

## **Tweede Interim-advies ANT Oosterschelde**

ir. J.G. de Ronde  
dr. J.P.M. Mulder  
dr. L.A. van Duren  
dr. T. Ysebaert

1204441-000



## Titel

Tweede Interimadvies ANT Oosterschelde

<b>Opdrachtgever</b>	<b>Project</b>	<b>Kenmerk</b>	<b>Pagina's</b>
Rijkswaterstaat Waterdienst	1204441-000	1204441-000-ZKS-0010	45

## Trefwoorden

Oosterschelde, scholekster, autonome achteruitgang, morfologie, ecologie, maatregelen

## Samenvatting

In het tweede interimadvies staan de oplossingsrichtingen nader aangescherpt en zijn suppletie strategieën opgesteld. De morfologische modellering van platen is gevalideerd en er is nu een bruikbare methode om deze suppletie strategieën te vergelijken. Scholeksters en Zwarte Ruiters gaan significant achteruit, terwijl een algehele achteruitgang van de wadvogelaantallen nog niet geconstateerd is. Er is een risico op een plotselinge achteruitgang van de wadvogels, om dit te voorkomen is tijdig ingrijpen nodig.

Het toekomstig onderzoek is bepaald. De ANT studie Oosterschelde is ongeveer halverwege en ligt goed op schema. De samenwerking met Building with Nature en MIRT Zandhonger is van groot belang. Het onderzoek binnen deze projecten sluit nauw aan bij de doelstellingen van de ANT studie. Het project wordt eind 2013 afgerond met een eindadvies.

## Referenties

**Tweede Interim-advies ANT-Oosterschelde, Maatregelen ten behoud van natuur (Natura2000-instandhoudingsdoelen) en veiligheid in de Oosterschelde.**

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
1.0	Mrt 2011	ir. J.G. de Ronde		dr. L. van der Valk		ir. T. Schilperoort	
		dr. J.P.M. Mulder					
		dr. L.A. van Duren					
		dr. T. Ysebaert					

## Status

Concept



## Inhoud

<b>1 Tweede Interim-advies</b>	<b>3</b>
<b>2 Toelichting bij het tweede Interim-advies</b>	<b>5</b>
2.1 Inleiding	5
2.2 Probleemstelling	5
2.3 Doelstelling	5
2.4 Aanpak	6
2.5 Stand van zaken	8
2.5.1 Achteruitgang platen en slikken in het Oosterschelde gebied	8
2.5.2 Morfologische ontwikkeling van suppleties	9
2.5.3 Verduidelijking begrip zandhonger	10
2.5.4 Algehele achteruitgang wadvogels nog niet vast te stellen	11
2.5.5 Risico op ploselinge achteruitgang wadvogelaantallen	16
2.5.6 Onderzoek aan voedselbeschikbaarheid voor wadvogels in de Oosterschelde	18
2.5.7 Grootschalige oplossingen afgevallen	19
2.5.8 Mogelijkheden keringbeheer nader onderzoeken	21
2.5.9 Suppleties en suppleties gecombineerd met cascades zijn de belangrijkste uitvoeringsopties	21
2.5.10 Eerste inperking uitvoeringsopties suppletie	21
2.5.11 Nadere verkenning uitvoeringsopties door zandsuppletie	24
2.6 Komend onderzoek ANT : Relatie investeringen-veiligheid-natuurdoelen en verkleining van onzekerheden	28
2.6.1 Relatie investeringen-veiligheid-natuurdoelen	28
2.6.2 Verkleining onzekerheden	28
2.6.3 Wat is de autonome trend in de morfologische ontwikkeling in de Oosterschelde?	29
2.6.4 Wat is de autonome trend in de ANT-natuurdoelen, waardoor wordt dit beïnvloed?	29
2.6.5 Op welke wijze zijn suppletiemaatregelen te optimaliseren?	31
2.6.6 Op welke wijze zijn cascades te optimaliseren?	33
<b>3 Referenties</b>	<b>35</b>
<b>Bijlage(n)</b>	
<b>A Verslag derde Suppletieworkshop</b>	<b>A-1</b>
<b>B Vervolg 2011-2013</b>	<b>B-1</b>



## 1 Tweede Interim-advies

De ANT (Autonome Neerwaartse Trend) Oosterschelde studie beoogt de wetenschappelijke onderbouwing te leveren om in 2013 zicht te hebben op de haalbaarheid en betaalbaarheid van verschillende niveaus van Natura2000 doelen voor het Oosterscheldegebied. De tijdshorizon hierbij is 2015-2060.

### Probleem

#### Achteruitgang platen en slikken

Door de bouw van een stormvloedkering en compartimenteringsdammen is er in de Oosterschelde een systeem ontstaan dat morfologisch uit evenwicht is. Bovendien heeft aanleg van de stormvloedkering zanduitwisseling met de Noordzee onmogelijk gemaakt. Hierdoor treed erosie en achteruitgang van platen en slikken op, waardoor vogelaantallen gaan afnemen en de veiligheid van dijken achteruitgaat. Volgens de prognose is er in 2060 nog zo'n 4000 - 6000 hectaren over van de oorspronkelijke 11000 hectaren en in 2100 nog enkele duizenden hectaren..

#### Risico op een plotseling knikpunt in wadvogelaantallen, tijdig ingrijpen nodig

Op dit moment gaan Scholeksters en Zwarte Ruiter achteruit, een algehele achteruitgang van wadvogels is echter nog niet vast te stellen. Het is waarschijnlijk dat de wadvogelaantallen in de Oosterschelde nog niet achteruitgaan omdat de lager gelegen plaat- en slikgebieden, die meer voedsel herbergen (bodemdieren) dan de hogere delen, nog redelijk goed in stand zijn gebleven. Tot nu toe zijn vooral de hogere gedeelten in areaal achteruitgegaan. In de nabije (of verdere) toekomst zal ook het areaal lager gelegen plaatareaal gaan afnemen en zal een negatieve trend voor alle steltlopers inzetten.

