

Monitoring van de effecten van de verruiming 48'/43'

MOVE Eindrapport 2006
MOVE-rapport 10

Rapport RIKZ/2007.003

Ministerie van Verkeer en Waterstaat



Rijkswaterstaat

Monitoring van de effecten van de verruiming 48'/43'

MOVE eindrapport 2006

MOVE-rapport 10

Eck, van G.T.M., Holzhauer, H. (eindredactie)

Januari 2007

Rapport RIKZ/2007.003



Ministerie van Verkeer en Waterstaat



Rijkswaterstaat

Colofon

Uitgegeven door:

Rijkswaterstaat Rijksinstituut voor Kust en Zee,
Middelburg

In opdracht van:

Rijkswaterstaat Zeeland

Informatie:

mr. J.W.A. Hollaers, Rijkswaterstaat Zeeland,
Middelburg.
Postbus 5014, 4330 KA Middelburg
Telefoon: +31 (0)118 622253

Aanbevolen citatie:

Eck, van G.T.M. en Holzhauser, H. (2006).
Monitoring effecten van de verruiming '48'/43',
Eindrapport 2006. Rapport RIKZ/2007.003.
Rijkswaterstaat Rijksinstituut voor Kust en Zee,
Middelburg

Gebaseerd op studies van:

Harriëtte Holzhauser
Fred Twisk
Bert Wetsteyn
Edwin Parée
Peter Meininger
Eric van Zanten
Dirk van Maldegem

Tekstuele redactie:

Lilian Withagen en Harriëtte Holzhauser

Interne kwaliteitsborging eindrapport 2006:

ir. Cornelis Israël, ir. Hans van Pagee,
dr. ir. Jaap Graveland, ir. Bianca Peters,
ir. Gert-Jan Liek

Externe kwaliteitsborging eindrapport 2006:

Advies en ingenieursbureau DHV:
drs. T. Louters, ir. M.K. Karelse, ir. P.W. Besselink;
Technische Universiteit Delft:
Prof. dr. ir. M.J.F. Stive, dr. ir. M.J. Baptist;
Radboud Universiteit Nijmegen:
Prof. dr. P.H. Nienhuis.

Eindredactie:

Bert van Eck en Harriëtte Holzhauser

Fotografie ©:

Edwin Parée, omslag, pag. 8, 9, 16, 17, 21, 58, 59
Petra Rouwendal, pag. 3, 5, 13, 22, 28, 33, 40, 45, 55
Joris Geurts van Kessel, onderwaterfotografie,
pag. 7, 48, 49
Ed Stikvoort, pag. 8, 11, 16, 17, 22, 23, 28, 29, 41, 47,
58, 61
Anita Eijlers, pag. 15
Reinoud Koeman, fytoplankton, pag. 49
Louis Peperzak, microfytobenthos, pag. 51
Pim Wolf, vogels, pag. 63

Opmaak en productie:

Studio Guido van der Velden, Blaricum

CD-rom:

Bij dit eindrapport hoort een cd-rom waarop het
Hypothesendocument 2006 staat. In dit achter-
gronddocument staan de voor dit eindrapport
gebruikte analyses en inhoudelijke onderbouwingen
beschreven.

Disclaimer:

Het Rijksinstituut voor Kust en Zee van
Rijkswaterstaat (RWS-RIKZ) heeft de in deze publi-
catie opgenomen gegevens zorgvuldig verzameld
naar de laatste stand van wetenschap en techniek.
Desondanks kunnen er onjuistheden in deze
publicatie voorkomen.
Het Rijk sluit iedere aansprakelijkheid uit voor
schade die uit het gebruik van de hierin opgenomen
gegevens mocht voortvloeien.

Trefwoorden:

Westerschelde, verruiming, baggeren, storten,
zandwinning, morfologie, ecotopen, biologie, micro-
fytobenthos, fytoplankton, bodemdieren, steltlopers,
sterns, Bergeend

Inhoudsopgave

Samenvatting 4

1 Inleiding 9

2 Evaluatie verruimingswerken, onderhoud en zandwinning 17

3 Waarnemen van veranderingen 23

4 Veranderingen in morfodynamica 29

5 Ecotopen, brug tussen morfodynamica en biologie 41

6 Veranderingen in biologie 49

7 Conclusies en aanbevelingen 59



Samenvatting

Ontwikkelingen Westerschelde na de verruiming 48'/43'

Nederland is in 1995 met Vlaanderen overeengekomen de vaarweg van de Westerschelde te verruimen. Deze verruiming, kortweg verruiming 48'/43' genoemd, houdt in dat schepen met een maximale diepgang van 48 voet in één getij Antwerpen kunnen bereiken en schepen met een maximale diepgang van 43 voet in één getij de Westerschelde kunnen afvaren. Schepen tot een diepgang van 38 voet kunnen onafhankelijk van het getij de Westerschelde op- en afvaren (1 voet is 0,3 meter). Nederland heeft tevens besloten de ontwikkelingen van de Westerschelde na de verruiming tien jaar te volgen met als doel 'de omvang van de gevolgen van de verdieping voor de Westerschelde en het mondingsgebied te leren kennen en vast te leggen en het beheer daarop te kunnen aanpassen'. Dit rapport is de evaluatie van deze tien jaar MONitoring VERruiming (MOVE).

Aanpak evaluatie

Op basis van een kwalitatieve gedachtegang, vastgelegd in de studie OOSTWEST, over de mogelijke ontwikkeling van de Westerschelde na de verruiming 48'/43', zijn de te verwachten ontwikkelingen van de belangrijkste parameters op het gebied van fysica, biologie en chemie beschreven. De verwachtingen voor de verschillende parameters zijn omgezet in toetsbare hypothesen. De hypothesen zijn gebruikt als middel voor het beschrijven van de ontwikkeling van de Westerschelde in de afgelopen tien jaar.

Deze eindrapportage richt zich vooral op de verandering die is opgetreden in de ontwikkeling van de belangrijkste fysische, biologische en chemische parameters in de tien jaar ná de verruiming 48'/43' in vergelijking met de ontwikkeling in de tien jaar vóór de verruiming 48'/43'.

De ontwikkeling van de parameters in de tien jaar vóór de verruiming 48'/43' wordt gezien als de ontwikkeling die doorgezet zou zijn zonder de invloed van de verruiming 48'/43'. Deze ontwikkeling is doorgetrokken tot en met het jaar 2005 om een vergelijking met de ontwikkeling ná de verruiming 48'/43' mogelijk te maken.

In een aantal gevallen bleek tien jaar te kort om de ontwikkeling van een parameter in de periode vóór de verruiming 48'/43' goed te beschrijven. In deze gevallen is de ontwikkeling over een langere periode (50 jaar) vóór de verruiming 48'/43' ook meegenomen in de analyse.

Ontwikkelingen fysisch systeem

Voor het fysisch systeem is een denkmodel opgezet, dat op hoofdlijnen aangeeft hoe de verruiming 48'/43' doorwerkt op de Westerschelde: het MOVE-denkmodel. Dit beschrijvende model bleek voor een aantal fysische parameters goed toepasbaar.

Het baggeren vindt plaats op de drempels in de hoofdgeul en langs plaat- en geulranden om de hoofdgeul op gewenste diepte en breedte te krijgen en houden. Hoewel volgens het MOVE-denkmodel werd verwacht dat het onderhoudsbaggerwerk ter hoogte van de verlaagde drempels zou toenemen is dit niet gebeurd.

De baggerspecie uit de hoofdgeul is in de periode na

de verruiming 48'/43' over het algemeen gestort in de nevengeulen van het midden en westelijk deel van de Westerschelde.

Naast baggeren en storten wordt er in de Westerschelde ook zand gewonnen. De zandwinning is zoveel mogelijk gecombineerd met het baggerwerk om zo de ingreep zo klein mogelijk te houden. Er wordt voornamelijk in het oosten van de Westerschelde zandgewonnen en wel langs hoofdgeulen en op stortlocaties.

Voor het behoud van het meergeulenstelsel is het van belang dat er niet teveel in een geul gestort wordt. Dit is vastgelegd in het stortcriterium. Het is mogelijk geweest om de stortstrategie zo aan te passen dat het stortcriterium niet is overschreden.

Desondanks vinden er wel veranderingen plaats in de waterbeweging en de morfologie van de Westerschelde.

Het MOVE-denkmodel gaat uit van het principe dat het wegbaggeren van de drempels zorgt voor een verminderde weerstand, zodat de getijgolf makkelijker het estuarium in- en uitstroomt, waardoor de laagwaterstand afneemt, het getijvolume toeneemt en de getijasymmetrie afneemt. Zandwinning in een geul heeft vergelijkbare effecten op de getijgolf.

De gemeten jaargemiddelde laagwaterstand bij Bath, in het oosten van de Westerschelde, is ten opzichte van Vlissingen met circa 6 cm verlaagd. Het gemeten jaargemiddelde hoogwater is vrijwel gelijk gebleven. Dit heeft geresulteerd in een toename van het jaargemiddelde getijverschil bij Bath. Een toename van het getijvolume is alleen in de meest oostelijke raai bij Bath gemeten.

Het tijdsverschil tussen het moment van laagwater in

Vlissingen en Bath is kleiner geworden (circa 5 minuten), waardoor de vloedfase minder verschilt van de eb fase. Hiermee is de getijsymmetrie iets afgenomen.

Ondanks dat er geen toename van het getijvolume in het midden en westen van de Westerschelde is gemeten, is de verdeling van het getijvolume over de hoofd- en nevengeulen wel duidelijk veranderd. Het getijvolume door de hoofdgeul is, zoals verwacht, toegenomen ten koste van het getijvolume door de nevengeul.

In het meest oostelijke deel van de Westerschelde, tussen het Nauw van Bath en de Nederlands-Belgische grens is de verschuiving tegengesteld. Hier is het getijvolume door de hoofdgeul afgenomen en het getijvolume door de nevengeul toegenomen. Deze verschuiving zou het gevolg kunnen zijn van de kleinere hoeveelheid gestort materiaal in het oosten, waardoor het systeem in het oosten meer dynamiek heeft gekregen.

Een toename van het getijvolume in de geulen zou volgens het MOVE-denkmodel een verandering in de stroomsnelheid veroorzaken. Uit waarnemingen en ondersteunende modelberekeningen is niet duidelijk gebleken dat het stroombeeld en de bijbehorende stroomsnelheden zijn veranderd. Wel is berekend dat lokaal, onder andere nabij plaatranden, de stroomsnelheid zowel af- als toegenomen is.

Het gevolg van de veranderingen in waterbeweging, bagger- en stortactiviteiten was volgens het MOVE-denkmodel dat de hoofdgeulen zouden toenemen in zowel areaal als inhoud. Tevens werd verwacht dat als gevolg van de toegenomen stortingen in het westen het plaatareaal (boven -2 m NAP) in het westen zou toenemen en het areaal ondiepwater (tussen -2 m en -5 m NAP) zou afnemen.

Uit de metingen is gebleken dat de hoofdgeulen zijn toegenomen in zowel areaal als inhoud.

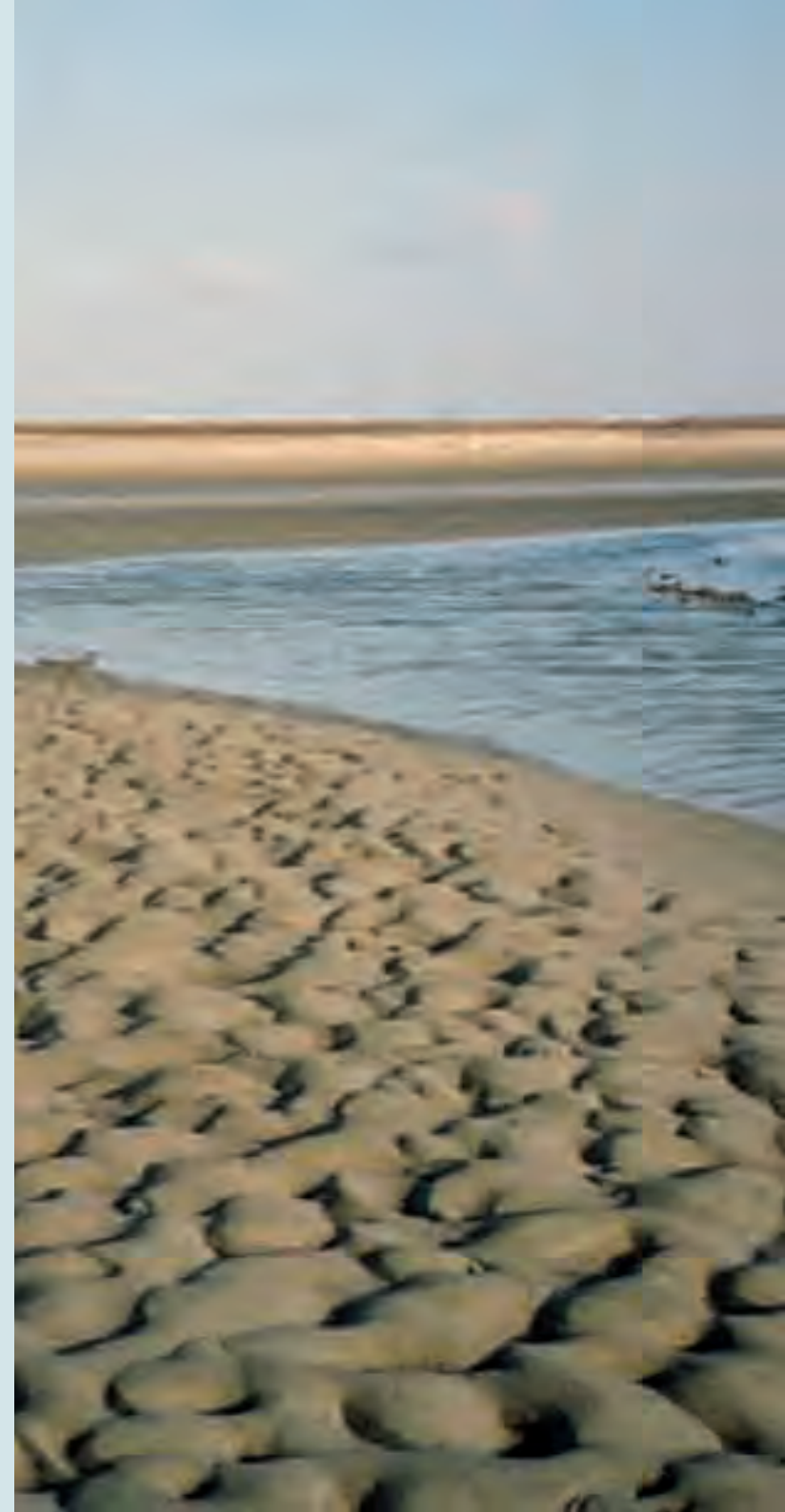
De inhoud van de hoofdgeul in het middendeel is naar verhouding sterker toegenomen dan in de andere delen van de Westerschelde. De inhoud van de nevengeulen in het westen is sterk afgenomen, wat niet overeenkomt met het MOVE-denkmodel. In het midden en oosten van de Westerschelde is de ontwikkeling van de nevengeulen niet veranderd. Het areaal ondiepwater is na 1996 in de hele Westerschelde nauwelijks nog veranderd, terwijl in het MOVE-denkmodel een achteruitgang werd verwacht. Het areaal en volume van de platen in het westen en midden van de Westerschelde zijn afgenomen, terwijl er vanuit het MOVE-denkmodel een toename van het areaal en volume platen werd verwacht als gevolg van de stortingen. Alleen in het oosten van de Westerschelde is er geen extra afname van het plaatareaal opgetreden.

Het volume van de platen is over het algemeen minder sterk afgenomen dan het areaal, met andere woorden de gemiddelde hoogte van de platen is toegenomen.

De verschillende jaarlijkse inhoudsveranderingen van de geulen en platen samen met de bagger-, stort- en zandwinactiviteiten kunnen worden samengevat in een balans: de zandbalans.

Het MOVE-denkmodel gaat uit van het idee dat als gevolg van het storten van de baggerspecie, afkomstig uit het oosten van de Westerschelde, in het midden en westen van de Westerschelde een retourstroom op gang zou komen.

Uit de zandbalans opgesplitst voor de drie deelgebieden is gebleken dat er (nog) geen retourstroom van west naar oost is opgetreden. Tevens blijkt uit de zandbalans dat gedurende de afgelopen tien jaar



er een omslag heeft plaatsgevonden in de netto transportrichting van het zand in de Westerschelde. Tot 1996 werd er een netto zandimport vanuit de monding naar de Westerschelde vastgesteld. In de periode na 1996 is deze netto zandimport overgaan in een netto export ter grootte van 3,2 Mm³ zand per jaar richting de monding. De oorzaak van deze omslag is nog niet duidelijk.

Tevens is gebleken dat er ook een netto export van circa 1 Mm³ zand per jaar plaatsvindt richting de Zeeschelde (België).

Ecotopen

De veranderingen in het fysisch systeem zijn in belangrijke mate bepalend voor de ontwikkelingen in het biologisch systeem. Via de methode van ecotopenkaarten is inzichtelijk te maken hoe de veranderde omstandigheden doorwerken in de leefomstandigheden van verschillende organismen. Laagdynamische gebieden (gebieden met lage stroomsnelheid) zijn voor de ecologie het belangrijkste. Laagdynamische gebieden komen voor tussen de hoog- en laagwaterlijn (litoraal) en beneden de laagwaterlijn (sublitoraal) welke nog wordt onderverdeeld in diepe (beneden -7 m NAP) en ondiepe (tussen -2 m en -7 m NAP) gebieden.

De ecotopenkaarten voor 1996 en 2004 laten zien dat het areaal boven de hoogwaterlijn (supralitoraal) is toegenomen met ongeveer 60 ha (1,9 %) en het areaal beneden de laagwaterlijn (sublitoraal) is toegenomen met ongeveer 200 ha (1,0%). De toename van het sublitoraal bestaat voornamelijk uit laagdynamisch diep en ondiep water.

Het gebied tussen de hoog- en laagwaterlijn, het intergetijdengebied, is afgenomen met ongeveer 260 ha (3,4%) waarvan ongeveer 80 ha laagdynamisch is.

Ontwikkelingen biologisch systeem

Fytoplankton en microfytobenthos (respectievelijk microscopisch kleine, plantaardige deeltjes die in het water zweven en plantjes die op en in de bovenste centimeter van de bodem leven) vormen samen met het organisch materiaal de basis van de voedselketen in de Westerschelde.

Met behulp van zonlicht kan fytoplankton en microfytobenthos anorganisch materiaal (zoals kooldioxide, nitraat en fosfaat) omzetten in organisch materiaal wat voedsel vormt voor zoöplankton, diverse bodemdieren en een aantal vogels. Dit proces van omzetting heet primaire productie.

Het doorzicht is belangrijk voor de primaire productie. In de Westerschelde is het doorzicht sinds 1996 afgenomen, waardoor in dit lichtgelimiteerde systeem de condities voor primaire productie zijn verslechterd. Een mogelijke oorzaak voor de afname van het doorzicht kan het gevolg zijn van een toename van de hoeveelheid kleine deeltjes in het water, waardoor de samenstelling van het zwevend stof is veranderd. Het zwevend stof gehalte zelf is namelijk niet veranderd.

De primaire productie van het microfytobenthos op de platen is echter toegenomen.

Verschillende bodemdieren eten het fytoplankton en het microfytobenthos. Er is geen verandering geconstateerd in biomassa of dichtheid van de bodemdieren. Er zijn wel variaties in het voorkomen van de Kokkel waargenomen. Deze variaties worden voornamelijk veroorzaakt door variaties in de kokkelbroedval en niet door de verruiming 48'/43'. De bodemdieren zijn op hun beurt weer voedsel voor diverse bodemdieretende vogelsoorten welke van groot belang zijn voor de Westerschelde.

Vogels zijn vaak niet gebonden aan de Westerschelde en kunnen uitwijken naar de Belgische kust, de andere deltawateren of de Waddenzee. Het belang van de Westerschelde voor vogels is na de verruiming 48'/43' niet verminderd. Er is vooral in het midden en oosten van de Westerschelde een toename van ruiende Bergeenden die profiteren van de toegenomen productie van microfytobenthos (bodemalgen). De populatie Scholeksters vertoont behoorlijke schommelingen die overeenkomen met het aantal beschikbare Kokkels op de platen.

Aanbevelingen

De meest opmerkelijke verandering betreft de morfologische omslag, waarbij het estuarium is overgegaan van een zandimporterend systeem naar een zandexporterend systeem. Aanbevolen wordt te onderzoeken wat de oorzaak van deze omslag is en of deze zandexport een structureel karakter heeft.

De Westerschelde is altijd in ontwikkeling. Het hoe en waarom van de morfologische processen is in een aantal gevallen duidelijk maar in een aantal gevallen ook niet. Ook het MOVE-denkmodel, dat kwalitatief is opgezet, verklaart de ontwikkeling van de Westerschelde niet altijd. Tevens is gebleken dat het niet goed mogelijk is om de effecten van baggeren, storten en zandwinning op de verschillende parameters los van elkaar te beschrijven. Een sterke aanbeveling is dan ook om in het kader van het Vlaams-Nederlandse onderzoeksprogramma (LTV O&M) de morfologische systeemkennis van het Schelde-estuarium verder te ontwikkelen, waarmee denkmodellen verbeterd kunnen worden. In het kader van de komende uitvoering van de Ontwikkelingsschets 2010 voor het Schelde-

estuarium is het van belang de morfologische ontwikkeling nauwgezet te blijven volgen.

De veranderingen van de watervoerende capaciteit van de nevengeulen ten opzichte van de hoofdgeul is een belangrijk aandachtspunt. Vanuit de achtergrond van de strategie voor baggeren en storten verdient het aanbeveling om in de toekomst de morfologische ontwikkeling te volgen en de strategie zonodig hierop aan te passen.

Gelet op de lange tijdschaal waarop veranderingen in het systeem doorlopen verdient het aanbeveling om een aantal opgebouwde tijdreeksen in de tijd voort te zetten, zodat deze in de toekomst kunnen worden gebruikt voor een verbeterde statistische analyse. Het gebruik van methodieken waarin ook (een deel van) de causaliteit van een aantal fysische processen wordt meegenomen, kan bijdragen tot het beter begrijpen van de oorzaak van waargenomen veranderingen.

Ecotopen (kaarten) zijn gedefinieerd op basis van (kaarten van) fysische kenmerken. Zij blijken een goede basis te vormen om verbanden te leggen tussen fysische processen en de bodemfauna van de Westerschelde. De vertaling van de fysische kenmerken naar de ecotopen die daadwerkelijke levensgemeenschappen voorspellen, dienen nog verder gevalideerd en verfijnd te worden. Het Vlaams-Nederlandse onderzoeksprogramma (LTV O&M) is hier een geschikt programma voor.







1 Inleiding

- 1.1 Het project MOVE 12
 - 1.1.1 Doelstelling 12
 - 1.1.2 Aanpak MOVE 1996 12
 - 1.1.3 Afbakening 12
- 1.2 Leeswijzer 13
 - 1.2.1 Enkele aandachtspunten 14
 - 1.2.2 Referenties 14

Voor u ligt de eindevaluatie van het project MOnitoring VErdieping Westerschelde (MOVE). Vlaanderen en Nederland kwamen in 1995 overeen de vaarweg van de Westerschelde te verruimen tot 48/43/38 voet¹. Er wordt kortweg over de verruiming 48'/43' gesproken. De overeenkomst werd vastgelegd in het Verdrag inzake verruiming vaarweg Westerschelde (zie intermezzo 1). Dat was aanleiding voor Rijkswaterstaat Zeeland, de beheerder van de

Westerschelde, om het project MOVE te starten, een tienjarig monitoringsprogramma met als doel 'de omvang van de gevolgen van de komende verdieping voor de Westerschelde en het mondingsgebied te leren kennen en vast te leggen en het beheer daarop te kunnen aanpassen' (De Jong, 1996).

Deze eindevaluatie beschrijft gemeten ontwikkelingen in de Westerschelde na de verruiming

48'/43'. Het rapport geeft aan, voor zover mogelijk, in hoeverre de gemeten ontwikkelingen het gevolg zijn van het geheel aan morfologische ingrepen van de verruimingswerken en het daarna gevoerde bagger-, stort- en zandwinbeleid.

Naast dit rapport is er een achtergronddocument gemaakt, het Hypothesendocument 2006. Dit staat op de bijgeleverde cd-rom. Hierin staan uitgebreid de gebruikte analyses en de inhoudelijke onderbouwing van de conclusies beschreven. Dit achtergronddocument is gebaseerd op de in 1996 geformuleerde hypothesen welke - voor zover mogelijk - stuk voor stuk getoetst zijn aan verzamelde monitoringsgegevens. Een aantal hypothesen bleek niet te toetsen met de beschikbare gegevens of studies. Dit werd al in de tussenevaluatie 2003 (Peters et al., 2003) onderkend. Er zijn toen - en ook nu - enkele hypothesen aangepast en daarnaast is niet star vastgehouden aan het uitsluitend toetsen van de hypothesen.

Er wordt in het onderhavige rapport dan ook niet vermeld wat de in 1996 gestelde hypothesen waren en of deze kloppen of niet. De hypothesen zijn een middel geweest, geen doel. De presentatie van resultaten en conclusies in deze eindevaluatie richt zich vooral op wat er ná de verruiming gebeurd is en of de waargenomen ontwikkeling afwijkt van de ontwikkeling vóór 1996.

Als afsluiting van tien jaar monitoring en evaluatie wil dit eindrapport de lezer ook een beeld geven van de achtergrond van het project MOVE. Hiervoor worden in intermezzo 2 kort de wet- en regelgeving en de beleidskaders geschetst die relevant zijn voor de Westerschelde.

INTERMEZZO 1: Verdrag inzake verruiming vaarweg Westerschelde

In januari 1995 ondertekenden het Koninkrijk der Nederlanden en het Gewest Vlaanderen het Verdrag inzake de verruiming van de vaarweg in de Westerschelde, waarin werd overeengekomen dat de vaarweg naar Antwerpen verruimd zou worden tot 48/43/38 voet (Tracéblad 1995, nr. 51). Deze verruiming, kortweg verruiming 48'/43' genoemd, houdt in dat schepen met een maximale diepgang van 48 voet in één getij Antwerpen kunnen bereiken en schepen met een maximale diepgang van 43 voet in één getij de Westerschelde kunnen afvaren. Schepen tot een diepgang van 38 voet kunnen onafhankelijk van het getij de Westerschelde op- en afvaren.

De vaarweg bestaat, gezien vanuit de Belgische grens naar de monding, uit de Pas van Rilland, het Nauw van Bath, de Overloop van Valkenisse, het Zuidergat, de Overloop van Hansweert, het Gat van Ossensisse, de Pas van Terneuzen, de Pas van Borssele, de Honte en de Wielingen (zie uitklapkaart achterin dit rapport).

