decennia blijkt, dat de watertemperatuur in de Oosterschelde behoorlijk veranderd is. Figuren 5.1a en b laten de ontwikkeling van de gemiddelde

watertemperatuur in vier deelgebieden van de Oosterschelde zien zoals deze gemeten zijn gedurende de zomers en winters van de afgelopen drie decennia. De lijnen vertonen voor de zomerperiode een opwaartse trend. De toenames van de watertemperaturen in de lente en in de zomer zijn significant, de gemiddelde watertemperaturen in de winter blijken echter niet significant veranderd te zijn. Toch is er wel iets bijzonders te zien in de winters. De definitie van een 'koude winter' die bij het KNMI wordt gehanteerd is

een winter waarin de laagste maandelijkse watertemperatuur in de periode van december t/m februari beneden de 3 °C ligt.

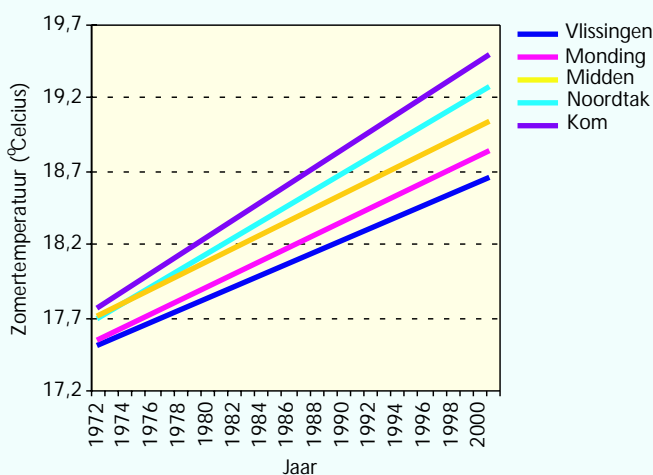
Uitgaande van deze definitie lijken er steeds minder koude winters op te treden en steeds meer winters waar de gemiddelde temperatuur boven de 5 °C ligt.

Er kan echter niet worden geconcludeerd dat alleen de (mondiale) klimaatverandering verantwoordelijk is voor de veranderingen in de watertemperatuur van de Oosterschelde, die veranderingen hangen namelijk ook samen met de Deltawerken.

Deltawerken en de verandering van de watertemperatuur

Zoals in de vorige paragraaf werd opgemerkt hangt de verandering van de watertemperatuur van de Oosterschelde ook samen met de Deltawerken. Door de aanleg van de Oosterscheldewerken is de uitwisseling met Noordzeewater flink afgenomen. Aangezien het water in de Oosterschelde hierdoor een langere verblijftijd heeft gekregen, kan het water in de lente en zomer eerder en sneller opwarmen.

Figuur 5.2 laat zien dat binnen de Oosterschelde de temperatuurtoename, hoewel subtiel, relatief het grootst



Figuur 5.2: Trendlijnen watertemperatuur Oosterschelde in de zomerperiode voor de vier deelgebieden binnen de Oosterschelde en referentielocatie Vliissingen.

is in die deelgebieden waar de verblijftijd door de aanleg van de Oosterscheldewerken het meest verlengd is: het Komgebied en de Noordtak (steilste helling van de trendlijn). De Monding en het Middengebied vertonen een relatief kleinere toename (flauwere helling van de trendlijn) die meer overeenkomst met het verloop op de referentielocatie Vliissingen in de monding van de Westerschelde.

Deltawerken en de verandering in het zoutgehalte

De Oosterscheldewerken hebben ook invloed gehad op het zoutgehalte van het water in de Oosterschelde. Door de aanleg van de compartimenteringsdammen achterin de Oosterschelde zijn de zoet-zoutgradiënt en de sterke, seizoensgebonden wisselingen in zoutgehalte die horen bij een estuarien ecosysteem verdwenen. In de huidige situatie is er sprake van een homogeen gemengde, stabiel zoute zee-arm, waarbij de zoutgehaltes verhoogd zijn ten opzichte van de situatie voor de aanleg van de Deltawerken (zie Tabel 3.1).

Actieve import van levend materiaal

Dan is er nog een heel andere manier waarop de biodiversiteit in de Oosterschelde wordt beïnvloed: de actieve import van levend materiaal door de mens. Dat gebeurt via de aangroei op schepen, ballastwater en invoer van commerciële schelpdieren. Vaak gaat het om larvale (jonge) stadia van organismen uit verre oorden, die doorgaans exoten worden genoemd. Zo is waarschijnlijk de penseelkrab (*Hemigrapsus penicillatus*), schuilend in de aangroei op een scheepshuid, vanuit Azië in Europa terechtgekomen en sinds enkele jaren in de Oosterschelde te vinden. Uit onderzoek blijkt dat ballastwater een belangrijke bron van exotische soorten vormt (Wetsteyn en Vink, 2001). Door de toename van scheepvaartintensiteit neemt de geloosde hoeveelheid ballastwater toe, met name in de monding van de Westerschelde, dit ballastwater wordt door de overheersende stromingsrichting de Oosterschelde ingevoerd.

Om aan de vraag naar schelpdieren voor consumptie te kunnen voldoen is de schelpdiersector voor de kweek van mosselen primair aangewezen op zogenaamd mosselbroed uit de Waddenzee. In tijden van schaarste probeert de sector partijen schelpdieren vanuit andere



Zeeanjelier (*Metridium senile*), een autochtone Oosterscheldesoort.

(West-)Europese landen te importeren. Dit wordt door verschillende natuurorganisaties middels gerechtelijke procedures aangevochten, uit angst voor het importeren van gebiedsvreemde organismen, met mogelijke schadelijke ecologische gevolgen. Actueel is thans de discussie over het al dan niet mogen invoeren van halfwas mosselen uit Ierland, waarvoor door de Raad van State in 2003 toestemming is verleend.

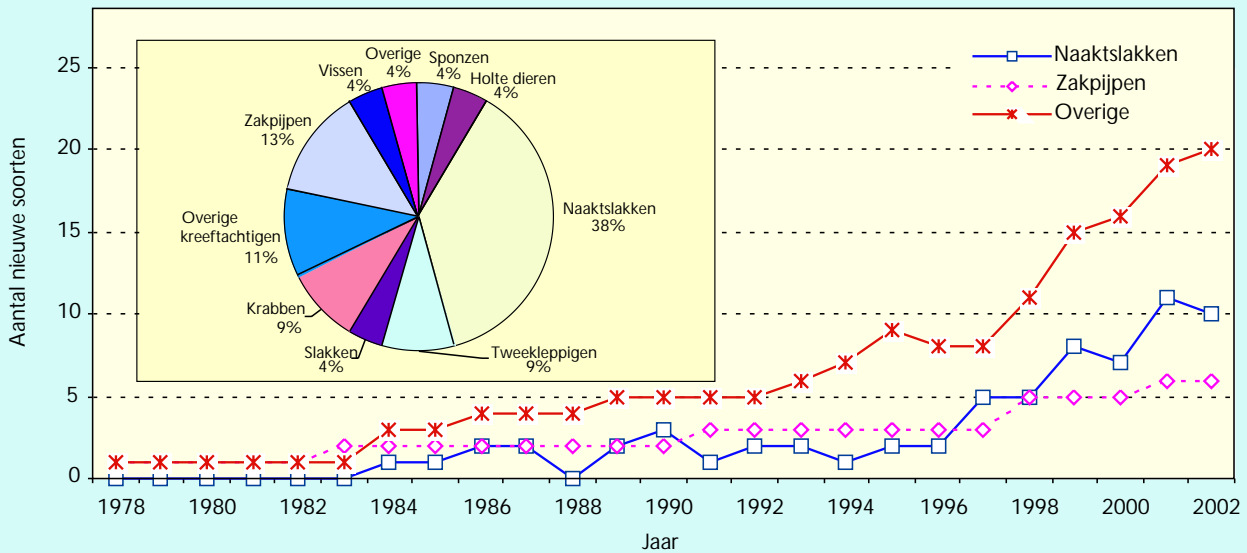
5.2 GEVOLGEN VAN DE VERANDERINGEN VOOR DE BIODIVERSITEIT

Door de stijging van de zeewatertemperatuur hebben soorten die normaliter in aangrenzende warmere wateren leven ('zuidelijke soorten') de kans om hun leefgebieden naar het noorden uit te breiden. Vooral het warmere water in de zomer maakt het voor deze soorten mogelijk om zich hier te kunnen voortplanten. Atlantische soorten zijn soorten die doorgaans vooral in open zee leven, waar het zoutgehalte hoog en stabiel is en de wintertemperatuur niet te laag. Ook voor deze groep van organismen biedt de huidige Oosterschelde goede omstandigheden. Tegenover de toename van deze soorten staat ook de afname van een aantal soorten waarvan het verspreidingsgebied zich voor een belangrijk deel ten

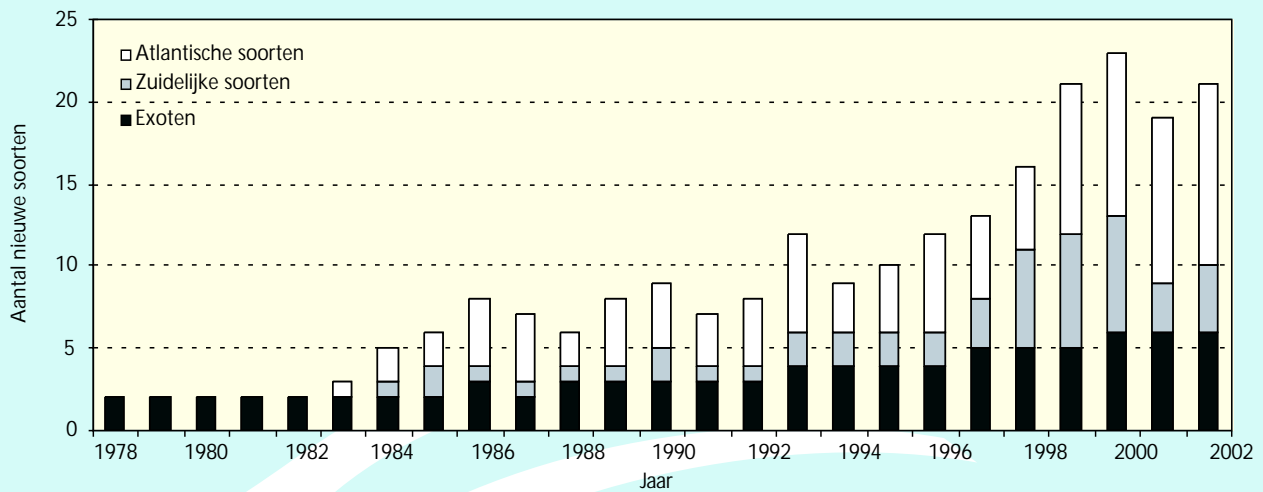
noorden van Nederland bevindt. Voor deze 'noordelijke' soorten worden de temperaturen te hoog. Het verdwijnen van de zoet-zoutovergangen en de seizoensgebonden fluctuaties in zoutgehalten zijn ten nadele van de 'braktolerante soorten', die een relatief hoge tolerantie hebben voor lage zoutgehalten.



Duiker die waarnemingen doet voor het project Monitoring Onderwater Oever (www.anemoon.org) bij een begroeide pijler van de Zeelandbrug.



Figuur 5.3: Aantal nieuwe soorten in de Oosterschelde vanaf 1978, waargenomen per jaar, uitgesplitst naar naaktslakken, zakpijpen en overige soorten. Het taartdiagram geeft het aantal nieuwe soorten over de jaren 1978-2002, uitgesplitst per soortsgroep.



Figuur 5.4: Aantal nieuwe soorten in de Oosterschelde vanaf 1978 met trefkans ≥ 1 .

Door Gmelig-Meyling et al. (2003) is een reconstructie opgesteld van het voorkomen van nieuwe soorten in de Oosterschelde ten opzichte van 1978. Daarbij is geprobeerd om gegevens van alle grotere organismen (zogenaamde macrofauna) samen te brengen. Figuren 5.3. en 5.4 geven de resultaten daarvan weer. Figuur 5.3 laat zien dat de nieuwe soorten tot vele verschillende groepen organismen behoren. Het aantal nieuwe soorten dat ieder jaar wordt aangetroffen neemt gestaag

toe vanaf 1978. Het lijkt zelfs dat de toename steeds groter wordt, maar dat kan ook het gevolg zijn van de toegenomen kans op waarneming als gevolg van de sterke toename van het aantal duikers die waarnemingen doen.

Het blijkt dat de nieuwe soorten voor ongeveer de helft van Atlantische herkomst zijn (Figuur 5.4). De overige vijftig procent zijn vooral exoten en voor een iets kleiner deel zuidelijke soorten.

Zijn nieuwe soorten schadelijk voor het ecosysteem?

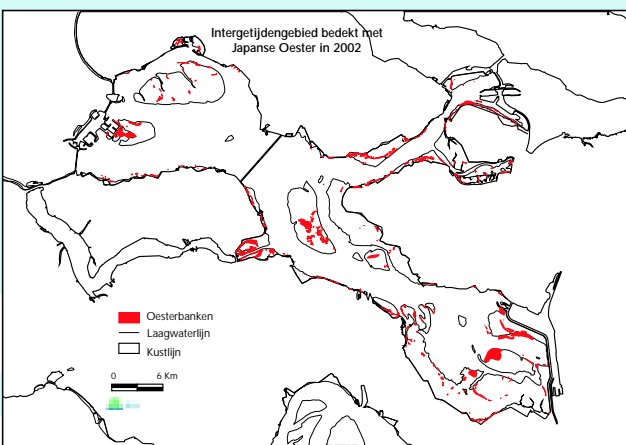
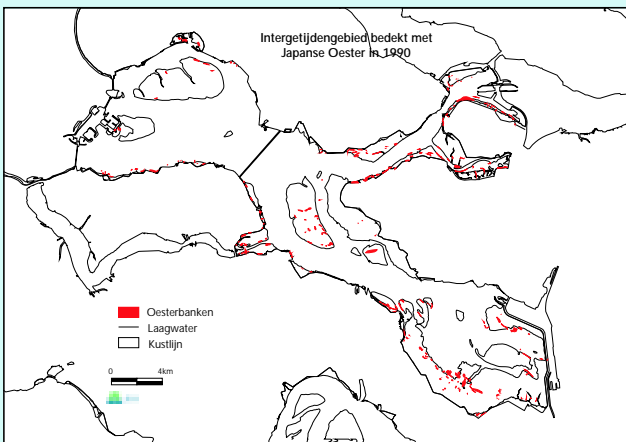
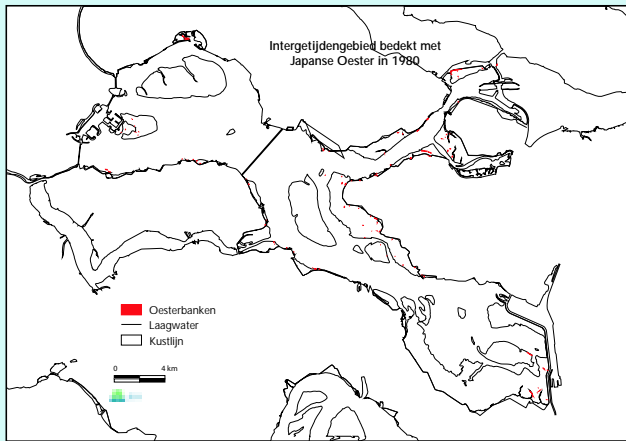
Feit is, dat in de Oosterschelde al vele eeuwen geleden de eerste exotische soorten geïntroduceerd zijn. Sommigen zijn al lang algemene soorten die hun plaats in het ecosysteem gevonden hebben. Soorten als de strandgaper (*Mya arenaria*) en het muiltje (*Crepidula fornicata*) zijn heel gewone verschijningen in en buiten de Oosterschelde, het muiltje is zelfs dominant vertegenwoordigd in de Kom. In het algemeen hebben nieuwkomers geen blijvend negatief ecologisch effect op het ecosysteem. Dat leek wel het geval met het Japans bessenwier (*Sargassum muticum*) dat in de jaren tachtig werd gesignaleerd. Het wier kwam enkele jaren massaal voor, maar de populatie heeft inmiddels een 'normale' omvang bereikt. De Japanse oester (*Crassostrea gigas*) lijkt daarentegen een soort te zijn die wel een groot effect op de ecologie van de Oosterschelde dreigt te (gaan) hebben (zie ook Paragraaf 4.4.2 ruimtecompetitie en Paragraaf 6.3 voedselcompetitie).



Viltwier (*Codium fragile*).



Paarse waaierslak (*Flabellina pedata*).