Er is een risico dat door de vervlakking van de platen en slikken dit knikpunt zeer plotseling is en dat de negatieve trend bijzonder scherp (d.i. het verdwijnen van een groot areaal intergetijdengebied in een korte tijd) en moeilijk terug te draaien zal zijn. Indien dit klopt, is het belangrijk er voor te zorgen dat maatregelen worden genomen vóódat dit punt bereikt wordt.

### Oplossingen

#### Twee hoofd-oplossingsrichtingen, waarbij suppleties en suppleties in combinatie met vooroeverdedigingen de belangrijkste uitvoeringsopties zijn

De twee oplossingsrichtingen waar de ANT studie zich op zal richten zijn:

- **Veiligheid;** de minimum variant met als doel het handhaven van de veiligheid tegen overstromingen;
- en
- **Natuur en Veiligheid;** de behoudsvariant welke naast de handhaving van de veiligheid, is gericht op handhaving van optimale instandhoudingsdoelen voor natuur.

Eerder geformuleerde oplossingsrichtingen (de Ronde, 2010) waarbij middels zandsuppleties in de Kom en in de Noordelijke tak, een morfologisch evenwicht werd geschapen ("Evenwicht Kom"), of waarbij uitsluitend werd gewerkt met erosieremmers ("Vooroeverdedigingen"), blijken niet realistisch.

## Vier suppletiestrategieën

Voor de suppleties worden vier mogelijke strategieën beschouwd:

- **Overall** : Het gehele bestaande areaal aan platen en slikken wordt gesuppleerd ;
- **Dik** : Suppleties alleen op de diepere plaat en slikdelen, waar ruimte is voor een dik zandpakket;
- **Arm** : Suppleties geconcentreerd op ecologisch gezien arme delen van plaat en slik, zodat aanleg minimale ecologische schade brengt;
- **Bron**: Suppleties op die plekken van waaruit een optimale verspreiding van het sediment over de plaat is gegarandeerd.

## Grote onzekerheden en opschaling dwingen tot stap-voor-stap benadering

Om het plaat- en slikareaal te handhaven door suppleties is jaarlijks minimaal 1 Miljoen m<sup>3</sup> nodig; dit is een opschaling met een factor 10 ten opzichte van de huidige pilots Gageplaat en Schelphoek. Zowel rond morfologische effecten als rond de natuuropbrengst van alle mogelijke strategieën bestaan grote onzekerheden, deze kunnen drastisch beperkt worden door stap voor stap grotere en meer ingewikkelde maatregelen te nemen.

Bij iedere stap kan meer kennis vergaard worden en kunnen volgende stappen beter gepland worden. **Dus: al doende leert men. Vervolg de huidige pilots met nieuwe (grotere) pilots eer over te gaan tot een totaalprogramma.**

## Komend onderzoek richt zich op:

- **Relatie suppletie-inspanning (kosten) tot veiligheid en natuur.** Indien een gedeelte van de plaat en slikgebieden in stand worden gehouden, wat zijn dan de verwachte veiligheid en vogelaantallen (natuurdoelen)?. Welke gebieden zijn het meest waardevol of kosten het minst om in stand te houden?. Wat is optimaal bij beperkte middelen?. Hieruit moet duidelijk worden welke natuurdoelen maximaal haalbaar zijn en zicht geven op de vraag of 100% van de huidige natuurdoelen zijn te behouden.
- **De autonome trend in de morfologische ontwikkeling** in de Oosterschelde. De onzekerheden in de achteruitgang van volumes en arealen zijn nog aanzienlijk (zeker nog een factor 2 à 3).
- **De autonome trend in de vogelaantallen en de invloedsfactoren.** Ook hier zijn de onzekerheden in de relaties nog groot.
- **Optimalisatie van mogelijke suppletiemaatregelen en vooroeververdedigingen.**
- **De effecten van alternatief keringbeheer om erosie te remmen nagaan**
- **Effecten van suppleties tot hoogten boven hoogwater (hoogwatervluchtplaatsen)**

De kennis die vergaard kan worden met behulp van de drie pilots (plaatsuppletie Galgeplaat, vooroeversuppletie met vooroeververdediging Schelphoek en oesterriffen Val en Vianen) is hierbij essentieel. Onderzoekskaders zoals Building with Nature, MIRT Verkenning Zandhonger dragen mede bij en zijn onmisbaar voor de ANT studie.



## 2 Toelichting bij het tweede Interim-advies

### 2.1 Inleiding

De ANT (Autonome Neerwaartse Trend) Oosterschelde studie beoogt de wetenschappelijke onderbouwing te leveren om in 2013 zicht te hebben op de haalbaarheid en betaalbaarheid van verschillende niveaus van Natura2000 doelen voor het Oosterscheldegebied. Het onderzoek wordt uitgevoerd in het kader van de raamovereenkomst tussen Deltares en het Ministerie van Verkeer en Waterstaat. Naast voorspellingen voor de toekomst (2010-2060) heeft het project 4 adviesmomenten (mei 2010, mei 2011, dec. 2012 en dec. 2013) over de mogelijke aanpak van deze problematiek vervat in handelingsperspectieven t.b.v. de beheerder. Dit rapport bevat het tweede Interim-advies, mei 2011.