Het Verdrag spreekt van 'plaatselijk verruimen van de vaarweg, waaronder niet alleen baggeren valt, maar ook - als nodig - het verplaatsen van anker- en noodankerplaatsen'. Ook het verwijderen van wrakken en andere obstakels, het plaatselijk verdedigen van geulwanden en 'herstelwerkzaamheden in verband met verlies aan natuurwerken' maken er deel van uit.

De oeververdedigingen die in het kader van de verruimingen 44'/40' (1970-1975) en 48'/43' zijn aangelegd hebben een totale lengte van 15 km (13% van de totale oeverlengte van de Westerschelde). Ze liggen in het oostelijk deel van de Westerschelde bij het Gat van Ossensisse, het Zuidergat, het Nauw van Bath en ten noord-oosten van Saeftinge.

In het Verdrag werd overeengekomen, dat de aanlegbaggerwerkzaamheden - het baggerwerk om geulen te verdiepen en te verbreden - zouden worden uitgevoerd tussen 1997 en 2001. Vlaanderen voerde van juli 1997 tot juli 1998 het grootste deel van het aanlegbaggerwerk ten oosten van Vlissingen uit en in 2001 het laatste gedeelte in de Wielingen, de vaargeul in de monding van de Westerschelde.

INTERMEZZO 2a: Wet- en regelgeving

In de afgelopen tien jaar zijn de beleidskaders en de wet- en regelgeving rond de Westerschelde ingrijpend veranderd. Naast het veiligheidsbeleid zijn twee belangrijke terreinen voor beheer en beleid te noemen: de Langetermijnvisie Schelde-estuarium (LTV 2030) met de daarop gebaseerde Ontwikkelingsschets 2010 Schelde-estuarium en de Europese richtlijnen (Kaderrichtlijn Water en de Vogel- en Habitatrichtlijn). Een expliciete toetsing aan de richtlijnen valt buiten het kader van MOVE, maar de evaluatie sluit wel aan bij LTV 2030, de Ontwikkelingsschets, de Kaderrichtlijn Water en de Vogel- en Habitatrichtlijn.

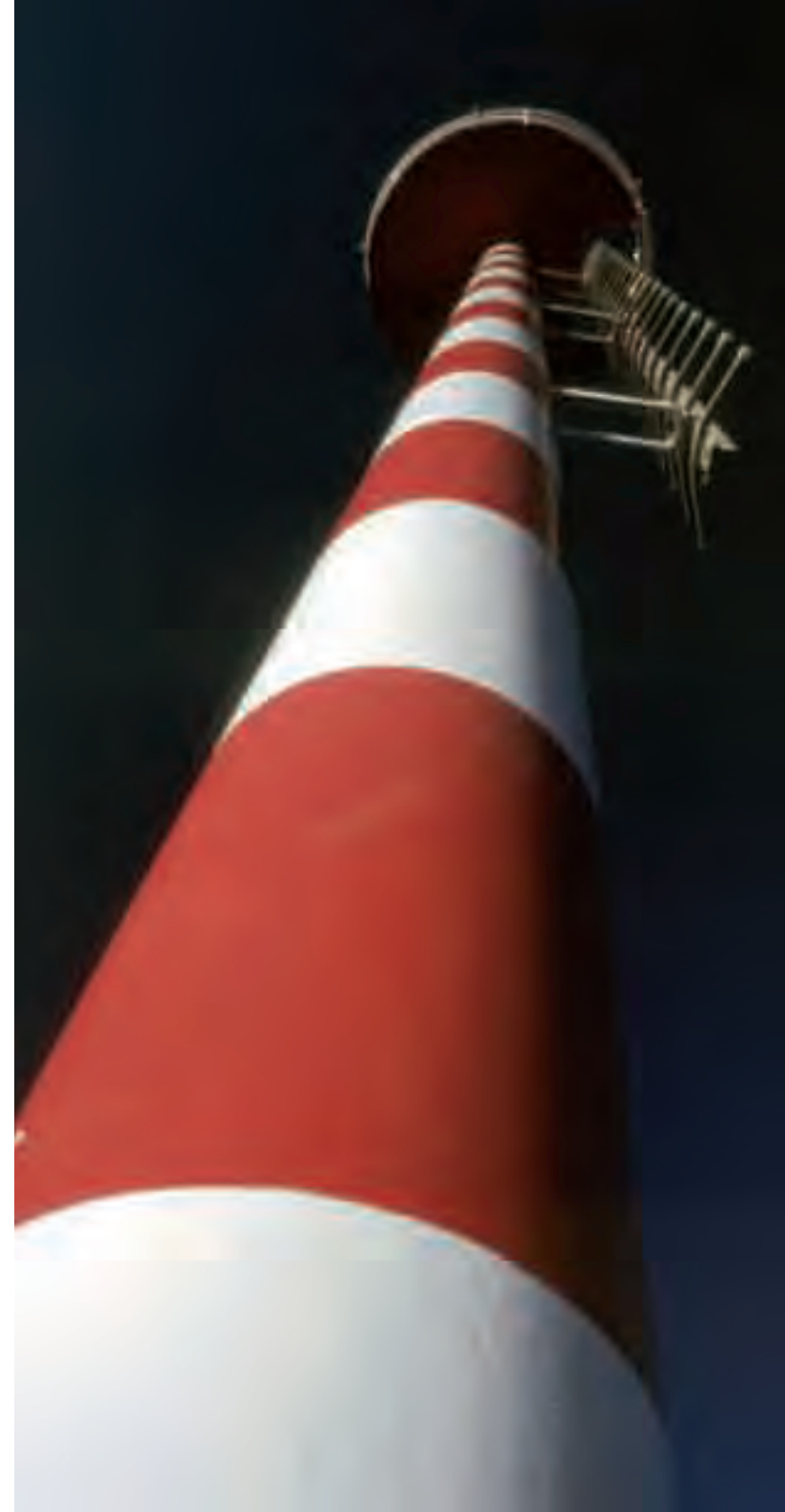
Kaderrichtlijn Water

De Kaderrichtlijn Water (KRW, 2000) beoogt duurzaam gebruik van water en de bescherming en verbetering van de leefomgeving van planten en dieren in het water. Hiertoe worden eerst voor elk water milieudoelstellingen vastgesteld, vervolgens wordt de kwaliteit van het water gemeten en worden er, indien nodig, maatregelen genomen om voor ieder water te komen tot óf de Goede Ecologische Toestand (GET) voor natuurlijke wateren óf het Goed Ecologisch Potentieel (GEP) voor sterk veranderende wateren.

De Westerschelde valt onder de sterk veranderde wateren en moet daarom voldoen aan het GEP. Bij het opstellen van maatlatten voor het GEP wordt rekening gehouden met de gevolgen die de morfodynamische ingrepen uit het verleden op de ecologische toestand hebben. De wateren moeten in december 2015 voldoen aan de GET of het GEP waarbij er voor de wateren die onder de GET vallen twee keer een periode van zes jaar uitstel kan worden verkregen. De doelstellingen en maatlatten voor de beoordeling worden in 2009 vastgesteld.

Natura 2000 (Vogel- en Habitatrichtlijn)

Natura 2000 is een samenhangend netwerk van beschermde natuurgebieden op het grondgebied van de lidstaten van de Europese Unie. Dit netwerk vormt de hoeksteen van het EU-beleid voor behoud en herstel van biodiversiteit en omvat alle speciale beschermingszones die zijn beschermd op grond van de Vogelrichtlijn (1979) en de Habitatrichtlijn (1992). Deze richtlijnen zijn in Nederland geïmplementeerd in de 'gewijzigde Natuurbeschermingswet 1998', die oktober 2005 in werking trad. De maatregelen die Natura 2000 voorschrijft voor soortenbescherming zijn in Nederland verwerkt in de Flora- en faunawet. De Westerschelde is aangemeld voor meer dan 30 vogelsoorten, 6 soorten van de Habitatrichtlijn en 9 habitattypen. Voor al deze soorten en habitattypen worden instandhoudingsdoelen geformuleerd die in de aanwijzingsbesluiten zijn vastgelegd (najaar 2006). De instandhoudingsdoelen vormen de basis voor maatregelen in een Natura 2000 beheerplan. Beheerders en gebruikers van het gebied dienen dit beheerplan binnen 3 jaar na aanwijzing te maken.



INTERMEZZO 2b: Beleidskaders

Langetermijnvisie 2030 (LTV2030) en Ontwikkelingsschets 2010

Nederland en Vlaanderen hebben een gezamenlijke beleids- en beheersvisie voor het Schelde-estuarium opgesteld en ondertekend (2001). In de LTV2030 staan systeemkenmerken die in stand moeten worden gehouden. De visie noemt de volgende fysieke kenmerken:

- een open en natuurlijk mondingsgebied;
- een systeem van hoofd- en nevengeulen met tussenliggende platen en ondiep watergebieden in de Westerschelde (meergeulensysteem);
- een riviersysteem met een meanderend karakter in de Zeeschelde en
- een grote diversiteit aan habitats, met name schorren, slikken, platen en ondiep water in zout, brak en zoet gebied, gecombineerd met natuurlijke oevers.

De concrete eerste invulling van de LTV2030 voor de middellange termijn (2010) staat beschreven in de Ontwikkelingsschets 2010 Schelde-estuarium (Proses, 2005).

1.1 Het project MOVE

1.1.1 Doelstelling

De beheerder had met het tienjarige monitoringsproject MOVE als doel om op basis van meetgegevens

- ontwikkelingen in het fysisch, biologisch en chemisch systeem te kunnen signaleren en zonodig de bagger-, stort- en zandwinstrategie tijdig bij te sturen;
- de verruiming 48'/43' en de bagger-, stort- en zandwinstrategie te evalueren en
- gevolgen van de ingrepen op het systeem te onderzoeken en daarmee de systeemkennis te vergroten om zo gevolgen en effecten van toekomstige ingrepen beter te kunnen voorspellen (De Jong et al., 1997).

1.1.2 Aanpak MOVE 1996

De basis voor het project MOVE is beschreven in het kennisdocument 'Ontwikkelingen in de Westerschelde, prognose voor de komende 25 jaar' (De Jong et al., 1996). Hierin worden de verwachte effecten van de verruiming 48'/43' beschreven voor de belangrijkste parameters op het gebied van fysica, chemie en biologie over een periode van 15 tot 25 jaar na de verruiming 48'/43'.

Deze verwachtingen zijn omgezet in toetsbare hypothesen. De verwachtingen zijn gebaseerd op een kwalitatieve gedachtegang, vastgelegd in de studie OOSTWEST (Vroon et al., 1997) over hoe de Westerschelde fysisch kan veranderen na de verruiming 48'/43': het MOVE-denkmiddel.

De hypothesen zijn kwantitatief en concreet geformuleerd en ontdaan van onzekerheden en nuances.

Aan de hand van de lijst hypothesen is een meetplan opgezet. Een deel van de geplande metingen zijn onderdeel van bestaande landelijke meetnetten en daarnaast zijn in het kader van MOVE aanvullende metingen verricht. In het rapport 'Beoordeling van de effecten van de verdieping 48' - 43', plan van aanpak, rapport 2' zijn zowel de hypothesenlijst als het meetplan opgenomen (De Jong et al., 1997).

Tegelijk met het plan van aanpak verscheen het rapport 'Beschrijving van de toestand van de Westerschelde aan het begin van de verruiming' (Mol, 1997). Hierin wordt onder andere de uitgangssituatie beschreven van kenmerken als waterstand, areaalgrootte en biomassa aan de hand van trends gebaseerd op de ontwikkelingen van de voorgaande 40 jaar. Dit rapport vormde een gegevensbron voor de MOVE evaluatierapportages.

Het plan van aanpak voorzag in jaarrapportages voor intern gebruik welke zijn verschenen tot het jaar 2003, tussenevaluaties in de jaren 1999, 2001 en 2003 en een eindrapportage in 2006. De tussenevaluatie van 2003 had als doel om de ontwikkelingen in de Westerschelde te signaleren en om de effecten van de bagger-, stort- en zandwinstrategie te evalueren. Als onderliggend rapport van de tussenevaluatie in 2003 verscheen een hypothesendocument (Stikvoort et al., 2003), de feitelijke en inhoudelijke onderbouwing van de tussenevaluatie. Zoals reeds vermeld is voor deze eindrapportage in 2006 ook een onderliggend hypothesendocument gemaakt.

1.1.3 Afbakening

Bij de opzet van het project is gekeken waar het project zich wel en niet op moest richten. Zo ontstond onderstaande afbakening:

- het project MOVE verricht metingen in de Westerschelde, de geografische grenzen liggen in het oosten bij de Nederlands-Belgische grens en in het westen bij de lijn Vlissingen-Breskens;
- de wrakkenberging en het natuurcompensatie-programma, die ook onderdeel uitmaken van het verruimingsverdrag, worden in dit kader niet geëvalueerd;
- de effecten van de aangelegde geulwandverdedigingen worden wél beschreven, omdat binnen het project MOVE over dit onderwerp wel hypothesen zijn geformuleerd;
- het project MOVE beslaat de periode 1996 tot en met 2005 en evalueert de waarnemingen. Het beschrijft geen toekomstige ontwikkelingen in de Westerschelde;
- de gevolgen van de verruiming 48'/43' en het gevoerde bagger-, stort- en zandwinbeleid voor het gebruik van de Westerschelde (scheepvaart, visserij, recreatie enzovoort) vallen buiten het kader van het project (De Jong et al., 1997);
- de monitoring van de biologie richt zich voornamelijk op het bentisch (op de bodem levend) systeem en bodemdieretende vogels. Daarnaast is aandacht besteed aan fytoplankton, het in het water zwevend plankton;
- vissen en zeezoogdieren zijn in het project MOVE buiten beschouwing gelaten.

Voor de analyse van de monitorgegevens is de Westerschelde opgedeeld in drie deelgebieden:

- west: het zoute gebied van de lijn Vlissingen-Breskens tot de lijn Baarland-Eendrachtspolder;
- midden: het overgangsgebied tussen zout en brak, gelegen vanaf Baarland-Eendrachtspolder tot de lijn Kruiningen-Walsoorden en
- oost: het brakke gebied vanaf Kruiningen-Walsoorden tot de Nederlands-Belgische grens.

1.2 Leeswijzer

De Westerschelde wordt gekenmerkt door zowel fysische als biologische processen die elkaar kunnen beïnvloeden. Menselijke ingrepen zoals de verruiming 48'/43', maar ook ontwikkelingen buiten de Westerschelde hebben invloed op de fysische, biologische en chemische ontwikkeling van de Westerschelde. Deze processen zijn globaal weergegeven in figuur 1.1 en vormen tevens de leeswijzer voor dit rapport. Hóe de kenmerken elkaar precies beïnvloeden is nog niet in alle gevallen volledig duidelijk. In de projecten ZEEKENNIS en LTV O&M (Onderzoek en Monitoring) worden deze relaties nader bestudeerd².

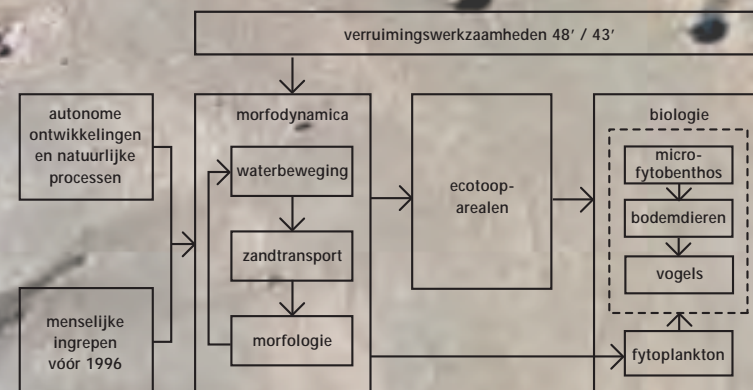
Elk hoofdstuk start met figuur 1-1. De kenmerken die in het betreffende hoofdstuk besproken worden, zijn dan in het schema ingekleurd. Op die manier wordt aangegeven hoe het kenmerk dat besproken wordt samenhangt met de andere fysische en biologische kenmerken van de Westerschelde.

In hoofdstuk 2 worden de menselijke ingrepen in het systeem weergegeven. Hieronder vallen de aanleg van geulwandverdedigingen, de verruimingswerkzaamheden zelf en de gevoerde bagger-, stort- en zandwinstrategie na de verruiming 48'/43'. Hierbij wordt ook de invloed van het bagger- en stortbeleid op de water- en waterbodembodemkwaliteit besproken.

Naast de verruimingswerkzaamheden wordt het systeem ook beïnvloed door andere menselijke ingrepen, natuurlijke en autonome ontwikkelingen. Dit maakt het lastig om de invloed van de verruiming 48'/43' in een ontwikkeling van een kenmerk waar te nemen. In hoofdstuk 3 wordt de scheiding tussen deze invloeden en de verruiming 48'/43' met de



Figuur 1-1: schematische weergave van de processen die elkaar beïnvloeden



daarna gevoerde bagger-, stort- en zandwinstrategie kort besproken.

De effecten van de verruiming 48'/43' en de gevoerde bagger-, stort- en zandwinstrategie op respectievelijk de morfodynamica³ en biologie van de Westerschelde worden in de hoofdstukken 4 en 6 behandeld.

De ecotopenkaarten vormen een schakel tussen de morfodynamica en de biologie. Deze schakel wordt dan ook in hoofdstuk 5 besproken.

Tot slot wordt er een overzicht van alle conclusies en de daarop gebaseerde aanbevelingen gegeven in hoofdstuk 7.

1.2.1 Enkele aandachtspunten

Als in deze rapportage wordt gesproken over 'de' verruiming, wordt de verruiming 48'/43' bedoeld.

Wanneer er wordt gesproken over 'effecten van de verruiming' of 'als gevolg van de verruiming' dient hieronder te worden verstaan 'veranderingen in de Westerschelde die na de verruiming 48'/43' als gevolg van deze verruiming en de daarbij behorende bagger- en stortactiviteiten zijn ingezet of hebben plaatsgevonden'. Naast verruiming, waarbij sprake is van een herverdeling van sediment, heeft zandwinning plaatsgevonden. In het kader van MOVE is het niet mogelijk gebleken om de geconstateerde effecten toe te schrijven aan deze morfologische ingrepen afzonderlijk.

Zoals reeds vermeld zijn de onderbouwingen van de resultaten in deze evalueatie in het hypothesesdocument MOVE 2006 terug te vinden. Dit achtergronddocument is bijgeleverd op cd-rom.

1.2.2 Referenties

De volledige literatuurlijst is ook terug te vinden in het hypothesesdocument MOVE 2006 op de bijgeleverde cd-rom. Aanvullend staan hieronder enkele specifieke referenties gebruikt in dit rapport.

- Haecon (2006). Actualisatie van de zandbalans van de Zee- en Westerschelde. Rapport 1249760008/lvp, Haecon, Gent.
- Jong de, S.A., Kleef van, A. (1996) Ontwikkelingen in de Westerschelde, prognose voor de komende 25 jaar. Nota AX-96.009/NWL-96.14/RIKZ-96.006, Rijkswaterstaat, Directie Zeeland/Rijksinstituut voor Kust en Zee, Middelburg.
- Jong de, J., Krijger, G., Nijse, L. en Huijs, S. (1997) Beoordeling van de effecten van de verdieping 48'-43'. Plan van aanpak rapport 2, project Monitoring Verdieping Westerschelde. Rijkswaterstaat, Directie Zeeland, Middelburg.
- Mol, G., Berchum van, A.M., Krijger, G.M. (1997) De toestand van de Westerschelde aan het begin van de verdieping 48'/43', beschrijving van de trends in de fysische, biologische en chemische toestand. Rapport RIKZ-97.049, Rijksinstituut voor Kust en Zee, Middelburg.
- Peters, B.G.T.M., Liek, G.A., Wijsman, J.W.M., Kuijper, M.W.M. en Eck van, G.Th.M. (2003) Monitoring van de effecten van de verruiming 48'/43': een verruimde blik op waargenomen ontwikkelingen: Move evaluatierapport 2003. Rapport RIKZ/2003.027 Rijksinstituut voor Kust en Zee, Middelburg.
- Stikvoort, E. (ed.), Berrevoets, C., Kuijper, M., Lefèvre, F., Liek, G.-J., Lievaart, M., van Maldegem, D., Meininger, P., Peters, B., Pouwer, A., Schippers, H., en Wijsman, J. (2003). Monitoring van de effecten van de verruiming 48'-43'. MOVE-rapport 7: MOVE Hypothesendocument 2003. Onderliggende rapportage bij MOVE-rapport 8 (deel A en B) Evaluatierapport 2003. Rapport RIKZ/2003.009, Middelburg.
- Vroon, J., Storm, C. en Coosen, J. (1997) Westerschelde, stram of struis? Eindrapport van het Project Oostwest, een studie naar de beïnvloeding van fysische en verwante biologische patronen in een estuarium. Rapport RIKZ-97.023, Rijksinstituut voor Kust en Zee, Middelburg.

Noten hoofdstuk 1

¹ Verruiming tot 48/43/38 voet (1 voet is circa 0,3 meter) betekent dat schepen met een maximale diepgang van 48 voet in een getij naar Antwerpen kunnen varen en dat schepen met een maximale diepgang van 43 voet in een getij vanuit Antwerpen de Westerschelde kunnen afvaren. Schepen met een diepgang van 38 voet kunnen onafhankelijk van het getij op de Westerschelde varen.

² Het project ZEEKENNIS richt zich uitsluitend op Nederlandse vraagstukken in de Zeeuwse wateren, waaronder de Westerschelde, LTV O&M verricht onderzoeken naar het Schelde-estuarium die door zowel Nederland als Vlaanderen nodig geacht worden voor het bereiken van het LTV-Streefbeeld.

³ Het samenspel van water, sedimenttransporten en morfologie. (In het kader van MOVE wordt alleen naar het transport van zand gekeken.) In verschillende vakgebieden wordt ook wel gesproken van hydromorfologie en waterbeweging/morfologie.



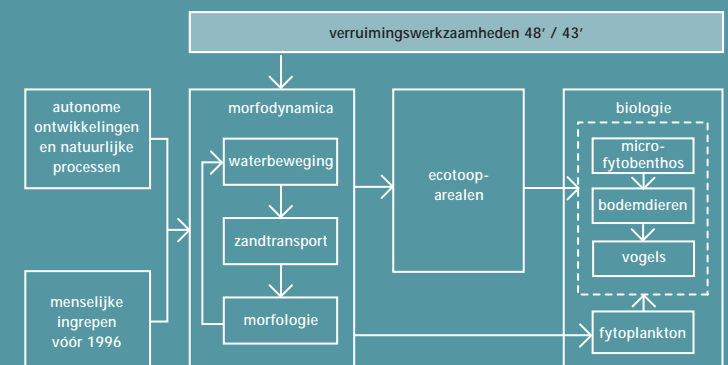




2 Evaluatie verruimingswerken, onderhoud en zandwinning



- 2.1 Inleiding 18
- 2.2 Aanleg geulwandverdedigingen 18
- 2.3 Bagger- en stortstrategie 18
 - 2.3.1 Aanlegbaggerwerk 19
 - 2.3.2 Onderhoudsbaggerwerk 19
 - 2.3.3 Storten 20
- 2.4 Zandwinning 20
- 2.5 Conclusies verruimingswerken, onderhoud en zandwinning 20
- 2.6 Veranderingen water- en bodemkwaliteit 20



2.1 Inleiding

De werken van de verruiming 48'/43' die in dit rapport geëvalueerd worden bestaan uit geulwandverdedigingen en het aanleg- en onderhoudsbaggerwerk. Naast deze verruimingswerken vindt er ook zandwinning in de Westerschelde plaats.

Naast effecten van de verruiming 48'/43' op de morfodynamica en biologie, welke in een latere hoofdstukken nader worden toegelicht, is ook de water- en bodemkwaliteit van de Westerschelde op een aantal punten nader bekeken. Dit komt aan bod aan het einde van dit hoofdstuk.

2.2 Aanleg geulwandverdedigingen

Op verschillende plaatsen in de Westerschelde zijn geulwandverdedigingen aangelegd om het uitbochten (= de buitenbocht verplaatst zich in de richting van de waterkering) van de geulen tegen te gaan. De geulen in de Westerschelde hebben onder invloed van de stroming van het water de neiging uit te bochten, waardoor de waterkering in gevaar kan komen. Ook kan de bochtstraal van de vaargeul te klein worden (bochten worden 'krapper'), waardoor de veiligheid van de scheepvaart in gevaar kan komen. Ten slotte kunnen, als de geulen uitbochten, ecologisch waardevolle slikken en schorren verdwijnen.

Resultaat

Het uitbochten van de geulen is stopgezet door de aanleg van geulwandverdedigingen. Verwacht werd dat een neveneffect van de aanleg van de verdedigingen zou zijn dat de erosie van de slikken achter de verdedigingen zou afnemen en dat uiteindelijk het slik niet zou verlagen. Op een groot

deel van de slikken achter de geulwandverdedigingen treedt echter lokaal nog steeds slikverlaging op van ca 5 tot 10 cm per jaar. Dit lijkt structureel te zijn (zie ook Hypothesen-document, deel Fysica hoofdstuk 2.11). Aanbevolen wordt na te gaan of de huidige verdedigingen moeten worden aangepast.

2.3 Bagger- en stortstrategie

Het uitgangspunt van het beleid voor baggeren en storten is, dat een passende strategie het systeem kan bijsturen (Vroon et al., 1997) en dus ook het meergeulensysteem kan beïnvloeden (zie intermezzo 3). Het meergeulensysteem is een systeemkenmerk dat behouden moet blijven vanuit LTV2030 (zie intermezzo 2b).

Vóór de verruiming 48'/43' werd het gebaggerde materiaal uit de hoofdgeul voornamelijk teruggestort in de nevengeulen van het oostelijk deel van de Westerschelde, met als gevolg dat daar de natuurlijke dynamiek en diversiteit aan ecotopen afnam (Vroon et al., 1997). Verwacht werd dat na de verruiming 48'/43' er anderhalf maal zoveel onderhoudsbaggerwerk nodig zou zijn en dat het oostelijk deel hiervoor niet voldoende stortcapaciteit zou hebben.

Zo is de nieuwe bagger- en stortstrategie ontstaan, waarbij voornamelijk in de nevengeulen van het westelijke en middendeel van de Westerschelde wordt gestort. Verwacht werd dat deze nieuwe strategie een positieve uitwerking zou hebben op het herstel van dynamiek in het oosten. Bovendien was de verwachting dat de hoeveelheid onderhoudsbaggerwerk op de drempels in het oosten tijdelijk lager zou zijn, totdat er een retourstroom van west naar oost op gang zou komen.