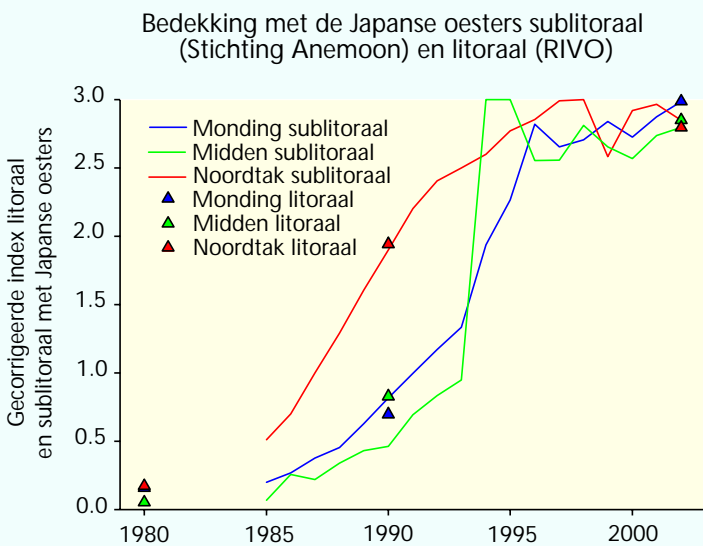
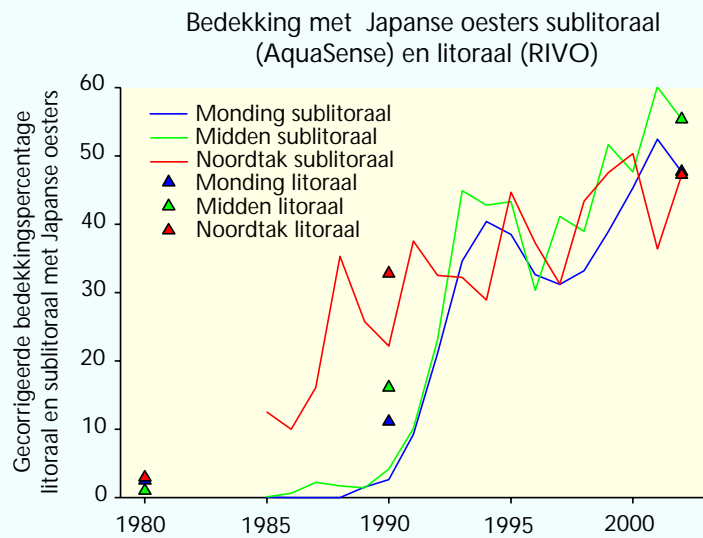


Figuren 5.5 a, b en c: Bedekking intergetijdengebied met Japanse oesters in 1980, 1990 en 2002.

Opmars van de Japanse oester

De Japanse oester is in 1964 door de schelpdiersector in de Oosterschelde geïntroduceerd als alternatief voor de Zeeuwse platte oester (*Ostrea edulis*). Vanaf de kweekpercelen is de Japanse oester verwilderd en sinds de tweede helft van de jaren zeventig heeft deze exotische schelpdiersoort zich gestaag in de Oosterschelde uitgebreid. In de droogvallende delen was in 1980 15 ha bedekt met Japanse oesters (Figuur 5.5 a), in 1990 ongeveer 210 ha (Figuur 5.5 b) en in 2002 640 ha (Figuur 5.5 c) (Kater en Baars, 2003).

Uit sonarbeelden van de Oosterschelde is geschat dat in 2002 ongeveer 700 ha van de sublitorale delen van de Oosterschelde bedekt was met Japanse oesters (Kater, 2003). In totaal is er inmiddels dus bijna 15 km² van het gebied tussen hoog- en laagwater en onder de laagwaterlijn bedekt met Japanse oesters. AquaSense en Stichting Anemoon hebben beiden een reconstructie gemaakt van de ontwikkeling van de Japanse oester in het sublitoraal van de Oosterschelde. Beide reconstructies vertonen een vergelijkbaar beeld (Figuren 5.6 a en b). Met name de explosieve toename begin jaren '90 valt op, dat is hoogstwaarschijnlijk veroorzaakt door de goede broedval van oesterlarven in 1989. De Japanse oester lijkt voordeel gehad te hebben van de verhoogde watertemperaturen in de Oosterschelde, een periode van hoge watertemperaturen bevordert de larvenproductie.



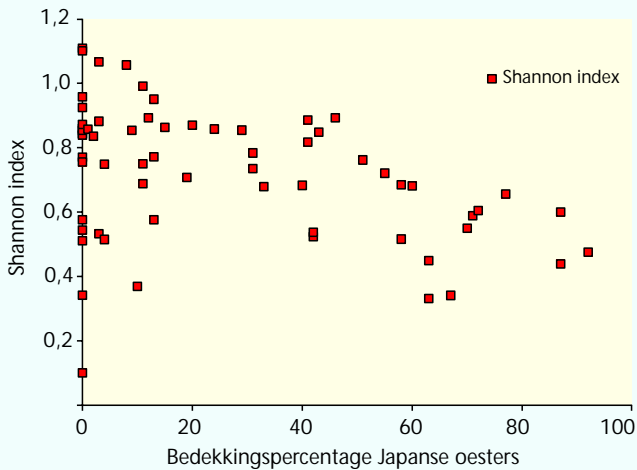
Figuur 5.6 a en b: Bedekking sublitoraal hardsubstraat en litoraal gebied met oesters 1985-2002.

Heeft de uitbreiding van de Japanse oester effect op de biodiversiteit? Gedachte daarbij kan zijn dat de soort zo massaal (gaat) voorkomt dat het andere soorten verdringt.

In Paragraaf 4.4.2 is beschreven dat de Japanse oester in het intergetijdengebied op dit moment nog niet om ruimte concurreert met de kokkel, het schelpdier dat voor de voedselvoorziening van steltlopers zo belangrijk is. Echter, doordat de omgeving als gevolg van de zandhonger ten gunste van de oester en ten nadele van de kokkel verandert, zal dit in toenemende mate we het geval zal zijn. Als het meest geschikt, hooggelegen gebied voor de kokkel afneemt, is het niet mogelijk om zich naar minder gunstige, laaggelegen gebieden te verplaatsen omdat zich daar de riffen van Japanse oesters bevinden die deze ruimte in beslag nemen.

Om te kunnen beoordelen of de toename van de Japanse oester in het sublitoraal invloed heeft op de soortensamenstelling en diversiteit zijn door de Kluijver en Dubbeldam (2003) de sublitorale gegevens met betrekking tot sessiele (vastgehechte) organismen geordend. De gegevens zijn zo geordend, dat er een relatie kon worden gelegd tussen de soortdiversiteit van hardsubstraat levensgemeenschappen (uitgedrukt in de Shannonindex) en het bedekkingspercentage van het sublitorale hardsubstraat door oesters.

Diversiteit van sublitorale hardsubstraat levensgemeenschappen bij olopende bedekking met Japanse oesters



Figuur 5.7: Relatie tussen bedekkingspercentage van het hardsubstraat met Japanse oesters en de diversiteit van de sublitorale hardsubstraat gemeenschappen ter plaatse (de Kluijver en Dubbeldam, 2003).

Figuur 5.7 laat daarvan het resultaat zien. Daaruit blijkt dat als het bedekkingspercentage van de Japanse oester groter wordt, de soortendiversiteit van de levensgemeenschappen daalt. Ook valt op, dat de verscheidenheid aan diverse levensgemeenschappen afneemt bij een toenemende bedekkingsgraad. De Oosterschelde zal dus bij toename van het oppervlak met een hoog bedekkingspercentage Japanse oesters naar verwachting steeds soortenarmer worden en de verscheidenheid aan levensgemeenschappen die van oorsprong op de harde ondergrond voorkomt lijkt steeds eentoniger te worden. Hiertegenover staat dat de Japanse oester ook een soort

is die habitatvormend is: de grote schelpen en of oester-riffen zelf kunnen een nieuwe leefomgeving bieden. In de Oosterschelde lijkt dit vooral van betekenis te zijn voor soorten als de Noordzeekreeft (*Homerus gammarus*) en bodemgebonden vissoorten zoals de zwarte grondel (*Gobius niger*).

5.3 CONCLUSIE BIODIVERSITEIT EN EXOTEN

Door actieve import van levend materiaal met schelpdieren en ballastwater van schepen vestigen zich in toenemende mate nieuwe soorten in de Oosterschelde. Opwarming van het zeewater ten gevolge van klimaatverandering en de gewijzigde randvoorwaarden van het Oosterscheldesysteem door de aanleg van de Deltawerken (opwarming, stabiel zoutgehalte) versterken deze toename. De kans op het aanslaan van exoten waardoor zij zich ontwikkelen tot een zogenaamde invasieve soort die de autochtone soorten verdringt is in de Oosterschelde relatief groot. Doordat de autochtone soorten vaak een specifieke rol spelen als 'dragers' van het ecosysteem waarop het verdere voedselweb voortbouwt, kunnen exoten, als deze in staat blijken lang genoeg te domineren, een aanzienlijke impact op systeemniveau bewerkstelligen. De opkomst van de in 1964 geïntroduceerde Japanse oester onderschrijft dit (zie ook Paragraaf 4.4.2 ruimtcompetitie en Paragraaf 6.3 voedselcompetitie).



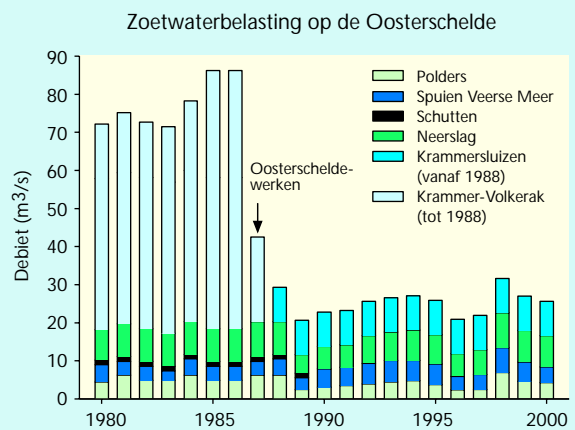
Japanse oester (*Crassostrea gigas*).

6 DRAAGKRACHT

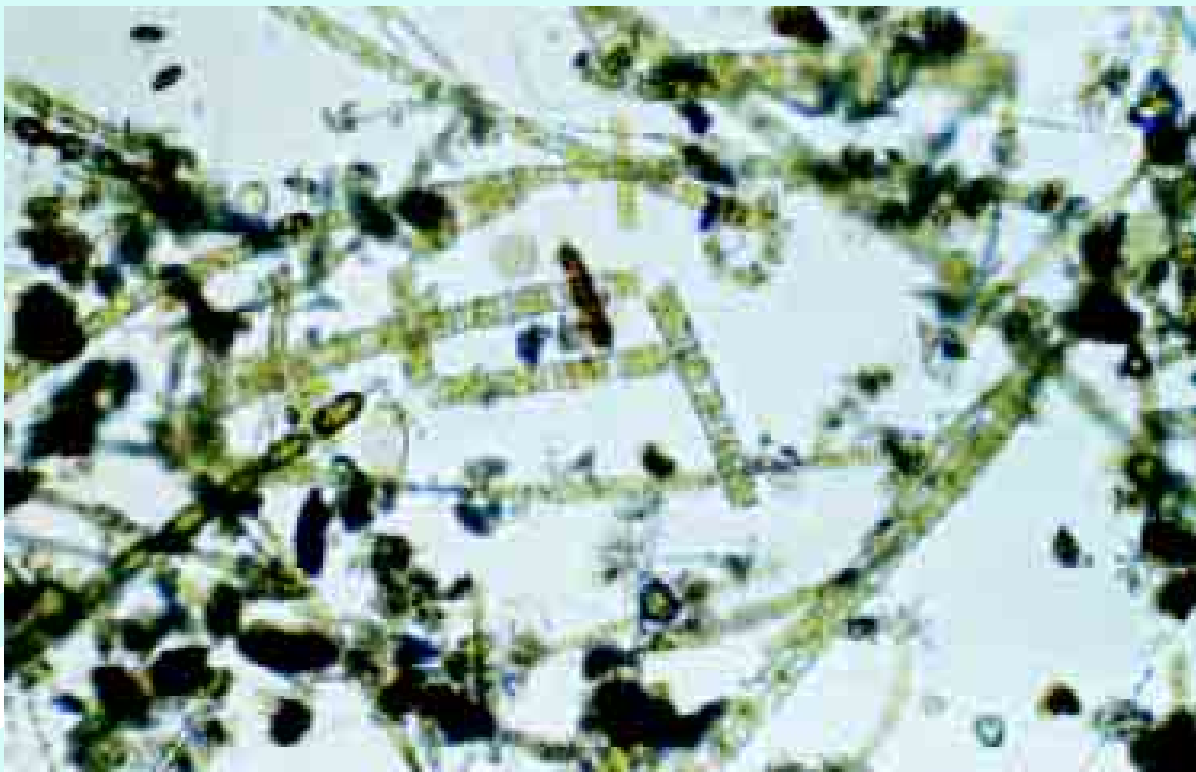
6.1 ACHTERGROND

Organismen reproduceren zich tijdens het leven, dat is wat een ecosysteem in stand houdt. Daar zijn energie en voedingsstoffen voor nodig die afkomstig kunnen zijn van buiten het systeem maar die ook in het ecosysteem zelf door sterfte en afbraak weer beschikbaar kunnen komen. Zonlicht is in de meeste ecosystemen een vaste externe energiebron.

In de Oosterschelde van vóór de aanleg van de Oosterscheldewerken leverde het instromende zoete water een belangrijke bron van voedingsstoffen (meststoffen). Deze zijn belangrijk voor de groei van fytoplankton – primaire productie – die een belangrijke basis voor het voedselweb van de Oosterschelde vormt. Zoals Figuur 6.1 laat zien is de aanvoer van het zoete rivierwater na de aanleg van de Oosterscheldewerken



Figuur 6.1: Waterbelasting op de Oosterschelde voor de periode 1980-2000.



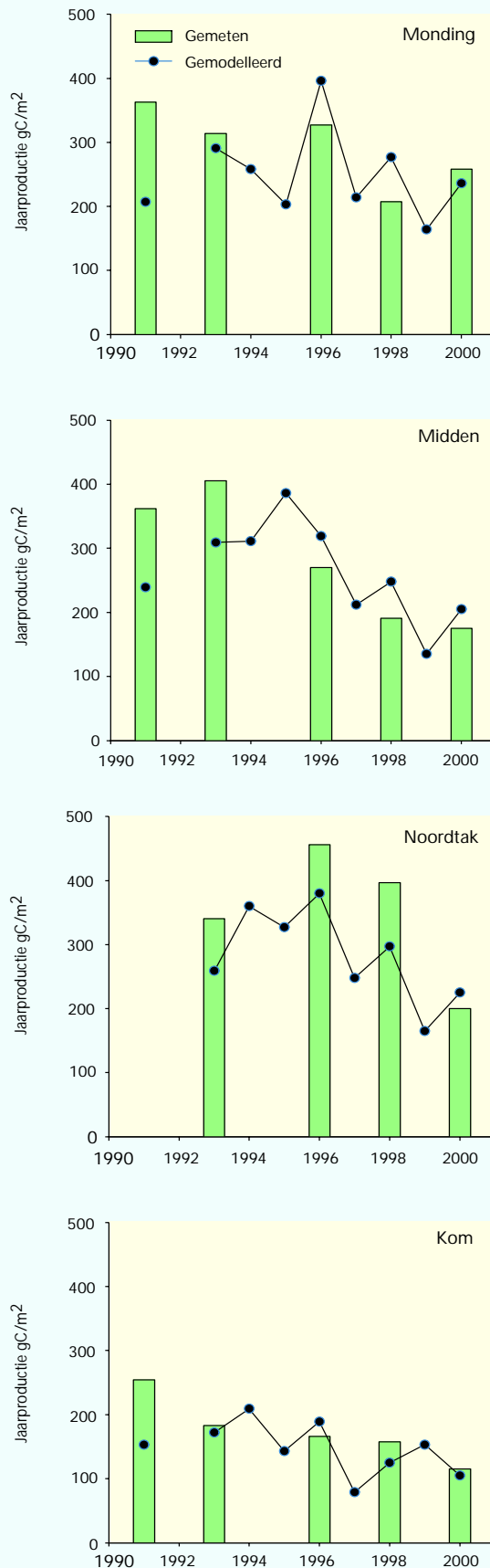
Fytoplankton in de Oosterschelde.

met ruwweg tweederde afgenomen. Een zorg destijds was dan ook of, als gevolg van de verminderde aanvoer van voedingsstoffen, de primaire productie zou afnemen en dus de 'draagkracht' van het Oosterschelde-systeem kleiner zou worden. Zouden er net zoveel organismen -vogels en vissen bijvoorbeeld- kunnen blijven leven of zou het beschikbare voedsel minder worden? En zouden de schelpdierkweekers niet in hun productiemogelijkheden beperkt worden? De evaluatie van de Oosterscheldewerken in de nota 'Veilig Getij' (Smaal en Boeije, 1991) liet zien dat op dat moment de draagkracht niet was afgenomen. De aanvoer van voedingsstoffen (m.n. nutriënten) was weliswaar minder geworden, maar het water was door de lagere stroomsnelheden helderder geworden en dankzij het grotere doorzicht (betere lichtdoordringing in de waterkolom) en de snelle turnover (herbeschikbaar komen van voedingsstoffen door afbraak) bleef de totale primaire productie op hetzelfde peil. Wel werd er enige verschuiving van de productiepieken in tijd en ruimte waargenomen. Ook in het eerste Oosterscheldebekkenrapport (Van Berchum en Wattel, 1997) constateerden de onderzoekers dat de primaire productie op peil was gebleven. Dat lijkt nu echter niet meer het geval te zijn, zo heeft recent onderzoek laten zien.