### 2.2 Probleemstelling

Het areaal platen en slikken in de Oosterschelde neemt geleidelijk af. Dit kent twee oorzaken: plaaterosie als gevolg van de zandhonger gecreëerd door de aanleg van de Oosterscheldewerken, en verdrinking als gevolg van een doorgaande zeespiegelstijging. Het geleidelijk verdwijnen van het intergetijdengebied heeft gevolgen voor verschillende functies van het Oosterschelde systeem. Door het verlagen – en op den duur zelfs geheel verdwijnen - van het intergetijdengebied wordt de golfaanval op de Oosterscheldedijken vergroot, waardoor de veiligheid tegen overstromingen in het gedrang komt. Hetzelfde geldt voor Natura-2000 instandhoudingsdoelen; voor de eerste beheerplanperiode 2009 – 2015 zijn de doelen bijgesteld door neerwaartse extrapolatie op basis van een verwachte jaarlijkse afname van het intergetijdengebied met 50 ha. In 2015 start de tweede beheerplanperiode voor Natura-2000. De vraag is: welke meetbare instandhoudingsdoelen zijn vanaf 2015 haalbaar en tegen welke investeringen?

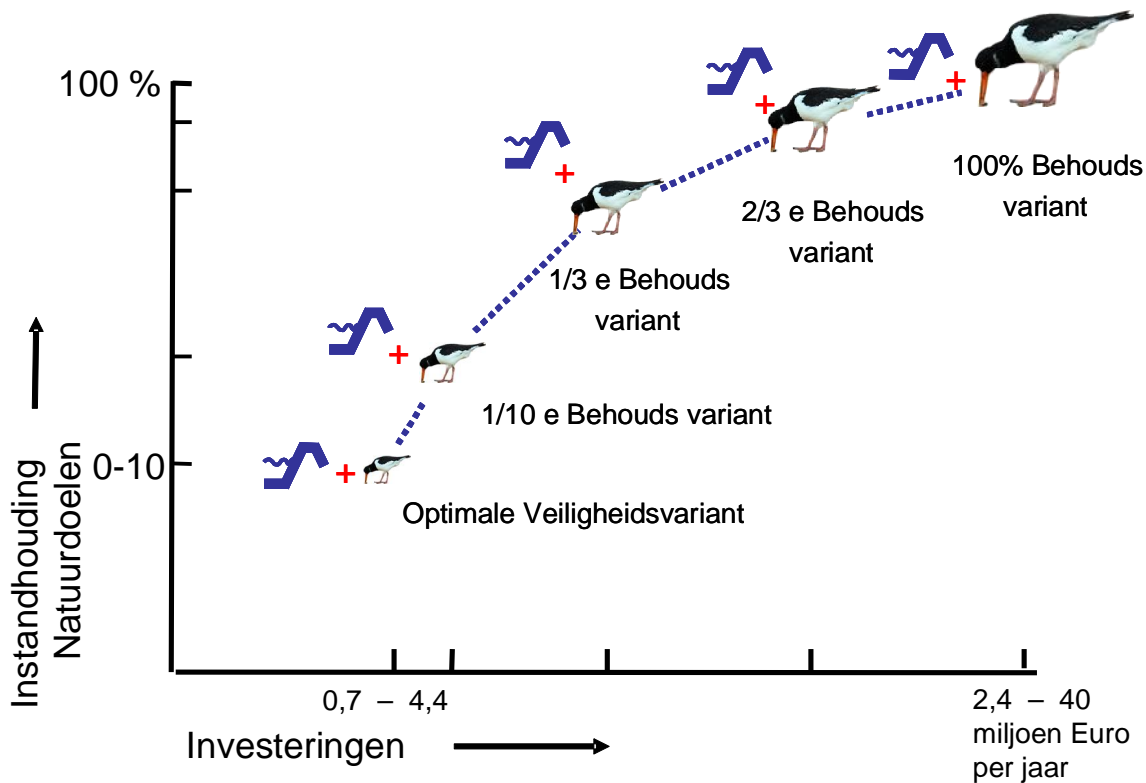
### 2.3 Doelstelling

In beeld brengen van de relatie tussen investeringen voor mogelijke beheersmaatregelen en het te behalen effect op veiligheid tegen overstroming en op natuurwaarden, zodat afgewogen besluitvorming mogelijk wordt over te kiezen instandhoudingsdoelen.

Om deze doelstelling meer concreet te maken zijn in het kaderplan ANT Oosterschelde, de mogelijke beheersmaatregelen onderscheiden in veiligheidsvarianten en behoudsvarianten (zie Figuur. 2.1). De veiligheidsvarianten worden voornamelijk vorm gegeven vanuit het behoud van de vereiste veiligheid en de daarmee gemoeide kosten. Er zijn echter ook consequenties ten aanzien van de ecologie en de natuurdoelen.

Bij de behoudsvarianten wordt naast behoud van veiligheid tegen overstromen uitgegaan van behoud van de instandhoudingsdoelen met daaraan gekoppeld de vraag welke investeringen daar voor nodig zijn. De hoofdvariant gaat uit van 100% behoud van de doelen. Om de relatie duidelijk te krijgen tussen investeringen en de mate waarin de instandhoudingsdoelen gehaald kunnen worden zijn drie tussenvarianten gedefinieerd. Ervan uitgaande dat voor 100 % instandhouding een investering van Z miljoen euro nodig is zijn varianten gedefinieerd met investeringen van resp. 2/3 Z, 1/3 Z en 1/10 Z met daaraan gekoppeld de vraag welke mate

van instandhouding van de diverse natuurdoelen daarbij hoort. In figuur 2.1 is dit visueel weergegeven. De totale investering betreft een veiligheidsdeel (V) plus het natuurdeel (lopend van 0 tot 1,0 Z). De instandhouding van de Natuurdoelen loopt van 0-10 %, het percentage van de natuurdoelen die in stand gehouden wordt als alleen de economisch optimale veiligheidsvariant uitgevoerd wordt, tot 100% bij volledig behoud.