Bij de evaluatie van de bagger- en stortstrategie na de verruiming 48'/43' zijn de werkelijke netto stortingen vergeleken met de stortcriteria (zie intermezzo 3). Daaruit bleek, dat de som van de jaargemiddelde netto stortingen in de periode 1997 tot en met 2004 kleiner was dan de netto toegestane hoeveelheid volgens het stortcriterium. Weliswaar is in enkele geulen (Schaar van Spijkerplaat en Middelgat) tijdelijk meer gestort dan het stortcriterium toeliet, maar op basis van een aanbeveling in de tussenevaluatie MOVE 2003 is het stortbeleid vanaf 2004 op die locaties aangepast. Het blijkt dus mogelijk het stortbeleid zo in te richten, dat aan de stortcriteria wordt voldaan (zie ook Hypothesendocument, deel Fysica hoofdstuk 2.12).

INTERMEZZO 3: Behoud meergeulensysteem

Het baggeren in de hoofdgeul en storten in de nevengeul kan het meergeulensysteem in gevaar brengen. In het kader van de Langetermijnvisie is het cellenconcept ontwikkeld. Dit is een methode waarmee kan worden vastgesteld hoeveel jaarlijks gestort kan worden in de nevengeulen van een bepaald gebied, zonder dat het meergeulensysteem in gevaar komt. Deze hoeveelheid wordt het netto stortcriterium genoemd. Netto wil hier zeggen, dat als in een geul ook wordt gebaggerd of zand gewonnen, de hoeveelheid zand die gestort kan worden vergroot mag worden met de gewonnen of gebaggerde hoeveelheid.

2.3.1 Aanlegbaggerwerk

Het baggerwerk dat nodig is om de vaarweg op de gewenste breedte en diepte te brengen zodat de toegankelijkheid van de haven van Antwerpen voor grote zeeschepen wordt vergroot, is het aanlegbaggerwerk. Het betreft baggerwerk op de drempels en 'overige gebieden'¹. Voor baggerlocaties zie de uitklapkaart achterin.

Het aanlegbaggerwerk ten oosten van Vlissingen vond vooral plaats op de drempels en is uitgevoerd tussen juli 1997 en juli 1998. Naar schatting was dit een hoeveelheid van circa 7,5 Mm³.

Het totale baggerwerk inclusief het onderhoudsbaggerwerk bedroeg in 1997 en 1998 circa 12,2 Mm³ op de drempels en circa 5,3 Mm³ in de 'overige gebieden' (zie figuur 2-1).

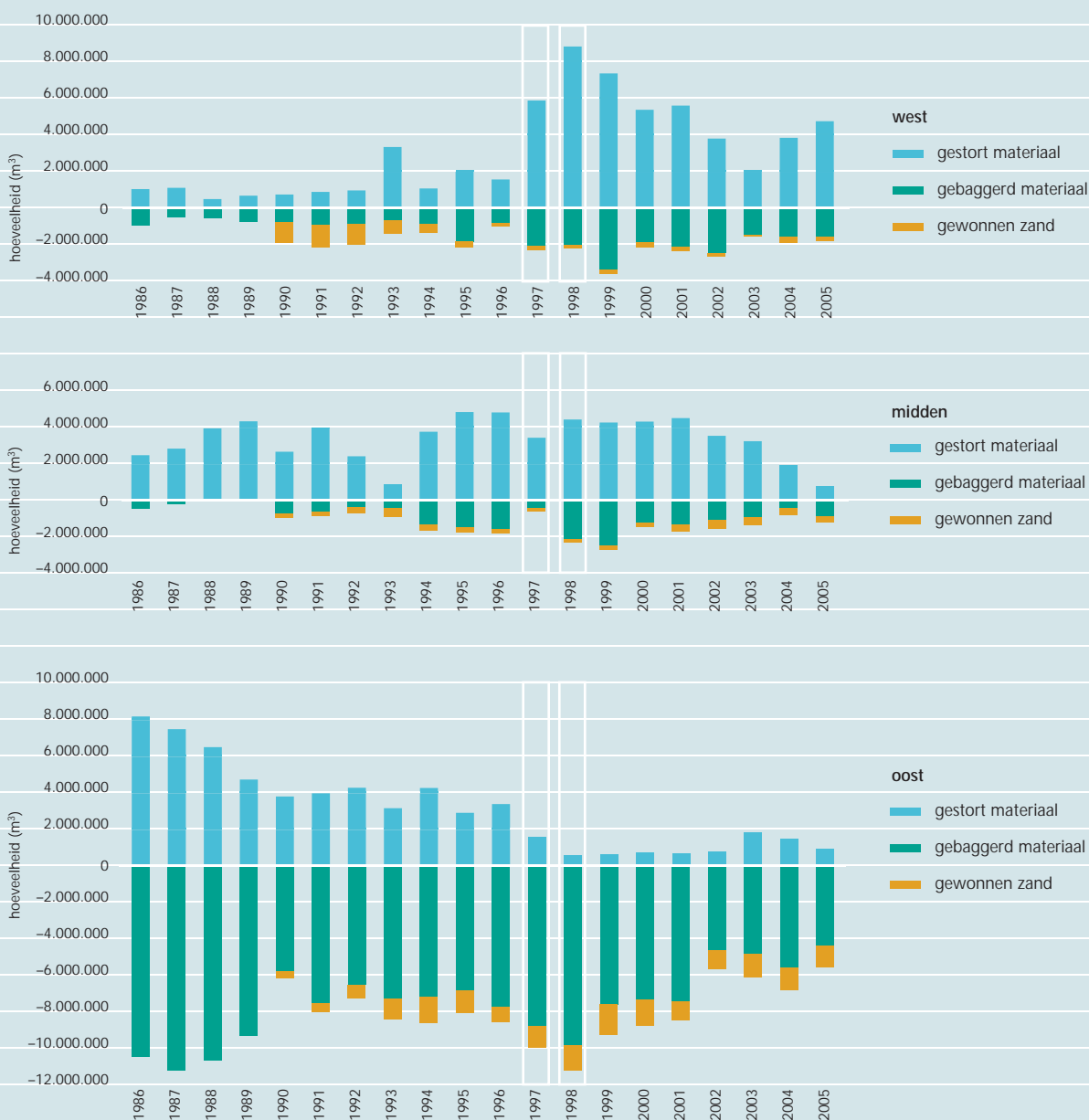
De drempel van Vlissingen is in 1999 verdiept en de Wielingen pas in 2001. Het materiaal is voornamelijk in het westelijk deel van de Westerschelde teruggestort.

2.3.2 Onderhoudsbaggerwerk

Drempels trekken van nature zand aan. Daarom is na het aanlegbaggerwerk onderhoudsbaggerwerk nodig om drempels op de gegarandeerde diepte te houden. Naast onderhoud aan drempels is ook onderhoud van 'overige gebieden' nodig. Zie voor baggerlocaties de uitklapkaart achterin.

Er wordt continu gebaggerd in de Westerschelde, het uitgevoerde baggerwerk is per maand min of meer constant. Het totale jaarlijkse onderhoudsbaggerwerk ten oosten van Vlissingen was tussen 1999-2002 gemiddeld 11 Mm³. Daarna is het totaal gedaald tot

Figuur 2-1: totale hoeveelheid gestort materiaal, gebaggerd materiaal en gewonnen zand in drie deelgebieden, west, midden en oost. De verruimingsjaren zijn weergegeven in een witte kolom.



ongeveer 7-8 Mm³ per jaar, dat is minder dan voor de verruiming (circa 9-10 Mm³).

De grotere hoeveelheid baggerwerk tussen 1999 en 2002 is voornamelijk veroorzaakt door een toename van het onderhoudsbaggerwerk in de 'overige gebieden' tot circa 4,5 Mm³. Dit is later afgenomen tot een waarde gelijk aan voor de verruiming (circa 2 Mm³) (zie Hypothesendocument, deel Fysica hoofdstuk 2.12).

Dit betekent dat het drempelonderhoud gedaald is van 6-7 Mm³ voor en tijdens de verruiming tot 5 Mm³ in recente jaren.

Het lijkt erop dat de aanzandingssnelheid van de drempels een maximum heeft bereikt (zie Hypothesendocument, deel Fysica hoofdstuk 2.12). De verwachting dat het onderhoudsbaggerwerk na de verruiming fors zou stijgen is dus niet bewaarheid. In de vergunning, geldig tot juli 2006, is een maximum gesteld aan het onderhoudsbaggerwerk van 15 Mm³ per jaar. Dit maximum is niet overschreden.

Ten westen van Vlissingen is op Nederlands grondgebied geen onderhoudsbaggerwerk gepleegd.

Het meeste onderhoudsbaggerwerk vindt plaats in het oosten: vóór de verruimingswerken was dat tussen 70 procent en 85 procent van het totale onderhoudsbaggerwerk, na de verruimingswerken tussen 55 procent en 75 procent.

2.3.3 Storten

Het materiaal dat bij het baggerwerk vrijkomt wordt teruggestort in de Westerschelde. De gedachte hierbij is, dat het totale materiaal dat in de Westerschelde aanwezig is het fundament vormt van natuurlijkheid

en veiligheid en daarom in de Westerschelde moet blijven. Voor stortlocaties zie de uitslaander achterin.

In het oostelijk deel is na 1996 één stortlocatie overgebleven waar nog slechts 10 procent van het onderhoudsbaggerwerk wordt gestort (voorheen 45%). De hoeveelheid materiaal dat in het midden gestort wordt is gelijk gebleven (45%) en in het westen is de hoeveelheid gestort materiaal na de verruiming gestegen naar 45 procent van het onderhoudsbaggerwerk (voorheen 10%). Zie figuur 2-1.

2.4 Zandwinning

Naast baggeren en storten wordt er in de Westerschelde sinds 1956 ook zand gewonnen. Vanaf 2001 bedraagt de jaarlijks toegestane hoeveelheid zand 2 Mm³ voor commerciële doeleinden en voor zowel de Nederlandse als de Vlaamse overheid beiden 0,3 Mm³. Dit is gebaseerd op de berekende hoeveelheid zand die de Westerschelde van nature zou importeren (Vroon et al., 1997). Tevens wordt in het beleidsplan, Zandwinning 2001-2011, gesteld dat de zandwinning zoveel mogelijk moet worden gecombineerd met baggerwerk dat toch al uitgevoerd moet worden, om zo de ingreep zo klein mogelijk te houden.

Tot 1991 werd voornamelijk in het westelijk deel van de Westerschelde zand gewonnen. Na een beleidswijziging in 1992 wordt het zand gewonnen voor 70 procent in het oostelijk deel, daarnaast voor 20 procent in het middendeel en voor 10 procent in het westelijk deel van de Westerschelde. Zie voor de zandwinlocaties de uitklapkaart achterin. De belangrijkste locaties waar zand wordt gewonnen liggen langs de hoofdgeulen (preventief onderhoud), gemiddeld 60 procent van het zand wordt hier

gewonnen. Uit stortlocaties komt 30 procent van het zand ten behoeve van zandwinning en 10 procent wordt gewonnen langs nevengeulen.

2.5 Conclusies verruimingswerken, onderhoud en zandwinning

De conclusies van de evaluatie van de geulwandverdedigingen en het gevoerde bagger-, stort- en zandwinbeleid zijn:

- geulwandverdedigingen hebben het proces van uitbochten van de geulen stopgezet, zij hebben echter de slikverlaging achter de verdedigingen niet tot staan gebracht;
- de criteria die zijn bepaald voor de maximaal toegestane netto storthoeveelheden zijn niet blijvend overschreden;
- het onderhoudsbaggerwerk op de drempels voor en na de verruiming 48'/43' is gelijk gebleven. Dit komt mogelijk omdat de maximum aanzandingssnelheid van de drempels is bereikt;
- de verwachting dat het onderhoudsbaggerwerk op de drempels in het oosten tijdelijk lager zou zijn, is niet uitgekomen;
- de zandwinning is binnen de grenzen van de vergunning gebleven. De zandwinning is gecombineerd met het onderhoud van het hoofd- en nevenvaarwater.

2.6 Veranderingen water- en waterbodemkwaliteit

Een goede water- en bodemkwaliteit is van belang voor natuur, visserij en recreatie. Vooral in de decennia na de tweede wereldoorlog raakte de rivier de Schelde verontreinigd met zware metalen en organische verbindingen als PAK's, PCB's en pesticiden.

Vanaf de jaren '70/'80 is de sanering van bodem en water van de (Wester)Schelde op gang gekomen en sindsdien verbetert de kwaliteit van beide weer.

De kwaliteit van het bodemmateriaal is in het oosten minder goed dan in het westen. Het gevolg kan zijn, dat de bodemkwaliteit van het westen verslechtert door de toegenomen stortingen uit het oosten in het westen door de nieuwe bagger- en stortstrategie. Verder kunnen tijdens de bagger- en stortactiviteiten in het sediment opgeslagen verontreinigingen vrijkomen, waardoor ook de waterkwaliteit kan verslechteren.

Resultaten

Na de verruiming wordt materiaal uit het oosten gestort in het westen. De gehalten verontreinigende stoffen in de bodem zijn in het oosten twee maal zo hoog als in het westen. Van de drempel van Bath, in het oosten, is 1,4 Mm³ licht verontreinigd materiaal naar vijf westelijke stortgebieden gebracht. Uit metingen van water- en waterbodemkwaliteit in het westen blijkt, dat de concentratie van de onderzochte verontreinigingen gelijk is gebleven of zelfs is afgenomen. Een uitzondering zijn de gehalten van nikkel en chroom in de bodem, deze zijn licht gestegen ten opzichte van de waarden voor 1996. Ook in de intergetijdgebieden (vooral in het oosten) steeg tussen 1999 en 2003 het gehalte nikkel. Over de doorwerking van deze stijging op de ecologie in deze gebieden is niets bekend.

Er moet echter aangetekend worden dat het meetprogramma bestond uit bodemmonsters van gebaggerde drempels en 'overige' gebieden. En niet uit laagdynamische (rustige) gebieden en gebieden vlak bij stortplaatsen, terwijl juist in die gebieden het verontreinigde slib kan bezinken.

De stijging van nikkel- en chroomgehalten in het oosten is niet het gevolg van de verruiming. Deze wordt hoogstwaarschijnlijk veroorzaakt door fysisch-chemische processen in de bovenste laag van de waterbodem die het gevolg zijn van de grootschalige sanering van zuurstofbindende stoffen in het stroomgebied van de Schelde. Deze processen zijn kenmerkend voor systemen die overgaan van een systeem met zuurstofarm water naar een systeem waar weer permanent zuurstof in het water zit.

Het bagger- en stortbeleid heeft er wel voor gezorgd dat het materiaal uit het oosten naar het westen is gebracht en daarmee zijn de gehalten van verontreinigde stoffen in het westen toegenomen. De stijging in het westen is dus veroorzaakt door het storten van het materiaal uit het oosten in het westen. Het effect van stortingen van havenslib op de water- en bodemkwaliteit is niet bekend.

Noten hoofdstuk 2

¹ Een drempel ligt in het overgangsg gebied tussen een ebeul en een vloedschaar, waar de Westerschelde van nature ondieper is; 'overige gebieden' zijn die gebieden waar de breedte van de vaargeul hinder ondervindt van opdringende platen en zandgolven.

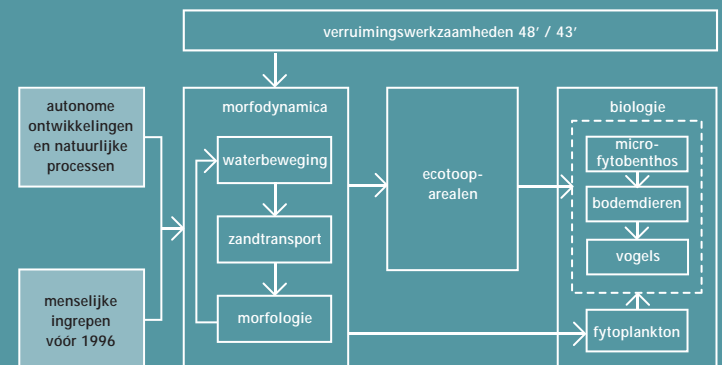






3 Waarnemen van veranderingen

- 3.1 Inleiding 24
- 3.2 MOVE-denkmodel 24
- 3.3 In perspectief zetten 25
- 3.4 Interpretatie meetgegevens 26



3.1 Inleiding

De doelstelling van MOVE is de veranderingen in de Westerschelde na de verruiming 48'/43' vast te leggen. Het MOVE-denkmodel is hierbij gebruikt om de fysische effecten van de verruiming 48'/43' te schatten op basis van systeemkennis.

Ontwikkelingen in het fysische en biologische systeem van de Westerschelde zijn de optelsom van de invloed van de verruiming en de bagger-, stort- en zandwinstrategie plus de invloed van autonome ontwikkelingen, natuurlijke processen en de doorwerking van menselijke ingrepen vóór het referentiejaar 1996 (zie intermezzo 4).

Daarom moet, in het ideale geval, bij de interpretatie van de gegevens de invloed van de verruiming en het gevoerde bagger-, stort- en zandwinbeleid gescheiden worden van al deze 'andere' invloeden.

3.2 MOVE-denkmodel

Dit fysische denkmodel is een kwalitatieve gedachtegang over hoe de Westerschelde kan veranderen na verruiming.

Het getij plant zich voort als een golf door het estuarium met een bepaalde snelheid en een bepaalde hoogte, respectievelijk het horizontale en het verticale getij genoemd. Het horizontale getij plant zich voort van Vlissingen naar Bath in ongeveer anderhalf uur. Het verticale getij bepaalt de hoogte van de hoog- en laagwaterstanden. Het verschil tussen gemiddeld hoogwater en gemiddeld laagwater is het getijverschil.

Richting het oosten wordt het estuarium smaller en ondieper. Het smaller worden van het estuarium zorgt voor verhoging van het verticale getij dit wordt deels teniet gedaan door de toename van de wrijving

van de bodem als gevolg van het ondieper worden. Richting Bath nemen de waterstanden en het getijverschil toe, nog verder richting het oosten nemen waterstanden en het getijverschil weer af als gevolg van wrijving.

Als gevolg van de verruiming worden de drempels verlaagd en volgens het MOVE-denkmodel zal dan de getijgolf minder wrijving ondervinden van de bodem en zal de waterstand en het getijvolume toenemen. Omdat het instromende getij bij hoogwater ook via ondiepe geulen en platen plaatsvindt is de invloed van de geulverdieping op het hoogwater geringer dan op het laagwater.

Het getijverschil - met name in het oostelijk deel - zal toenemen, vooral door afname van het laagwater.

Een ander gevolg is volgens het MOVE-denkmodel dat het getij makkelijker in- en uitstroomt, waardoor de getijasymmetrie af kan nemen. Het baggeren van de drempel veroorzaakt een tijdelijke toename van de stroomsnelheid. Als reactie hierop verdiepen en verbreden de geuldelen aan weerszijden van de drempel. Het sediment dat hierbij vrijkomt, en het sediment dat wordt gebaggerd om de drempels op diepte te houden, wordt voornamelijk opgeslagen in de nevengeulen, kortsluitgeulen en plaatcomplexen. Volgens het MOVE-denkmodel nemen de platen hierdoor

INTERMEZZO 4

Autonome ontwikkelingen zijn ontwikkelingen die van buiten de Westerschelde invloed uitoefenen op de Westerschelde. Hieronder vallen de zeespiegelstijging, het astronomisch getij (waaronder de 18,6 jarige getijdencyclus) en veranderingen in het getij op de Noordzee. Ook veranderingen in water- en sedimentafvoer van de Schelde en stormen horen ertoe.

Natuurlijke processen zijn processen die van nature in een estuarien systeem voorkomen, zoals verlanding en de dynamiek van eb- en vloedgeulen, het vormen van drempels op de punten waar de eb- en vloedgeul samen komen, de dynamiek van kortsluitgeulen die de eb- en vloedgeulen verbinden, de dynamiek van platen die tussen de eb- en vloedgeulen liggen, en de slikken en schorren aan de randen van het systeem. Hierbij is de vorm en geologie (erodeerbare lagen op de bodem) van het systeem van belang voor de manier waarop het estuarium zich kan ontwikkelen.

Ingrepen vóór 1996. Al eeuwenlang brengen mensen veranderingen aan in de Westerschelde, bijvoorbeeld door de aanleg van dijken, inpolderingen, zandwinning en verruiming van de vaarweg. Verschillende ingrepen oefenen nog steeds invloed uit op het systeem.

In de Westerschelde is veel natuurlijke bewegingsvrijheid van de geulen verloren gegaan. Vanaf 1930 bestaat de Westerschelde uit een doorgaande ebgeul en de bijbehorende vloedgeulen met zes bochten die op vele plaatsen vastligt door de aanleg van oeververdedigingen.

zowel in oppervlak als in gemiddelde hoogte toe. Dit draagt bij aan een achteruitgang van het areaal van ondiepwater. Ook versmallen en verlagen de slikken in de buitenbochten.

3.3 In perspectief zetten

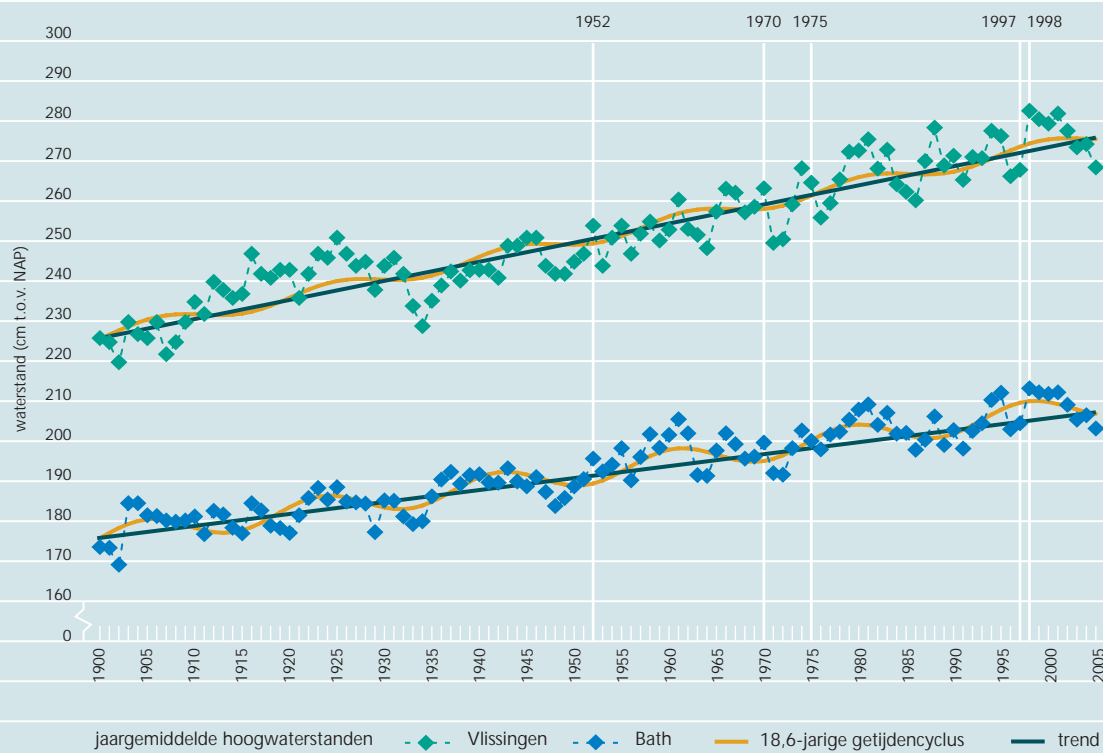
Ter illustratie zijn de autonome invloeden op de hoogwaterstanden bij Vlissingen en Bath weer-gegeven. Daarna wordt in grote lijnen beschreven hoe de gevolgen van de verruiming zijn gescheiden van het totaal van de overige ontwikkelingen.

Op grote tijdschaal (honderd jaar of langer) overheersen vooral autonome ontwikkelingen en natuurlijke processen. Menselijke ingrepen, zoals de verruiming en het daarna gevoerde bagger-, stort- en zandwinbeleid, kunnen echter ook lang doorwerken al is de invloed minder duidelijk zichtbaar dan van de autonome ontwikkelingen. Hierdoor kan het zijn dat relatief kleine ingrepen in het systeem in lange meetreeksen niet of nauwelijks waarneembaar zijn. Dit illustreert figuur 3-1, de jaargemiddelde hoogwaterstanden bij Vlissingen en Bath. In de figuur zijn jaartallen aangegeven van ingrepen en veranderingen in het estuarium.

- In 1952 is het Braakmangebied ingepolderd.
- Vóór 1975 was het Middelgat de ebgeul¹ en het Gat van Ossensisse de bijbehorende vloedgeul, na 1975 wisselde dit.
- In die tijd speelde ook de verruiming 44'/40' (1970-1975).
- Tot slot is in de figuur de verruiming 48'/43' (1997-1998) aangegeven.

De invloed van deze veranderingen op de hoogwaterstanden (zie figuur 3-1) vallen op deze tijdschaal bijna weg tegen de invloed van de zeespiegelstijging,

Figuur 3-1: jaargemiddelde hoogwaterstanden bij Vlissingen en Bath vanaf 1900 tot en met 2005



die de opgaande trend van de afgelopen eeuw vooral bepaalt. Ook de invloed van de 18,6 jarige getijden-cyclus² op o.a. de gemiddelde hoogwaterstanden in Vlissingen is duidelijk te herkennen. De invloed van deze cyclus neemt richting Bath wel af. Deze 18,6 jarige getijdencyclus is één van de variaties in het getij die ontstaat door draaiing van de aarde en door de draaiing van de aarde en de maan rond de zon. Als gevolg van deze cyclus kan er zonder correctie een verkeerd beeld ontstaan van de ontwikkeling van onder andere de hoogwaterstanden, maar dit geldt ook voor andere getijdenmerken.

Door de meetreeksen te corrigeren voor dergelijke ontwikkelingen, met gebruik van de juiste (statistische) dataverwerkingstechnieken, kan nauwkeuriger worden bepaald of de veranderingen aan de verruiming kunnen worden toegeschreven.

Het belang van het kwalificeren van veranderingen op kleinere tijdschaal is ook voor de toetsing aan de EU-richtlijnen van belang. De Europese regelgeving spreekt over 'instandhouden' (Natura 2000) en de KRW vereist maatlatten en maatregelen voor het bereiken van – in geval van de Westerschelde – het Goed Ecologisch Potentieel. Deze eisen richten zich in eerste instantie op kleinere tijdschalen.

3.4 Interpretatie meetgegevens

Bij de interpretatie van meetgegevens is een tienjarige trend gebruikt om de effecten van de verruiming te kunnen onderscheiden van het totaal aan effecten van autonome ontwikkelingen, natuurlijke processen en menselijke ingrepen vóór 1996. Hierbij is verondersteld dat 15 jaar na de verruiming 44'/40' de invloed hiervan nagenoeg is uitgewerkt.