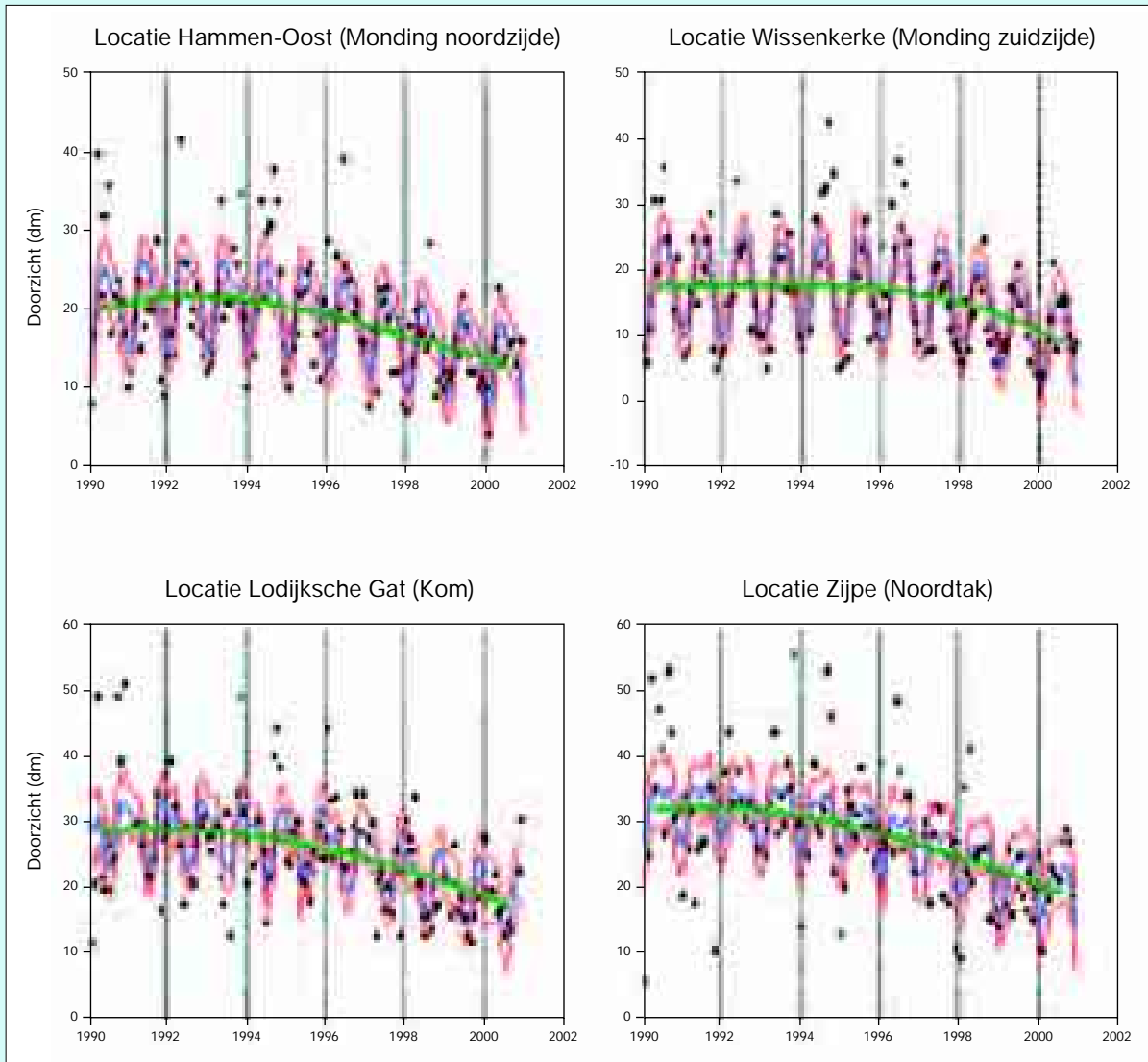
Wat de voedselsituatie in de Oosterschelde betreft zijn twee fenomenen essentieel: afname van het doorzicht (Wetsteyn et al., 2003) en de toegenomen filtratiedruk door de opkomst van de Japanse oester (Kater et al., 2003; Geurts van Kessel et al., 2003).

6.2 RELATIE PRIMAIRE PRODUCTIE EN DOORZICHT

Op basis van veldmetingen en modelberekeningen is de primaire productie bepaald in de vier deelgebieden van de Oosterschelde in de periode 1990-2000. Figuur 6.2 (bron dr. J.C. Kromkamp NIOO-CEME) laat zien dat de primaire productie rond 2000 is afgenomen ten opzichte van begin jaren negentig. Voor de Noordtak en het Middengebied is de daling over de gehele periode 1990-2000 significant. Voor primaire productie door fytoplankton zijn voedingsstoffen en licht nodig. De afname van de primaire productie blijkt niet samen te hangen met een afname van voor fytoplankton beschikbare nutriënten, in dezelfde periode zijn de



Figuur 6.2: Gemeten jaarproducties (balken) en gemodelleerde jaarproducties (lijnen).



Figuur 6.3: Verloop doorzicht (in dm) op 4 locaties in de Oosterschelde: Hammen-Oost (noordzijde van de Monding), Wissenkerke (zuidelijk deel Monding), Zijpe (Noordtak) en Lodijsche Gat (Kom). De zwarte stippen geven de waarnemingen weer. De blauwe lijn is de voorspelling van het model waarvan het betrouwbaarheidsinterval (95%) wordt weergegeven door de rode lijnen. De groene lijn geeft de derdegraads trendlijn weer.

gehalten aan stikstof, silicaat en fosfaat (essentiële voedingsstoffen voor het fytoplankton) namelijk gestegen (Wetsteyn et al., 2003). De meest waarschijnlijke oorzaak is de afname van het doorzicht (Figuur 6.3).

Figuur 6.3 geeft de ontwikkeling van het doorzicht op vier locaties verspreid over de Oosterschelde in de periode 1990-2001. Deze vier locaties laten vanaf

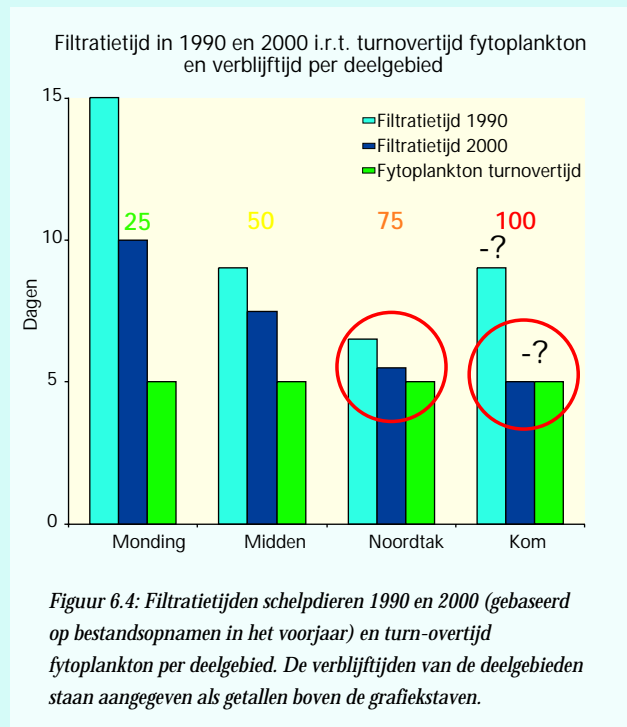
halverwege jaren '90 allen een duidelijk neerwaartse trend zien. In de gebieden met de langste verblijftijden van het water, het Komgebied (locatie Lodijsche Gat) en de Noordtak (locatie Zijpe), lijkt de afname het grootst te zijn en het vroegst te zijn ingezet. De figuur laat zien dat over de gehele linie het doorzicht sinds begin jaren negentig ongeveer gehalveerd is. Ook in het Grevelingenmeer is een aanzienlijke afname van het doorzicht vastgesteld (Hoeksema, 2002).

Het afnemende doorzicht is niet het gevolg van een verhoogd zwevend stof gehalte maar van een kleuring van het water, die mogelijk veroorzaakt wordt door verhoogde humuszuurconcentraties. (hypothese, verhoogde concentraties humuszuren zijn nog niet met metingen aangetoond!). Humuszuren kunnen door toegenomen neerslaghoeveelheden van het land afspoelen, maar zouden ook afkomstig kunnen zijn uit de veenlagen achterin de Oosterschelde zelf, die door erosie van de slikken in de Kom en Noordtak (zandhonger) bloot komen te liggen (Geurts van Kessel et al., 2003). Van humuszuren is bekend dat deze zich kunnen ophopen in estuariene systemen waar het water een lange verblijftijd heeft (Christensen et al., 1996). In de deelgebieden van de Oosterschelde met de langste verblijftijden, de Noordtak en Kom, zette de afname van het doorzicht zich het eerst in. Of humuszuren werkelijk de oorzaak zijn van het afnemende doorzicht is op dit moment nog onbekend. Ook is niet bekend of de mogelijke bronnen die hierboven genoemd zijn hierbij een rol spelen.

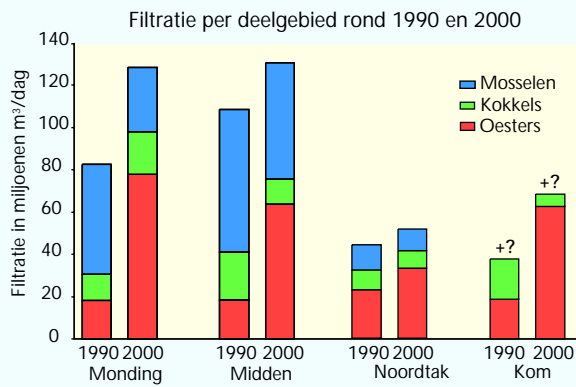
6.3 PREDATIEDRUK DOOR JAPANESE OESTERS

In de Oosterschelde daalt de primaire productie, daarnaast is de filtratie door de Japanse oester fors toegenomen (zie Paragraaf 5.2). Het gevolg kan zijn dat op termijn voedselconcurrentie tussen filtrerende organismen (schelpdieren als kokkels, mosselen en oesters) kan gaan optreden. Het duidelijkste signaal van voedselconcurrentie zal zijn dat de vleesgewichten in de schelpdieren in de Oosterschelde beginnen terug te lopen, maar dit kon op basis van meetgegevens nog niet aangetoond worden. In een ecosysteem is de kans op voedselconcurrentie het grootst als:

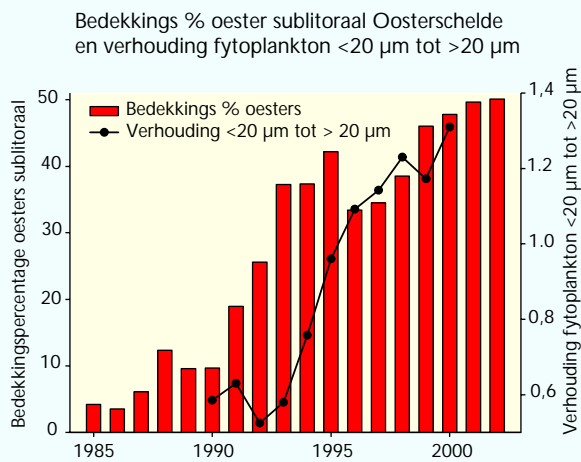
- de primaire productie afneemt;
- de filtratiedruk door alle filtrerende organismen samen groot is in verhouding tot het watervolume, zodat een substantieel deel van het water per dag gefiltreerd kan worden;
- de verblijftijd van het water verhoudingsgewijs lang is, waardoor relatief weinig voedsel van buiten het (deel)gebied aangevoerd wordt.



Deze situatie doet zich binnen de Oosterschelde in het ondiepe Komgebied het sterkst voor, gevolgd door respectievelijk de Noordtak, het Middengebied en de Monding (zie ook Figuur 6.4; Geurts van Kessel et al., 2003). Het totaal aantal schelpdieren dat in een watergebied leeft heeft een bepaalde tijd nodig om al het water in het gebied één keer te filtreren. In Figuur 6.4 is deze tijd gepresenteerd voor 1990 en 2000 per deelgebied van de Oosterschelde. De figuur laat zien dat deze filtratietijd in 10 jaar tijd aanzienlijk bekort is. De figuur geeft ook de geschatte turn-overtijd van het fytoplankton; de tijd die het fytoplankton nodig heeft om weer tot het oorspronkelijke peil aan te groeien. Te zien is dat met name in de Kom en Noordtak de filtratie- en turn-oversnelheid erg dicht bij elkaar komen te liggen (rode cirkels). De vraagtekens bij het Komgebied zijn daar geplaatst om aan te geven dat de filtratie van de mosselen die op de verwaterpercelen in dit gebied liggen niet zijn meegenomen in de berekening.



Figuur 6.5: Filtratie door mosselen, kokkels en oesters per deelgebied van de Oosterschelde begin jaren negentig en rond 2000 (Geurts van Kessel et al., 2003).



Figuur 6.6: Verhouding fytoplankton <20 µm tot >20 µm (zwarte lijn) en het bedekkingspercentage van het sublitorale hardsubstraat met Japanse oesters gemiddeld voor de gehele Oosterschelde (Geurts van Kessel et al., 2003).

De toegenomen filtratiehoeveelheden worden veroorzaakt door de toename van de Japanse oester, Figuur 6.5 geeft het aandeel van de schelpdieren mossel, kokkel en oester in de totale filtratie rond 1990 en rond 2000.

Er zijn aanwijzingen dat de Japanse oester met zijn enorme filtratiecapaciteit wel eens verantwoordelijk zou kunnen zijn voor de geconstateerde verandering van de fytoplanktonsoortensamenstelling in de Oosterschelde. Een steeds groter deel van het fytoplankton bestaat uit kleine (<20 µm) soorten algen. Figuur 6.6 laat zien dat de veranderende verhouding tussen grote en kleine algensoorten in de Oosterschelde in de periode 1985-2002 voorafgegaan wordt door een toenemende



Filtrerende mosselen.



Filtrerende kokkels.



Filtrerende oester.

bedekking van het sublitorale hardsubstraat met Japanse oesters. De correlatie tussen de bedekking van deze harde ondergronden en de verhouding is significant. Op dit moment is nog onduidelijk of er werkelijk sprake is van een causaal verband tussen de toename van Japanse oesters en soortensamenstelling van het fytoplankton, en welk effect een gewijzigde fytoplanktonsoortensamenstelling vervolgens heeft op de ontwikkeling van de overige filterende organismen. Ook is nog onbekend in hoeverre Japanse oesters de larvale stadia van andere organismen kunnen affiltreren, momenteel wordt hiernaar onderzoek verricht door het RIVO-CSO in samenwerking met de Universiteit Groningen.

Omdat zoöplankton een belangrijke voedselbron vormt voor vissen kunnen verschuivingen in zoöplanktonsoortensamenstelling, dichtheden en biomassa's zich in potentie doorvertalen naar een afnemende voedselbeschikbaarheid voor opgroeiende vissen (kraam- en kinderkamerfunctie). En met hen de organismen die daarvoor hun voedsel weer afhankelijk van zijn. Omdat er geen reguliere zoöplankton monitoring plaatsvindt kon deze effectketen niet nader onderzocht worden. Het is een hypothese die nader onderzoek verdient.

6.4 CONCLUSIE DRAAGKRACHT

De primaire productie door het fytoplankton neemt af in sommige delen van de Oosterschelde. Deze afname is niet veroorzaakt door de afgenomen zoetwatertoevoer

naar de Oosterschelde ten gevolge van de aanleg van de compartimenteringsdammen: er is in de huidige situatie niet of nauwelijks sprake van nutriëntenlimitatie. Wel is het doorzicht in de Oosterschelde in 10 jaar tijd bijna gehalveerd, waardoor waarschijnlijk sprake is van lichtlimitatie van het fytoplankton. De oorzaak van het teruglopende doorzicht is op dit moment nog onbekend, mogelijk wordt deze veroorzaakt door in het water opgeloste humuszuren die ofwel via afspoeling van het land door de verhoogde neerslaghoeveelheden of uit de veenlagen in de Oosterschelde zelf afkomstig kunnen zijn.

Een combinatie van een afnemende primaire productie door het fytoplankton enerzijds en een toegenomen consumptie door schelpdieren anderzijds (m.n. door de Japanse oester), kan tot voedselconcurrentie tussen filterende organismen leiden. Voedselcompetitie kan vervolgens leiden tot een afname van de vleesgewichten in schelpdieren. Een afname van de vleesgewichten in schelpdieren zal zowel negatieve consequenties hebben voor de draagkracht voor steltlopers (afname biomassa prosoorten) als voor de kweekmogelijkheden van mosselen en oesters (grenzen van draagkracht en dus productiecapaciteit bereikt). De kans op voedselcompetitie tussen schelpdieren is het grootst in het Komgebied gezien de sterke toename van de filtratie door het grote aantal Japanse oesters, het beperkte watervolume en de sterk verlengde verblijftijd van het water in dit deelgebied door de aanleg van de Oosterscheldewerken.