Figuur. 2.1 Beheersvarianten en de relatie tussen investeringen en mate van instandhouding van de natuurdoelen. Deze grafiek geldt voor de periode 2010-2060. In alle gevallen is de veiligheid tegen overstromen gegarandeerd.

## 2.4 Aanpak

- *Focus op zone tussen GLW en GHW*

De natuurdoelen in de Oosterschelde zijn een combinatie van Natura2000-doelen en behoudsdoelstellingen vanuit vroegere beschermingsregimes. Samengevat gaat het om een tiental doelen (zie het Kaderplan ANT Oosterschelde, de Ronde e.a. 2009). Deze variëren van afzonderlijke soorten tot "landschappelijke waarden en natuurschoon". De tien doelen hebben hun zwaartepunt in verschillende delen van de Oosterschelde:

- **boven GHW** (ca 500 ha): de broedvogels, de zeehond, de Noordse Woelmuis en de zoute pioniervegetaties + slijkgrasvelden + schorvegetaties
- **tussen GLW en GHW** (ca 11.000 ha): de wadvogels, veel van de waarden vanuit de vroegere beschermingsregimes en de belevingswaarde
- **onder GLW** (ca 23.500 ha): veel van de waarden vanuit de vroegere beschermingsregimes en belevingswaarden.

De plaaterosie heeft verreweg de grootste impact op de zone tussen GLW en GHW. De ANT-studies richten zich dan ook primair op deze zone. Van deze zone is een aanzienlijk deel van de natuurdoelen afhankelijk – maar het niet allemaal.

- *Wadvogels als belangrijkste indicatoren*

De wadvogeldoelen zijn bij uitstek van deze zone afhankelijk. De wadvogels vergen niet alleen de aanwezigheid van deze zone maar stellen ook eisen aan de interne ruimtelijke configuratie ervan. Het gaat dan vooral om een evenwichtige verdeling tussen hoger- en lageregelegen delen: zowel ruimtelijk (verschillende delen dicht bij elkaar) als kwantitatief (de verschillende delen in een bepaalde oppervlakteverhouding). De andere natuurwaarden van het gebied tussen GLW en GHW stellen minder specifieke eisen dan de wadvogels. Daarmee geldt dat, als het gebied tussen GLW en GHW voldoet aan de eisen van de wadvogels, deze zone dus voldoet aan vrijwel alle eisen die de natuur eraan stelt.

- *Iteratieve uitwerking*

De wadvogels kunnen deze indicator-rol echter niet spelen voor het gebied beneden GLW, en ook niet voor de gebieden boven GHW. Evenmin vallen de eisen van de wadvogels samen met die van belevingswaarden als landschapsschoon en natuurlijkheid.

Methodisch betekent dit dat de ANT-studies:

1. Eerst beheersmaatregelen zoeken om het gebied tussen GLW en GHW optimaal in te richten voor de wadvogels, en
2. dan de effecten van deze maatregelen inschatten op de overige instandhoudingsdoelstellingen.

- *Ontwerp van beheersmaatregelen*

Gebaseerd op de gedachte dat de teruggang in plaat- en slikareaal, de hoofdoorzaak is van de toenemende problemen voor zowel de veiligheid als voor de natuur-instandhoudingsdoelen, concentreren beheersmaatregelen zich op het tegengaan van deze erosie. Basiseis aan alle beheersvarianten is dat de veiligheid tegen overstroming blijft gegarandeerd. Dat leidt tot een reeks varianten die zich onderscheiden in de investeringskosten en in het behoud van natuurdoelen.

Om het theoretische verband tussen investeringen en natuureffecten zoals weergegeven in Fig. 2.1, te concretiseren, worden verschillende uitvoeringsopties ontwikkeld tegen de plaat- en slikerosie. Deze opties worden ontwikkeld voor verschillende deelgebieden ( zie 2.5.11). Voor elke optie, en voor elke combinatie van opties per deelgebied wordt een inschatting gemaakt van investeringskosten en van de effecten op veiligheid en natuurdoelen. De uitvoeringsoptie, of de combinatie van uitvoeringsopties per deelgebied met de maximaal mogelijke natuuropbrengst, zou dan beschouwd kunnen worden als een mogelijke 100% Behoudsvariant. Vergelijking met de huidige instandhoudingsdoelen zal dan duidelijk maken welk percentage van de huidige doelen is te realiseren. Of de variant haalbaar is, zal mede afhangen van de bijbehorende investeringskosten.

- *Relatie wadvogels en plaatareaal*

Belangrijke vraag is hoe aantallen wadvogels samenhangen met het areaal en de kwaliteit (droogvalduur, sedimentsamenstelling, bodemdierpopulaties, geografische ligging, etc.) van het intergetijdengebied. Inzicht in deze vraag is belangrijk voor het inschatten van de ontwikkeling op langere termijn (zowel autonoom, als na uitvoering van beschermingswerken), maar ook op kortere termijn (effecten tijdens en kort na aanleg van beschermingswerken).