Voor de getijdenmerken is voordat de tienjarige trend is bepaald de invloed van de 18,6 jarige cyclus uit het signaal verwijderd. Hiervoor is de periode 1950 tot 2005 gebruikt.

Op basis van de waarnemingen van tien jaar vóór de verruiming is de tienjarige trend berekend, deze lijn is vervolgens doorgetrokken tot en met 2005 (zie figuur 3-2 en 3-3). Tevens is er een 95% voorspelinterval bepaald aan de hand van deze tien jaar vóór de verruiming. Dit interval is ook geëxtrapoleerd tot en met 2005.

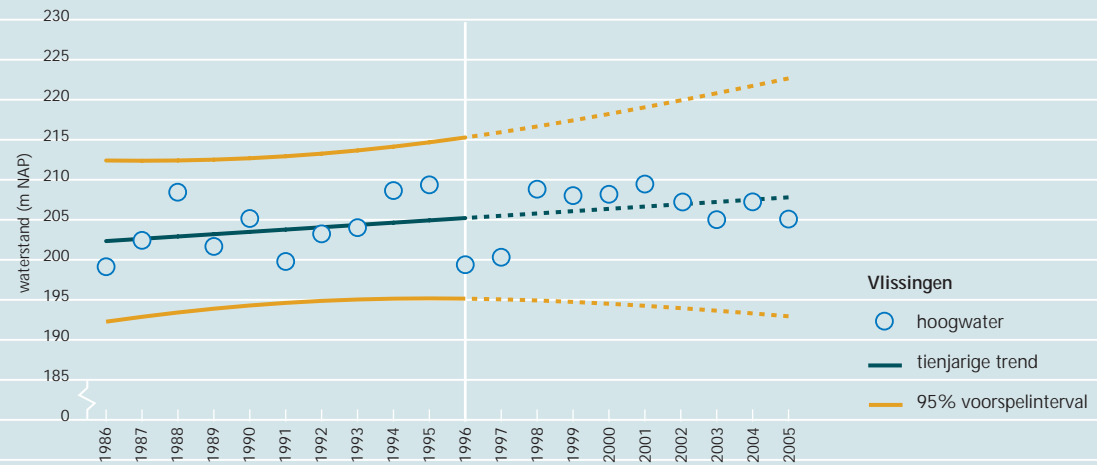
In de gevallen waarbij waarnemingen ná 1996 buiten het geëxtrapoleerde 95% voorspelinterval vallen is er sprake van een significante afwijking ten opzichte van de waarnemingen vóór 1996 (zie figuur 3-3). Deze significant afwijkende waarnemingen zijn in de figuren met een ingekleurde markering weergegeven. In de gevallen waar er sprake is van een significante afwijking van de waarnemingen ná 1996 ten opzichte van de waarnemingen vóór 1996 is er een sterke aanwijzing dat de verruiming en de gevoerde bagger-, stort- en zandwinstrategie invloed heeft op het onderzochte kenmerk.

Noten hoofdstuk 3

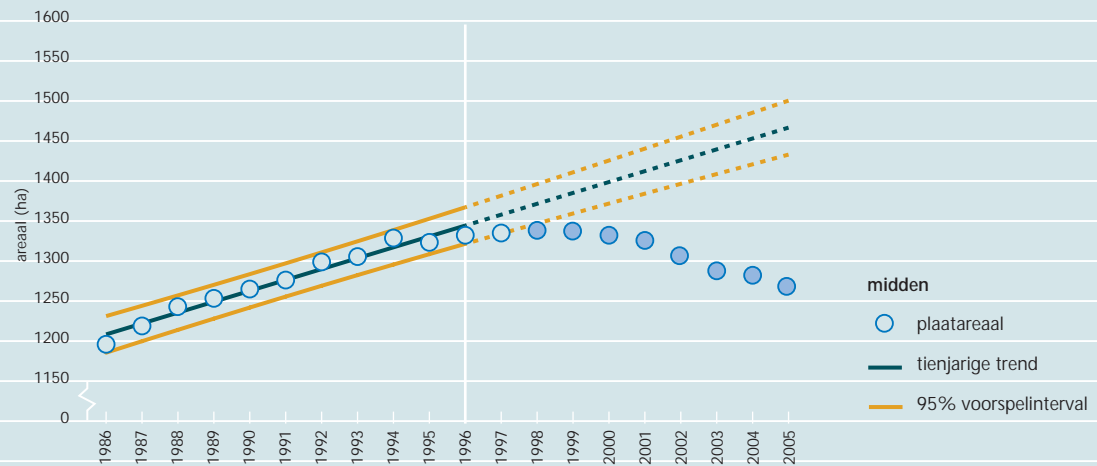
¹ Een ebgeul is een geul waardoor tijdens eb een groter debiet stroomt dan bijloed. Voor eenloedgeul geldt het tegenovergestelde (soms zijn de verschillen gering). De ebgeul is meestal de hoofdgeul.

² De 18,6-jarige getijdencyclus is een variatie in het getij die in 18,6 jaar een opgaande en neergaande beweging doorloopt. Van 1989-1997 maakte de cyclus een opgaande beweging, van 1997-2006 was de cyclus dalend.

Figuur 3-2: tienjarige trend en 95% voorspelinterval voor de hoogwaterstanden in Vlissingen, gecorrigeerd voor de 18,6 jarige cyclus



Figuur 3-3: tienjarige trend en 95% voorspelinterval voor de areaalontwikkeling van de platen (boven -2 m NAP) in het midden van de Westerschelde



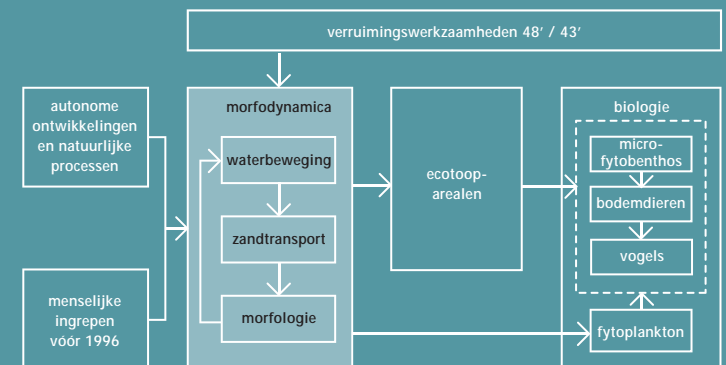
NB dichte markering (●) geeft aan dat de afname significant afwijkt van de trend





4 Veranderingen in morfodynamica

- 4.1 Inleiding 30
- 4.2 Waterbeweging 30
 - 4.2.1 Waterstanden en getijverschillen 30
 - 4.2.2 Getijvolume 30
 - 4.2.3 Stroomsnelheid 32
 - 4.2.4 Conclusies waterbeweging 32
- 4.3 Zandtransport 32
 - 4.3.1 Conclusies zandtransport 34
- 4.4 Morfologie 34
 - 4.4.1 Arealen 34
 - 4.4.2 Inhouden/volumes 37
 - 4.4.3 Conclusies morfologie 38



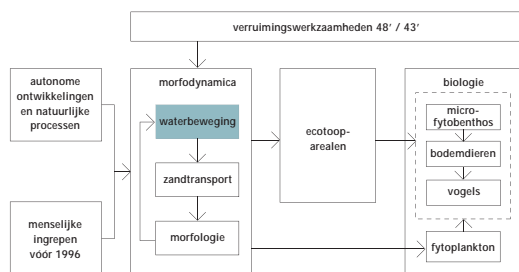
4.1 Inleiding

Morfodynamica is de verandering van de bodem als gevolg van het samenspel van waterbeweging, sedimenttransport en morfologie, deze werken als een cyclus op elkaar in. De waterbeweging brengt het sedimenttransport op gang en dit zorgt op zijn beurt weer voor veranderingen in de morfologie. Vervolgens beïnvloedt de morfologie weer de waterbeweging.

De verruimingswerken vinden direct plaats in de bodem van de Westerschelde en beïnvloeden zo de morfodynamica.

4.2 Waterbeweging

De waterbeweging wordt aangestuurd door het getij afkomstig uit de Noordzee en plant zich als een golf voort in de Westerschelde. De waterstanden, het getijvolume en de stroomsnelheid zijn belangrijke kenmerken van de waterbeweging.



4.2.2 Waterstanden en getijverschillen

Waterstanden en getijverschillen zijn van belang voor de veiligheid van de waterkeringen en bovendien voor de scheepvaart en het ecologisch functioneren van de Westerschelde. Veranderingen in getijverschil en voortplantingssnelheid van het getij leiden tot

een ander getijvenster. Dit is het aantal uren dat een schip beschikbaar heeft om de haven van Antwerpen te bereiken. Als de waterstanden veranderen heeft dat gevolgen voor de droogvalduur van platen en slikken. Veranderingen in droogvalduur kunnen het voorkomen van diersoorten in die gebieden beïnvloeden.

Effecten onderscheiden

De metingen van de gehanteerde getijdenmerken¹ worden duidelijk beïnvloed door de 18,6-jarige getijdencyclus (zie paragraaf 3.3). Daarom is de invloed van de 18,6-jarige getijdencyclus uit de waterstandsgegevens gehaald. Aan de hand van de gecorrigeerde gegevens is daarna de tienjarige ontwikkeling bepaald (zie ook Hypothesendocument, deel Fysica hoofdstuk 2.2)

De getijdenmerken bij Vlissingen zijn voor referentie vergeleken met het station Scheveningen. De getijdenmerken bleken nagenoeg een gelijke ontwikkeling te vertonen. Dit betekent dat veranderingen in de getijdenmerken bij Vlissingen niet zijn toe te schrijven aan de verruiming. Het meetstation Vlissingen is vervolgens gebruikt als referentie voor de stations Hansweert (midden) en Bath (oost).

Resultaten

De jaargemiddelde hoogwaterstanden bij Hansweert en Bath ten opzichte van Vlissingen zijn na 1996 niet significant veranderd, de jaargemiddelde laagwaterstanden in Hansweert en Bath ten opzichte van Vlissingen zijn daarentegen, gering, maar wel significant gedaald (zie figuur 4-1 en 4-2). Er is sprake van een extra daling ten opzichte van de tienjarige trend van respectievelijk circa 3 cm (12%) en circa 6 cm (20%). Beide dalingen zijn zowel door modelberekeningen als een tijdreeksanalyse bevestigd.

Als gevolg van de verlaging van de laagwaterstanden is het getijverschil bij Bath ten opzichte van Vlissingen toegenomen met circa 6 cm. Dit komt overeen met de gemeten lichte toename van het getijvolume (2%) bij Bath.

De tijd tussen het optreden van laagwater in Vlissingen en het optreden van laagwater in Bath is na de verruiming 5 minuten korter geworden (bijna 6%). De tijd tussen het optreden van hoogwater in Vlissingen en het optreden van hoogwater in Bath is gelijk gebleven. Door deze ontwikkeling is het getij minder asymmetrisch geworden. Voor de verdere onderbouwing van de resultaten zie Hypothesendocument, deel Fysica hoofdstuk 2.2.

4.2.1 Getijvolume

Het getij vult en leegt het estuarium bijna twee keer per dag. Hierbij stroomt ter hoogte van Vlissingen bij vloed circa 1,1 miljard m³ water de Westerschelde in (vloedvolume) en bij eb weer uit (ebvolume). De som van dit eb- en vloedvolume wordt het (totale) getijvolume genoemd. Richtig het oosten neemt het getijvolume steeds verder af. Hoe het water zich verdeelt over de geulen hangt nauw samen met de grootte van het doorstroomoppervlak van een geul, maar ook het omgekeerde geldt, het water dat door een geul stroomt bepaalt het doorstroomoppervlak van die geul.

Door verruiming van de vaargeul wordt de invloed van de bodemwrijving op het water minder en kan het water de geulen gemakkelijker in- en uitstromen en het gevolg kan zijn, dat zowel het totale getijvolume als de verdeling van het getijvolume over de geulen verandert. Bij een voortdurend groter

wordend getijvolume in de ene geul en een kleiner wordend getijvolume in de andere geul kan het meergeulensysteem in gevaar komen. Dit meergeulensysteem is karakteristiek voor de Westerschelde. In het LTV streefbeeld voor 2030 is bepaald, dat deze karakteristiek behouden moet blijven.

Het getijvolume in de Westerschelde wordt bepaald op 11 raaien - vaste vaarroutes loodrecht op de stroomrichting - waarover gemiddeld eens in de vijf jaar metingen worden uitgevoerd. Het getijvolume wordt berekend uit 13-uursmetingen van stroomsnelheid en doorstroomoppervlak in de raaien.

Resultaten

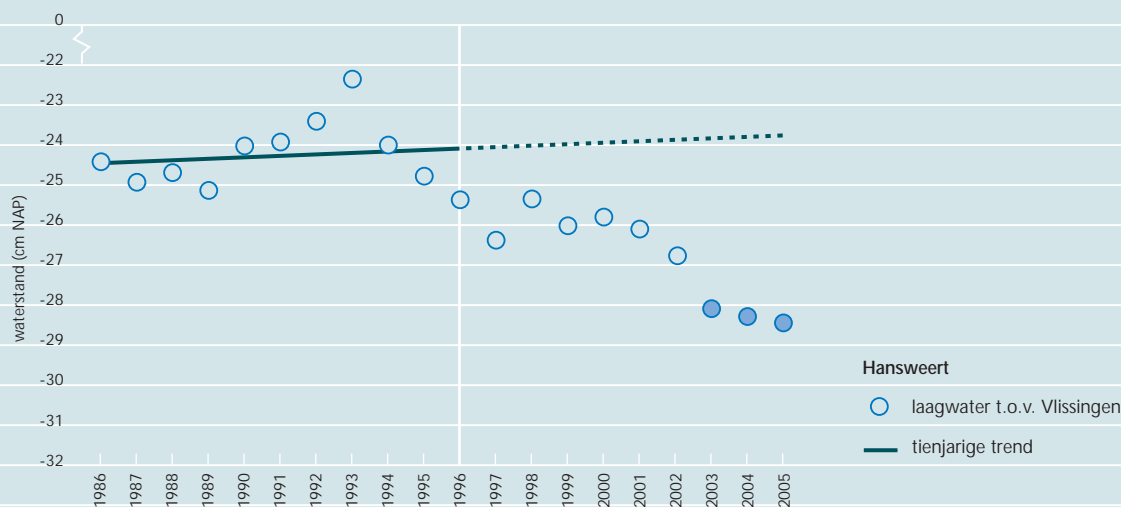
Het getijvolume is sinds 1996 in bijna heel de Westerschelde niet veranderd. Alleen in het meest oostelijke deel (nauw van Bath en Schaar van Noord) is een lichte stijging van 2 procent waargenomen. Deze toename wordt door modelberekeningen bevestigd.

Er is een tendens waargenomen dat de verdeling van het getijvolume over de geulen vanaf het middendeel van de Westerschelde richting het oosten aan het veranderen is. Er stroomt steeds meer water door de hoofdgeulen (welke voornamelijk eb gedomineerd zijn). Dit gaat ten koste van het getijvolume in de nevengeulen (welke voornamelijk vloed gedomineerd zijn).

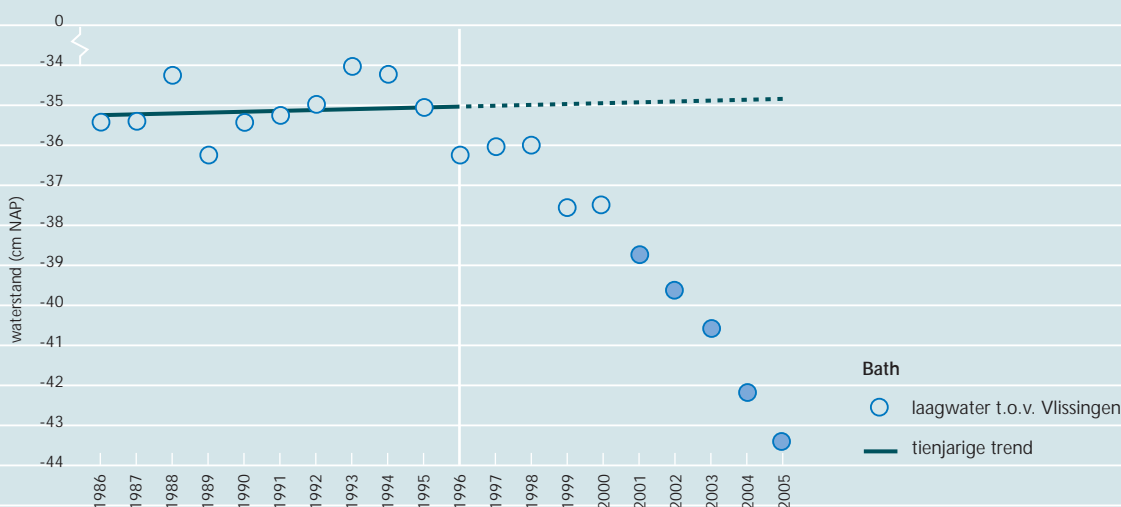
In het uiterste oosten van de Westerschelde is een tegengesteld effect waargenomen. Hier neemt het getijvolume door de nevengeulen juist iets toe ten koste van de hoofdgeulen. Dit is een mogelijk gevolg van de verminderde hoeveelheid die gestort wordt in het oosten.

Voor de verdere onderbouwing van de resultaten zie Hypothesendocument, deel Fysica hoofdstuk 2.3.

Figuur 4-1: laagwaterstand in Hansweert ten opzichte van Vlissingen



Figuur 4-2: laagwaterstand in Bath ten opzichte van Vlissingen



NB dichte markering (●) geeft aan dat de afname significant afwijkt van de tienjarige trend

4.2.3 Stroomsnelheid

De stroomsnelheid is afhankelijk van het doorstroomoppervlak, getijvolume en ruwheid van de bodem. De grillige vorm van het estuarium veroorzaakt daarnaast plaatselijk verschillen in stroomsnelheden en in ondiepe gebieden beïnvloeden wind en golven tijdelijk de stroomsnelheden.

Toename van stroomsnelheden kan leiden tot aantasting van de voet van de waterkeringen en beïnvloedt daarmee de veiligheid tegen overstromen. Ook de veiligheid voor de scheepvaart kan in gevaar komen: als door veranderingen in de stroomrichting dwarsstromingen ontstaan. Hierdoor ontstaat een verhoogde kans op scheepsongevallen (aanvaringen en/of schendingen).

Stroomsnelheden zijn in belangrijke mate bepalend voor het sedimenttransport

Ook de biologische kenmerken worden in belangrijke mate beïnvloed door de sterkte van de stroming.

Een gebied met hoge snelheden is hoogdynamisch wat betekent dat er weinig bodemdieren voorkomen en dat heeft weer invloed op de vogels die voor hun voedsel afhankelijk zijn van deze bodemdieren.

De stroomsnelheidsmetingen² gemeten in de debietraaien zijn te beperkt in tijd en ruimte om een algemeen overzicht over de hele Westerschelde te geven en bovendien is de variatie van de gevonden waarden groot door weersinvloeden. Om een volledig stroombeeld te krijgen voor de Westerschelde zijn met een waterbewegingsmodel (Scaldis100³) de stroomsnelheden berekend. De metingen zijn gebuikt voor de calibratie van het model. De ontwikkeling van de stroomsnelheid is beschreven aan de hand van de modelresultaten met een bodemligging voor de jaren 1988, 1996 en 2005.

Resultaten

De modelberekeningen laten zien dat de stroomsnelheden in de hoofdgeul ten westen van Hansweert, op enkele lokale toe- en afnames bij plaatranden en stortlocaties na, niet significant zijn veranderd. Ten oosten van Hansweert is over een aanzienlijk deel van de hoofdgeul een afname van de maximale stroomsnelheid berekend.

Een uitzondering op de afname van de stroomsnelheid in het oosten zijn lokale toenames bij plaatranden en bij stortlocaties buiten de hoofdgeul. Voor de verdere onderbouwing van de resultaten zie Hypothesendocument, deel Fysica hoofdstuk 2.4.

4.2.4 Conclusies waterbeweging

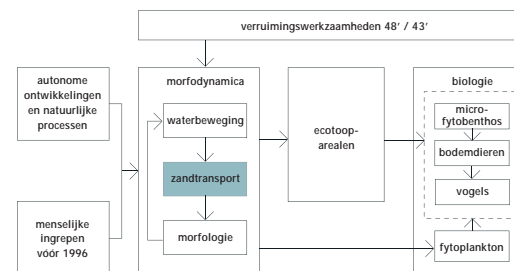
Uit de evaluatie van de waterbeweging kunnen de volgende conclusies getrokken worden:

- na 1996 is het gemeten getijvolume in het oosten vanaf Bath met 2% toegenomen;
- in het westen en het midden van de Westerschelde neemt na 1996 het getijvolume in de ebgeulen toe en in de vloedgeulen af;
- alleen in het uiterste oosten, tussen Bath en de grens is een verschuiving van debiet van de hoofdgeul naar de nevengeul waargenomen;
- de verruiming heeft geen invloed gehad op de getijkenmerken in de monding, Vlissingen;
- er bestaat een statistisch verband tussen de morfologische ingrepen ten behoeve van de verruiming 48'/43' samen met het gevoerde bagger-, stort- en zandwinbeleid en de afname van de jaargemiddelde laagwaterstanden bij Hansweert en Bath (resp. enkele cm's en 6 cm);
- het getijverschil bij Hansweert en Bath is gestegen, respectievelijk met enkele cm's en met 6 cm. Dit komt overeen met de gemeten geringe toename in getijvolume vanaf Bath;

- de jaargemiddelde hoogwaterstanden zijn niet veranderd;
- op basis van modelberekeningen voor de jaren 1988, 1996 en 2005 is ten oosten van Hansweert een afname van de maximale stroomsnelheid in de hoofdgeul berekend;
- op basis van modelberekeningen voor de jaren 1988, 1996 en 2005 blijkt dat plaatselijk, bij plaatranden en stortlocaties buiten de hoofdgeul de stroomsnelheid zowel kan toenemen als afnemen.

4.3 Zandtransport

Waterbeweging veroorzaakt sedimenttransport dat op zijn beurt weer de morfologie van de bodem verandert. In het kader van MOVE is er vooral gekeken naar zand, vandaar dat er gesproken wordt over zandtransport in plaats van sedimenttransport.



Het huidige beleid gaat uit van het op peil houden van de zandvoorraad in de Westerschelde ten behoeve van de functies veiligheid en natuurlijkheid.

Gegeven de zeespiegelstijging, de toename van de getijslag op de Noordzee en de asymmetrie van het getij is in het Schelde estuarium van oudsher sprake van import van zand vanuit de Noordzee naar de Westerschelde en van een zandtransport van het westelijk deel naar het oostelijk deel van de Westerschelde. Op basis van de vroeger gecon-

stateerde zandimport is vergunning verleend voor zandwinning (zie paragraaf 2.4).

Het gewijzigde bagger-, stort- en zandwinbeleid na de verruiming 48'/43' heeft invloed op de zandtransporten in de Westerschelde. De verplaatsing van de stortingen in het oosten naar het westen en de verplaatsing van de zandwinning van het westen naar het oosten heeft de import van zand vanuit de Noordzee en het zandtransport van west naar oost mogelijk beïnvloed. Het precieze proces dat zich hierbij afspeelt is echter nog niet bekend.

Het gebaggerde zand wordt gestort in het westen, waardoor in het oosten een zandtekort kan ontstaan. De veronderstelling gebaseerd op het MOVE-denkmiddel is, dat het systeem streeft naar een evenwicht waardoor na verloop van tijd een retourstroom op gang zal komen van west naar oost om het tekort in het oosten weer aan te vullen.

De zandbalans

Binnen het kader van MOVE is de zandbalans gebruikt om vast te stellen of de import van zand vanuit de monding naar de Westerschelde en of het zandtransport van het westen naar het oosten van de Westerschelde is veranderd.

De westelijke grens van de zandbalans is in het kader van MOVE de lijn Vlissingen-Breskens, de oostelijke grens is de landsgrens tussen Nederland en België.

De zandbalans geeft de richting en de grootte van het 'natuurlijke' zandtransport binnen het Schelde-estuarium. Om de balans te kunnen opstellen is het estuarium ingedeeld in de zogeheten balansvakken. Met behulp van vaklodingen is per balansvak de werkelijke volumeverandering in een periode bepaald. Per periode is tevens de som van de menselijke ingrepen (baggeren, storten en zandwinnen) per vak berekend. Als het verschil tussen de gemeten volumeveranderingen en de volumeverandering door menselijke ingrepen in een balansvak positief is, dan is zand naar dat vak getransporteerd. Is de uitkomst negatief, dan is zand uit het vak getransporteerd. Zo is de grootte en de richting van de zanduitwisseling tussen de afzonderlijke balansvakken (in Mm^3 /jaar) bepaald en ontstaat de zandbalans⁵.

Resultaten

De meest recente Nederlands-Vlaamse zandbalans levert voor de perioden 1990-1996 en 1999-2004 de in het kader van MOVE relevante zandtransporten tussen de Westerschelde en de monding (grens Vlissingen-Breskens) en tussen de Westerschelde en de Nederlands-Vlaamse grens (Haecon, 2006). Tevens worden de transporten tussen de deelgebieden west, midden en oost gegeven.

Uit de zandbalans (zie tabel 4-1) blijkt dat in de periode na de verruiming een flinke toename van het zandtransport naar het mondingsgebied is

Tabel 4-1: zandbalans, gemiddeld zandtransport (Mm^3 /jaar)

periode	mondig → west	west → midden	midden → oost	oost → België
1990-1996	+ 0,80	+ 1,26	+ 3,66	+ 1,18
1999-2004	- 3,19	+ 0,72	+ 3,27	+ 0,73

+ = stroomopwaarts (vanuit Noordzee richting Zeeschelde)

- = stroomafwaarts (vanuit de Zeeschelde richting Noordzee)



opgetreden. De Westerschelde veranderde van een zandimporterend naar een zandexporterend systeem in de richting van de monding.

Na de verruiming werd het storten verplaatst van het oostelijk deel naar het midden- en westelijk deel van de Westerschelde en werd er geen zand meer gewonnen in het westen. Deze verplaatsing kan mede de oorzaak van de omslag zijn. Ook de verandering van de getijasymmetrie (meer symmetrisch) kan invloed op de vergroting van het zandtransport richting monding hebben gehad.

Uit de zandbalans komt ook naar voren dat er een zandtransport van circa 1 Mm³ per jaar optreedt van de Westerschelde naar de Zeeschelde. Eerder werd er vanuit gegaan dat er geen transport plaatsvond over de Nederlands-Vlaamse grens.

Tenslotte laat de zandbalans zien dat er in de periode 1999-2004 sprake is van een gering transport van het westelijk naar het middengebied en een flink transport van het middengebied naar het oostelijk gebied. Hierdoor zou er een zandtekort kunnen ontstaan in het middengebied. De retourstroom van zand van west naar oost na de verruiming lijkt niet op gang gekomen.