7 OVERIGE BELANGRIJKE NATUURWAARDEN UITGELICHT

7.1 SCHORREN

Schorren, begroeide intergetijdengebieden in de gematigde klimaatzones, zijn gebieden die alleen in estuariene overgangengebieden voorkomen. Als het gaat om totale oppervlakte zijn zij zeer zeldzaam te noemen. De soortsdiversiteit van schorvegetatie is niet erg groot, maar een groot deel van de soorten zijn wel zeer specifiek, ze komen niet in andere habitats voor. Daarnaast vormen schorren een functioneel onderdeel van het watersysteem. Zij vangen slib en sediment in, vormen een woon- en voedselgebied voor vele organismen en spelen een rol als kraam- en kinderkamer voor vissen. Schorren worden dan ook zowel nationaal als internationaal als belangrijke habitats gezien. De schorren van de Oosterschelde zijn als beschermde habitats aangewezen in het kader van de EU-Habitatrichtlijn.

In het verleden kwamen er in de Nederlandse delta grote arealen schorren voor, over de gehele zoutgradiënt van zout naar zoet water. Deze overgang van zout naar zoet was sterk terug te vinden in de vegetatiesamenstelling. Die grote gebieden konden er zijn omdat er én voldoende sediment beschikbaar was én omdat er voldoende plaatsen waren waar het sediment afgezet kon worden. Was het intergetijdengebied hoog genoeg opgeslibd, dan konden de pioniers onder de schor-

planten er kiemen en ontstonden schorren. De vegetatie versterkte het invangen van sediment en met het hoger worden van de schorren volgden diverse plantensoorten elkaar op (successie) die bij elk stadium gebruikelijk zijn. De Deltawerken hebben de Delta in compartimenten opgedeeld, waardoor de geleidelijke zoet-zoutgradiënten verdwenen zijn en op de luwe plaatsen waar de schorren het eerst konden ontstaan is nauwelijks aanvoer meer van sediment. Omdat de aanleg van jong schor stagneert en er jaarlijks een deel van het bestaand schor erodeert staan de schorren van de Delta onder druk (Storm, 1999).

Tabel 7.1 geeft de ontwikkeling van het oppervlak schorren in het Oosterscheldegebied vanaf 1856. Vóór de Oosterscheldewerken hadden de Oosterscheldeschorren een gezamenlijk oppervlak van zo'n 2000 ha. Door de aanleg van de compartimenteringsdammen is het overgrote deel van het schorareaal verloren gegaan; met het ontbreken van het getij waren de schorren achter de compartimenteringsdammen per definitie geen schorren meer. Tegenwoordig telt de Oosterschelde nog maar circa 500 ha schorren.

Deelgebied	1856	1910	1938	1960	1978*	1988**	1995**	2004***
Volkerak	748	968	981	909	616	-	-	-
Eendracht	260	178	198	195	43	-	-	-
Noordtak	347	462	353	392	409	356	336	319
Midden	286	118	63	63	42	32	27	26
Kom	609	274	413	617	536	156	160	152
Totaal	2250	2018	2008	2176	1646	544	523	507

Tabel 7.1: Historische ontwikkeling van het areaal schorren in het Oosterscheldegebied.

* Na aanleg Zandkreek- en Volkerakdam

** Na aanleg Stormvloedkering en compartimenteringsdammen

*** Prognose op basis van ontwikkelingen 1988 – 1995 en huidige schorklifmetingen

OMVANG SCHORREN

Aan de hand van vegetatiekarteringen, bepalingen van de schorbodemsamenstelling, hoogtemetingen en de metingen van sedimentatiesnelheden is de schorontwikkeling in de Oosterschelde onderzocht. (Van Maldegem en De Jong, 2004). De schorren van Rattekaai (Kom van de Oosterschelde), Rumoirt (Slaak) en Sint Annaland (Krabbenkreek) beslaan samen circa 85% van het totale schorareaal van de Oosterschelde. Op de voor erosie meer gevoelige delen wijken de schorkliffen met zo'n 0,5 tot 1 meter per jaar terug, deze snelheden zijn vergelijkbaar met die van voor de uitvoering van de Oosterscheldewerken. In de huidige situatie neemt het totale schorareaal jaarlijks met 2 à 3 ha af, omdat er geen of nauwelijks meer opbouw van nieuw schor plaatsvindt. Tabel 7.2 geeft de gegevens voor de drie grootste schorren.

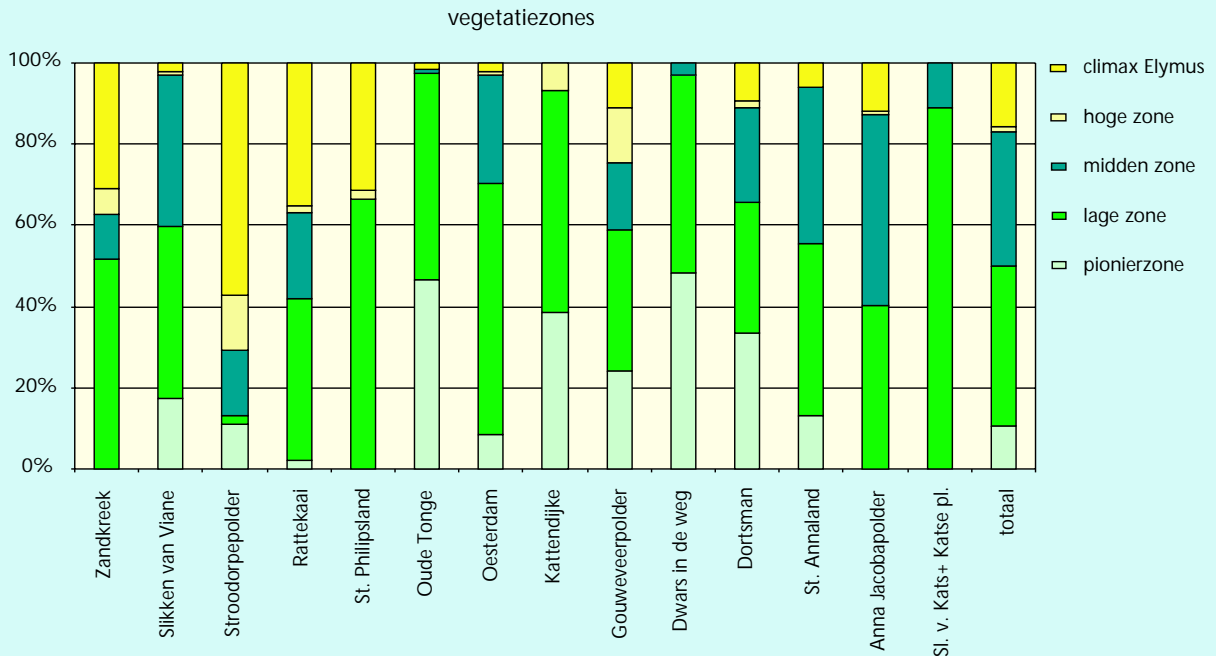
	Gemiddeld	Standaarddeviatie
Sint Annaland	1,1	1,7
Rattekaai	0,4	0,2
Rumoirt	0,6	0,4

Tabel 7.2: Snelheid van de achteruitgang van de schorkliffen in de Oosterschelde (m/jaar).

In de periode 2002-2003 is het deel van het schor van Rumoirt dat het meest aan erosie onderhevig was verdedigd met breuksteen. De verwachting is, dat zal blijken dat de kliferosie ter plaatse tot stilstand is gekomen. In 2005 zal de schorrand van het schor van Sint Annaland beschermd worden.



Eroderend schor.



Figuur 7.1: Procentuele verdeling van de vegetatietypen op de verschillende schorren in de Oosterschelde, 2001. De typen zijn geordend van jong naar oud.

DIVERSITEIT SCHORVEGETATIE

Figuur 7.1 geeft de verdeling van vegetatietypen op de schorren in de Oosterschelde. Hoewel alle typen nog in de Oosterschelde vertegenwoordigd zijn, is de opbouw wel vrij eenzijdig. Met name de jongere typen (pionierzone) maken een beperkt deel van het areaal uit.

SEDIMENTATIE

Tabel 7.3 geeft de gemiddelde gemeten sedimentatiesnelheden op de drie belangrijkste schorgebieden van de Oosterschelde. De geconstateerde sedimentatiesnelheden zijn, in vergelijking met de situatie vóór de

aanleg van de stormvloedkering, circa gehalveerd (Van Maldegem en De Jong, 2004).

De in de tabel vermelde sedimentatiesnelheden kunnen niet absoluut vertaald worden als verhoging van het schor. Schorbodems worden door indroging lager (inklinking), een geleidelijk en doorgaand proces. Ruw geschat klinkt de bodem nog zo'n 25 % van de gemeten sedimentatie in; met andere woorden: 20 mm sedimentatie per jaar levert uiteindelijk (nadat de inklink volledig is) een jaarlijkse verhoging van 15 mm op. In de huidige situatie worden er netto-ophogingen van het schor in de Oosterschelde geconstateerd van een krappe 1 tot 12 mm per jaar. Er zit een zekere marge rond deze getallen, vanwege de onzekerheden die de beperkingen van de metingen met zich meebrengen. Lokaal zou het

oeverwallen		kommen	
ongunstig voorland	gunstig voorland	ongunstig voorland	gunstig voorland
7 (6-9)	10 (6-13)	3 (2-6)	6 (1-16)

Tabel 7.3: Gemiddelde sedimentatiesnelheden schorgebieden (inclusief spreiding) op de drie belangrijkste schorgebieden van de Oosterschelde (mm/jaar). De waarden zijn exclusief inklinking. In de Oosterschelde betekent ongunstig voorland dat het beschut ligt voor de wind.

zelfs zo kunnen zijn (bijvoorbeeld op het Schor van Rumoirt) dat er netto helemaal geen ophoging meer is.

Het ophogen van de bodem door het invangen van sediment hóórt bij schorren. Schorren worden alleen overspoeld tijdens zeer hoog water (bijvoorbeeld springtij). Om neer te kunnen slaan moet het sediment dan wel in de waterkolom opgenomen – in suspensie – zijn. Het fijne slib wordt relatief gemakkelijk in het water opgenomen, maar voor zánd zijn hoge stroomsnelheden nodig. Op het schor komt het zand vooral terecht op de kreekranden (oeverwallen), het slib sedimenteert verder van de krekken vandaan.

In de huidige situatie van de Oosterschelde zijn de stroomsnelheden aanmerkelijk lager dan vóór de Oosterscheldewerken en kan het zand eigenlijk alleen nog in suspensie komen door wrijving van windgolven langs een ondiepe waterbodem. In het voorland van het schor – het zeewaarts liggende intergetijdengebied – moeten de omstandigheden dus zo zijn, dat de door wind veroorzaakte golven zand in het water brengen, dat vervolgens met het water over het schor verspreid kan worden. Hoe meer dat voorland ‘vrij’ voor de wind ligt, hoe meer kans er is dat zand naar het schor getransporteerd kan worden.

Dit zou te zien moeten zijn aan de sedimentatiemetingen op het schor. In Tabel 7.3 zijn daarom de gemiddelde sedimentatiesnelheden opgenomen voor zowel kommen als oeverwallen bij situaties met veel en weinig golfwerking in het voorland. Bij gunstige omstandigheden blijken de sedimentatie-

snelheden inderdaad anderhalf tot twee keer zo hoog te zijn.

Het sediment dat na de Oosterscheldewerken op het schor is gesedimenteerd blijkt echter minder slib te bevatten dan voorheen. Sinds de Oosterscheldewerken zijn uitgevoerd zijn de slibgehalten in het water van de Oosterschelde drastisch gedaald. Slib uit het water lijkt dan ook geen belangrijke bron voor sedimentatie op het schor meer te zijn. Komt het relatief slibrijke materiaal dat op het schor sedimenteert dan uit de eroderende kliffen (‘rolt het schor zich op’)? Berekeningen geven aan dat op de schorren van Sint Annaland en Rumoirt de eroderende klifranden circa tweederde van het totaal op het schor afgezette sediment kunnen hebben geleverd. Bij Rattekaai is dat mogelijk slechts zo’n 5% geweest, maar dit schor ligt dan ook gunstig ten opzichte het voorland dat veel zand ‘geleverd’ kan hebben.

CONCLUSIE

Door de aanleg van de Oosterscheldewerken is nog slechts ongeveer een kwart van het schorareaal overgebleven, zodat in de Oosterschelde tegenwoordig nog circa 500 ha schorren voorkomt. Het areaal neemt door kliferosie af met zo’n 3 ha per jaar. Hoewel alle schortypen in de Oosterschelde nog vertegenwoordigd zijn, is de totale samenstelling wel vrij eenzijdig: met name de jongere stadia komen beperkt voor. Door de verlaagde stroomsnelheden en het afgesneden aanbod van rivierslib zijn de sedimentatiesnelheden op het schor sinds de Oosterscheldewerken flink verlaagd. De hoogste sedimentatiesnelheden worden nu gevonden bij schorren die een gunstig ‘voorland’ hebben: een breed slikgebied dat goed ‘op de wind’ ligt, zodat golven er zand in de waterkolom op kunnen wervelen. Mogelijk komt een groot deel van het sediment dat op het schor komt echter uit de eroderende schorkliffen. Dat zou het relatief hogere slibgehalte van het op het schor sedimenterende materiaal kunnen verklaren. Nader onderzoek zou hier inzicht in kunnen verschaffen.

7.2 ZEEGRAS

In de Oosterschelde vormen zeegrassen een belangwekkende soortsgroep, de Oosterschelde is één van de weinige Nederlandse locaties waar het nog voorkomt.



Luchtfoto schorgebied.

Er zijn twee soorten te onderscheiden, Klein zeegras (*Zostera noltii*) en Groot zeegras (*Zostera marina*). Groot zeegras valt onder de Flora- en Faunawet. Klein zeegras is de talrijkste soort, Groot zeegras komt slechts in beperkte mate voor. Beide soorten zijn voornamelijk te vinden op de droogvallende platen en slikken. De zeegrasstengels remmen de stroming, stimuleren de sedimentatie, bieden een schuilplaats aan visjes, een aanhechtingsplaats voor eieren van allerlei organismen en zijn voedselbron voor rotganzen en eenden. Tijdens laagwater zoeken steltlopers naar diertjes die zich tussen het zeegras ophouden. Zeegrassen zijn dan ook zogenaamde ecosysteemvormers: structuurvormende soorten die een speciale leefomgeving toevoegen voor een specifieke groep organismen, maar ook invloed hebben op de abiotische omstandigheden.

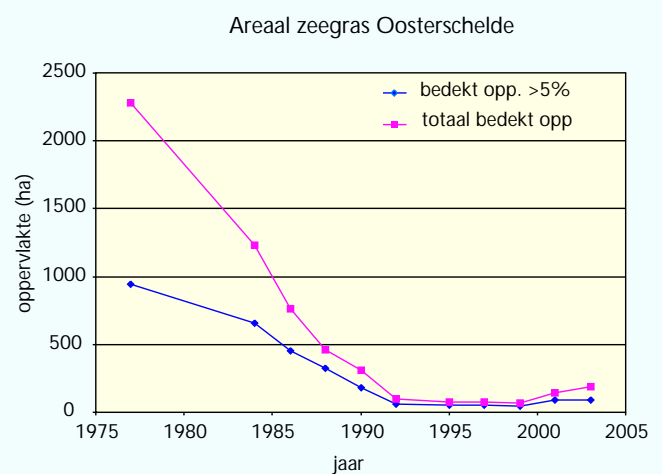
Door het verdwijnen van de zoetzoutovergangen zijn zeegrasvelden een steeds zeldzamer habitat geworden. Ter illustratie: in de Nederlandse Waddenzee is zeegras in de afgelopen eeuw van meer dan 30.000 ha teruggegaan naar circa 100 ha. Niet voor niets zijn er allerlei kaders die speciale bescherming voor deze soorten beogen, zowel nationaal als internationaal. Beide soorten zeegras staan aangemerkt als rode-lijstsoorten. In Europees verband wordt momenteel onderzocht hoeveel zeegras nog aanwezig is en hoe deze te beschermen. In het beheers- en inrichtingsplan van het Nationaal Park Oosterschelde worden zeegrasvelden expliciet genoemd als te beschermen en te ontwikkelen doelen. Door Rijkswaterstaat wordt de ontwikkeling van de zeegrasvegetaties in de Oosterschelde gemonitord.



Zeegras.

VOORKOMEN VAN ZEEGRAS

Figuur 7.2 geeft de ontwikkeling van het totale areaal zeegras sinds 1977. Over de oudste gegevens bestaat enige onzekerheid, omdat de methode van in kaart brengen in die tijd anders was. In het verleden, vóór de Oosterscheldekering, kwamen beide soorten echter op grote schaal voor.



Figuur 7.2: De ontwikkeling van het areaal zeegrasvelden in de Oosterschelde. De blauwe lijn geeft het areaal 'zeegrasveld' (bedekkingspercentage boven 5%) en de paarse het totale areaal.