- *Nauwe samenwerking met Building with Nature en MIRT Verkenning Zandhonger*

Voor bovenstaande vragen is naast het eigen onderzoek, de input belangrijk vanuit onderzoekskaders zoals Building with Nature en MIRT Verkenning Zandhonger. Met name de kennis vergaard bij de drie pilots (plaatsuppletie Galgeplaat, vooroeversuppletie met oeverdediging Schelphoek en oesterriffen Val en Vianen), is hierbij essentieel

## 2.5 Stand van zaken

### 2.5.1 Achteruitgang platen en slikken in het Oosterschelde gebied

De intergetijdengebieden van de Oosterschelde eroderen en verdwijnen langzaam onder water. Oorzaak daarvan is de aanleg van de Oosterscheldewerken. Door de bouw van een stormvloedkering en compartimenteringsdammen is de totale hoeveelheid in- en uitstromend water met 30 % afgenomen. De geulen zijn te ruim en zullen daardoor sediment vangen; ze hebben 'zandhonger'. De stroomsnelheid in de (te ruime) geulen is zo sterk afgenomen dat nauwelijks nog sedimenttransport optreedt vanuit de geul naar de platen. Zand dat bij storm van de plaat afslaat komt niet meer terug. Gevolg: de platen eroderen. Bovendien heeft aanleg van de stormvloedkering zanduitwisseling met de Noordzee onmogelijk gemaakt. Het opvullen van de geulen kan alleen gebeuren door zand van de intergetijdengebieden. Deze zullen – zonder ingrijpen – op den duur dan ook onherroepelijk verdwijnen. Zeespiegelstijging en zeker een versnelling van de zeespiegelstijging, bespoedigt dit proces alleen nog maar. In deze studie wordt uitgegaan van de scenario's 20 - 85 cm per eeuw.

Na de afsluiting van de Oosterscheldekering is het areaal intergetijdengebied met ongeveer 50 ha per jaar afgenomen (Hesselink e.a. 2003, Jacobse e.a. 2006). Dit is de afname zonder rekening te houden met zeespiegelstijging. Rekening houdend met 20 cm/eeuw komt de achteruitgang op ongeveer 60 ha per jaar, bij 85 cm /eeuw op ongeveer 95 ha per jaar. Van de 11.000 ha (gebieden boven -1,5 m NAP) in 1986 zijn er dan in 2060 nog zo'n 4000-7000 over en in 2100 nog enkele duizenden hectaren. Een lineaire interpolatie tot 2100 is niet geoorloofd, de afname zal in de tijd afnemen en er zullen altijd kleine gebieden overblijven, vooral achterin. Op veel plekken komen klei- en veenlagen voor die de erosie zullen beperken. Voor de ecologie kan dit wel een totaal andere habitat betekenen.

Verwachte achteruitgang arealen platen en slikken					
Zeespiegel stijging	achteruitgang in ha. per jaar	1986	2010	2060	2100
20	60	11000	9620	6620	4220
60	80	11000	9160	5160	1960
85	93	11000	8873	4248	548

Tabel 2.1: Prognose achteruitgang platen en slikken

De volumeafname van platen en slikken door de aanleg van de kering en dammen bedraagt zo'n 0,5 a 1,5 Miljoen m<sup>3</sup> per jaar. Om de platen en slikken de zeespiegelstijging (20 – 85 cm per jaar) bij te laten houden komt hier nog 0,4 – 1,5 Miljoen m<sup>3</sup> per jaar bij. Hierbij wordt ervan uitgegaan dat alleen de plaat- en slikgebieden (17900 ha tot een diepte van NAP -3m ) bijgehouden worden en niet de gehele Oosterschelde (35100 ha).

Hoeveelheid sediment in Miljoen m <sup>3</sup> per jaar	Oorzaak
0,5 á 1,5	Plaaterosie door aanleg kering en compartimenteringsdammen
0,4 á 1,5	Verdrinking door zeespiegelstijging (20-85 cm per eeuw)

Tabel 2.2. Afname platen en slikken sedimenthoeveelheden

Gegeven de betrouwbaarheid van de meetgegevens (lodingen en laser altimetrie) zijn er nog grote onzekerheden in de grootte van de volume afname (factor 3). Vooral in het Komgebied (het zuidoostelijke deel) spelen deze onnauwkeurigheden. Het gebied heeft een groot areaal aan slikken en er zijn in dit gebied veel minder RTK raagegegevens beschikbaar. De RTK raagegegevens worden jaarlijks te voet uitgevoerd en hebben door het gebruik van gps een hoge betrouwbaarheid.

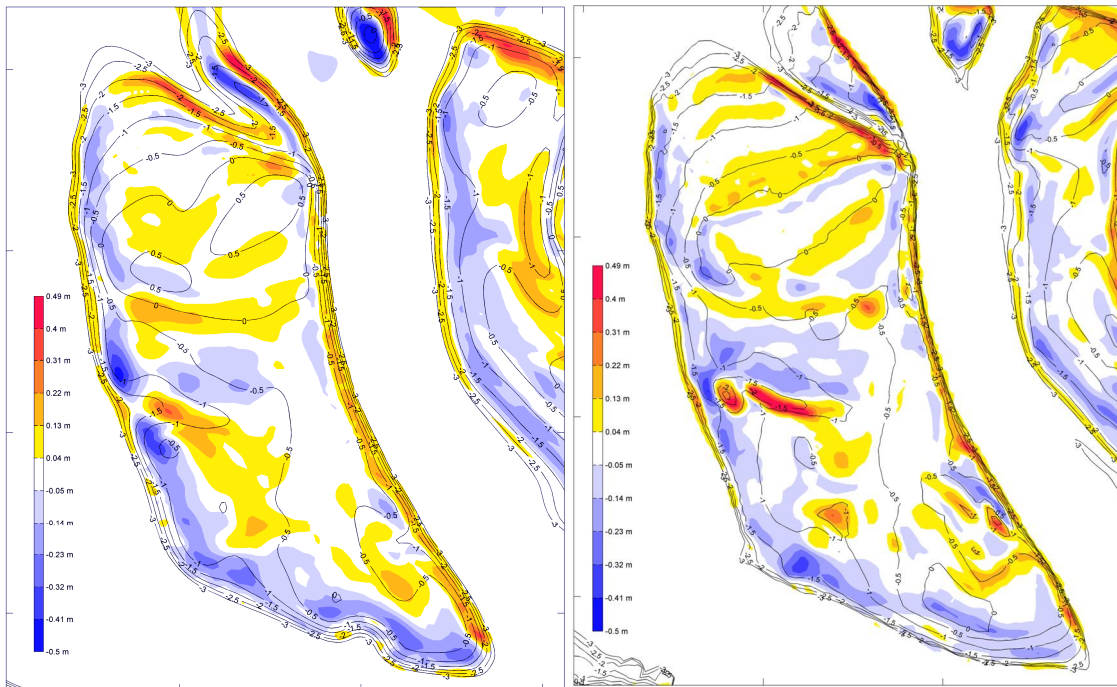
Nadat de 2010 bodem beschikbaar is gekomen en verder onderzoek is gepleegd kunnen deze marges verkleind worden. Naast de nauwkeurigheid spelen nog twee belangrijke vragen.