Voor de verdere onderbouwing van de resultaten zie Hypothesendocument, deel Fysica hoofdstuk 2.6.

4.3.1 Conclusies zandtransport

Uit de zandbalans zijn de richtingen van de zandtransporten in de Westerschelde bepaald. Daaruit kunnen de volgende conclusies getrokken worden:

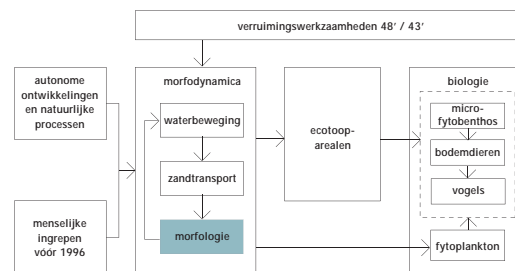
- de Westerschelde is in de periode 1999-2004 van een zandimporterend naar een zandexporterend systeem veranderd, dit is een mogelijk gevolg van

het bagger-, stort- en zandwinbeleid. Het verdient aanbeveling om verder studie te verrichten naar het hoe en waarom van deze omslag;

- de veranderingen in de bagger-, stort- en zandwinactiviteiten in het midden en westelijke deel van de Westerschelde heeft mogelijk invloed gehad op het zandtransport naar de monding;
- er is geen retourstroom van zand van het westen naar het oosten van de Westerschelde op gang gekomen;
- er treedt een zandtransport op van jaarlijks gemiddeld 1 Mm³ van de Westerschelde naar de Zeeschelde (België).

4.4 Morfologie

De morfologie is beschreven aan de hand van de ontwikkelingen in arealen en inhoud en c.q. volumes van ondiepwater, geulen, platen, slikken en schorren.



De volgende arealen en inhoud en c.q. volumes zijn beschreven (zie figuur 4-3):

- **schorareaal** buitendijkse gebieden die voor meer dan 50 procent zijn begroeid;
- **slikareaal** buitendijkse gebieden boven NAP -2 m en grenzend aan een dijk of het schor;
- **ondiepwaterareaal** gebied tussen NAP -2 m en NAP -5 m;
- **geulareaal** gebied onder NAP -5 m;

- **plaatareaal** gebieden boven NAP -2 m, omringd door geulen;
- **hoofd- en nevengeuleninhoud** inhoud beneden NAP -2 m;
- **plaatvolume** volume boven NAP -2 m.

Intergetijdengebied zoals platen, slikken en schorren en ondiepwater dragen bij aan de veiligheid van de Westerschelde. Golven en stromingen worden afge-reemd voordat de zeewering bereikt wordt. Ook spelen ze een belangrijke rol in het ecologisch functioneren van de Westerschelde. Door erosie- en sedimentatie-processen verandert de morfologie van de bodem. Hierdoor kunnen intergetijdengebieden en geulen zowel in hoogte en diepte toe- of afnemen (inhoud/volume), als veranderen van oppervlakte (areaal).

Autonome ontwikkelingen en arealen en inhoud en volumes

Om de invloed van de verruiming te kunnen scheiden van autonome ontwikkelingen is voor de arealen en inhoud en volumes, naast de tienjarige trend, gebruik gemaakt van een langjarige trend (50 jaar). Een periode van tien jaar bleek te kort om de ontwikkeling volledig in beeld te krijgen. Wanneer deze beide trends met elkaar overeenkomen, wordt er geen onderscheid meer gemaakt tussen een langjarige trend en een tienjarige trend.

4.4.1 Arealen

Het areaal schorren, slikken, platen, ondiepwater en geulen is belangrijk voor de veiligheid maar speelt ook een zeer belangrijke rol in het ecologisch functioneren van de Westerschelde. Veranderingen in arealen hebben effect op levensgemeenschappen die in die gebieden voorkomen.

Resultaten areaalontwikkeling slik en schor

Er is gekeken naar de ontwikkeling van het gezamenlijke areaal slik en schor dat zich aan de randen van de Westerschelde bevindt met uitzondering van de gebieden Saeftinge, Sieperdaschor en Rammekens. Het gezamenlijke areaal slik en schor van Saeftinge (3000 ha) is zo groot dat het de ontwikkelingen van het areaal slik en schor in het oosten aan de randen van de Westerschelde overschaduwet.

Het Sieperdaschor (ongeveer 90 ha) bestaat pas sinds 1990 waardoor er geen vergelijking met de periode voor de verruiming gemaakt kan worden. Rammekens (bijna 70 ha) ligt min of meer buiten de Westerschelde in het havengebied. Het gezamenlijk areaal slik en schor in deze drie gebieden zijn nauwelijks veranderd in de afgelopen 10 jaar.

De slikken en schorren aan de randen van de Westerschelde zijn wel veranderd en worden daarom nader bekeken voor de drie deelgebieden west, midden en oost.

Tabel 4-2: veranderingen in het gezamenlijk areaal slik en schor in 2005 t.o.v 1996 van de drie deelgebieden, west, midden en oost

	west	midden	oost
areaal in 1996 [ha]	1219	580	1331
verandering 2005 t.o.v 1996	+ 5%	-	- 4%

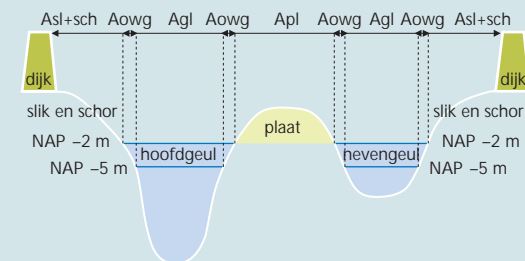
Tabel 4-3: areaal schorren en slikken gescheiden op basis van de geomorfologische kaart in ha zonder de gebieden Saeftinge, Rammekens en Sieperdaschor

	west			midden			oost		
	1996	2001	2004	1996	2001	2004	1996	2001	2004
schor	96	92	90	18	18	17	165	185	168
slik	1123	1128	1189	562	561	564	1166	1120	1111

Het gezamenlijke areaal slik en schor is in 2005 ten opzichte van 1996 in het oosten afgenomen en in het westen toegenomen, terwijl in het midden geen duidelijke verandering is opgetreden en het min of meer op een gelijk niveau is gebleven (zie tabel 4-2). Deze ontwikkelingen komen overeen met de langjarige trend van het gezamenlijke areaal slik en schor in de drie deelgebieden (zie Hypothesendocument deel Fysica, hoofdstuk 2.8).

Op basis van de gedefinieerde arealen slik en schor en een geomorfologische kaart is een onderscheid gemaakt tussen het areaal slik en schor. De geomorfologische kaart is slechts voor de jaren 1996, 2001 en 2004 beschikbaar, waardoor er alleen een indicatie van de afzonderlijke ontwikkelingen van het areaal slik en schor voor die jaren is. De afzonderlijke arealen slik en schor zijn weergegeven in tabel 4-3. Hieruit blijkt dat het areaal slik vele malen groter is dan het areaal schor. In het oosten is voornamelijk slik verloren gegaan en in het westen is er juist slik bijgekomen. De arealen schor zijn nauwelijks veranderd.

Figuur 4-3: schematische weergave van de arealen, schor en slik, geulen, ondiepwater en platen en de volumes: plaat en hoofd- en nevengeul



- Agl = Areaal geul beneden NAP -5 m
- Aowg = Areaal ondiepwatergebied tussen NAP -5 m en NAP -2 m
- Apl = Areaal plaat boven NAP -2 m omringd door geulen
- Asl+sch = Areaal slik en schor boven NAP -2 m, grenzend aan een dijk; schorren zijn voor 50% begroeid

- plaatvolume boven NAP -2 m
- geulinhoud beneden NAP -2 m

Resultaten areaalontwikkeling ondiepwater, platen en geulen

Figuur 4-4 toont de areaalontwikkelingen van het ondiepwater, de platen en de geulen per deelgebied. Een ingekleurde marker in de figuur geeft aan dat de waarde significant afwijkt van de trend. Dit geeft een indicatie dat de ontwikkeling zeer waarschijnlijk het gevolg is van de verruiming en het gevoerde bagger-, stort- en zandwinbeleid (zie ook paragraaf 3.4).

West

In het westen van de Westerschelde is het areaal ondiepwater over de periode 1986-2005 min of meer gelijk gebleven op een niveau van 1650 ha. Alleen het jaar 2005 lijkt hier vanaf te wijken (zie figuur 4-4, west). De komende jaren zal moeten blijken of er sprake is van een verandering in de ontwikkeling of van een fluctuatie in het ondiepwaterareaal.

Zowel de ontwikkeling in het ondiepwaterareaal als het geulareaal komen overeen met de trend (zie figuur 4-4, west). Het geulareaal in het westen neemt toe met circa 7 ha per jaar.

Het plaatareaal in het westen laat sinds 1996 een extra afname zien boven op de dalende trend. Vanaf 2001 is er zelfs sprake van een significante afname van het plaatareaal. Dit betekent in 2005 een significante extra afname van circa 130 ha (6%) ten opzichte van de trend in 2005 (zie figuur 4-4, west).

De afname van het plaatareaal en het constant blijven van het ondiepwaterareaal komen niet overeen met het MOVE-denkmodel (zie paragraaf 3.2). Hier werd juist uitgegaan van een toename van het plaatareaal en een afname van het ondiepwaterareaal als gevolg van de stortingen in de nevengeulen.

Midden

Het midden van de Westerschelde laat vooral veranderingen in het ondiepwater- en plaatareaal zien.

Het ondiepwaterareaal is na 1996 min of meer constant gebleven op 500 ha. Dit betekent een onderbreking van de dalende trend. Vanaf het jaar 2000 leidt dit tot een significante afwijking ten opzichte van deze dalende trend. In 2005 is het ondiepwaterareaal circa 20 procent (110 ha) significant meer dan op basis van de trend verwacht kon worden (zie figuur 4-4, midden).

Het plaatareaal in het midden blijft na 1996 ook min of meer constant en dit betekent een onderbreking van de stijgende trend. Als gevolg van deze ontwikkeling is het plaatareaal min of meer gelijk gebleven aan 1300 ha. Vanaf 1997 is er sprake van een significante afname van het plaatareaal ten opzichte van de stijgende trend. Dit betekent dat er in 2005 circa 13,5 procent (200 ha) minder plaatareaal is dan op basis van de trend verwacht kon worden (zie figuur 4-4, midden).

Het geulareaal in het midden neemt toe met circa 8 ha per jaar. Hiermee komt de ontwikkeling van het geulareaal overeen met de trend (zie figuur 4-4, midden).

De ontwikkeling van het plaat- en ondiepwaterareaal in het midden van de Westerschelde komen niet overeen met het MOVE-denkmodel (zie paragraaf 3.2).

Oost

Tot slot de areaalveranderingen in het oosten. Het ondiepwaterareaal is na 1996 gelijk gebleven op een niveau van circa 800 ha. Dit is een verandering ten

opzichte van de dalende trend. Vanaf het jaar 2000 is er sprake van significant meer ondiepwaterareaal ten opzichte van de trend. Hierdoor is er in 2005 circa 22 procent meer (145 ha) ondiepwaterareaal in het oosten dan op basis van de dalende trend verwacht kon worden (zie figuur 4-4, oost).

De tienjarige trend van het plaatareaal in het oosten komt overeen met de periode 1980-2005. Van 1950 tot en met 1980 was er sprake van een stijging van het plaatareaal. De tienjarige trend komt hierdoor niet volledig overeen met de langjarige trend van 50 jaar. Gezien de goede overeenkomst van de tienjarige trend met de periode vanaf 1980 is de ontwikkeling beschreven ten opzichte van deze tienjarige trend in plaats van de langjarige trend (zie Hypothesendocument deel Fysica, hoofdstuk 2.8). Het plaatareaal daalt in de periode 1996-2005 licht en komt daarmee overeen met de tienjarige trend (zie figuur 4-4, oost).

Het geulareaal in het oosten neemt toe. De toename van het geulareaal is echter minder sterk dan op basis van de tienjarige trend verwacht zou worden. Wordt dit echter afgezet tegen de langjarige trend dan is er juist sprake van een sterkere toename (zie ook hypothesendocument deel Fysica, hoofdstuk 2.8). Dit is ook te verwachten als gevolg van de baggeractiviteiten in het oosten.

De areaalontwikkelingen zijn geclusterd naar drie deelgebieden, maar binnen één deelgebied is er sprake van verschillende lokale areaalveranderingen. De lokale areaalverschillen tussen het jaar 1996 en 2005 zijn weergegeven op de uitklapkaart achterin.

4.4.2 Inhoud/volumes

De inhoudontwikkeling van de hoofd- en nevengeulen is van belang voor de beroepsvaart, de recreatievaart en het behoud van het meergeulen-systeem. De hoofdgeulen zijn verruimd zodat het voor grotere schepen mogelijk is om de haven van Antwerpen beter te bereiken. De nevengeulen zijn alleen bevaarbaar voor kleinere schepen en - afhankelijk van de diepgang en de waterstand - soms onbevaarbaar. De volumeverandering van platen is vooral van ecologische belang, dit heeft namelijk effect op de levensgemeenschappen die in die gebieden voorkomen.

Resultaten inhoudontwikkeling hoofd- en nevengeulen en platen

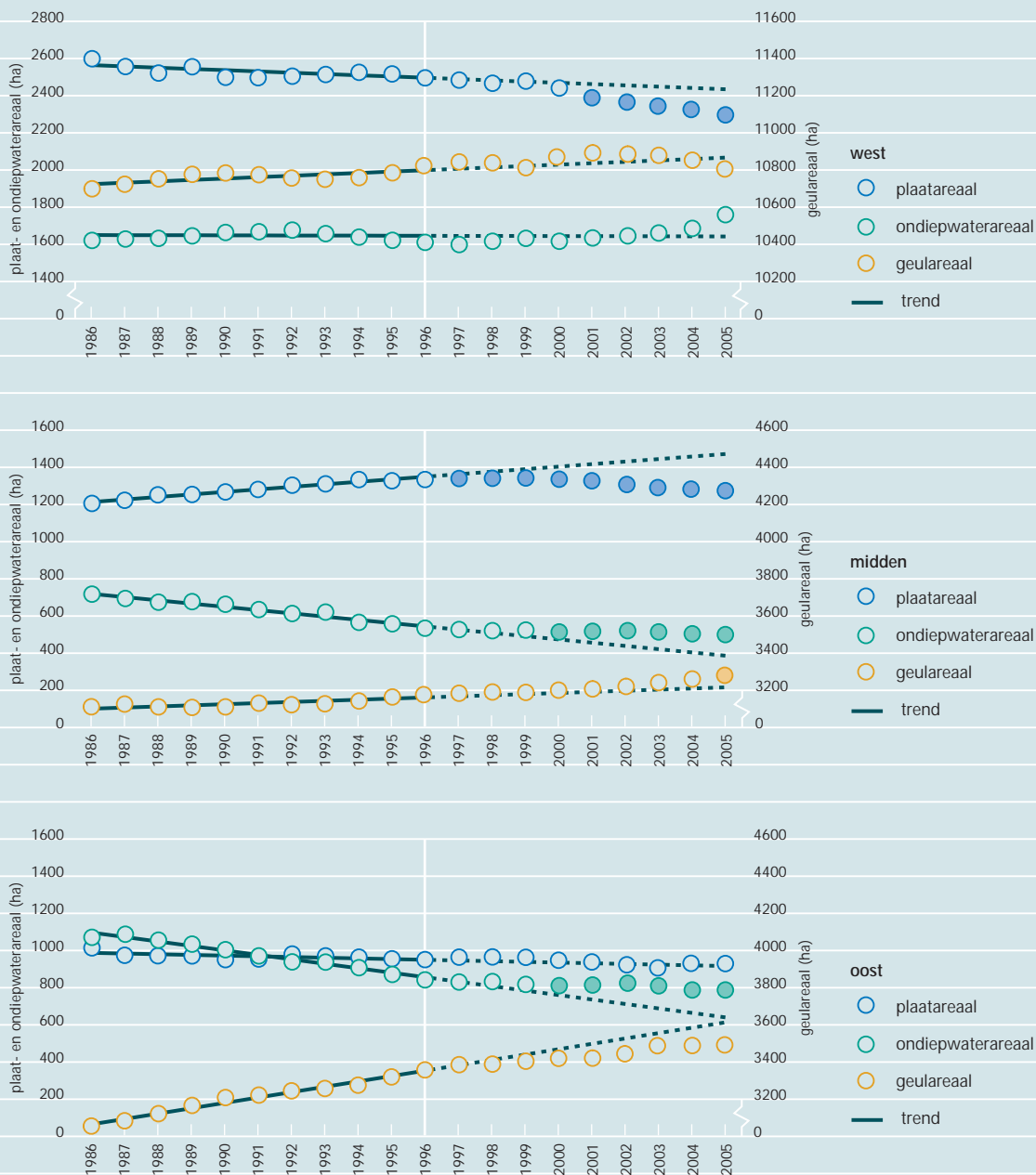
In figuur 4-5 zijn de veranderingen van inhoud/volumes aangegeven van geulen en platen per deelgebied. Een ingekleurde marker in de figuur geeft aan dat de waarde significant afwijkend is van de trend en vrijwel zeker het gevolg is van de verruiming (zie ook paragraaf 3.4).

West

In het westen van de Westerschelde is de inhoud van de hoofdgeul toegenomen. Deze toename van de inhoud komt overeen met de trend (zie figuur 4-5, west).

De inhoud van de nevengeulen is van een toename overgegaan in een afname. Vanaf 1997 is er sprake van een significante daling ten opzichte van de stijgende trend. Dit zorgt ervoor dat de significante inhoudafname in 2005 circa 3,5 procent (25 Mm³) bedraagt ten opzichte van de trend (zie figuur 4-5, west). Deze inhoudsafname is een mogelijk gevolg

Figuur 4-4: areaalveranderingen van de platen, geulen en ondiepwater per deelgebied



NB dichte markering (●) geeft aan dat de afname significant afwijkt van de trend

van de stortingen in de nevengeulen van het westen. Het volume van de platen is afgenomen, ondanks de toegenomen hoeveelheid baggerspecie die in het westen is gestort. Deze ontwikkeling komt ook niet overeen met het MOVE-denkmodel (zie paragraaf 3.2). De afname van het plaatvolume van circa 0,2 Mm³ per jaar komt overeen met de trend (zie figuur 4-5, west).

Midden

In het midden van de Westerschelde is de inhoud van de hoofdgeul toegenomen. Vanaf 1998 is er sprake van een significante extra toename ten opzichte van de trend. In 2005 zorgt dit voor een significante extra toename van de inhoud met circa 10 procent (25 Mm³) ten opzichte van de trend (zie figuur 4-5, midden).

De inhoud van de nevengeulen in het midden neemt met circa 0,75 Mm³ per jaar af en volgt daarmee de trend (zie figuur 4-5, midden).

Het plaatvolume neemt na 1996 niet meer toe en blijft circa 26 Mm³. Er was sprake van een licht stijgende trend in het plaatvolume. Als gevolg van deze ontwikkeling is er vanaf 2002 sprake van een significante afwijking ten opzichte van de trend. In 2005 is het plaatvolume circa 12 procent (4 Mm³) lager dan vanuit de stijgende trend verwacht kon worden (zie figuur 4-5, midden).

Oost

De inhoud van de hoofdgeul in het oosten van de Westerschelde is toegenomen. Ten opzichte van de tienjarige trend is er sprake van een extra toename, maar over de lange termijn bekeken is hier geen sprake meer van (zie figuur 4-5, oost).

De inhoud van de nevengeulen in het oosten neemt toe met circa 0,70 Mm³ per jaar en komt daarmee overeen met de trend (zie figuur 4-5, oost).

Het volume van de platen is van een toename overgegaan in een lichte afname. Vanaf het jaar 2002 is er sprake van een significante afname ten opzichte van de trend. In 2005 is de significante afname circa 8,5 procent (2 Mm³) ten opzichte van de stijgende trend (zie figuur 4-5, oost).

4.4.3 Conclusies morfologie

De morfologie van de Westerschelde verandert als gevolg van natuurlijke morfologische processen en menselijke ingrepen. Het niet overschrijden van stortcriteria, zodat het meergeulenstelsel niet in gevaar wordt gebracht, is niet voldoende om morfologische veranderingen in de platen, geulen en ondiepwatergebieden van de Westerschelde te voorkomen.

Uit de areaal- en inhoudontwikkeling van de drie deelgebieden komt naar voren dat vooral de hoofdgeulen toenemen in areaal en inhoud. Dit wordt ook verwacht op basis van het MOVE-denkmodel. De inhoud van het geulareaal in het midden is echter wel sterker toegenomen dan de stijgende trend.

De inhoud van de nevengeulen in het westen is sterk afgenomen. Deze ontwikkeling komt niet overeen met het MOVE-denkmodel. De inhoudontwikkeling van de nevengeulen in het midden en oosten volgen wel de trend.

De afname van het areaal en volume van de platen in het westen en midden komt niet overeen met het

MOVE-denkmodel. In het midden is er zelfs sprake van een omslag in de ontwikkeling van het plaatareaal. De toename van het plaatareaal in het midden is overgegaan in een afname, dit is waarschijnlijk een gevolg van het stagneren van de afnemende trend van het ondiep-waterareaal. In het oosten nemen de platen ook af in volume en areaal maar hiervan is alleen de volume afname afwijkend van de trend. De gemiddelde hoogte van de platen is over het algemeen toegenomen omdat het volume van de platen minder sterk afneemt dan het areaal.

Voor het ondiepwater werd in het MOVE-denkmodel een achteruitgang verwacht. Uit de monitoring komt echter naar voren dat de dalende trend is onderbroken en dit areaal in de Westerschelde na 1996 op een min of meer gelijkblijvend niveau is gebleven.

De Westerschelde is altijd in ontwikkeling. Het hoe en waarom van de morfologische processen is in een aantal gevallen duidelijk maar in veel gevallen ook niet. Ook het MOVE-denkmodel, wat zeer conceptueel is opgezet, verklaart de ontwikkeling van de Westerschelde lang niet altijd. Een sterke aanbeveling is dan ook om verder conceptueel en modelmatig onderzoek te verrichten.

Noten hoofdstuk 4

¹ De getijkenmerken zijn jaargemiddeld hoogwater, jaargemiddeld laagwater, jaargemiddelde waterstand en getijverschil.

² Vóór 1995 zijn stroomsnelheden gemeten met een Ott-molen die in het water werd geplaatst, sinds 1995 worden metingen uitgevoerd met een ADCP-meter (Acoustic Doppler Current Profiler).

³ Scaldis100 is een numeriek waterbewegingsmodel voor de Westerschelde inclusief de monding en de Zeeschelde. Het berekent waterstanden, getijvolume en stroomsnelheden op basis van een rooster van rekenpunten.

Figuur 4-5: hoofd- en nevengeulinhoud en plaatvolume voor drie deelgebieden



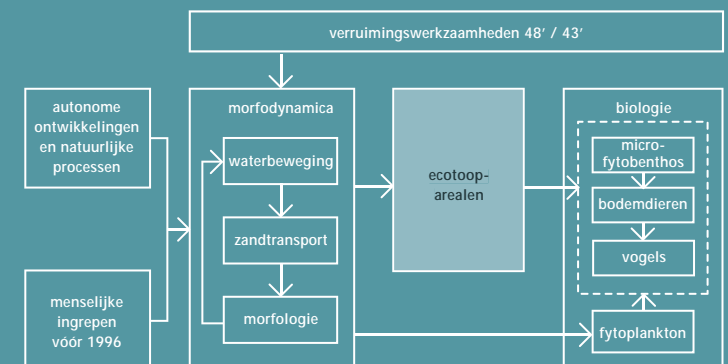
NB dichte marking (●●) geeft aan dat de afname significant afwijkt van de trend





5 Ecotopen, brug tussen morfodynamica en biologie

- 5.1 Inleiding 42
- 5.2 Ecotopen 42
- 5.3 Validatie ecotopen 43
 - 5.3.1 Conclusies validatie ecotopen 45
- 5.4 Ontwikkelingen ecotopen 46
 - 5.4.1 Conclusies ontwikkeling ecotopen 46



5.1 Inleiding

In MOVE zijn ecotopen¹ gebruikt om een brug te slaan tussen morfodynamica en biologie.

De verruimingswerkzaamheden hebben direct effect op de fysische kenmerken van de Westerschelde, bijvoorbeeld op de waterbeweging en de aard en omvang van plaat- en slikgebieden.

Planten en dieren hebben een sterke relatie met hun leefomgeving, zij kunnen alleen dáár voorkomen, waar de omgeving aan bepaalde voorwaarden voldoet. Soorten die vergelijkbare eisen stellen aan hun omgeving vormen een levensgemeenschap. Met behulp van GIS-kaarten² die de (fysische) eisen in beeld brengen zijn de levensgemeenschappen weergegeven als ecotopen op een GIS-kaart. Vanuit die gedachte is in het project MOVE gekozen voor ecotopen als schakel tussen de morfodynamica en biologie.

5.2 Ecotopen

Het ecotopenstelsel voor de zoute wateren geeft per ecotoop aan welke soorten er theoretisch voor kunnen komen. Aan de hand van de volgende fysische kenmerken, weergegeven in GIS-kaarten, zijn de ecotopen van de Westerschelde voor de jaren 1996 en 2004 berekend (zie figuur 5-3):

- zoutgehalte; zoutgehalteverdeling van 1992³ tijdens hoogwater;
- sedimentsamenstelling; slibrijk en fijnzandige gebieden zijn weergegeven op basis van de geomorfologische kaart⁴;
- platen en slikken; begrenzing op basis van het getij;
- dynamiek op de platen en slikken; het bodem-

patroon bepaalt de mate van dynamiek en is weergegeven op de geomorfologische kaart (zie figuur 5-1);

- dynamiek in de geulen; de stroomsnelheid, berekend met een stroomsnelheidsmodel in combinatie met de bodemligging uit 1996 en 2004 bepaalt de mate van dynamiek;
- hoogteligging; is bepaald uit lodinggegevens;
- droogvalduur; is bepaald uit de hoogteligging en het getij;
- vegetatie en hardsubstraat; is bepaald op basis van de geomorfologische kaart.

Als één of meer van deze fysische kenmerken in een gebied veranderen, bijvoorbeeld de ligging wordt hoger of het gebied wordt dynamischer, dan zal het gebied tot een andere ecotoop gaan behoren. Dat betekent dat het gebied meer of minder geschikt wordt voor soorten die er al gevestigd waren. Deze zullen dus in aantal vermeerderen of verminderen en er zullen zich ook andere soorten in het gebied kunnen vestigen.

De classificatie van de verschillende ecotopen op basis van de fysische kenmerken voor de Westerschelde zijn schematisch weergegeven in figuur 5-2. In het schema is te zien dat platen en slikken zowel in het supralitoraal als het litoraal kunnen vallen.