De oudste kartering is van 1977 en geeft een oppervlak van 945 ha zeegrasveld. Een zeegrasvegetatie wordt als 'veld' gekarteerd als het bedekkingspercentage groter dan 5% is. In 1984 is de eerste integrale kartering door Rijkswaterstaat uitgevoerd en daarbij is 657 ha zeegrasveld in kaart gebracht. Na het gereedkomen van de stormvloedkering leken de omstandigheden voor zeegras gunstiger te worden omdat de stroomsnelheden afnamen. Toch ging het areaal gestaag omlaag, tot een dieptepunt in de periode 1990-2000 met oppervlakken rond de 47-63 ha. Deze afname is heel waarschijnlijk het gevolg geweest van het hogere zoutgehalte. Zowel het Groot als het Klein zeegras kunnen daar niet goed tegen. Uit diverse onderzoeken is gebleken dat te hoge zoutgehalten kieming en opgroei negatief beïnvloeden (www.zeegras.nl). Daarnaast blijkt bij Groot zeegras dat deze door zoutstress verschuift van een meerjarige naar een eenjarige vorm. In dat laatste geval moet het zeegras ieder jaar opnieuw uit zaad ontkiemen. In combinatie met de slechtere kieming wordt deze soort dus dubbel

getroffen. Waarschijnlijk ligt de bovengrens van het zoutgehalte voor zeegras rond de 16,5 g Cl⁻/l. Onlangs is het zoutgehalte wat lager geworden, dit hangt waarschijnlijk samen met de toename van regenwaterafvoer naar de Oosterschelde (Lefevre, 2004). Het zeegras lijkt daar gunstig op te reageren door weer iets toe te nemen: sinds het dieptepunt van 1999 met 47 ha is het areaal gestegen via 88 ha in 2001 naar 93 ha in 2003.

TOEKOMST

Als de huidige trend van wat lagere zoutgehalten in de Oosterschelde doorzet, zal er vermoedelijk een geleidelijk herstel van zeegras optreden. Dit herstel zal echter naar verwachting langzaam gaan, omdat Klein zeegras een meerjarige plant is met een beperkte zaadverspreiding. Deze soort heeft dus tijd nodig om de delen waaruit het verdwenen is weer te kunnen koloniseren. Groot zeegras is nu beperkt tot drie kleine gebiedjes: Roggenplaat, het noordelijk deel van de Zandkreek en enkele kreken in het schor bij St. Annaland.

Als het zoutgehalte nog 1 à 2 g Cl⁻/l lager zou worden zou dit herstel mogelijk nog versterkt kunnen worden. Door de aanleg van het doorlaatmiddel in de Zandkreekdam zal het zoutgehalte in de Zandkreek verlagen, wat gunstig is voor het zeegras. Om daadwerkelijk levenskrachtige zeegrasvegetaties terug te krijgen in de Oosterschelde zullen zoutdynamiek en estuariene gradiënten teruggebracht moeten worden.

CONCLUSIE

Het areaal Groot en Klein zeegras in de Oosterschelde is na de aanleg van de Oosterscheldewerken sterk afgenomen. Waarschijnlijk leidt het zeegras er nu een kwijnend bestaan door het hoge en stabiele zoutgehalte. Na een dieptepunt rond de eeuwwisseling van circa 50 ha kwam er in 2003 weer bijna 100 ha zeegrasveld voor. Dit lichte herstel is waarschijnlijk te danken aan de toename van regenwaterafvoer en de daarmee gepaard gaande lichte daling van het zoutgehalte.

7.3 VISSEN

Vissen vormen een belangrijk onderdeel van het Oosterschelde-ecosysteem. In het voedselweb nemen zij als voornamelijk predatoren (rovers) een zogenaamde hoge trofische positie in. Zij foerageren vooral op het zoöplankton en de bodemdieren en vormen op hun beurt zelf belangrijk stapelvoedsel voor de 'toppredatoren' vogels en zeehonden. Uiteraard hebben vissen ook een commerciële waarde voor beroeps- en sportvissers.

VERANDERING IN KWANTITEIT

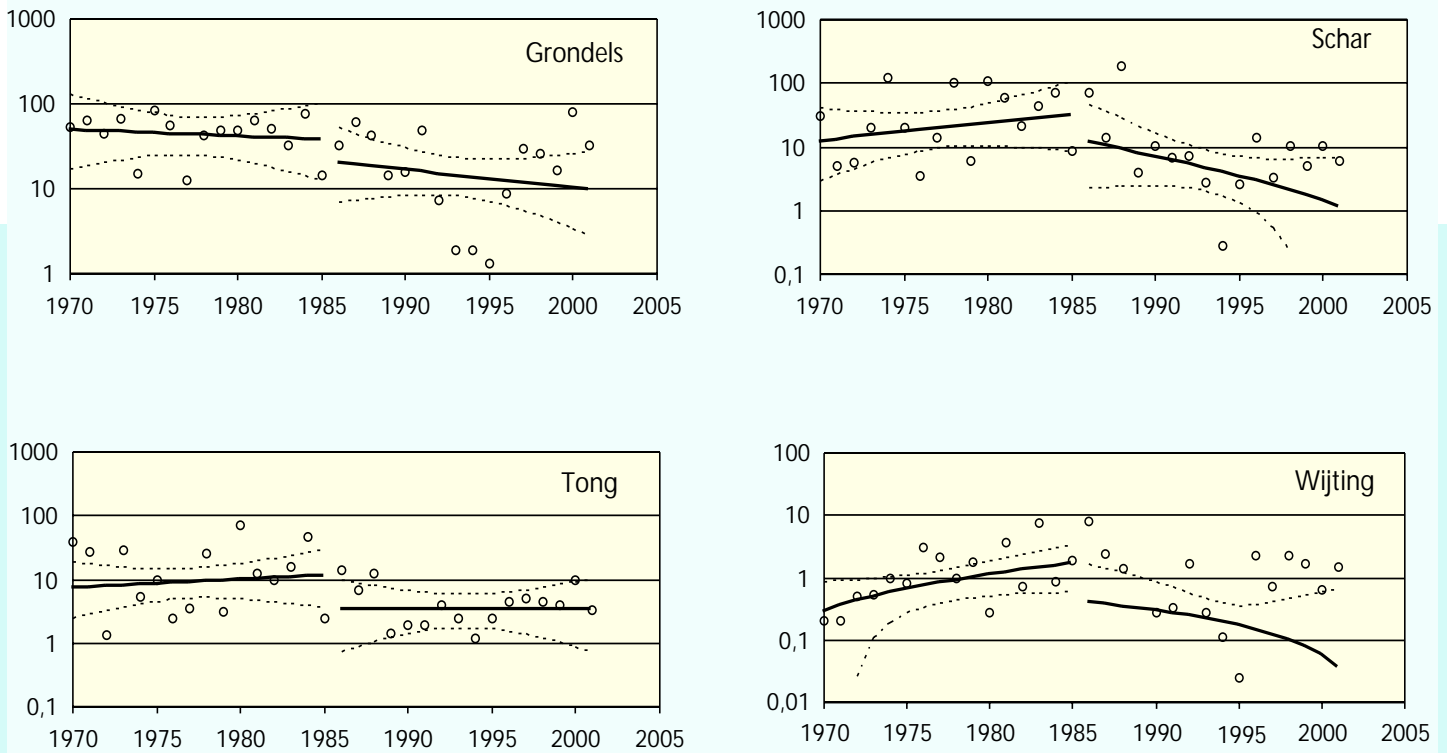
Met name vanuit de sportvisserssector zijn er in de jaren negentig aanhoudende signalen gekomen dat het visbestand in de Oosterschelde een verandering heeft doorgemaakt. Zo zouden de platvissen als tong en schol duidelijk in aantal zijn teruggelopen. Gespeculeerd werd



Schol.



Steenbolk.



Figuur 7.3 a,b,c,d: Significante trends en trendbreuken in 1986 in de talrijkheid van grondels, schar, tong en wijting in de Oosterschelde. De open cirkels geven de waarnemingen, de dikke lijnen zijn de gefitte trendlijnen en de stippellijnen geven de bijbehorende 95%-betrouwbaarheidsintervallen.

dat de aanleg van de Oosterscheldewerken de oorzaak zou zijn. Door Rijkswaterstaat directie Zeeland zijn daarom verschillende initiatieven ontplooid om de ontwikkeling van de visstand in de Oosterschelde nader te (laten) onderzoeken en werd de 'Viswerkgroep Oosterschelde' in het leven geroepen.

Het is niet gemakkelijk om van de vissen in een gebied een goed kwantitatief beeld te krijgen. Zo zijn er pelagische vissen, die zich in de waterkolom ophouden, demersale vissen, die op of nabij de bodem leven en er zijn vissen die zich vooral op of zeer nabij harde substraten ophouden. Vissen zijn ook niet allemaal permanent in een gebied aanwezig zoals standvissen dat zijn; er zijn namelijk ook trekvisser, winter- en zomergasten. Bovendien maken vissen ook vaak fasen door, waarbij ze gespreid in de tijd verschillende delen van gebieden benutten. Tot slot vertonen vissen een grote spreiding in grootte. Het gevolg is dat er niet één vangstmethode is die een goed overzicht van de visfauna van een gebied kan geven. Resultaten zijn erg afhankelijk van het gebruikte vistuig, maaswijdte en tijdstip (seizoen) van vangst.

Bij het beantwoorden van de vraag of de visstand in de afgelopen jaren inderdaad is veranderd is het daarom

van belang om bovenstaande bij het interpreteren van de resultaten van de onderzoeken goed in oog te houden. In de afgelopen twee jaren zijn enkele rapportages opgesteld door het RIVO (Deerenberg et al., 2003), Bureau Waardenburg (Meijer, 2002) en het NIOO-CEME (Van der Hoek, 2001). De afzonderlijke studies hebben een verschillende opzet, zo is de jaarlijkse inventarisatie door het RIVO (Deerenberg et al., 2003) gericht op jonge platvis en garnalen en vindt deze in het najaar plaats. Het onderzoek van NIOO-CEME (Van der Hoek, 2001) richtte zich op bodemvissen en is in de vier seizoenen uitgevoerd. Tot slot was het onderzoek door Bureau Waardenburg (Meijer, 2002) gebaseerd op vangsten van hokfuiken, waarmee het overgrote deel van de vissoorten gevangen kan worden en die meestal in het voor- tot en met het najaar werden gebruikt.

De meest gedegen tijdreeks aan visfaunagegevens in de Oosterschelde is de Demersal Fish Survey (DFS) (Deerenberg et al., 2003). Sinds 1970 vindt er op gestandaardiseerde wijze in het najaar bemonstering plaats op 28 tot 45 locaties. Voor negen soorten zijn voldoende gegevens beschikbaar. Uit een analyse is gebleken dat voor vier van deze negen soorten

(grondels, schar, tong en wijting) geldt dat er sinds de Oosterscheldewerken een verandering heeft plaatsgevonden. Figuur 7.3 laat dat zien. Grondels, schar en wijting zijn na 1986 (sterker) aan het afnemen, terwijl tong min of meer stabiel is, maar wel op een lager niveau sinds 1986. Voor haring, kabeljauw, schol, steenbolk en bot kon geen significante verandering aangetoond worden. Het is echter niet aangetoond dat de significante veranderingen samenhangen met de Oosterscheldewerken. In het DFS-programma worden ook de andere kustgebieden van Nederland onderzocht en vergelijking met de vangstgegevens van de Westerschelde en de Voordelta laat zien dat dezelfde ontwikkelingen in aantallen zich ook in die gebieden voltrokken. Waarschijnlijker is daarmee dat er een gemeenschappelijke oorzaak van de afname 'buiten' de Oosterschelde ligt.

In het onderzoek van Van der Hoek (2001) zijn gegevens van demersale vissoorten uit 1999-2000 vergeleken met gegevens uit de periode 1983-1990. Uit de vergelijking is gebleken dat er enkele veranderingen hebben plaatsgevonden, die op het eerste gezicht tegenstrijdig lijken met bovenstaande: gemiddeld zijn er grotere hoeveelheden vissen, voornamelijk platvissen,

aangetroffen. Maar er was echter wel een differentiatie in tijd: in de jaren 1999 en 2000 vingen de onderzoekers minder platvissen in het najaar en de winter dan in de jaren tachtig. De uitkomsten zijn dus afhankelijk van het seizoen waarin de twee perioden vergeleken werden en hoeven daarmee dus niet tegenstrijdig te zijn.

In het onderzoek van Meijer (2002) zijn de fuikgegevens van de periode 1999-2001 vergeleken met gegevens uit de periode 1979-1991. Hieruit kwam vooral naar voren dat het voorkomen van de algemene soorten, waaronder met name de platvissen schol, schar en tong, zijn afgenomen. Voor sommige soorten, waaronder de schol, lijkt het moment van trendbreuk (ongeveer) samen te vallen met 1988.

CONCLUSIE

De signalen vanuit de sportvisserij dat het visbestand in de Oosterschelde sinds de Oosterscheldewerken is veranderd worden bevestigd door onderzoek. Veranderingen zijn geconstateerd, maar hebben waarschijnlijk niet zozeer te maken met de ontwikkelingen in de Oosterschelde, maar met grootschaliger veranderingen in de vispopulaties.

7.4 ZEEHONDEN

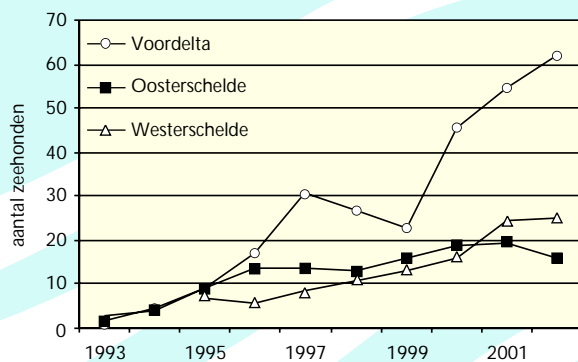
In Nederland vormen twee soorten zeehonden levensvatbare populaties: de Gewone (*Phoca vitulina*) en de Grijsze zeehond (*Halichoerus grypus*). Beide komen in de Waddenzee voor. In de Nederlandse Delta zijn overwegend Gewone zeehonden te vinden. Schatting is dat ruim een eeuw geleden 6000-11000 zeehonden in het Deltagebied voorkwamen. Door jacht, vervuiling en verstoring zijn de aantallen afgenomen tot een gemiddeld totaal van circa 100-150 zeehonden nu.

Zowel door regionale als nationale overheden en in internationaal verband wordt gestreefd naar bescherming en herstel van de zeehondenpopulaties. In Nederland is de zeehond een beschermde soort en in het kader van de EU Habitatrichtlijn is de zeehond een zogenaamde prioritaire soort. In het beheers- en inrichtingsplan van het Nationaal Park Oosterschelde is de doelstelling opgenomen dat de Oosterschelde bijdraagt aan een populatie van 200 exemplaren in de Delta in 2010 en 500 in 2020.

De ontwikkelingen van de zeehond worden gemonitord en onlangs zijn studierapporten verschenen over de zeehonden in de Delta (Brasseur en Reijnders, 2001; Hoekstein et al., 2003; Meininger et al., 2003).

VOORKOMEN IN OOSTERSCHELDE

Aan het einde van de jaren zeventig van de vorige eeuw bereikte de zeehondenpopulatie in de Delta met minder dan tien exemplaren haar dieptepunt. Sindsdien vindt



Figuur 7.4: Verdeling van waargenomen Gewone Zeehonden over het Deltagebied: seizoenen 1993/94-2002/03.



Gewone zeehond.