- Hoe is de verdeling over de verschillende plaat- en slikgebieden en
- Hoe verloopt deze in de tijd.

Gaan alle gebieden even hard achteruit of is dit per gebied verschillend. In de Krabbenkreek lijkt de achteruitgang bijvoorbeeld zeer gering te zijn. De afname lijkt tot nu toe vrij lineair in de tijd te verlopen. Het is van belang om te bepalen of deze dalende trend afneemt en zo ja wanneer deze afneemt.

## 2.5.2 Morfologische ontwikkeling van suppleties

Op dit moment is er een instrumentarium beschikbaar gebaseerd op Delft3d om het gedrag van suppleties mee door te rekenen. Voor de Galgeplaat is een model gemaakt (Das, 2010) en in een recente studie (Cronin, 2011) is dit model gevalideerd aan de hand van een recente situatie (2009) met kering en compartimenteringsdammen en een oude situatie (1982) zonder kering en compartimenteringsdammen. Het model laat in beide gevallen erosie zien terwijl in 1982 de Galgeplaat hoogstwaarschijnlijk stabiel was of zelfs sedimenteerde. Wel laat het model geringere erosie zien voor de 1982 situatie (zie Figuur 2.2). Ten aanzien van plaatmodellering is nog veel onderzoek benodigd. Voor de ANT-studie mag nu echter wel gesteld worden dat we over een instrumentarium beschikken waarmee verschillende suppletie strategieën mee doorgerekend kunnen worden. De residuele transportrichting van het sediment in model en werkelijkheid komen goed overeen. De mate en snelheid van verspreiding zijn nog punt van aandacht. Binnen het project Building with Nature zal de proefsuppletie en de ontwikkeling daarvan als validatie gebruik gaan worden.



Figuur 2.2: Sedimentatie en erosie voor de 2009 situatie met  $50 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{jaar}$  erosie (rechts) en de 1982 situatie (links) met  $100 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{jaar}$  erosie.

### 2.5.3 Verduidelijking begrip zandhonger

Het begrip zandhonger is in gebruik voor zowel de problematiek rondom de Oosterschelde als om de Waddenzee. In zijn algemeenheid kan gesteld worden dat een estuarium dat blootgesteld is aan (beperkte) zeespiegelstijging morfologisch zal reageren door sediment te gaan importeren van buiten het estuarium. Dit sediment moet dan uiteraard wel voorradig zijn. Dit fenomeen wordt in veel publicaties aangeduid met “zandhonger”. Een betere omschrijving zou zijn sedimenthonger. Er zijn een groot aantal geologische voorbeelden waarbij estuaria zeespiegelstijging kunnen bijhouden of waarbij de estuaria zelf opvullen. Zowel zand als slib en soms vooral slib spelen hierbij een rol.

In het geval van de Oosterschelde is er sprake van twee fenomenen, zandhonger vanwege de zeespiegelstijging en zandhonger vanwege de aanleg van de Oosterschelde kering en compartimenteringsdammen. In het eerste geval heeft het totale bekken behoefte aan sediment en in het tweede geval zijn het de geulen die een tekort aan sediment hebben. In het eerste geval wordt het sediment onttrokken aan het gebied buiten het estuarium (nauwelijks in het geval van de Oosterschelde omdat er nauwelijks sediment door de kering naar binnen komt) en in het tweede geval wordt het onttrokken aan de platen en slikken.

Het begrip zandhonger omvat dus meerdere fenomenen. Voor onderzoek en voor het algemene begrip is het noodzakelijk om hierin onderscheid te maken.

#### 2.5.4 Algehele achteruitgang wadvogels nog niet vast te stellen

Sinds 1987 worden de vogels in de Oosterschelde maandelijks geteld. Tellingen worden hoofdzakelijk uitgevoerd tijdens hoogwater wanneer de vogels verzamelen op de hoogwatervluchtplaatsen. Trends in de Oosterschelde zijn vergeleken met trends elders in Nederland (Westerschelde en Waddenzee). Waar de trend in de Oosterschelde afwijkt van de overige gebieden, duidt dit mogelijk op een oorzaak binnen de Oosterschelde. Binnen de Oosterschelde kunnen hoogwatervluchtplaatsen gelinkt worden aan foerageergebieden, waardoor op compartimentsniveau trends kunnen onderzocht worden. Veranderingen in de vogelaantallen kunnen gekoppeld worden aan de lange termijn gegevens beschikbaar over schelpdieren (IMARES survey van kokkel *Cerastoderma edule*, nonnetje *Macoma balthica* en mossel *Mytilus edulis*) en bodemdieren (MWTL programma, uitgevoerd door het NIOO sinds 1992, dat met name gericht is op het endobenthos).