De scheiding tussen het supralitoraal en het litoraal wordt bepaald door de gemiddelde hoogwaterlijn. Gebieden in het supralitoraal liggen voor een groot deel van de tijd droog.

De overgang van het litoraal naar het sublitoraal (geulen en ondiepwater) wordt bepaald door de gemiddelde laagwaterlijn (ongeveer -2 m NAP).

De gemiddelde laag- en hoogwaterlijn worden uit het getij bepaald.

Binnen het litoraal wordt er op basis van het percentage van de tijd dat het gebied droogvalt nog een opdeling gemaakt: laag, middel en hoog litoraal. In het lage litoraal is de droogvalduur maximaal 25 procent, in het midden litoraal 25-75 procent en in het hoge litoraal meer dan 75 procent.

Naast deze indeling op basis van droogvalduur wordt er ook nog onderscheidt gemaakt tussen fijnzandig en slibrijk.

Wanneer er meer dan 10 procent fijn materiaal op de plaat of het slik aanwezig is, wordt er gesproken van een slibrijk gebied.

Onder hardsubstraat ecotopen vallen veenbanken en dergelijke.

De grens tussen het diep en ondiep laagdynamisch sublitoraal wordt bepaald door de diepte en ligt rond de -7m NAP. Binnen het hoogdynamisch sublitoraal wordt dit onderscheidt niet gemaakt.

Tot slot is er nog sprake van hoog- of laagdynamisch. Op de platen en slikken wordt aan de hand van de bodemvormen op de geomorfologische kaart weergegeven of er sprake is van een hoog- of laagdynamisch gebied. In de geulen en het ondiepe water wordt hier de stroomsnelheid voor gebruikt. Bij een stroomsnelheid hoger dan circa 0,7 m/s wordt de geul/ondiepwater als hoogdynamisch beschouwd.

Figuur 5-3 geeft de ecotopenkaart van de Westerschelde voor de jaren 1996 en 2004. De kleuren van de verschillende ecotopen in figuur 5-3 komen overeen met figuur 5-2.

5.3 Validatie ecotopen

De ecotopen krijgen pas echt betekenis als ze ook daadwerkelijk de levensgemeenschappen weergeven die daarbij horen. Concreet is bekeken (statistisch gevalideerd) aan de hand van beschikbare bodemfaunagegevens of de ecotopen significant van elkaar verschillen wat betreft bodemdieren. Omdat de bodemfauna bemonstering niet werd uitgevoerd vanuit de indeling van de ecotopenkaart bleken er voor diverse (kleine) ecotopen te weinig monsters te zijn, zodat de ecotopen die konden worden getoetst zich beperken tot de onderstaande vier typen. Deze vier typen beslaan 80 procent van de ecotooparealen in de Westerschelde. Deze vier ecotopen zijn door middel van een asterisk in figuur 5-2 en 5-3 gekenmerkt.

- **Hoogdynamisch sublitoraal:** gebied onder de laagwaterlijn (beneden -2m NAP) met stroomsnelheden hoger dan 0,7 m/s (geulen en ondiepwater).
- **Hoogdynamisch litoraal:** gebied tussen de laagwater- en hoogwaterlijn met een sterke bodemdynamiek welke wordt veroorzaakt door stroming en golven (platen en slikken).
- **Laagdynamisch middelhoog fijnzandig litoraal:** gebied tussen de laagwater- en hoogwaterlijn met een droogvalduur tussen de 25 en 75 procent en een geringe bodemdynamiek, welke wordt veroorzaakt door stroming en golven. Het sediment is fijnzandig (platen en slikken).
- **Laagdynamisch middelhoog slibrijk litoraal:** gebied tussen de laagwater- en hoogwaterlijn met een droogvalduur tussen 25 en 75 procent en een geringe bodemdynamiek, welke wordt veroorzaakt door stroming en golven. Het slibgehalte is hoog (platen en slikken).

Figuur 5-1: voorbeeld van een luchtfoto op basis waarvan de geomorfologische kaart wordt gemaakt



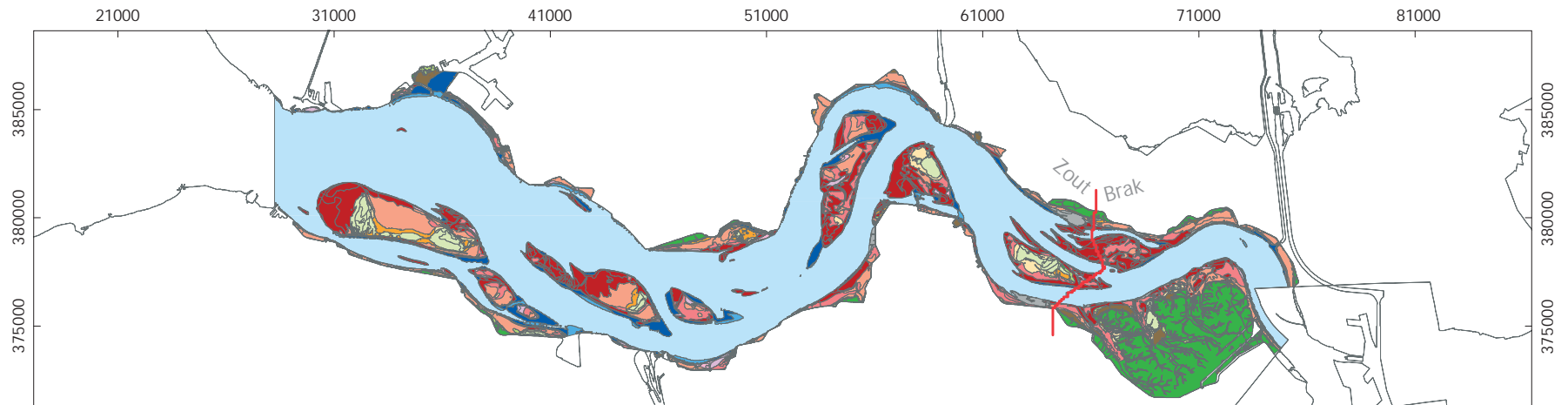
Deze foto's zijn gebruikt voor de geomorfologische kaart om onderscheid te maken tussen meer en minder door de waterbeweging verstoorte bodems (hoge c.q. lage dynamiek), slibarme en slibrijke delen en de aanwezigheid van vegetatie.

Figuur 5-2: schematische weergave van de verschillende ecotopen

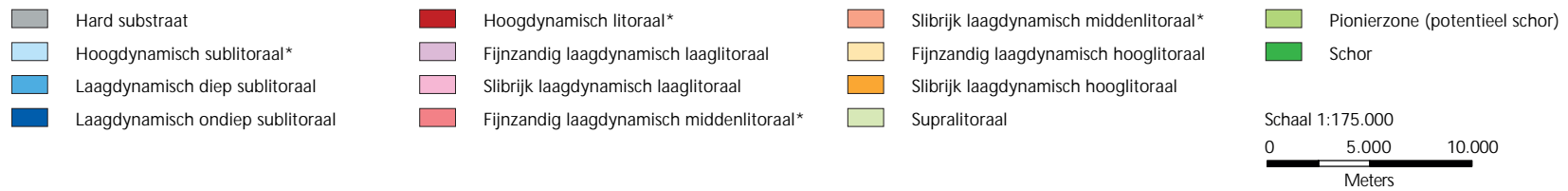
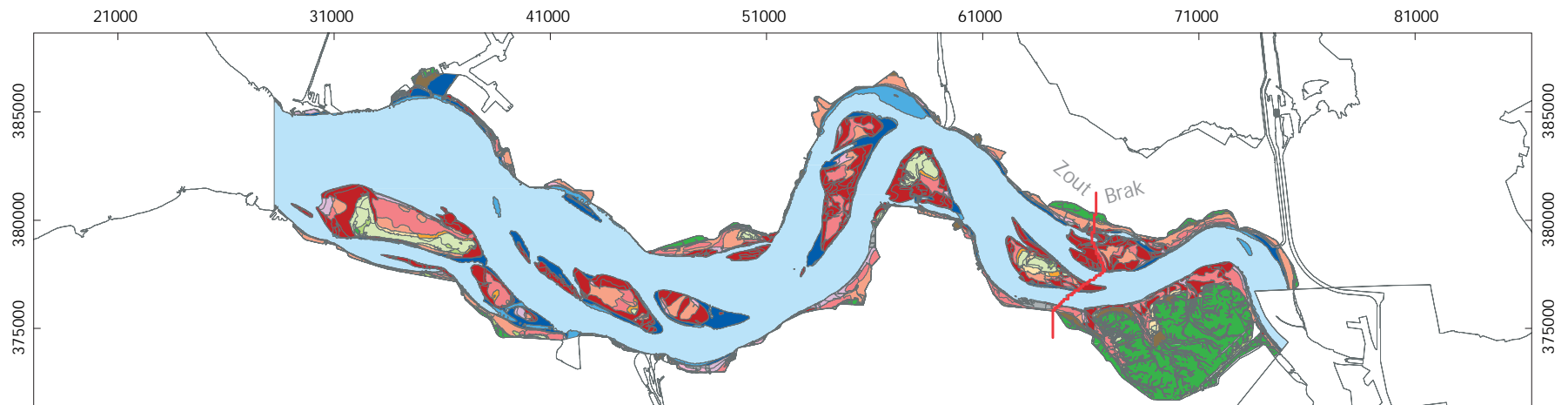
				hoogdynamisch	laagdynamisch		hardsubstraat
					slibrijk	fijnzandig	
platen, slikken en schorren	supralitoraal	begroeid	schor				
			pionier				
	litoraal	kaal	laag				
			middel		*	*	
geulen en ondiepwater	sublitoraal	diep	hoog	*			
			ondiep				
				*			

Figuur 5-3: ecotopenkaarten van de Westerschelde voor de jaren 1996 en 2004

Ecotopenkaart Westerschelde 1996



Ecotopenkaart Westerschelde 2004



Tabel 5-1 toont in de zoute en brakke zone van de Westerschelde de mediane waarde van twee karakteristieken van de bodemfauna in deze gevalideerde ecotopen, namelijk de biomassa en het aantal soorten.

Veruit de hoogste biomassa's worden aangetroffen in de zoute laagdynamische ecotopen in het litoraal. De lagere biomassa's in het litoraal van de brakke zone worden vooral veroorzaakt doordat de Kokkel zich hier door het lage zoutgehalte nauwelijks kan ontwikkelen.

Significant verschillend van elkaar in zowel brak als zout zijn het hoogdynamisch sublitoraal, het hoogdynamisch litoraal en het laagdynamisch middenhoog litoraal. Significant niet verschillend van elkaar zijn de zandige en slibrijke varianten van het laagdynamische middenhoog litoraal. Dit komt vermoedelijk doordat de grens zandig-slibrijk niet goed is gekozen. Ook de verschillen tussen de overeenkomstige ecotopen van de zoute en brakke zone zijn niet significant.

Dit alles betekent dat de ecotopenkaarten ook daad-

werkelijk ecotopenkaarten zijn die in dit geval de verschillende bodemdierlevensgemeenschappen van de Westerschelde laten zien.

Voor de verdere onderbouwing van de resultaten zie Hypothesendocument, deel Biologie hoofdstuk 2.2

5.3.1 Conclusies validatie ecotopen

Op basis van de validatie van de ecotopenkaart aan de hand van bodemdiergegevens zijn de volgende conclusies getrokken:

- het onderscheiden van ecotopen op hun positie (boven of onder de laagwaterlijn) en dynamiek vormt een goede basis om verbanden te leggen tussen fysische processen en de bodemfauna van de Westerschelde;
- het onderscheiden van zandige en slibrijke bodems dient te worden afgestemd op voor de biologie belangrijke grenzen;
- voor een verdergaande toetsing en validatie van het ecotopenstelsel zijn meetgegevens nodig van de ecotopen die nu niet bemonsterd zijn.

Tabel 5-1: biomassa (gram asvrij drooggewicht/m²) en aantal soorten per monsterpunt in diverse ecotopen

ecotoop		biomassa g/m ²		aantal soorten	
		1996	2004	1996	2004
zout	hoogdynamisch sublitoraal	0,3	0,3	2	1
	hoogdynamisch litoraal	1,0	1,9	4	4
	laagdynamisch middenhoog fijnzandig litoraal	10,3	25,5	8	10
	laagdynamisch middenhoog slibrijk litoraal	61,1	119,4	11	9
brak	hoogdynamisch sublitoraal	0,1	0,2	1	2
	hoogdynamisch litoraal	1,6	5,6	4	5
	laagdynamisch middenhoog fijnzandig litoraal	0,9	3,7	4	6
	laagdynamisch middenhoog slibrijk litoraal	41,7	12,0	10	10



5.4 Ontwikkelingen ecotopen

Op basis van de ecotopenkaarten is nagegaan welke ecotopen tussen 1996 en 2004 zijn toe- of afgenomen in de Westerschelde (figuur 5-3). Dit is weergegeven in tabel 5-2. Daarbij zijn voor de overzichtelijkheid een aantal ecotopen samengenomen o.a. op grond van de validatie resultaten. In het sublitoraal en het litoraal wordt onderscheid gemaakt tussen hoog- en laagdynamisch. Binnen het laagdynamisch sublitoraal wordt er op basis van de diepte ook nog onderscheid gemaakt tussen diep (beneden -7 m NAP) en ondiep water (tussen -2 m en -7 m NAP). In het supralitoraal wordt onderscheid gemaakt tussen onbegroeid en (pionier) schor.

In de Westerschelde als geheel nam het litoraal (gebied tussen de laag- en hoogwaterlijn) met ongeveer 260 hectare af (3,4%). Hiervan valt ongeveer 80 ha in het ecologisch interessante laagdynamische gebied.

Het sublitoraal (gebied beneden de laagwaterlijn) nam toe met ongeveer 200 hectare (1,0 %) en het supralitoraal (gebied boven de hoogwaterlijn) met ongeveer 60 hectare (1,9 %).

Het laagdynamische gebied is voor de ecologie het belangrijkste. Binnen het litoraal bleef de oppervlakteverhouding tussen de hoog- en laagdynamische delen vrijwel ongewijzigd: zo'n 55% betreft laagdynamische bodems.

In het sublitoraal nam het aandeel laagdynamisch gebied toe. Hier is in de periode tussen 1996 en 2004 ruim 480 hectare bij gekomen. Een belangrijke factor daarbij is de afname van ongeveer 280 hectare diep water (meer dan 5 meter beneden de laagwaterlijn) van de klasse hoogdynamisch naar laagdynamisch, doordat de berekende stroomsnelheden daar zijn afgenomen. De ondiepe zone (-2m tot -7m NAP) binnen het laagdynamisch sublitoraal is toegenomen met circa 220 ha.

5.4.1 Conclusies ontwikkeling ecotopen

In de Westerschelde is tussen 1996 en 2004 het gebied beneden de laagwaterlijn (sublitoraal) toegenomen. Binnen het sublitoraal is het aandeel hoogdynamisch voornamelijk overgegaan in laagdynamisch diep water. Maar ook het laagdynamisch ondiep water is toegenomen. Het gebied boven de hoogwaterlijn (supralitoraal) is ook toegenomen. Het intergetijdengebied, het gebied tussen de laag- en hoogwaterlijn, is afgenomen. De verhouding tussen het hoog- en laagdynamisch litoraal is gelijk gebleven.

Tabel 5-2: verschil tussen van diverse ecotopenarealen (in ha) van 1996 ten opzichte van 2004

			1996	2004	verschil	verschil in %
sublitoraal	hoogdynamisch		18171	17888	-283	-1,6
	laagdynamisch	diep	367	633	266	72,5
		ondiep	1111	1328	217	19,5
litoraal	hoogdynamisch		3284	3159	-125	-3,8
	laagdynamisch		4180	4098	-82	-2,0
	overig ⁵		314	254	-60	-19,1
supralitoraal	onbegroeid		697	717	20	2,9
	pionier schor + schor		2761	2805	44	1,6
totaal			30885	30882		

Noten hoofdstuk 5

¹ Ecotopen geven aan de hand van fysische kenmerken zoals zoutgehalte, sedimentsamenstelling, dynamiek, plaat, slik, schor, geul, hoogteligging en vegetatie de mogelijke levensgemeenschappen weer op een kaart.

² GIS staat voor Geografisch Informatie Systeem.

³ Het zoutgehalte verandert zeer weinig, vandaar dat er niet met verschillende zoutkaarten is gerekend.

⁴ Geomorfologische kaart wordt gemaakt aan de hand van luchtfoto's.

⁵ 'Overig' omvat ecotopen binnen het litoraal die ecologisch minder belangrijk zijn. Dit zijn ecotopen zoals hardsubstraat ed. Deze afname van 60 ha uit de categorie overig wordt veroorzaakt doordat er bij de Schor van Waarde boven op het hardsubstraat zacht substraat is gevormd als gevolg van de aanleg van 2 strekdammen.

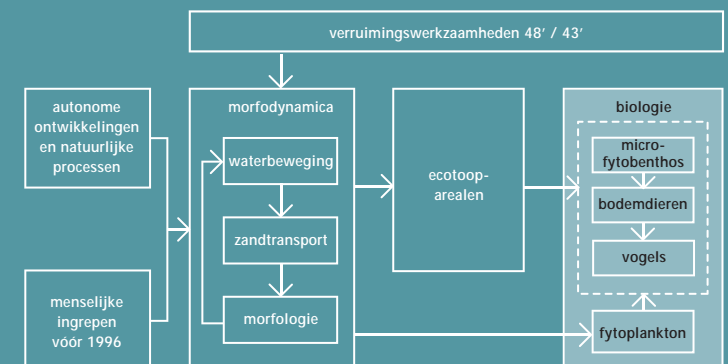






6 Veranderingen in biologie

- 6.1 Inleiding 50
- 6.2 Fytoplankton 50
 - 6.2.1 Conclusies fytoplankton 51
- 6.3 Microfytobenthos (bodemalgen) 51
 - 6.3.1 Conclusies microfytobenthos 52
- 6.4 Bodemdieren 52
 - 6.4.1 Conclusie bodemdieren 54
- 6.5 Vogels 54
 - 6.5.1 Bergeend 54
 - 6.5.2 Sterns 54
 - 6.5.3 Steltlopers 55
 - 6.5.4 Conclusies vogels 56



6.1 Inleiding

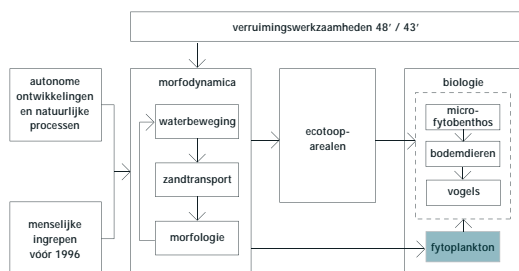
De biologie van de Westerschelde wordt beschreven aan de hand van de primaire productie van fytoplankton en microfytobenthos, bodemdieren en vogels. Fytoplankton vormt, samen met het microfytobenthos en ander organisch materiaal de basis van de voedselketen in de Westerschelde.

Verscheidene bodemdieren eten het fytoplankton en het microfytobenthos. Deze bodemdieren zijn op hun beurt weer voedsel voor diverse vogelsoorten welke van groot belang zijn voor de Westerschelde.

De invloed van de verruiming op de primaire productie van micro-fytobenthos en bodemalgen is bepaald. Vervolgens is gekeken of er veranderingen in de aantallen bodemdieren en bodemdierenetende vogels zijn opgetreden.

6.2 Fytoplankton

Fytoplankton bestaat uit microscopisch kleine, plant-aardige deeltjes die in het water zweven.



Met behulp van zonlicht kan fytoplankton anorganisch materiaal (zoals kooldioxide, nitraat en fosfaat) omzetten in organisch materiaal wat voedsel vormt voor zoöplankton en diverse bodemdieren. Dit proces heet primaire productie.

De Westerschelde is troebel, bevat voldoende nutriënten en het klimaat (lichtinstraling) is in de afgelopen 10 jaar niet veranderd. Dat wil zeggen dat de Westerschelde lichtgelimiteerd is.

De primaire productie wordt dus bepaald door het lichtklimaat onder water. De beste maat voor het doordringen van zonlicht in de waterkolom, het onderwaterlichtklimaat, is het doorzicht.

In troebel water is het doorzicht minder dan in helder water. Menselijke activiteiten, waaronder baggeren en storten, kunnen die troebelheid van het water beïnvloeden en beïnvloeden daarmee ook de primaire productie.

Directe meting van de primaire productie van fytoplankton is niet opgenomen in het meetplan. Daarom is de primaire productie met een model berekend op basis van drie omgevingsvariabelen:

- lichtinstraling;
- chlorofyl-a als maat voor de aanwezigheid hoeveelheid algen;
- doorzicht (eufotische diepte = de diepte waar nog 1% van de oppervlakte-instraling aanwezig is).

De primaire productie is bepaald voor drie meetlocaties: Vlissingen (west), Hansweert (midden)

en Schaar van Ouden Doel (oost), voor de periode januari 1990 tot juni 1997 vóór de verruiming en de periode september 1999 tot januari 2006 na de verruiming.

Resultaten

De geschatte primaire productie van fytoplankton is in de periode 1999-2005 gedaald ten opzichte van de periode 1990-1996 door een afname van de eufotische diepte (doorzicht). De procentuele veranderingen in het doorzicht en de geschatte primaire productie zijn weergegeven in tabel 6-1. Bij directe metingen van de primaire productie in de jaren 1991 en 2001 door NIOO-CEME valt de jaarproductie hoger uit dan de modelschattingen.

Met behulp van gegevens van het KNMI-weerstation Vlissingen is vastgesteld dat de geschatte lagere primaire productie niet het gevolg is van een verminderde lichtinstraling. Verder is gebleken dat de afname niet is veroorzaakt door een tekort aan nutriënten.

Er bestaat een mogelijkheid dat een toename in het zwevend stofgehalte voor een afname van het doorzicht zorgt. De zwevende stofgehalten zijn echter gelijk gebleven (zie tabel 6-1).

Tabel 6-1: vergelijking van het zwevend stofgehalte, geschat chlorofyl-a, doorzicht en primaire productie in de periode 1999-2005 ten opzichte van de periode 1990-1996

	zwevend stof	chlorofyl-a	doorzicht	primaire productie
Vlissingen	gelijk	gelijk	-40%	-65%
Hansweert	gelijk	-40%	-30%	-70%
Schaar van Ouden Doel	gelijk	gelijk	-35%	-70%

Het valt op dat de gegevens met elkaar in tegenspraak lijken te zijn. Een lagere primaire productie geeft in het algemeen lagere chlorofyl-a concentraties. De berekende primaire producties resulteren alleen voor locatie Hansweert in een lager chlorofyl-a gehalte.

De tussenevaluatie MOVE 2003 veronderstelde dat de mogelijke afname van het doorzicht bij gelijk-blijvende concentratie zwevend materiaal kwam door toename van humuszuren. Na onderzoek is een aannemelijker oorzaak gevonden, namelijk dat er meer kleinere ($<2\mu\text{m}$), zwevende (slib)deeltjes in het water zitten. Deze kleine deeltjes dragen vrijwel niet bij aan het zwevend stofgehalte maar zorgen wel voor een grotere extinctie (lichtuitdoving).

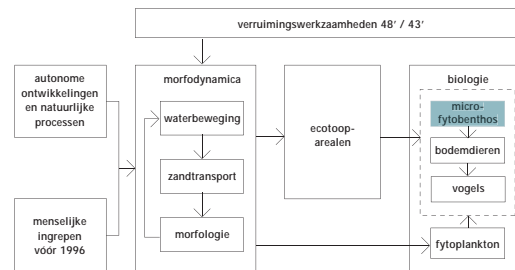
Voor de verdere onderbouwing van de resultaten zie Hypothesendocument, deel Biologie hoofdstuk 2.3.

6.2.1 Conclusies fytoplankton

De geschatte primaire productie van fytoplankton is na 1996 gedaald naar een lager, min of meer constant niveau. In Vlissingen is de jaargemiddelde (kolom)productie gemiddeld afgenomen met 65%, op de locaties Hansweert en Schaar van Ouden Doel met 70%. De oorzaak lijkt afname van het doorzicht. Waardoor het doorzicht is afgenomen is niet duidelijk geworden. Aanbevolen wordt na te gaan of de afname van het doorzicht veroorzaakt wordt door veranderingen in de slibsamenstelling, mogelijk als gevolg van de verruiming of andere bagger- en stortactiviteiten.

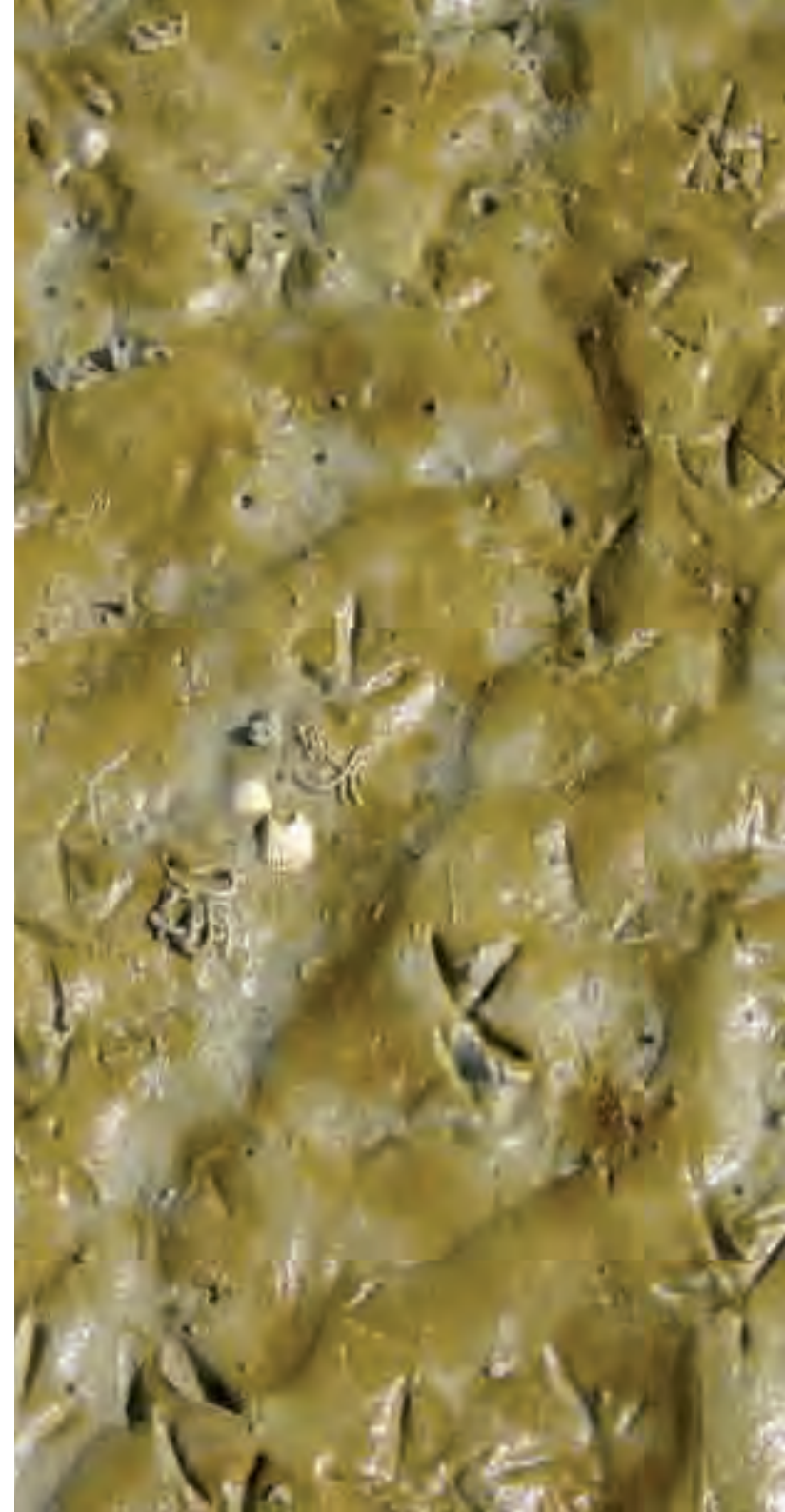
6.3 Microfytobenthos (bodemalgen)

Microfytobenthos bestaat uit microscopisch kleine plantjes (algen, voornamelijk diatomeeën) die op en in de bovenste centimeter van de bodem leven. In de Westerschelde komen ze vooral voor op de - bij laagwater droogvallende - platen en slikken. Microfytobenthos kan, als de platen en slikken zijn drooggevallen, net als fytoplankton met zonlicht anorganisch materiaal omzetten in organisch materiaal. De Westerschelde is rijk aan intergetijdengebieden (gebied tussen hoog- en laagwater) en daarom is microfytobenthos relatief belangrijk voor de totale primaire productie.