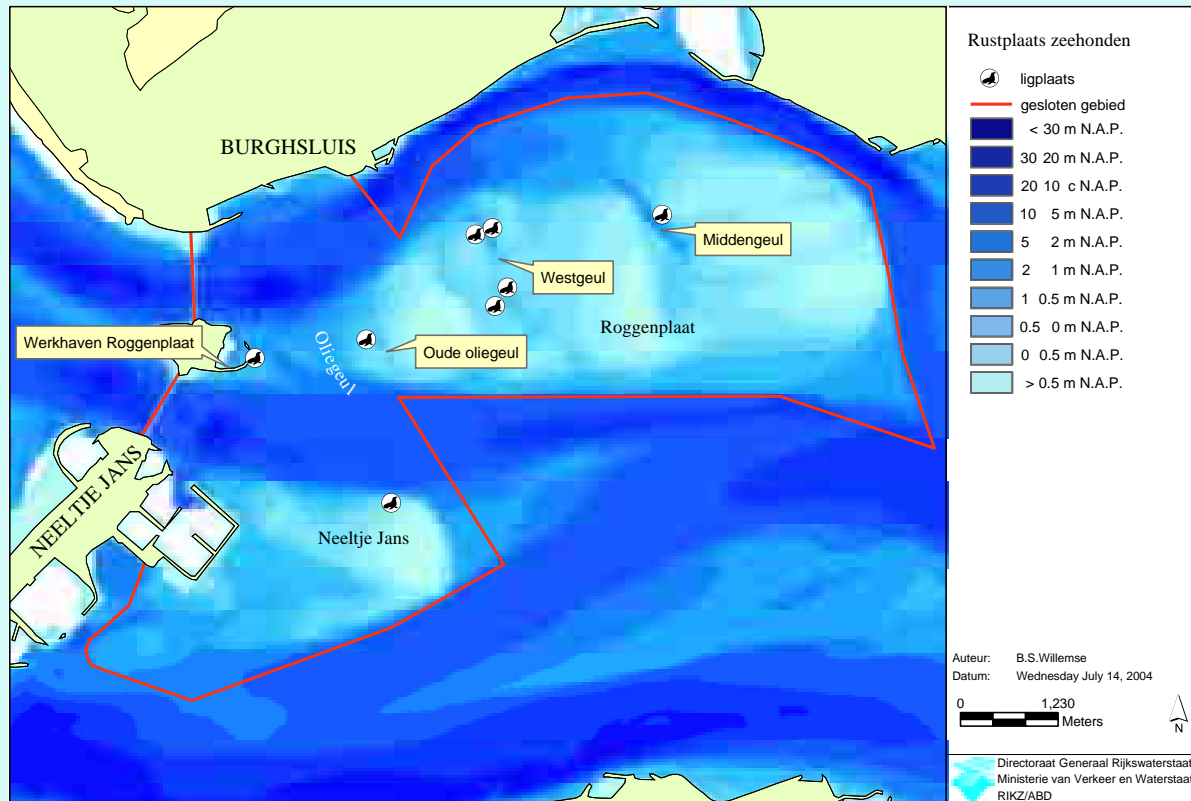
een schuchter herstel plaats. Figuur 7.4 geeft de ontwikkeling van de aantallen zeehonden in de Oosterschelde, Westerschelde en Voordelta. De ontwikkeling van al deze gebieden wordt getoond omdat de deelpopulaties samenhangen: geregeld vindt er uitwisseling plaats van dieren tussen de gebieden, afhankelijk van het seizoen en de functie die de gebieden voor de zeehonden vervullen.

Figuur 7.4 laat zien dat het aantal gewone zeehonden in de Delta sinds de tweede helft van de jaren negentig een opwaartse trend vertoont. Vooral de Voordelta draagt aan de aantalstoename bij. Van de drie gebieden ogen de ontwikkelingen in de Oosterschelde het minst gunstig; de toename stagneert de laatste jaren.

In de Oosterschelde gebruiken de zeehonden vooral het westelijke deel, rondom de Roggenplaat. Figuur 7.5 geeft de ligging van de belangrijkste locaties voor de zeehonden. Een belangrijke constatering is dat zeehonden in toenemende mate ook in andere delen van de Oosterschelde voorkomen, namelijk op de Vondelingplaat in het Middendeel en de Yerseke Banken ter hoogte van Yerseke. Niettemin blijven de aantallen achter bij de ontwikkelingen die de Voordelta te zien geeft.

BELEMMERINGEN

Waarom blijven de ontwikkelingen in de Oosterschelde achter? Na onderzoek is geconstateerd dat vooral de geboortes van zeehonden in de Oosterschelde achterblijven. Volgens de onderzoekers is de meest waarschijnlijke oorzaak de grote recreatiedruk in de Oosterschelde. De huidige verstoringsdruk in het gebied is nu al te hoog voor een 'normale' ontwikkeling naar een levensvatbare populatie (naar maatstaven van gewone zeehondenpopulaties elders). Het nagenoeg ontbreken van geboortes in het gebied is hiervoor een sterke aanwijzing (Brasseur en Reijnders, 2001).



Figuur 7.5: Locatie ligplaatsen zeehonden in het westelijk deel van de Oosterschelde.

Kerngebied van de zeehonden in de Oosterschelde is het gebied van het Oliegeultje (Figuur 7.5). Provincie Zeeland stelde jaren geleden een verbod in voor de recreatievaart om het Oliegeultje te passeren. Vanuit de recreatiesector is de druk groot om deze passage wel te mogen benutten en het beleid wordt keer op keer ter discussie gesteld.

Hoewel het zeer waarschijnlijk is dat de recreatiedruk de voornaamste oorzaak is van de stagnerende ontwikkeling van zeehonden zouden andere factoren zoals verontreiniging door PCB's ook een rol kunnen spelen, maar dit lijkt echter onwaarschijnlijk omdat de zeehonden in de Westerschelde het beter doen dan in de Oosterschelde, terwijl de Oosterschelde toch minder belast is met PCB's.

De zandhongerproblematiek zal naar verwachting geen rol spelen bij het achterblijvende herstel van zeehonden in de Oosterschelde. Ook al nemen de platen in hoogte af, als dit werkelijk van invloed zou zijn op

rustmogelijkheden van zeehonden dan zou hiervan ook sprake moeten zijn in de Voordelta, waar de droogvallende delen nog lager gesitueerd zijn. En binnen het delta-gebied verloopt het herstel van de zeehondenpopulatie relatief het voorspoedigst in de Voordelta (Figuur 7.4).

CONCLUSIE

In de jaren zeventig bereikte de zeehondenpopulatie in de Delta haar dieptepunt, sindsdien vindt een licht herstel plaats. In de Oosterschelde echter stagneert dit herstel sinds de eeuwwisseling, er zijn maximaal circa twintig exemplaren. Wel neemt de verspreiding over de Oosterschelde toe. Naar alle waarschijnlijkheid belemmert de huidige verstoringsdruk ondanks de genomen maatregelen alsnog de ontwikkeling naar een levensvatbare (deel)populatie.

8 SYNTHESE

8.1 INLEIDING

Doel en werkwijze rapport

Dit rapport heeft tot doel de toestand van het watersysteem Oosterschelde te beschrijven en deze in de context van de historische ontwikkeling, de beleids- en beheersdoelstellingen en de (inter)nationale regelgeving te plaatsen. In tegenstelling tot eerdere bekkenrapportages is bij de opzet van dit rapport gekozen voor een thematische behandeling van de belangrijkste morfologische en ecologische ontwikkelingen in de Oosterschelde. Hiervoor is gekozen omdat deze grootschalige processen van grote invloed zijn op de structuur en het functioneren van het Oosterschelde ecosysteem. Het is van belang om deze natuurlijke processen, die zich deels als respons op menselijke ingrepen in het verleden voltrekken, goed in kaart te brengen. Kennis hierover is van essentieel belang voor het integraal beheer en behoud van dit waardevolle gebied, waaraan immers de hoofddoelstelling 'natuur' is toegekend. De Oosterschelde is een staatsnatuurmonument, een Nationaal Park en een Speciale Beschermingszone in het Europese Natura 2000 netwerk. Tevens vervult het Oosterschelde ecosysteem een belangrijke functie voor de socio-economische activiteiten in het gebied die hiervan afhankelijk zijn zoals (schelpdier)visserij en diverse vormen van recreatie.

Ecosysteembenadering

De benadering die voor dit rapport gekozen is sluit aan bij de zogenoemde ecosysteembenadering, een benadering die wereldwijd in toenemende mate bij het beheer van mariene gebieden gehanteerd wordt. Uitgangspunt bij deze benadering is dat het ecosysteem centraal gesteld wordt en dat, rekening houdend met de natuurlijke processen, menselijk gebruik op duurzame wijze in het gebied ingepast wordt. De Biodiversiteitsconventie van de Verenigde Naties beschouwt deze benadering als een waardevolle strategie voor het integraal beheer en behoud van water, land en levende, natuurlijke hulpbronnen. Binnen de uitvoering van het

OSPAR-verdrag (voor een duurzaam beheer van de Noordoost-Atlantische zee- en kustgebieden) wordt deze benadering eveneens gehanteerd en binnen de Europese Unie vormt de ecosysteembenadering een belangrijk uitgangspunt bij de ontwikkeling van de Europese Mariene Strategie (EMS).

8.2 TERUGBLIK OP DE IN DIT RAPPORT GEPRESENTEERDE BEVINDINGEN

De Oosterschelde is een doorgaand veranderend systeem. Hoewel dit vanuit historisch perspectief altijd al het geval is geweest (veranderlijkheid is nu juist een kenmerk van natuurlijke estuariene systemen), lijken de ontwikkelingen zich nu wel in een erg snel tempo te voltrekken. De mate van omkeerbaarheid van deze ontwikkelingen verschilt per geval. Verder blijkt door integratie van onderzoeksresultaten dat er vaak sprake is van een optelsom van verschillendsoortige effecten die tezamen een bepaalde ontwikkelingsrichting tot gevolg hebben. In dit synthesehoofdstuk wordt kort teruggeblikt op de belangrijkste actuele thema's die in voorgaande Hoofdstukken 4 t/m 7 aan bod zijn gekomen, daarna worden ze geplaatst tegenover de huidige en toekomstige beleidskaders die van toepassing zijn op de Oosterschelde.

8.2.1 Zandhonger

De aanleg van de Deltawerken heeft geresulteerd in een zandhonger van de geulen in de Oosterschelde van 400 tot 600 miljoen m³, waardoor platen en slikken eroderen. De ontwikkeling van de zandhonger voltrekt zich in grote lijnen zoals bij de aanleg van de Deltawerken voorspeld is. Hoewel tot nu toe de indruk bestond dat duidelijke effecten van dit fenomeen op ecologische waarden pas op (zeer) lange termijn zichtbaar zouden worden (honderden jaren), duiden recente inzichten erop dat negatieve effecten al op veel kortere termijn te verwachten zijn (tientallen jaren). Figuur 8.1 geeft een schematische weergave van de doorvertalingsroutes van de zandhonger in de Oosterschelde. Niet zozeer de snelheid waarmee het

verplaatsing van mosselpercelen naar dieper water en door intensieve mechanische kokkelvisserij voorafgaande aan en gedurende strenge winters. In verhouding tot de andere in dit rapport beschreven ontwikkelingen zijn de onzekerheden ten aanzien van de doorvertalingseffecten van de zandhonger klein te noemen. Het is dus aanemelijk dat effecten binnen een afzienbare termijn van tientallen jaren zullen gaan optreden. Dit proces is door de enorme schaal waarop het optreedt vrijwel onomkeerbaar, tenzij zeer groot-schalige maatregelen genomen worden om de zandhonger structureel aan te pakken.

8.2.2 Biodiversiteit en exoten

Door actieve import van levend materiaal (schelpdieren) en toename van ballastwater afkomstig uit schepen, vestigen zich in toenemende mate nieuwe soorten in de Oosterschelde. De opwarming van het zeeewater ten gevolge van klimaatverandering en de

gewijzigde randvoorwaarden van het Oosterschelde-systeem door de aanleg van de Deltawerken (opwarming, stabiel hoog zoutgehalte) versterken deze vestiging van nieuwe soorten (Figuur 8.2). Hoewel deze afwisseling in soortsamenstelling en diversiteit enerzijds gewaardeerd wordt (door bijvoorbeeld sportduikers) zit er ook een keerzijde aan deze ontwikkeling. De kans op het aanslaan van exoten, waardoor zij zich ontwikkelen tot een zogenaamde invasieve soort die de autochtone soorten verdringt is in de Oosterschelde relatief groot. Doordat de autochtone soorten vaak een specifieke rol spelen als 'dragers' van het ecosysteem waarop het verdere voedselweb voortbouwt, kunnen exoten, als deze in staat blijken lang genoeg te domineren, een aanzienlijke invloed op systeemniveau uitoefenen. Het duidelijkste voorbeeld is de opkomst van de in 1964 geïntroduceerde Japanse oester. Anno 2004 is een totaal oppervlak van ongeveer 15 km² bedekt met oesterriffen (>640 ha litoraal én 700 ha sublitoraal). Ongeveer 5% van de totale oppervlakte intergetijdengebied is inmiddels bedekt.

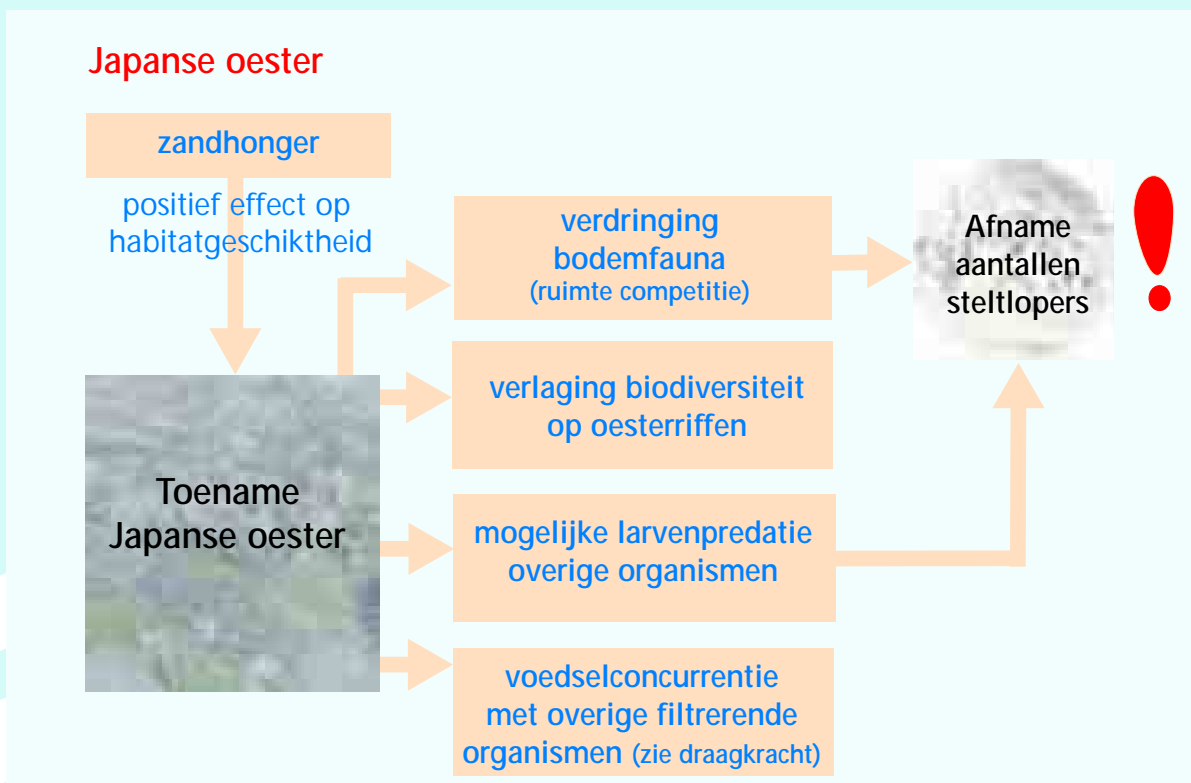


Figuur 8.2: Schematische weergave van de doorvertalingsroutes van klimaatverandering, gewijzigde randvoorwaarden van het watersysteem door de aanleg van de Deltawerken en actieve import van levend materiaal.

Uit studies blijkt dat de Japanse oester in de droogvallende gebieden in toenemende mate met de overige bodemdierlevensgemeenschappen in de Oosterschelde concurreert, vooral omdat de omgeving door de zandhonger ten gunste van de oesters en ten nadele van de overige bodemdieren verandert. De biodiversiteit van sublitorale hardsubstraat levensgemeenschappen lijkt tevens af te nemen bij een toenemende bedekkingsgraad met oesters. Tenslotte lijkt er op de schaal van de Oosterschelde een verband te bestaan tussen de opkomst van de Japanse oester en de verandering van de fytoplankton soortensamenstelling, waarmee de Japanse oester naast de voedselhoeveelheid ook de voedsel-samenstelling voor de overige filtrerende organismen lijkt te beïnvloeden. Mogelijk predeert de Japanse oester zelfs in belangrijke mate planktonische larven van bodemdieren, zoals die van de schelpdieren. Figuur 8.3 toont de verschillende doorvertalingsroutes van de in aantallen toenemende Japanse oester. Algemeen wordt aangenomen dat na een periode van

sterke toename in aantallen vrijwel altijd een periode van terugloop optreedt als zich weer een nieuw biologisch evenwicht instelt. Voor de Japanse oester zijn nog geen tekenen van afvlakking in de ontwikkeling geconstateerd. Integendeel, doordat de omgeving ten gevolge van de zandhonger ten gunste van deze soort verandert en de warme zomer van 2003 door de hoge watertemperaturen een stimulerend effect op de broedval zal hebben gehad, wordt vooralsnog uitgegaan van een verdere uitbreiding.

Hoewel de kans op de ontwikkeling van invasieve exotische soorten in de Oosterschelde door de actieve import van levend materiaal, klimaatverandering en gewijzigde randvoorwaarden door de aanleg van de Deltawerken (opwarming, stabiel hoog zoutgehalte) vergroot wordt, is niet aan te geven of en wanneer zich een volgende opmars van een vergelijkbare omvang en impact als de Japanse oester zal voordoen. Wel leiden deze processen nu al tot een algehele toename van nieuwe soorten en het verdwijnen van de autochtone



Figuur 8.3: Schematische weergave van de doorvertalingsroutes van de Japanse oester.