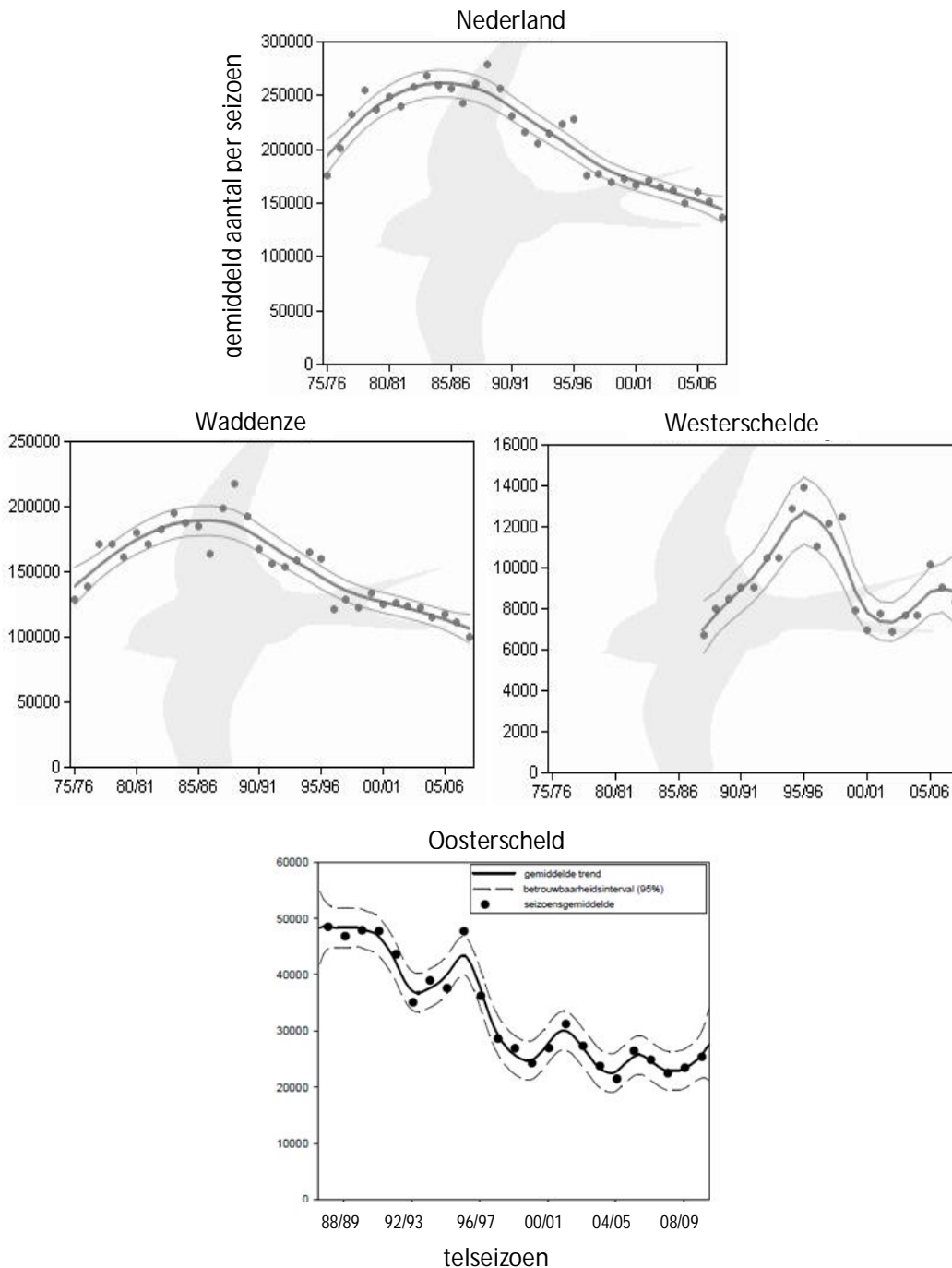
In de periode 1987-2008 vertonen de wadvogels (Natura2000 doelsoorten), die hoofdzakelijk gebruik maken van het intergetijdengebied om te foerageren, geen achteruitgang in de Oosterschelde, op de Scholekster en Zwarte Ruiters na (Troost et al. 2011). De overige Natura2000 soorten nemen toe in aantal (o.a. Wulp, Kanoet, Bonte Strandloper), of vertonen geen trend (o.a. Zilverplevier, Rosse Grutto). Een aantal soorten zoals Drieteenstrandloper, Bonte Strandloper en Wulp vertonen ook in de Westerschelde en de Waddenzee een toename, en laten dus een landelijke toename zien (voor de Wulp zie Figuur 2.5).

De Scholekster neemt significant af in de Oosterschelde (Figuur 2.4), net als in de Waddenzee. Andere soorten vertonen een afwijkende trend t.o.v. de andere belangrijke gebieden in Nederland. De Kanoet neemt significant toe in de Oosterschelde, terwijl in de Westerschelde en de Waddenzee geen significante aantalsverandering wordt waargenomen. De Wulp neemt significant toe in de Westerschelde en Waddenzee, maar de toename in de laatste tien seizoenen is veel groter in de Oosterschelde. De aantallen van de Rosse Grutto blijven stabiel in de Oosterschelde, terwijl ze in de Waddenzee significant toenemen en in de Westerschelde significant afnemen.

Binnen de Oosterschelde zijn veranderingen in vogelaantallen vaak verschillend per compartiment. Zo neemt de Scholekster af in de Kom, maar blijft stabiel in de Noordelijke Tak (Figuur 2.4). De Wulp is dan weer soort die in alle compartimenten eenzelfde (toenemende) trend vertoont (Figuur 2.6).