Als voedselbron is het microfytobenthos in de Westerschelde vooral van belang voor bodemdieren, maar ook voor sommige soorten vissen en vogels. Microfytobenthos heeft nog een functie in het systeem van de Westerschelde: ze scheiden tussen de sedimentkorrels een slijmerige stof af, en vormen zo een mat die een stabiliserende werking heeft op het sediment van platen en slikken.

Er zijn geen metingen gedaan van de primaire productie van microfytobenthos. Daarom is deze primaire productie geschat met een lineair model uit de gemeten jaargemiddelde hoeveelheid chlorofyl-a in de bodem¹. Met deze gegevens is vervolgens de



primaire productie per ha plaat en slik in de deelgebieden west, midden en oost geschat met behulp van de ecotopenkaarten².

Resultaten

Op 74% van de monsterlocaties is de gemiddelde primaire productie, geschat op basis van de hoeveelheid chlorofyl-a, in de periode 1999 t/m 2005 gemiddeld twee keer zo groot als in de periode 1989 t/m 1996. Deze toename doet zich vooral voor in slikgebieden in het midden- en oostelijke deel van de Westerschelde.

Op basis van de ecotopenkaarten is een schatting gemaakt van de primaire productie voor de hele Westerschelde voor de jaren 1996, 2001 en 2004. Hieruit blijkt dat de primaire productie per hectare op platen en slikken is toegenomen. In het westelijke deel is de toename van 10% niet significant, in het middendeel is de toename met 84% significant en in het oostelijke deel significant met 59% (zie figuur 6-1).

De hoogste primaire producties en toenames zijn te vinden in de ecotopen van het laagdynamisch middenlitoraal (zie hoofdstuk 5 figuur 5-3).

De hoeveelheid microfyto benthos in de Westerschelde, Oosterschelde en Eems-Dollard is weergegeven in figuur 6-2. Hieruit komt naar voren dat de variaties in het microfyto benthos in alle drie de gebieden ongeveer gelijk is. Een locale oorzaak van de fluctuaties is daarom niet waarschijnlijk. Deze variaties worden voornamelijk bepaald door weersomstandigheden (temperatuur), veranderingen in het doorzicht, de afvoer van de Schelde en de hoogteligging.

Hoewel de weersomstandigheden na de verruiming 48'/43' relatief goed waren, verklaren die toch niet volledig het hogere niveau.

De afwijkingen van de jaargemiddelde microfyto benthos biomassa blijken samen te hangen met de afwijkingen in de jaarlijkse Schelde-afvoer in vergelijking met de gemiddelde afvoer over de gehele periode. De platen zijn wel wat hoger komen te liggen, wat tot op zekere hoogte gunstig is voor de hoeveelheid microfyto benthos.

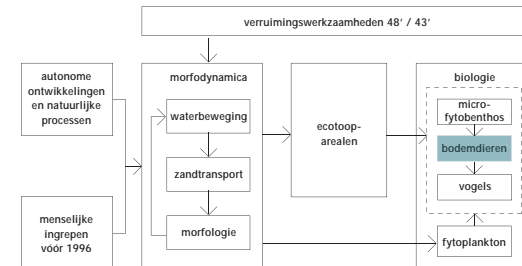
De toename van de hoeveelheid microfyto benthos in de periode 1999-2005 is niet eenduidig toe te schrijven aan de verruiming. Voor de verdere onderbouwing van de resultaten zie hypothesendocument, deel Biologie hoofdstuk 2.4.

6.3.1 Conclusies microfyto benthos

Na 1999 is een toename per ha op platen en slikken van de geschatte primaire productie van het microfyto benthos op basis van de ecotopen in alle deelgebieden waargenomen (west +10% niet significant, midden +84% significant en oost +59% significant). Omdat er grote natuurlijke variaties in het jaarlijks gemeten microfyto benthosgehalte zitten door schommelingen in de weersomstandigheden, is de toename niet eenduidig aan de verruiming toe te schrijven.

6.4 Bodemdieren

Bodemdieren³ die in de Westerschelde voorkomen zijn vooral wormen, schelpdieren en kleine kreeftachtigen. Ze zijn een belangrijke voedselbron voor grotere kreeftachtigen, vissen en vogels. Bodemdieren zorgen voor 15-20% van de afbraak van organisch materiaal in de bodem en stimuleren de afbraak van organisch materiaal door bacteriën, doordat ze de bodem mengen bij hun graafactiviteiten. De dieren blijven een groot deel van hun leven op een vaste plaats, waar de leefomstandigheden vaak sterk wisselen. Die omstandigheden beïnvloeden reproductie, groei en sterfte. Er komen dan ook grote variaties in bijvoorbeeld biomassa voor, vooral op kleinere tijd- en ruimteschalen.



Vanaf 1992 zijn elk voor- en najaar de bodemdieren verzameld in vier deelgebieden en binnen die deelgebieden weer binnen vier hoogtezones. Binnen elke zone werden telkens willekeurige monsterpunten gekozen. Deze keuze van monsterlocaties is niet optimaal vanuit de ecotopenbenadering welke in het voorgaande hoofdstuk is beschreven.

Per monsterpunt werd bepaald in welk ecotoop het viel, daarna werd statistisch getoetst of binnen de ecotopen sprake was van een toe- of afname van biomassa of dichtheid. Deze benadering was alleen

mogelijk voor de vier ecotopen genoemd in paragraaf 5.2, omdat alleen daarin voldoende monsters zijn verzameld.

Resultaten

In het westen en midden van de Westerschelde komen in het litoraal de meeste bodemdieren voor. In het oosten is het aantal bodemdieren in het litoraal lager omdat bepaalde soorten die wel in het midden en westen voorkomen niet overleven bij de lage en schommelende zoutgehalten in het oostelijk deel van de Westerschelde.

Onder de laagwaterlijn (sublitoraal) in zowel het westen, midden als oosten leven niet veel bodemdieren omdat daar de stroomsnelheid meestal hoog is en de bodem voortdurend in beweging. Dit zijn ongunstige omstandigheden voor bodemdieren.

In het westen maken Kokkels 72% van de bodemdierenbiomassa uit, in het midden is dat 64% en in het oosten is 16% van de (geringe) biomassa afkomstig van de Kokkel. Vanwege de grote schommelingen in het zoutgehalte komen daar alleen nog kleine eenjarige Kokkels voor. Andere belangrijke soorten in de Westerschelde zijn Nonnetje, Platte Slijkgaper, Wadslakje, Draadworm, Wadpier, Slijkgarnaal en Kniksprietkreeftje.

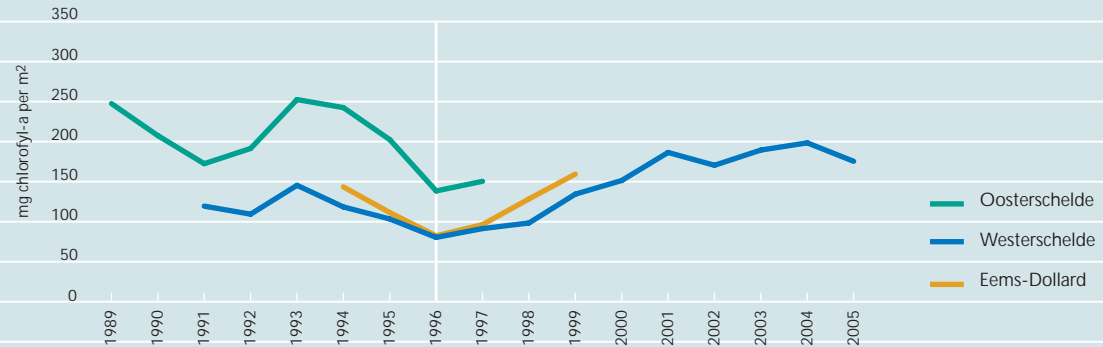
De trendanalyses voor de totale bodemfauna laten binnen de onderzochte ecotopen geen significante toe- of afname zien van de biomassa of dichtheid van de bodemdieren.

Analyses van afzonderlijke soorten laten alleen voor de Kokkel en de Zandpijp (een kokerwormpje) significante trends zien.

Figuur 6-1: geschatte primaire productie microfytobenthos per hectare plaat/slik in de Westerschelde



Figuur 6-2: jaargemiddelde biomassa microfytobenthos in de Westerschelde in vergelijking tot de Oosterschelde en de Eems-Dollard



In de periode 1992 tot en met 2005 zijn er grote schommelingen in het voorkomen van de Kokkel waargenomen (zie figuur 6-3). Óf de Kokkel in een gebied voorkomt is afhankelijk van een succesvolle broedval⁴ in de zomer. Een grote zoetwaterafvoer van de Schelde vermindert het voorkomen van Kokkels in het oostelijk deel van de Westerschelde. Hoewel die situatie zich inderdaad heeft voorgedaan, zijn de schommelingen toch vooral het gevolg van variaties in de kokkelbroedval. Strengere winters en predatie op het kokkelbroed door garnalen en krabben spelen daarbij een grote rol.

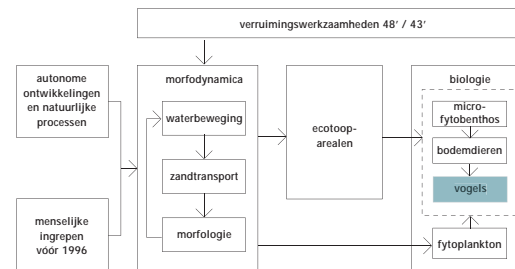
De mate van dichtheid van het voorkomen van de Zandpijp in het laagdynamisch litoraal van de zoute zone laat een significante daling zien. Deze kleine kokerworm heeft een voorkeur voor slibrijke omstandigheden. De afname hangt mogelijk samen met het slibbarmer worden van het laagdynamische litorale gebied.

6.4.1 Conclusie bodemdieren

Biomassa en dichtheid van de bodemfauna zijn binnen de onderzochte ecotopen van de Westerschelde niet veranderd. De variaties in het voorkomen van de Kokkel wordt voornamelijk veroorzaakt door variaties in de kokkelbroedval en niet door de verruiming.

6.5 Vogels

De Westerschelde is van groot belang voor vogels. In het kader van MOVE is gekeken naar de Bergeend die vooral tijdens de ruiperiode gebruik maakt van de Westerschelde en de sterns en steltlopers die foerageren en/of broeden in de Westerschelde.



6.5.1 Bergeend

In de laatste jaren verbleef in juni en juli meer dan 4% van de Noordwest-Europese populatie van de Bergeend in de Westerschelde. De Westerschelde heeft bovendien een bijzondere functie voor de Bergeend. In de nazomer brengen namelijk grote aantallen volwassen vogels er de slagpenrui door.

Resultaten

Het aantal Bergeenden dat in de ruitijd (augustus) in de Westerschelde aanwezig is, vertoont (op enkele uitzonderingen na) sinds half jaren negentig een duidelijke toename. Het is dus aannemelijk dat de ruifunctie van de Westerschelde voor de Bergeend ook toegenomen is. De stijging kan mogelijk

gerelateerd zijn aan de grotere hoeveelheid microfytobenthos (zie voorgaand hoofdstuk). Enerzijds kan de Bergeend het microfytobenthos zelf eten, anderzijds consumeert de Bergeend kleine kreeftachtigen, die op grote schaal het microfytobenthos eten.

6.5.2 Sterns

De Westerschelde voldoet ook aan de 1%-norm van de Vogelrichtlijn voor de broedpopulaties van de kustbroedvogels Grote Stern, Visdief en Dwergstern.

Er is gekeken naar de foerageergebieden van de Visdief en Dwergstern (de Grote Stern foerageert buiten de Westerschelde) en de conditie van de jonge Visdieven.

De Grote Stern, Visdief en Dwergstern broeden onder andere op de Hooge Platen in de Westerschelde.

Resultaten foerageermogelijkheden van broedparen Visdief en Dwergstern

De Dwergstern en de Visdief jagen beide vooral op vis. Als de foerageermogelijkheden voor de Visdief en de Dwergstern verslechteren door een afname van de beschikbare vis, dan kan dat effect hebben op het

INTERMEZZO 5: Vogelrichtlijn

Het estuarium is in het kader van de Europese Vogelrichtlijn (VRL) aangewezen als speciale beschermingszone (sbz) voor zeldzame, kwetsbare of anderszins bedreigde vogelsoorten. De vaargeul valt (nog) buiten de sbz.

Een gebied wordt als sbz aangewezen wanneer:

- er geregeld minstens 1% van de biogeografische populatie van een (trekkende) watervogel, genoemd in de VRL, in het gebied aanwezig is;
- het gebied behoort tot één van de vijf belangrijkste gebieden in Nederland voor een in de VRL genoemde soort.

De Westerschelde haalt de 1%-norm voor een twintigtal vogelsoorten.

aantal broedparen en daarmee op het aantal jongen. Daarom zijn het aantal broedparen Visdieven en Dwergsterns en de conditie van de jonge Visdieven voor en na 1996 met elkaar vergeleken. Hierbij is naast de Westerschelde ook rekening gehouden met ontwikkelingen in de rest van de Delta en de Belgische kust.

In het deltagebied en de Belgische kust laten de soorten Visdief en Dwergstern in de jaren negentig een toename zien (figuur 6-4). In 2005 trad in het deltagebied een opmerkelijke terugval van de aantallen Visdieven op, zij het in mindere mate dan in de Westerschelde.

Er zijn kortom tot nu toe geen aanwijzingen dat de verruimingswerkzaamheden effect hebben gehad op het aantal broedparen van Visdief en Dwergstern in de Westerschelde.

De conditie van de visdiefkuikens is in de meeste jaren in de Westerschelde slechter dan in de rest van het deltagebied. Een verband met de verruiming is echter niet te leggen.

Resultaten broedgebied Hooge Platen van broedparen Visdief, Dwergstern en Grote Stern

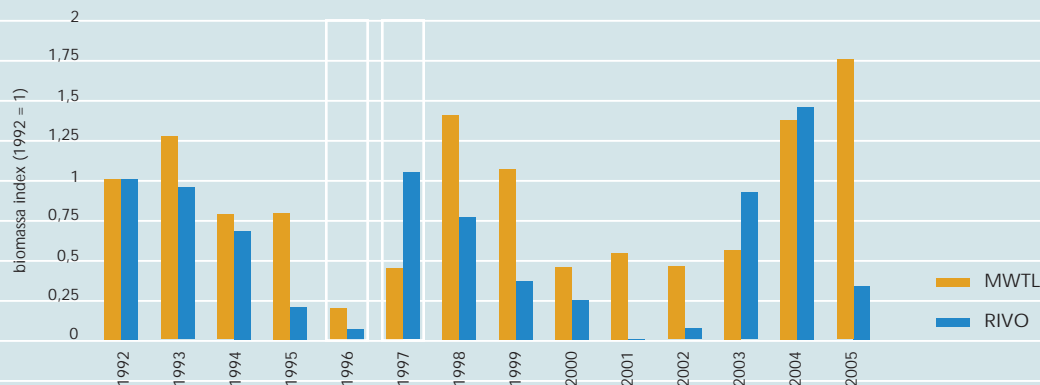
Eén van de weinige resterende 'natuurlijke' broedplaatsen voor kustbroedvogels ligt op het hoogste deel van de Hooge Platen ('De Bol'). Ten opzichte van de periode vóór de verruiming zijn de aantallen broedparen van de Grote Stern en Visdief op de Hooge Platen toegenomen. Het aantal broedende Dwergsterns is niet toegenomen maar varieert jaarlijks.

6.5.3 Steltlopers

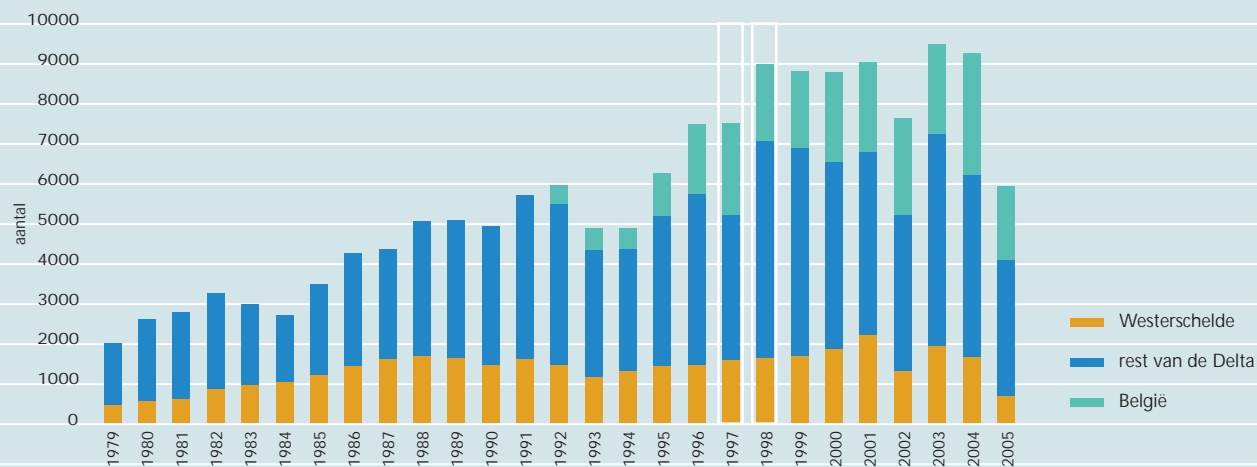
De Westerschelde is ook van internationale betekenis voor watervogels dankzij de aanwezigheid van

Figuur 6-3: relatieve omvang van de kokkelbiomassa. (Situatie in 1992 is gelijkgesteld aan 1 literaal).

RIVO = voorjaar, MWTL = najaar



Figuur 6-4: ontwikkeling van het totaal aantal broedparen van de Visdief in de Westerschelde, de rest van het deltagebied en de kust van België



grote oppervlakken foerageergebied in de vorm van slikken, platen en schorren en door de strategische ligging op de Oost-Atlantische trekroute. De hoogste aantallen (ruim 200.000) zijn aanwezig in de maanden november, december en januari.

Er is voor drie deelgebieden van de Westerschelde (west, midden en oost) gekeken naar de biomassaconsumptie van steltlopers, waarbij onderscheid is gemaakt tussen schelpdieretende soorten (Scholekster en Kanoet) en 'overige' steltlopers, die voornamelijk op wormen en kreeftachtigen foerageren.

Resultaten steltlopers

De totale biomassaconsumptie in de Westerschelde door steltlopers is na de verruiming in het westelijk en middendeel lager dan in de seizoenen voorafgaand aan de verruiming (zie figuur 6-5).

In het oostelijk deel, dat relatief gezien weinig bijdraagt aan de totale biomassaconsumptie door steltlopers, gaat de totale biomassaconsumptie op en neer en is gemiddeld voor en na 1996 even hoog.

Die afname van de biomassaconsumptie in het midden van de Westerschelde na de verruiming komt door een afname van de schelpdiereters (hoofdzakelijk Scholekster), terwijl in dit deelgebied ruim vóór 1996 juist een duidelijke toename heeft plaatsgevonden van de schelpdiereters (hoofdzakelijk Scholekster). De groep 'overige' steltlopers is vooral in het middendeel duidelijk toegenomen.

De biomassaconsumptie geeft al met al geen duidelijke aanwijzingen die duiden op een effect van de verruiming op steltlopers. Alleen bij de 'overige' steltlopers in het middengebied was in drie seizoenen na de verruiming sprake van een duidelijk grotere

biomassaconsumptie dan ervoor. In diezelfde periode nam de consumptie door schelpdiereters opvallend af. Een oorzakelijk verband tussen deze twee ontwikkelingen in het middendeel ligt niet voor de hand. Beide type consumenten kunnen naast elkaar de beschikbare ruimte benutten.

6.5.4 Conclusies vogels

De monitoringsgegevens voor de diverse vogelsoorten laten (soms) grote schommelingen zien. Een belangrijke oorzaak hiervan is dat de Westerschelde voor veel vogelsoorten slechts een deel van de totale mogelijke leefruimte is in de Delta van Nederland en Vlaanderen. Waarom bepaalde vogelsoorten (met name de Sterns) vanuit de Westerschelde verhuizen naar de rest van het deltagebied of de Belgische kust is niet duidelijk. Het gebeurt ook vice versa en heeft vaak te maken met het aanbod van nieuwe broedgelegenheid.

De Bergeenden voeden zich met bodemalgen (microfyto-benthos) en met bodemdieren die van die bodemalgen leven. Er is na 1996 een toename van de microfyto-benthosproductie geconstateerd en ook een toename van ruiende Bergeenden.

In het midden en het oosten van de Westerschelde is de toename van zowel microfyto-benthos als de Bergeenden het grootst. Er is geen direct oorzakelijk verband met de verruiming.

Er zijn geen aanwijzingen gevonden dat de foerageermogelijkheden van het aantal broedparen Sterns zijn verslechterd.

Het aantal schelpdieretende steltlopers in het westen en vooral het midden van de Westerschelde is na 1996 lager dan ervoor. Deze afname komt voornamelijk

door de afname van de Scholekster. Het is mogelijk dat deze afname komt door de afname van de Kokkel. De 'overige' steltlopers in het middendeel van de Westerschelde zijn na 1996 duidelijk toegenomen. Een oorzakelijk verband tussen de afname van Scholeksters en de toename van 'overige' steltlopers is niet waarschijnlijk.

De foerageerfunctie van de Westerschelde voor steltlopers is kortom niet beïnvloed door de verruiming.

Noten hoofdstuk 6

¹ Over de hele evaluatieperiode werden (op enkele uitzonderingen na) maandelijks 112 locaties op 20 raaien bemonsterd, verspreid over slikken en platen. Per locatie werden vijf bodemmonsters genomen, waarvan het chlorofyl-a gehalte werd bepaald in μg per g droog sediment.

² Om de primaire productie met de ecotoopbenadering te schatten is per bodemmonster voor elk jaar nagegaan tot welke ecotoop de betreffende locatie behoorde. Per ecotoop per gebiedsdeel (oost, midden en west) is het gemiddelde van de jaarproducties bepaald en hieruit is de totale jaarproductie per gebiedsdeel berekend in ton C per ha.

³ Bodemdieren die achterblijven op een zeef met gaatjes van 1 mm.

⁴ Broedval = de overgang van kokkellarven uit de waterkolom naar een leven op de bodem.

Figuur 6-5: biomassaconsumptie per seizoen van steltlopers in de Westerschelde per deelgebied (West, Midden en Oost).

Een seizoen loopt van juli tot juni van het volgende jaar.







7 Conclusies en aanbevelingen

- 7.1 Inleiding 60
- 7.2 Conclusies verruimingswerkzaamheden en
onderhoud 60
- 7.3 Conclusies morfodynamica 61
- 7.4 Conclusies ecotopen 62
- 7.5 Conclusies biologie 62
- 7.6 Aanbevelingen 63

7.1 Inleiding

Het monitoringproject MOVE heeft de afgelopen tien jaar een schat aan informatie opgeleverd, zowel op het gebied van de fysica als de biologie.

Uit de verschillende analyses van zowel fysieke als biologische parameters is gebleken dat de ontwikkelingen niet allemaal overeenkomen met de in 1996 opgestelde voorspellingen.

De kwalitatieve gedachtegang over hoe de Westerschelde fysisch kan veranderen na de verruiming is weergegeven in het MOVE-denkmodel. Dit denkmodel blijkt met name voor het ondiepwater en de platen in het westen en midden van de Westerschelde niet overeen te komen met de waargenomen ontwikkelingen.

Wanneer de ontwikkeling van een parameter in de periode ná 1996 sterk afwijkt van de ontwikkeling in de periode vóór 1996 is dat een aanwijzing dat de verruiming 48'/43' en het gevoerde bagger-, stort- en zandwinbeleid mogelijk invloed heeft gehad op de betreffende parameter. Dit geldt onder andere voor de fysieke parameters voor de jaargemiddelde laagwaterstand in Bath, het plaatareaal in het westen en midden, het ondiepwaterareaal in het midden en oosten, de nevengeulinhoud in het westen, de hoofdgeulinhoud in het midden en het plaatvolume in het midden en oosten.

7.2 Conclusies verruimingswerkzaamheden en onderhoud¹

Geulwandverdedigingen

De aangelegde geulwandverdedigingen hebben het proces van uitbochten van de geulen tot staan gebracht, maar niet de verlaging van het slik achter de verdedigingen.

Aanlegbaggerwerk

Het aanlegbaggerwerk is uitgevoerd tussen juli 1997 en juli 1998 en heeft vooral plaatsgevonden op de drempels. Naar schatting was dit 7,5 Mm³ in de Westerschelde en circa 1,3 Mm³ in de Wielingen. Dit is lager dan de ramingen van respectievelijk 15 en 4,4 Mm³.