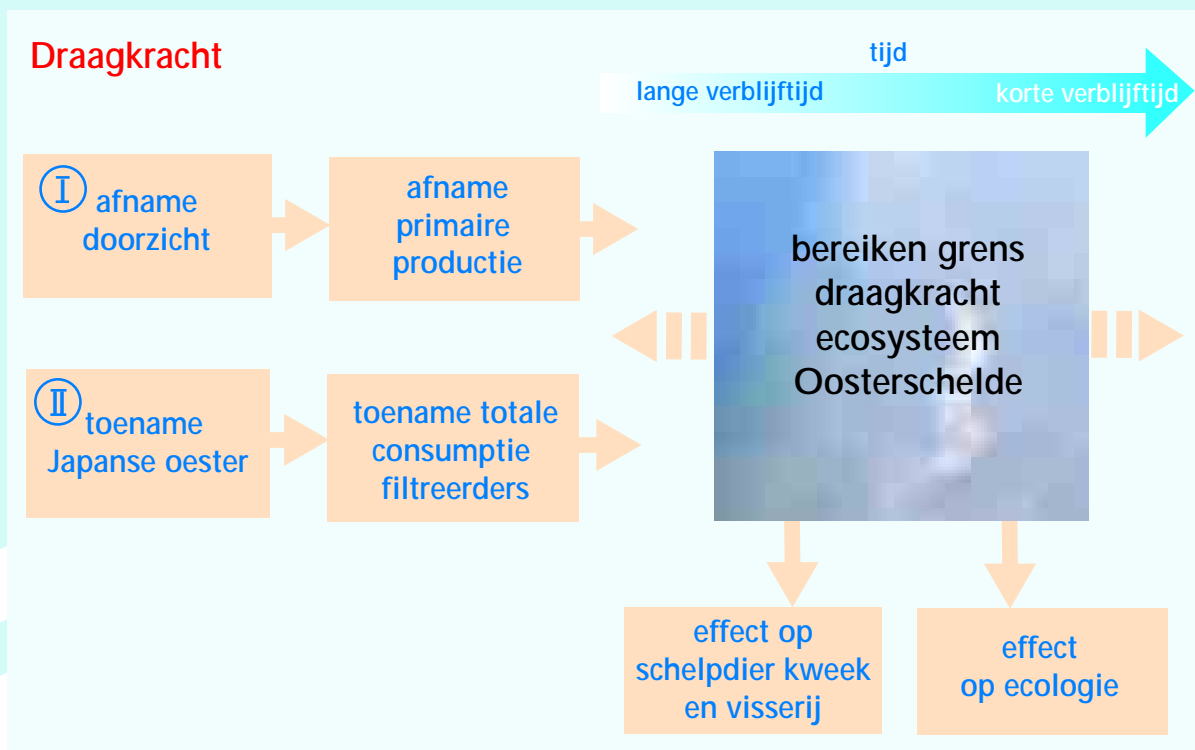
Oosterscheldesoorten. Deze ontwikkeling lijkt moeilijk omkeerbaar, maar wellicht wel deels beïnvloedbaar. Van de drie betrokken processen (Figuur 8.2) is actieve import van levend materiaal met schelpdieren en ballastwater verhoudingsgewijs het eenvoudigst te reguleren.

8.2.3 Draagkracht

De primaire productie door het fytoplankton neemt af in de Oosterschelde. Deze afname is niet veroorzaakt door de afgenomen zoetwatertoevoer naar de Oosterschelde ten gevolge van de aanleg van de compartimenteringsdammen: er is in de huidige situatie niet of nauwelijks sprake van nutriëntenlimitatie. Wel is het doorzicht in de Oosterschelde in 10 jaar tijd bijna gehalveerd, waardoor waarschijnlijk sprake is van lichtlimitatie van het fytoplankton. De oorzaak van het teruglopende doorzicht is op dit moment nog onbekend, mogelijk wordt deze veroorzaakt door in het water opgeloste humuszuren.

Een combinatie van een afnemende primaire productie door het fytoplankton enerzijds en een toegenomen consumptie door schelpdieren anderzijds (m.n. door de Japanse oester), kan tot voedselconcurrentie tussen filtrerende organismen leiden. Voedselconcurrentie kan vervolgens leiden tot een afname van de vleesgewichten in schelpdieren. Een afname van de vleesgewichten in schelpdieren zal zowel negatieve consequenties hebben voor de draagkracht voor steltlopers als voor de kweekmogelijkheden van mosselen en oesters (Figuur 8.4). De kans op voedselcompetitie tussen schelpdieren is het grootst in het Komgebied gezien de sterke toename van de filtratie door het grote aantal Japanse oesters, het beperkte watervolume en de sterk verlengde verblijftijd van het water in dit deelgebied door de aanleg van de Oosterscheldewerken.

Van alle in dit rapport gepresenteerde thema's is het onderwerp draagkracht met de meeste onzekerheden omgeven. Evident is echter dat het thema draagkracht/



Figuur 8.4: Schematische weergave van de samenhang tussen afnemende primaire productie en toenemende consumptie door schelpdieren en de verblijftijd van het water in de verschillende delen van de Oosterschelde bij het bereiken van de grenzen van de draagkracht.

primaire productie de basis raakt van het functioneren van het Oosterschelde ecosysteem in al haar facetten. Als de huidige trends (afname productie en toename consumptie) onverminderd in dezelfde richting doorgaan is het aannemelijk dat de grenzen van de draagkracht op termijn bereikt zullen worden. Maar of, en zo ja op welke termijn, daadwerkelijk merkbare effecten zullen optreden (teruglopen vleesgewichten schelpdieren, tot nu toe nog niet aangetoond) is op basis van de huidige resultaten niet aan te geven. De oorzaak van het afnemende doorzicht in de Oosterschelde (humuszuurhypothese) is nog niet vastgesteld. Omdat het er voornamelijk naar uitziet dat de Japanse oester zich verder uit zal kunnen breiden, is het des te meer van belang de oorzaak van het teruglopende doorzicht in de Oosterschelde vast te stellen. Deze kennis is essentieel om te kunnen bepalen welke maatregelen denkbaar zijn om de negatieve gevolgen van het bereiken van de grenzen van de draagkracht voor natuur en schelpdierkweek te beperken.

8.2.4 Overige belangwekkende natuurwaarden uitgelicht

In tegenstelling tot de voorgaande thema's 'Zandhonger', 'Biodiversiteit en exoten' en 'Draagkracht' die handelen over grootschalige processen, zijn in dit rapport ook enkele 'Overige belangwekkende natuurwaarden' uitgelicht die betrekking hebben op een habitatype (schorren), een specifieke soort (zeegras, Gewone zeehond) of op een soortgroep (vissen). Hieronder staan per onderwerp de belangrijkste bevindingen samengevat.

Schorren

Door de aanleg van de Oosterscheldewerken is nog slechts ongeveer een kwart van het schorareaal overgebleven, zodat in de Oosterschelde tegenwoordig nog circa 500 ha schorren voorkomt. Het areaal neemt door kliferosie af met zo'n 3 ha per jaar. Hoewel alle schortypen in de Oosterschelde nog vertegenwoordigd zijn, is de totale samenstelling wel vrij eenzijdig: met name de jongere stadia komen beperkt voor. Door de verlaagde stroomsnelheden en het afgesneden aanbod van rivierslib zijn de sedimentatiesnelheden op het schor sinds de Oosterscheldewerken flink verlaagd. De hoogste sedimentatiesnelheden worden nu gevonden bij schorren

die een gunstig 'voorland' hebben: een breed slikgebied dat goed 'op de wind' ligt, zodat golven er zand uit de waterkolom op kunnen wervelen. Mogelijk komt een groot deel van het sediment dat op het schor terecht komt uit de eroderende schorkliffen. Dat zou het relatief hogere slibgehalte van het op het schor sedimenterende materiaal kunnen verklaren. Nader onderzoek zou hier inzicht in kunnen verschaffen.

Zeegras

Het areaal Groot en Klein zeegras in de Oosterschelde is na de aanleg van de Oosterscheldewerken sterk afgenomen. Waarschijnlijk leidt het zeegras er nu een kwijnend bestaan door het hoge en stabiele zoutgehalte. Na een dieptepunt rond de eeuwwisseling van circa 50 ha kwam er in 2003 weer bijna 100 ha zeegrasveld voor. Dit lichte herstel is waarschijnlijk te danken aan de toename van regenwaterafvoer en de daarmee gepaard gaande kleine daling van het zoutgehalte.

Visbestand

De signalen vanuit de sportvisserij dat het visbestand in de Oosterschelde sinds de Oosterscheldewerken is veranderd worden bevestigd door onderzoek. Er kon echter geen verband met de aanleg van de Oosterscheldewerken aangetoond worden, omdat ook de Westerschelde een vergelijkbaar beeld laat zien. Mogelijk hangen de geconstateerde veranderingen vooral samen met grootschaliger veranderingen in de vispopulaties.

Zeehonden

In de jaren zeventig bereikte de zeehondenpopulatie in de Delta haar dieptepunt, sindsdien vindt een licht herstel plaats. In de Oosterschelde echter stagneert dit herstel sinds de eeuwwisseling, er komen maximaal circa twintig exemplaren voor. Wel neemt de verspreiding over de Oosterschelde toe. Naar alle waarschijnlijkheid belemmert de huidige verstoringdruk ondanks de genomen maatregelen alsnog de ontwikkeling naar een levensvatbare (deel)populatie.

8.3 DE BETEKENIS VAN DE EUROPESE RICHTLIJNEN

EU-Vogelrichtlijn

De EU-Vogelrichtlijn beoogt de leefgebieden van vogels te beschermen. Volgens het zogenoemde 1%-criterium kwalificeert de Oosterschelde zich als Speciale Beschermingszone voor twintig watervogelsoorten. De kanoetstrandloper, de rosse grutto en de scholekster zijn de belangrijkste soorten waarvoor voorkomen moet worden dat hun leefgebied verslechtert. De huidige inzichten duiden erop dat de verkorting van de droogvalduur door de gevolgen van de zandhonger en zeespiegelrijzing al op een termijn van tientallen jaren een duidelijke afname in de draagkracht van de Oosterschelde voor steltlopers teweeg zal brengen. Daarnaast wordt de belangrijkste voedselbron voor de scholekster, de kokkel, bedreigd door de komst van de Japanse oester en ontwikkelt de algehele voedselsituatie die aan de basis staat van het Oosterschelde-ecosysteem zich momenteel ongunstig. Hoewel de Deltawerken zijn uitgevoerd vóór de invoering van de Vogelrichtlijn, wordt aanbevolen een verkenning uit te voeren naar de mogelijkheden om deze negatieve trends een halt toe te roepen.

EU-Habitatrichtlijn

Sinds 2003 is de Oosterschelde een Speciale Beschermingszone in het kader van de EU-Habitatrichtlijn. De Habitatrichtlijn beoogt het waarborgen van de biodiversiteit door instandhouden van de

kwalificerende (prioritaire) habitats en de apart benoemde (prioritaire) soorten. Zoals eerder vermeld, leidt de zandhonger (en de zeespiegelrijzing) tot een doorgaand verlies van platen en slikken, een kwalificerend habitatype in de Oosterschelde. Het areaal schorgebieden (kwalificerend habitatype) neemt af door erosie van de schorkliffen en ook de diversiteit van schorvegetaties neemt af. Verwacht wordt dat de kliferosie - zonder verdere maatregelen - in ieder geval voorlopig door zal gaan, waardoor het areaal blijft afnemen. Ook in het kader van de Habitatrichtlijn wordt aanbevolen om nader te verkennen op welke wijze deze negatieve ontwikkeling kan worden afgeremd. Eén van de kwalificerende soorten in het kader van de EU-Habitatrichtlijn in de Oosterschelde is de Gewone zeehond. In het Beheers- en inrichtingsplan Nationaal Park Oosterschelde is een streefaantal voor de gehele deltapopulatie genoemd (200 exemplaren in 2010 en 500 in 2020). Hoewel het aantal zeehonden in het nabije verleden steeg, blijft de reproductie van de zeehonden in de Oosterschelde achter en stagneert momenteel de toename. Nader onderzoek zal aan het licht moeten brengen in hoeverre via beheersmaatregelen de zeehondenpopulatie van de Oosterschelde als onderdeel van de deltapopulatie levensvatbaar kan worden gemaakt .

EU Kaderrichtlijn Water

Eind 2000 is de Europese Kaderrichtlijn Water (KRW) in werking getreden. Deze richtlijn stelt dat de Europese lidstaten maatregelenprogramma's dienen op te stellen



Figuur 8.5: Overzicht van mogelijke knelpunten in relatie tot verplichtingen die voortvloeien uit de EU-richtlijnen.

waarmee de watersystemen die onder hun beheer vallen een zogeheten 'goede ecologische toestand' kunnen bereiken. Voor sterk veranderde en kunstmatige wateren dienen in 2005 referenties en maatlatten beschikbaar te komen om de gewenste goede toestand voor 2015 vast te kunnen stellen. Het verschil tussen de actuele ecologische toestand, de trends en de goede toestand in 2015 geeft inzicht in de te leveren inspanning.

De Oosterschelde is een doorgaand veranderend systeem. Aangezien de KRW stelt dat het verschil tussen de actuele ecologische toestand, de trends en de goede toestand die voor 2015 wordt vastgesteld inzicht moet geven in de te leveren inspanning, is het van groot belang dat de 'goede toestand' beschreven wordt met inachtneming van de in dit rapport voor de huidige situatie beschreven grootschalige ontwikkelingen en trends. Met name de sterke veranderingen in soortensamenstelling van bodemdieren die in de praktijk in de Oosterschelde worden waargenomen, de afnemende primaire productie en veranderende soortensamenstelling van het fytoplankton en de invloed van de Japanse oester zullen in dit kader van belang zijn.

8.4 AANDACHTSPUNTEN VOOR TOEKOMSTIG BEHEER

In deze bekkenrapportage 'Verlopend tij' zijn de knelpunten die op dit ogenblik in de Oosterschelde spelen gesignaleerd, onderbouwd en deels gekwantificeerd. De volgende stap is om de knelpunten binnen de bestaande beleidskaders op te pakken. Relevant zijn met name de hiervoor genoemde EU Kaderrichtlijn Water en de EU Vogel- en Habitatrichtlijn.

Zo zal, om te beginnen, vanuit de Kaderrichtlijn Water in de periode tot 2009 een stroomgebiedbeheersplan worden opgesteld dat mede gebaseerd is op de nieuwe inzichten die in dit rapport worden gepresenteerd. Rijkswaterstaat stelt zich daarbij ten doel de plannen die vanuit de diverse kaders naar voren komen op elkaar af te stemmen door bijvoorbeeld te komen tot één planstudie. Specifiek aandachtspunt hierbij is de betekenis van de EU-Richtlijnen voor de veranderingen die in de Oosterschelde zullen optreden als het huidige beheer niet wordt bijgesteld (autonome ontwikkeling). Maar ook de voornemens zoals die zijn vastgelegd in de Integrale Visie Deltawateren 'De Delta In Zicht' zijn uitgangspunt bij het uitwerken van oplossingen voor de gesignaleerde knelpunten. Met name de mogelijkheden voor herstel van zoet- zoutovergangen en het herstel van estuariene dynamiek staan daarbij centraal. In het kader van de Integrale Visie wordt tevens een verkenning uitgevoerd naar de beheersmaatregelen die een bijdrage kunnen leveren aan het verminderen (of het uitstellen) van de gevolgen van de zandhonger en de zeespiegelrijzing. De uitkomst van deze verkenning bepaalt in hoeverre eventuele maatregelen in het stroomgebiedbeheersplan nader zullen worden uitgewerkt.

Referentielijst

Berchum, A.M. van en G. Wattel, 1997.

De Oosterschelde, van estuarium naar zeearm. Bekkenrapportage 1991-1996. Rapport RIKZ-97.034, ISBN 90-369-3481-8

Berrevoets, C.M., R.C.W. Strucker, F.A. Arts en P.L. Meininger, 2003.

Watervogels in de Zoute Delta 2001/2002. Rijkswaterstaat Rijksinstituut voor Kust en Zee rapport RIKZ/2003.001, Middelburg

Brasseur, S.M.J.M. en P.J.H. Reijnders, 2001.

Zeehonden in de Oosterschelde, fase 2. Effecten van extra doorvaart door de Oliegeul. Alterra-rapport 353, Wageningen

Brinke, W.B.M. ten, 1993.

The impact of biological factors on the deposition of fine-grained sediment in the Oosterschelde (the Netherlands). Proefschrift Universiteit Utrecht, Utrecht, ISBN 90-393-0478-5

Christensen, D.L., S.R. Carpenter, K.L. Cottingham, S.E. Knight, J.P. Lebouton, D.E. Schindler, N. Voichick, J.J. Cole, M.L. Pace, 1996.

Pelagic responses to changes in dissolved organic carbon following division of a seepage lake. *Limnology en Oceanography* 41: 553-559

Deerenberg, C., R.E. Grift en N.S.H. Tiën, 2003.

Ontwikkelingen in het visbestand van de Oosterschelde. RIVO rapport C071/03, IJmuiden

Geurts van Kessel, A.J.M., B.J. Kater en T.C. Prins, 2003.

Veranderende draagkracht van de Oosterschelde voor kokkels. Rapportage van Thema's 2 en 3 uit het 'Lange Termijn Onderzoeksprogramma Voedselreservering Oosterschelde', in het kader van de Tweede Evaluatie van het Nederlands Schelpdiervisserijbeleid, EVA II. Rapport RIKZ/2003.043, RIVO rapport C062/03, ISBN 90-369-3487-7, Rijkswaterstaat Rijksinstituut voor Kust en Zee, Middelburg

Ens, B.J., A.C. Smaal, J. de Vlas, 2004.

The effects of shellfish fishery on the ecosystems of the Dutch Wadden Sea and Oosterschelde. Final report on the second phase of the scientific evaluation of the Dutch shellfish fishery policy (EVA II). Alterra, Wageningen, Alterra-rapport 1011; RIVO-rapport C056/04; RIKZ-rapport RIKZ/2004.031

Escaravage, V., T. Ysebaert, M. Bos en H. Hummel, 2003.

Karakteristieken van het macrobenthos in de Oosterschelde in verband met actuele beheersvragen. Verworming?, Zandhonger en Steltlopers? Uitheemse versus Inheemse soorten?, NIOO-CEME Rapport 2003-06, ISSN Nummer 1381-6519, Nederlands Instituut voor Ecologie, Yerseke

Gmelig Meyling, A.W., R.H. de Bruyne, 2003

Het Duiken Gebruiken 2. Gegevensanalyse van het Monitoringproject Onderwater Oever, Fauna-onderzoek met sportduikers in de Oosterschelde en het Grvelingenmeer Periode 1978 t/m 2002. Stichting Anemoon, Heemstede

Hoek, M.G. van der, 2001.

Densiteit en diversiteit van demersale vissoorten in de Oosterschelde anno 1999 en 2000. Een onderzoek naar het vóórkomen van demersale vissoorten in de Oosterschelde en vergelijking met éénzelfde onderzoek in 1980 tot 1990. Afstudeerverslag/rapport NIOO-CEMO, Yerseke

Hoekstein, M.S.J., S.J. Lilipaly en P.L. Meininger, 2003.

Vliegtuigtellingen van watervogels en zeezoogdieren in de Voordelta 2002/2003 Rijkswaterstaat Rijksinstituut voor Kust en Zee rapport RIKZ/2003.046, Middelburg

Kam, J. van de, B. Ens, T. Piersma en L. Zwarts, 1999.

Ecologische atlas van de Nederlandse wadvogels. Schuyt en Co, Haarlem

Koshiek, L.H.M., J.P.M. Mulder, T. Louters en F. Berben, 1987.

De Oosterschelde; naar een nieuw onderwaterlandschap. Eindrapport Geomor. Nota DGW.AO 87.029. Rijkswaterstaat, Dienst Getijdewateren, Middelburg

Kater, B.J. en J.M.D.D. Baars, 2002.

De Oosterschelde werken en de relatie tussen abiotische factoren en biomassa van kokkels. RIVO rapport C055/02

Kater, B.J. en J.M.D.D. Baars, 2003.

Reconstructie van oppervlakten van litorale Japanse oesterbanken in de Oosterschelde in het verleden en een schatting van het huidig oppervlak. RIVO rapport C017/03

Kater, B.J. (RIVO), A.G. Brinkman (Alterra), J.M.D.D. Baars (RIVO) en G. Aarts (Alterra), 2003.

Kokkelhabitatkaarten voor de Oosterschelde en de Waddenzee. RIVO rapport C060/03

Kater, B.J., 2003.

De voedselsituatie voor kokkels in de Oosterschelde. RIVO rapport C018/03

KNMI, 2001.

Weer en water in de 21e eeuw. Een samenvatting van het derde IPCC klimaatrapport voor het Nederlandse waterbeheer. Brochure, zie <http://www.knmi.nl/reindex.html?voor/klimaat>

Lof, M.E., 2003.

Zandhonger, slokt de Oosterschelde het voedsel van de vogels op? Rijkswaterstaat directie Zeeland werkdokument DZL/AXA 03.19, Middelburg

Maldegem, D.C. van, 1998.

Literatuuronderzoek zandhonger Oosterschelde. RIKZ werkdokument RIKZ/AB-98.827x.

Maldegem, D.C. van en Jong, D.J. de, 2004.

Opwassen of verdrinken. Sedimentaansvoer naar schorren in de Oosterschelde, een zandhongerig gedempt getijdesysteem. Werkdocument: RIKZ/AB/2003/826x

Meijer, A.J.M., 2002.

Monitoringsonderzoek aan de visfauna van de Oosterschelde. Rapportage resultaten 199 t/m 2001, Bureau Waardenburg bv, rapportnr 02-028

Meininger, P.L., R.H. Witte en J. Graveland, 2003.

Zeezoogdieren in de Westerschelde. Knelpunten en kansen. Rijkswaterstaat Rijksinstituut voor Kust en Zee rapport RIKZ/2003.041, Middelburg

Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 2000.

Anders omgaan met water. Waterbeleid in de 21e eeuw. Nota ministerie van Verkeer en Waterstaat, Den Haag

Mulder, S. en Peperzak, L., 2003.

Van de regen in de drup. Verkenning van de mogelijke effecten van klimaatverandering op de Nederlandse mariene ecosystemen. Werkdocument RIKZ/OS/2003.604x

Nienhuis, P.H. en A.C. Smaal, 1994.

The Oosterschelde estuary, a case-study of a changing ecosystem: an introduction. *Hydrobiologica* 282/283: 1-14

Pieters, T., 1998.

Overgangen zoet-zout in de Oosterschelde in het verleden. Een historische analyse op basis van beschikbare literatuur. Rapport Bureau Getijdewateren BGW – 98.1, Vlissingen

Van der Pluijm, A.M. en D.J. de Jong, 1998.

Historisch overzicht schorareaal in Zuid-west Nederland. Rijkswaterstaat Rijksinstituut voor Kust en Zee werkdocument RIKZ/OS-98.860x, Middelburg

Rappoldt, K., B.J. Ens, C.M. Berrevoets, A.J.M. Geurts van Kessel, T.P. Bult, E. Dijkman, 2003.

Schaleksters en hun voedsel in de Oosterschelde, Rapport voor deelproject D2 thema 1 van EVA II, de tweede fase van het evaluatieonderzoek naar de effecten van schelpdiervisserij op natuurwaarden in de Waddenzee en Oosterschelde 1999-2003. Alterra-rapport 883, ISSN 1566-7197

Rappoldt, C., B.J. Ens, M.A.J.M. Kersten, E.M. Dijkman, 2004.

Wader Energy Balance & Tidal Cycle Simulator WEBTICS. Technical Documentation version 1.1. Alterre, Wageningen, Alterra-Report 869, ISSN 1566-7197

Reijnders, P.J.H., S.M.J.M. Brasseur, A.G. Brinkman, 2000.

Habitatgebruik en aantalsontwikkelingen van gewone zeehonden in de Oosterschelde en het oeverige Deltagebied. Alterra, Wageningen, Alterra-rapport 078, ISSN 1566-7197

Saeijs, H., T. Smits, W. Overmars en D. Willems, 2004.

Changing estuaries, changing views, Erasmus Universiteit, Rotterdam, Radboud Universiteit, Nijmegen, commissioned by the Worldwide Fund for Nature, the Netherlands

Schaub, B., T. Ysebaert en H. Hummel, 2003.

Macrobenthos dynamiek (gekoppeld aan veranderingen in omgevingsvariabelen) - Oosterschelde (periode 1992-2001), NIOO-CEME Rapport 2002. KNAW-NIOO, Centrum voor Estuariene en Mariene Ecologie, Yerseke

Smaal, A.C. en R.C. Boeije, 1991.

Veilig Getij, de effecten van de bouwkundige werken op het getijdemilieu van de Oosterschelde. Rijkswaterstaat dienst Getijdewateren/directie Zeeland nota GWWS 91.088, Middelburg

Storm, K., 1999.

Slinkend onland. Over de omvang van Zeeuwse schorren; ontwikkelingen, oorzaken en mogelijke beheersmaatregelen. Rijkswaterstaat Zeeland nota AX-99.007, Middelburg

Technische adviescommissie voor de Waterkeringen, 2002.

Leidraad Zandige Kust, DWW-2003-046, ISBN 90-369-5541-6, 2002

Twisk, F., 2003.

Technische toelichting op de ecotopenkaarten van de Oosterschelde (1983), 1990, 2001). Rijkswaterstaat Rijksinstituut voor Kust en Zee werkdocument RIKZ/OS/2003.829x, Middelburg

Wetsteyn, L.M.P.J., M. Vink, June 2001.

Ballast water. An investigation into the presence of planktonorganisms in the ballast water of ships arriving in Dutch ports, and the survival of these organisms in Dutch surface en port waters. RIKZ/2002.026

Wetsteyn, L.M.P.J. (RIKZ), R.N.M. Duin (RIKZ), J.C. Kromkamp (NIOO-CEME), M. Latuhihin (RIKZ), J. Peene (NIOO-CEME), A. Pouwer (RIKZ) en T.C. Prins (RIKZ), 2003.

Verkenning draagkracht Oosterschelde, onderzoek naar veranderingen en trends in de Oosterschelde in de periode 1990-2000. RIKZ/2003.049

Wijsman, W.J.M., 2003.

Verkennde studie voor de validatie van het Zoute wateren EcotopenStelsel (ZES) aan de hand van bodemdiergegevens. WL Projectnummer Z3670, Waterloopkundig Laboratorium Delft

Aanvulling op Referentielijst:

Hesselink, Annika W., Dirk C. van Maldegem, Kees van der Male, Bram Schouwenaar, 2003

Verandering van de morfologie van de Oosterschelde door de aanleg van de Deltawerken. Evaluatie van de ontwikkeling in de periode 1985-2002. Werkdocument RIKZ/OS/2003.810x.

Kluijver, M. de en M. Dubbeldam, 2003

De sublittorale hard-substraat levensgemeenschappen in de Oosterschelde. Evaluatie van de ontwikkeling in de periode 1985-2002.

Lefèvre, F.O.B., 2004

Ontwikkeling waterkwaliteit van de Oosterschelde in de periode 1997-2002 voor wat betreft algemene waterkwaliteitsparameters en nutriënten. Werkdocument RIKZ/AB/2004.806x OSBEK.

Maldegem, D.C. van, 2004.

Ontwikkeling morfologie Oosterschelde in relatie tot de zandhongerproblematiek. Werkdocument RIKZ/AB/2004.809x.

Verklarende woordenlijst

abiotiek	niet levende omgeving
algenbloei	bovennormale concentraties van algen
areaal	oppervlakte
benthisch	zich op of in de waterbodem bevindend
biodepositie	neergeslagen organische stof afkomstig van biologische bron
biomassa	gewicht van het levend materiaal
biodiversiteit	aantal soorten dat in een bepaald gebied voorkomt
biotoop	plaats waar een dier of een plant geheel in zijn omgeving ingepast is
broedval	overgang van schelpdierlarven uit de waterfase naar de bodem
compartimentering	afscheiding van delen van het Oosterscheldebekken d.m.v. dammen t.b.v. zoet-zout scheiding en regulering van het getijverschil
debiet	hoeveelheid water die op een bepaald punt per tijdseenheid passeert
draagkracht	biomassa die van het voedsel in het systeem kan leven
droogvalduur	tijd dat slikken en platen tijdens laagwater droogvallen
ecosysteem	systeem van levende organismen en hun omgeving, dat min of meer begrensaar is
estuarium	overgangsgebied tussen één of meerder rivieren en de zee, waar naast de rivierafvoer het getij een meer of minder sterke invloed heeft op de waterbeweging, en waar zoet en zout elkaar ontmoeten
filterfeeder/filtreerder	dier dat zijn voedsel uit het water filtert
filtratietijd	het aantal dagen dat alle schelpdieren in een bepaald gebied nodig hebben om de hele waterkolom één keer te filtreren
foerageren	voedsel zoeken
fotosynthese	productie van organische stof uit kooldioxide en water door middel van chlorofyl (bladgroen) onder invloed van licht
fytoplankton	vrij in het water zwevende microscopisch kleine planten
GLLWS	Gemiddeld Laag Laag Water Springtij, laagste laagwaterlijn, deze komt slechts af en toe voor
getijslag	verschil tussen de hoog en laag water
getijvolume	de hoeveelheid water die met eb de zeearm uitstroomt en met vloed weer instroomt
graasdruk	effect van predatie op een soort
habitat	soortspecifieke levensruimte van een plant of dier
hydrodynamica	leer van de beweging van vloeistoffen
intergetijdengebied	buitendijks gelegen zone die wordt overspoeld door het getij. In de Oosterschelde ligt dit gebied gemiddeld hoger dan NAP -1,40 m (=gemiddeld laagwater). Af en toe bereikt het intergetijdengebied de ondergrens van NAP -1,70 m (=gemiddeld laag laag water springtij)
komberging	hoeveelheid water tussen twee bepaalde niveaus
litoraal	gebied tussen de gemiddelde hoog- en laagwaterlijn
mediaan	middelste van de naar grootte gerangschikte waarnemingen
moermering	verbranden van veen ten behoeve van zoutwinning
morfologie	geometrische structuur van bijvoorbeeld een compartiment
nutriënten	anorganische voedingsstoffen voor planten
NIOO-CEME	Nederlands Instituut voor Oecologisch Onderzoek - Centrum voor Estuariene en
plaat	Mariene Ecologie, gevestigd te Yerseke bij eb droogvallend, niet aan land grenzend gebied

primaire productie	productie die ontstaan is door fotosynthese, deze dient als basisvoedsel in het voedselweb in het systeem
RIKZ	Rijksinstituut voor Kust en Zee, gevestigd te Middelburg
RIVO-CSO	Nederlands Instituut voor Visserij Onderzoek - Centrum voor Schelpdier Onderzoek, gevestigd te Yerseke
Shannon-index	maat voor biodiversiteit, hoe hoger de index, hoe hoger de biodiversiteit
slikken	bij eb droogvallend en aan land grenzende gebieden
sublitoraal	gebieden beneden gemiddeld laagwater
substraat	onderlaag
successie	in deze context: plantensoorten die elkaar opvolgen bij de ontwikkeling van een gebied van respectievelijk plaat naar slik, dan naar laag schor en ten slotte naar hoog schor
terristrisch	op het land
turn-over	tijd de tijd die het fytoplankton in een bepaald gebied nodig heeft om zijn eigen biomassa te regenereren
verblijftijd	gemiddelde tijd dat een waterdeeltje in een bepaald gebied aanwezig is
verversingsduur	de gemiddelde tijd die nodig is om het volume water in een bepaald gebied geheel te verversen
verwateren van mosselen voedselweb	mosselen worden enige tijd in schoon water gebracht zodat ze zich ontdoen van slik e.d. het geheel van soorten van een levensgemeenschap met hun onderlinge voedselrelaties

COLOFON

Uitgegeven door

Rijksinstituut voor Kust en Zee, Middelburg

In opdracht van

Rijkswaterstaat Directie Zeeland

Referentie

Geurts van Kessel, A.J.M., 2004.

Verlopend tij. Oosterschelde, een veranderend natuurmonument.

Rapport RIKZ/2004.028, ISBN 90-369-3458-3, Rijkswaterstaat Rijksinstituut voor Kust en Zee, Middelburg

Informatie

Rijksinstituut voor Kust en Zee

Afdeling Communicatie (DFC)

Postbus 20907, 2500 EX 's Gravenhage

Telefoon: 070-3114311

Fax: 070-3114321

Uitgevoerd door

C. Berrevoets, J. Consemulder, J. Geurts van Kessel,

D. de Jong, B. Kater, D. van Maldegem, T. Prins,

E. Stikvoort, F. Twisk, B. Wetsteyn, L. Withagen

Met medewerking van F. Lefèvre, H. Haas, C. van der Male, H van Pagee, B. Schouwenaar, G. Wattel (allen Rijkswaterstaat RIKZ)

Figuren en illustraties

J. Consemulder, J. Geurts van Kessel, B. Kater,

D. van Maldegem,

J. van den Broeke

Fotografie

P. van Bragt, J. v.d. Broeke, CSO Yerseke, E. Daemen,

J. Geurts van Kesse, M. de Jonge, P. Meininger, E. Parée,

N. Steins, E. Stikvoort, P. Wolf

Opmaak

Omslag: J. van den Broeke

Binnenwerk: LnO drukkerij/uitgeverij, Zierikzee

Cd-rom opmaak: C. van der Bliëk, CeeBee IT,

Heinkenszand www.ceebeeit.nl

Grafische realisatie

LnO drukkerij/uitgeverij, Zierikzee

Disclaimer

Voor zover er auteursrechtelijke toestemming is verkregen, is de literatuur waarnaar in dit rapport wordt verwezen, beschikbaar op de cd-rom.

De werkdocumenten waarnaar wordt verwezen zijn interne documenten van het Rijksinstituut voor Kust en Zee en hebben geen wettelijke status. Niets uit deze werkdocumenten mag worden gebruikt zonder schriftelijke toestemming van de hoofdauteur.

Sleutelwoorden

Oosterschelde, Deltawerken, zandhonger, Japanse oester, exoten, draagkracht, schorren, zeegras, vissen, zeehonden