Onderhoudsbaggerwerk

Het onderhoudsbaggerwerk na de verruiming vindt nog steeds vooral in het oosten plaats (nu 55-75%, daarvoor 70-85%). De stortingen van het materiaal afkomstig van het onderhoudsbaggerwerk zijn na de verruiming voor het grootste gedeelte naar het midden en westen verplaatst (nu 90%, voorheen 55%).

Het onderhoudsbaggerwerk op de drempels in de hoofdgeul is na de verruiming na een korte toename weer op het niveau van voor de verruiming (nl. circa 5 Mm³). Een mogelijke verklaring hiervoor is dat de aanzandingssnelheid van de drempels een maximum heeft bereikt.

Het onderhoudsbaggerwerk in de 'overige' gebieden is ná de verruiming tijdelijk toegenomen (tot circa 4,5 Mm³) en is nu bijna weer op het niveau van vóór de verruiming (circa 2 Mm³).

De verwachting dat het totale onderhoudsbaggerwerk in de Westerschelde na de verruiming aanmerkelijk zou toenemen is dus niet bewaarheid. Ook de verwachting dat het onderhoudsbaggerwerk op de drempels in het oosten tijdelijk lager zou zijn is niet uitgekomen, aangezien de hoeveelheid niet is veranderd.

Stortcriterium

Het is mogelijk gebleken de bagger-, stort- en zandwinstrategie zo op te stellen, dat kon worden voldaan aan de stortcriteria ten behoeve van het behoud van het meergeulenstelsel. De criteria die zijn bepaald voor de maximaal toegestane netto storthoeveelheden per locatie, zijn niet overschreden.

Zandwinning

De zandwinning (jaarlijks 2,6 Mm³) is binnen de grenzen van de vergunning gebleven. Er is zand gewonnen op locaties net buiten de hoofdgeul (preventief onderhoud) en op stortlocaties.

Water- en waterbodempkwaliteit

Het oosten bevat meer verontreinigd materiaal dan het westen. Als gevolg van het nieuwe stortbeleid, waarbij er vanuit het oosten in het westen is gestort, is de water- en waterbodempkwaliteit in het westen na de verruiming verslechterd. Daarbij kunnen ook stortingen van slib uit de Westerscheldehavens een rol spelen.

7.3 Conclusies morfodynamica

Waterstand en getijverschil

In het westen zijn de jaargemiddelde hoog- en laagwaterstanden en het getijverschil na de verruiming gelijk gebleven. In het midden en oosten is de laagwaterstand significant gedaald; bij Hansweert (midden) met circa 3 cm en bij Bath (oosten) met circa 6 cm. De hoogwaterstand is niet duidelijk veranderd. Het getijverschil bij Hansweert en Bath is hierdoor gestegen respectievelijk met enkele cm's en met 6 cm. Dit komt overeen met de geringe gemeten toename in getijvolume bij Bath. De afname van de laagwaterstand en de toename van het getijverschil komen overeen met het MOVE-denkmodel.

Het tijdsverschil tussen het optreden van hoogwater in Vlissingen en Bath (80 min.) is na de verruiming gelijk gebleven, terwijl het tijdsverschil tussen het optreden van laagwater in Vlissingen en Bath (90 min.) is verkort met circa 5 minuten. Hierdoor is het getij minder asymmetrisch geworden. Dit komt overeen met het MOVE-denkmodel.

Getijvolume

De toename van het getijvolume zoals beschreven in het MOVE-denkmodel, lijkt niet te zijn opgetreden. In het westen is het getijvolume en de verdeling van het getijvolume over de geulen niet veranderd. In het midden is het getijvolume ook gelijk gebleven. De verdeling over de hoofd- en nevengeul is in het midden daarentegen wel veranderd. Het debiet door de hoofdgeulen is toegenomen ten koste van het debiet door de nevengeulen.

In het meest oostelijke deel van de Westerschelde, tussen het Nauw van Bath en de grens, is een geringe

toename van het totale getijvolume en een verschuiving van de verdeling van het getijvolume van de hoofdgeul naar de nevengeul opgetreden. Deze volumeverandering is tegengesteld aan de verandering in de rest van de geulen in de Westerschelde. Dit kan het gevolg zijn van de kleinere hoeveelheid gestort materiaal in het oosten, waardoor het systeem meer dynamiek heeft gekregen.

Stroomsnelheid

Om een gebiedsdekkend beeld te krijgen van de veranderingen in de stroomsnelheden zijn deze met een model berekend. Het model is afgeregeld op basis van meetgegevens. In het westen en midden is voor en na de verruiming geen verschil berekend. In het oosten is een geringe afname van de maximale stroomsnelheid in de hoofdgeul berekend. Lokaal bij plaatranden en stortlocaties zijn stroomsnelheidsverschillen tot 0,50 m/s bepaald.

Zandtransport

In de periode 1990-1996 importeert de Westerschelde gemiddeld per jaar 0,9 Mm³ zand. In de periode 1999-2004 is de netto import overgegaan in een netto export uit de Westerschelde naar de monding van gemiddeld 3,2 Mm³ per jaar. De oorzaak van deze omslag is niet eenduidig bekend. Een verandering in stort- en zandwinbeleid (storten in het westen in plaats van in het oosten, zandwinnen in het oosten in plaats van in het westen) en een verandering in de waterbeweging kunnen hier een rol te spelen.

De zandbalans voor 1990-1996 laat jaargemiddelde zandtransporten van west naar midden en van midden naar oost zien van respectievelijk 1,4 en 3,8 Mm³. Voor de periode 1999-2004 is dit respectievelijk 0,8 en 3,3 Mm³. Het transport van west naar midden



is dus afgenomen, terwijl het transport van het midden naar het oosten ongeveer gelijk is gebleven. De retourstroom van het westen naar het oosten die werd verwacht na de verandering van het stortbeleid (meer storten in het westen, minder in het oosten) is niet ontstaan.

Tevens laat de zandbalans een jaarlijks zand-transport (export) zien van rond de 1 Mm³ van de Westerschelde naar de Zeeschelde (België).

Morfologie

De hoofdgeulen in de Westerschelde nemen toe in zowel areaal als inhoud. Deze veranderingen komen overeen met het MOVE-denkmodel. Waarbij wel wordt opgemerkt dat de inhoudstoename van de hoofdgeul in het midden vrij groot is ten opzichte van de inhoudstoenames die zijn opgetreden in het westen en oosten van de Westerschelde.

De inhoud van de nevengeulen is in het westen sterk afgenomen. Dit komt niet overeen met het MOVE-denkmodel. Deze inhoudsafname is mogelijk het gevolg van de stortingen in het westen. In het midden en oosten van de Westerschelde zijn geen veranderingen opgetreden in de ontwikkeling van de nevengeul.

Het ondiepwater (-2m NAP tot -5m NAP) is in de Westerschelde na 1996 nauwelijks nog veranderd, terwijl in het MOVE-denkmodel een achteruitgang werd verwacht.

Het areaal en volume van de platen (boven -2m NAP) in het westen en midden zijn afgenomen, terwijl er vanuit het MOVE-denkmodel een toename van het areaal en volume platen werd verwacht. In het midden is er zelfs sprake van een omslag in de

ontwikkeling ten opzichte van de stijgende trend. Alleen in het oosten is er geen extra afname van het plaatareaal opgetreden.

Het volume van de platen neemt over het algemeen minder sterk af dan het areaal, zodat de gemiddelde hoogte van de platen is toegenomen.

7.4 Conclusies ecotopen

Het onderscheiden van ecotopen op hun positie (boven of onder de laagwaterlijn) en dynamiek vormt een goede basis om verbanden te leggen tussen fysische processen en de bodemfauna van de Westerschelde.

De ecotopenkaarten voor 1996 en 2004 laten zien, dat tussen 1996 en 2004 in de Westerschelde het areaal water onder de laagwaterlijn (sublitoraal) is toegenomen met ongeveer 200 ha (1%). Het areaal boven de hoogwaterlijn (supralitoraal) is toegenomen met ongeveer 60 ha (1,8 %). Het areaal tussen de hoog- en laagwaterlijn, het intergetijdengebied, is afgenomen met 260 ha (3,4%).

Gebieden met een lage stroomsnelheid (laag-dynamisch) zijn belangrijk voor de ecologie. In het gebied beneden de laagwaterlijn (sublitoraal) is het areaal laagdynamisch toegenomen, doordat in gebieden in de diepe zone (beneden -7m NAP) de stroomsnelheid is afgenomen waardoor deze gebieden van hoogdynamisch over zijn gegaan naar laagdynamisch. Maar ook in de ondiepe zone (-2m NAP tot -7m NAP) is het areaal laagdynamisch toegenomen.

Het intergetijdengebied is het gebied tussen de hoog- en laagwaterlijn, 55% hiervan is laagdynamisch. Het intergetijdengebied is afgenomen.

7.5 Conclusies biologie

Primaire productie

Na 1996 is het doorzicht afgenomen. Het gevolg was, dat in het westen de berekende jaargemiddelde (kolom)productie gemiddeld afnam met 65 procent, in het midden en oosten met 70 procent. Naar de oorzaak van de afname van het doorzicht is gezocht, maar deze is niet gevonden. De meest waarschijnlijke oorzaak is afname van de deeltjesgrootte van het zwevend materiaal.

Na de verruiming is de primaire productie per ha door bodemalgen (microfyto-benthos) op slikken en platen in het midden en oosten van de Westerschelde toegenomen. De toename is niet eenduidig aan de verruiming toe te schrijven.

Bodemdieren

De totale bodemfauna laat geen toe- of afname zien van de biomassa of dichtheid binnen de onderzochte ecotopen. Van de afzonderlijke soorten laten alleen de Kokkel (biomassa 70% in west en midden) en de Zandpijp (een kokerwormpje) significante trends zien. De oorzaak van de grote schommelingen in het voorkomen van de Kokkel is niet de verruiming, maar zijn vooral variaties in de kokkelbroedval.

Vogels

Het aantal Bergeenden in de ruitijd (augustus) in de Westerschelde is vanaf half jaren negentig duidelijk toegenomen, vooral in het midden en oosten. De stijging is mogelijk gerelateerd aan de toename van een deel van het voedsel van de Bergeend: bodemalgen (microfyto-benthos) en het Kniksprietkreeftje (dat bodemalgen eet).

Gelet op de ontwikkelingen in het hele deltagebied en de Belgische kust kan niet worden aangetoond dat de verruiming effect heeft gehad op het aantal broedparen Visdief en Dwergstern in de Westerschelde. Lokaal op de Hooge Platen zijn na de verruiming de aantallen broedparen van Grote Stern en Visdief wel toegenomen, terwijl het aantal broedende Dwergsterns er jaarlijks varieert. De foerageermogelijkheden van de Westerschelde voor sterns lijken dus niet verslechterd.

Het aantal steltlopers in het westen en vooral het midden is na de verruiming lager dan ervoor. In het minder van belang zijnde oosten zijn geen duidelijke veranderingen voor en na de verruiming gesignaleerd. De afname van het aantal steltlopers in het midden en het westen wordt met name veroorzaakt door de afname van het aantal Scholeksters en deze afname wordt waarschijnlijk veroorzaakt door de afname van de kokkel. De groep overige steltlopers is na 1996 toegenomen in het middendeel tot het niveau van voor 1996. De foerageerfunctie van de Westerschelde voor steltlopers lijkt niet beïnvloed te zijn door de verruiming.

7.6 Aanbevelingen

Een opmerkelijke verandering na de verruiming is de omslag van de Westerschelde van zandimporterend naar zandexporterend systeem. Aanbevolen wordt te onderzoeken wat de oorzaak van deze omslag is en of deze zandexport een structureel karakter heeft.

Daarnaast zijn de versterkte ontwikkeling van de hoofdgeul, afname van het intergetijdengebied en afname van platen belangrijke aandachtspunten in het licht van behoud van het meergeulensysteem.

Aanbevolen wordt om, in het kader van de komende uitvoering van de Ontwikkelingsschets 2010 Schelde-estuarium, de morfologische ontwikkeling nauwgezet te volgen.

De Westerschelde is altijd in ontwikkeling. Het hoe en waarom van de morfologische processen is in een aantal gevallen duidelijk, maar in een aantal gevallen ook niet.

Tevens is het niet goed mogelijk gebleken om de effecten van het baggeren, storten en zandwinnen op de waterbeweging en de morfologie van de Westerschelde los van elkaar te beschrijven. Ook het MOVE-denkmodel, dat kwalitatief is opgezet, verklaart de ontwikkeling van de Westerschelde lang niet altijd. Een sterke aanbeveling is dan ook om in het kader van het Vlaams-Nederlandse onderzoeksprogramma (LTV O&M) morfologische systeemkennis van het Schelde-estuarium verder te ontwikkelen.

Aanbevolen wordt na te gaan of de huidige geulwandverdedigingen moeten worden aangepast.

Het doorzicht is afgenomen bij een gelijkblijvende zwevend stofconcentratie. Aanbevolen wordt te onderzoeken, wat de oorzaak van de afname van doorzicht heeft veroorzaakt en na te gaan of er een verband is geweest met de verruiming.

Ecotopen (kaarten) zijn gedefinieerd op basis van (kaarten van) fysische kenmerken. Zij blijken een goede basis te vormen voor het leggen van verbanden tussen fysische processen en de bodemfauna van de Westerschelde. Het gebruik van ecotopenkaarten wordt dan ook voor de toekomst aanbevolen.

De vertaling van de fysische kenmerken naar de



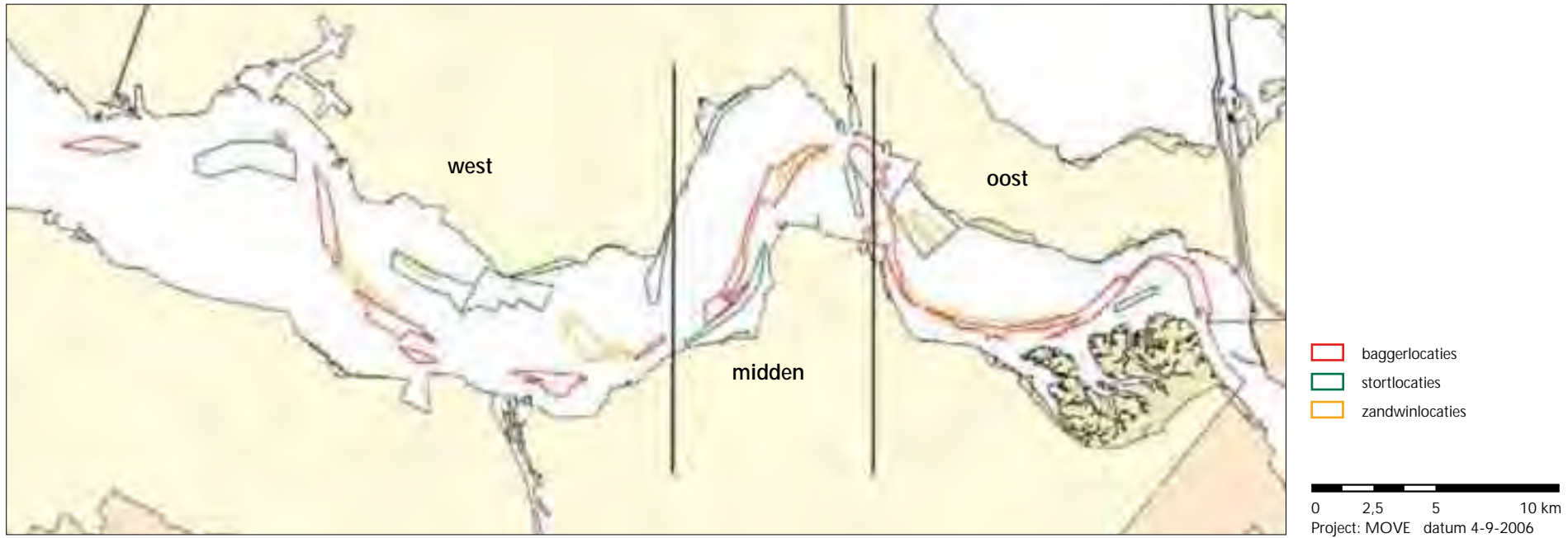
ecotopen die daadwerkelijke levensgemeenschappen voorspellen dienen nog wel verder gevalideerd en verfijnd te worden. Het Vlaams-Nederlandse onderzoeksprogramma (LTV O&M) is ook hier een geschikt programma voor.

De MOVE evaluatie maakt duidelijk dat referentiestations en -punten buiten de Westerschelde belangrijk zijn. De vergelijking van Westerscheldegegevens met gegevens van buiten de Westerschelde draagt in belangrijke mate bij aan de interpretatie ervan. Belangrijke referentiemetingen moeten daarom gecontinueerd worden. Daarnaast verdient het aanbeveling om verschillende langjarige meetreeksen voort te zetten en in de toekomst de informatie te verwerken met verbeterde statistische methoden.

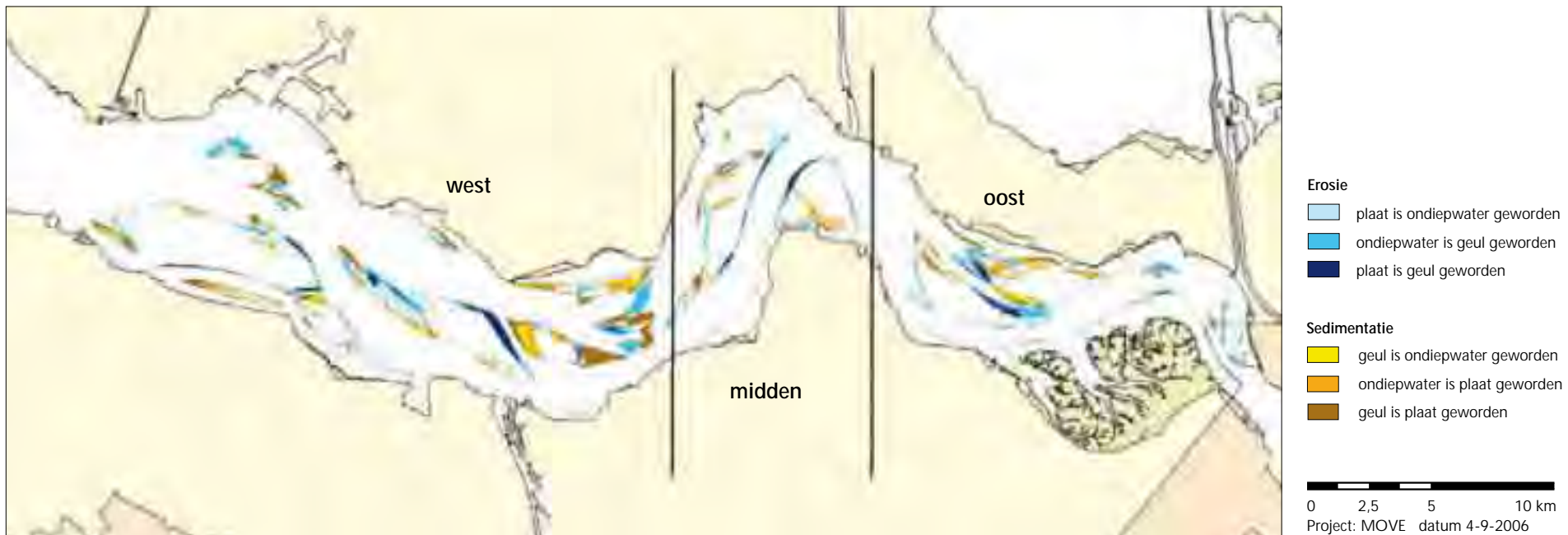
Noten hoofdstuk 7

¹ Onder 'verruiming' dient te worden verstaan 'de verruiming 48/43' en het daarbij behorend bagger-, stort- en zandwinbeleid'.

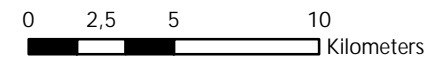
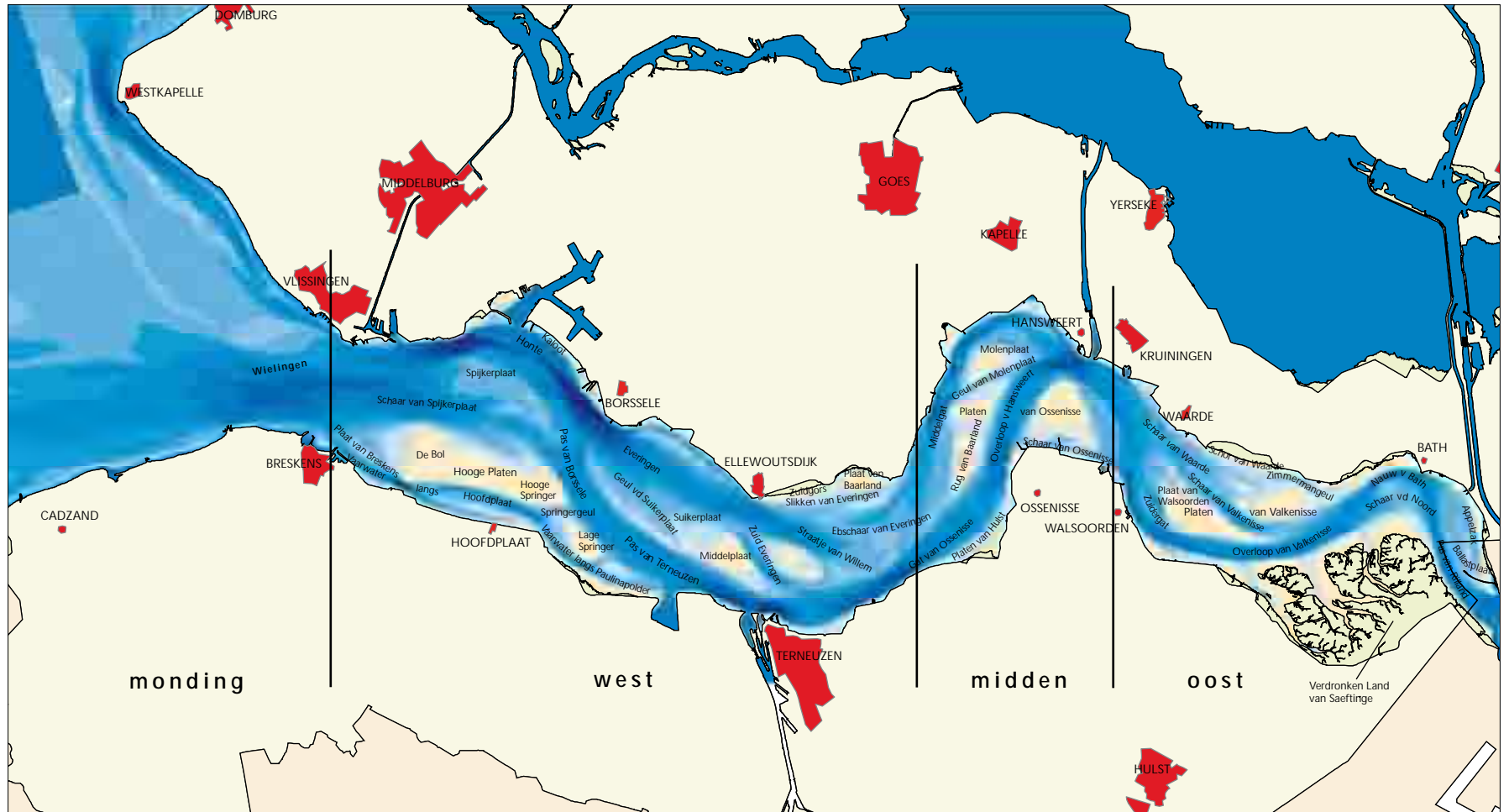
Bagger-, stort- en zandwinlocaties in de Westerschelde in de periode 1998 t/m 2004



Areaalverschil in de Westerschelde tussen 1996 en 2005



Overzichtskaart van de Westerschelde met namen van de schorren, slikken, platen en geulen



Project: MOVE

Datum: 22-2-2007



Gegevensblad RIKZ rapporten

Opdrachtgever / contactpersoon | Rijkswaterstaat Zeeland / J. W.A. Hoilaers

Titel	Monitoring van de effecten van de verruiming 48' / 43'
Rapportnummer	MOVE eindrapport 2006 ; MOVE-rapport 10 RIKZ/2007/003

Samenvatting:	<p>Naar aanleiding van de verruiming Westerschelde 48' / 43' heeft Rijkswaterstaat Zeeland een tienjarig monitoringsproject opgestart met als doel de omvang van de verruiming te leren kennen, vast te leggen en het behoeft op de gemeten ontwikkelingen te kunnen aanpassen.</p> <p>Deze evalueatie beschrijft de gemeten ontwikkelingen na de verruiming 48' / 43'. Het geeft aan, waar mogelijk, in hoeverre de gemeten ontwikkelingen het gevolg zijn van het geheel aan morfologische ingrepen van de verruimingswerken en het daarna gevoerde bagger-, stort- en zandwinbeleid. Bij dit eindrapport is een cd-rom geleverd met het Hypotheseindocument 2006. Hierin staan de gebruikte analyses en de inhoudelijke onderbouwing van de conclusies beschreven.</p> <p>Voor de samenvatting van het rapport wordt de lezer verwezen naar de samenvatting aan het begin van deze eindrapportage. Een korte samenvatting zou geen recht doen aan het onderzoek en de conclusies die daaruit zijn getrokken. Bovendien zou de lezer uit een (te) korte samenvatting wellicht foutieve conclusies kunnen trekken aangaande de gevolgen van de verruiming 48' / 43'.</p>
Summary	<p>As a result of the broadening of the Westerscheldt 48' / 43', the Ministry of Water Management and Public Works started a 10 year monitoring project. The goal was to explore and record the scale of the broadening, in order to adapt the management in accordance to the measured developments.</p> <p>This final evaluation describes the measured developments after the broadening of 48' / 43'. It indicates, where possible, to what extent the measured developments were caused by the morphological intervention of the enlargement work, and the subsequent policies of dredging, dumping and extraction of sand that were undertaken. Enclosed with this report is a cd-rom containing the hypotheses document 2006. This document holds the usual analyses and supporting information concerning the described conclusions. For a summary of the report the reader is referred to the summary at the beginning of this End-Report. A short summarizing would not do justice to the study and related conclusions. Furthermore, from a summarizing that is too brief, the reader could draw false conclusions regarding the consequences of the broadening 48' / 43'.</p>

Version	Eigenaar (= 1 ^{ste} auteur)	Datum	Opmerking	Beoordeeld	Goedgekeurd
1	RWS/RIKZ B. van Ech	januari 2007	Definitief	W. Groenewoud	B. Dauwe
Project ID RWS/RIKZ/ZEE MOVE <RWS/RIKZ projectnummer>					
Vertrouwelijk	X	JA, tot 22-03-2007	NEE		
Status	<input type="checkbox"/>	Startversie	<input type="checkbox"/>	Concept	X Definitief