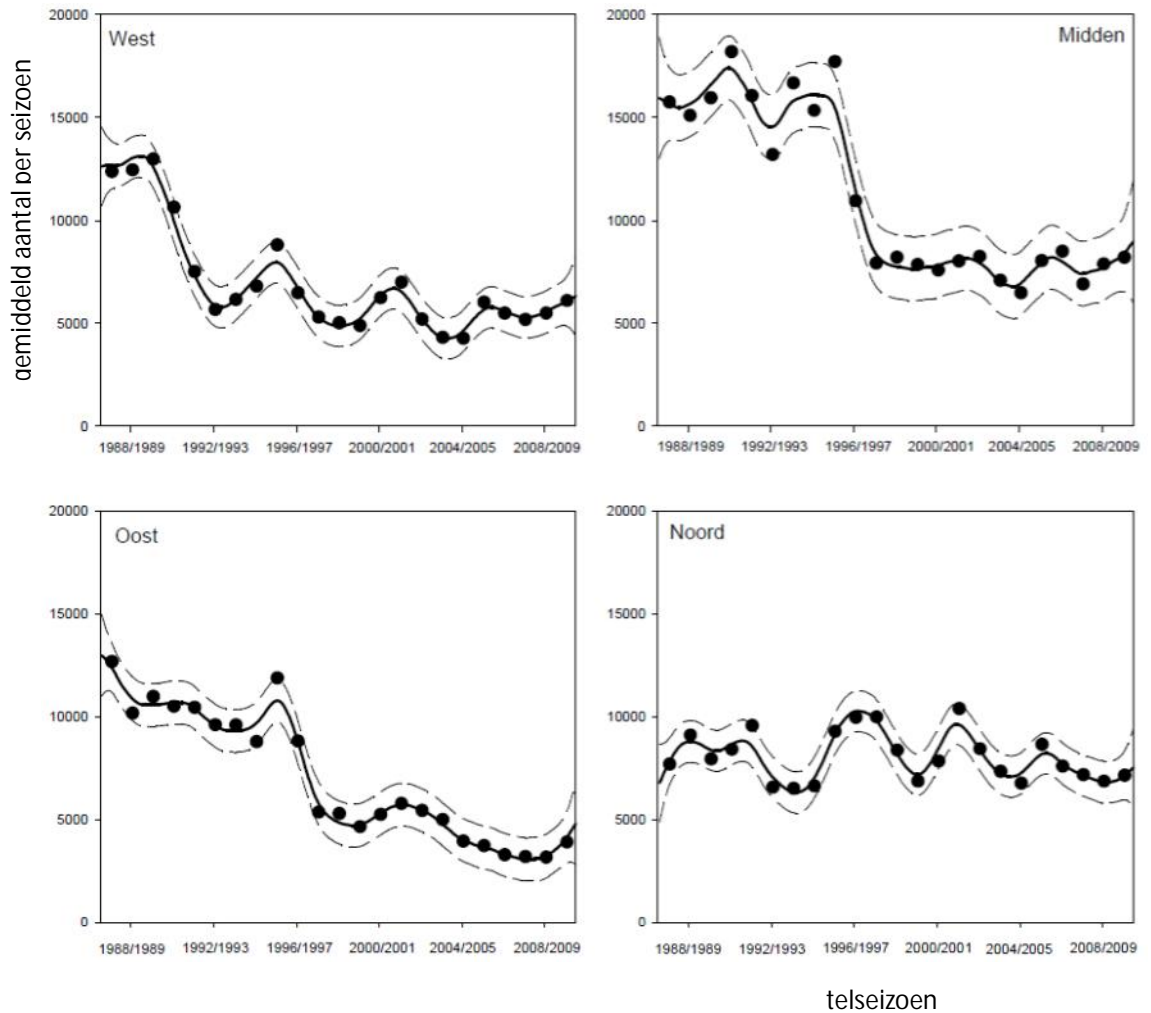
Het voedsel van steltlopers en de Bergeend bestaat hoofdzakelijk uit bodemdieren (endo- en epibenthos). Het aantal individuen per m<sup>2</sup> en de totale biomassa per m<sup>2</sup> vertonen sterke jaar tot jaar variaties (op basis van het MWTL programma), maar laten geen duidelijke trend zien. De dichtheid wordt met name bepaald door het wadslakje *Hydrobia ulvae* (64% van de totale dichtheid), gevolgd door *Oligochaeta* (8%), *Pygospio elegans* (5%), *Aphelocheata marioni* (4%), en *Scoloplos armiger* (3%). De biomassa wordt gedomineerd door de kokkel *Cerastoderma edule* (54% van de totale biomassa), gevolgd door *Hydrobia ulvae* (14%), *Arenicola marina* (9%), en *Mya arenaria* (5%). De IMARES gebiedsdekkende schelpdierssurveys laten voor de kokkel *C. edule* geen significante trend zien voor de volledige Oosterschelde, maar wel een negatieve trend in het Komgebied, met name na 1996. Het nonnetje *M. balthica* vertoont sterke jaar tot jaar variaties, met vooral sinds 1999 afnemende biomassa's in alle compartimenten. Omwille van de sterke jaar tot jaar variatie in het benthos is een relatie met de veranderingen in vogelaantallen moeilijk te maken. In het Komgebied is er wel een duidelijke relatie tussen de dalende trend in Scholekster aantallen en de afname in kokkelbiomassa, het belangrijkste voedsel voor de Scholekster in de Oosterschelde (Figuur

2.7). In de Noordelijke tak blijft de kokkelbiomassa over de jaren stabiel, en hier zien we ook geen daling in Scholekster aantallen. Voor de Bergeend zien we een relatie met het wadslakje *H. ulvae*, een belangrijke prooi soort, in het Komgebied: jaren met hoge aantallen wadslakjes laten ook hoge aantallen Bergeenden zien. Voor andere vogelsoorten, vaak generalisten die zich voeden met verschillende prooi soorten, is er geen duidelijke relatie met de trends in het macrobenthos.

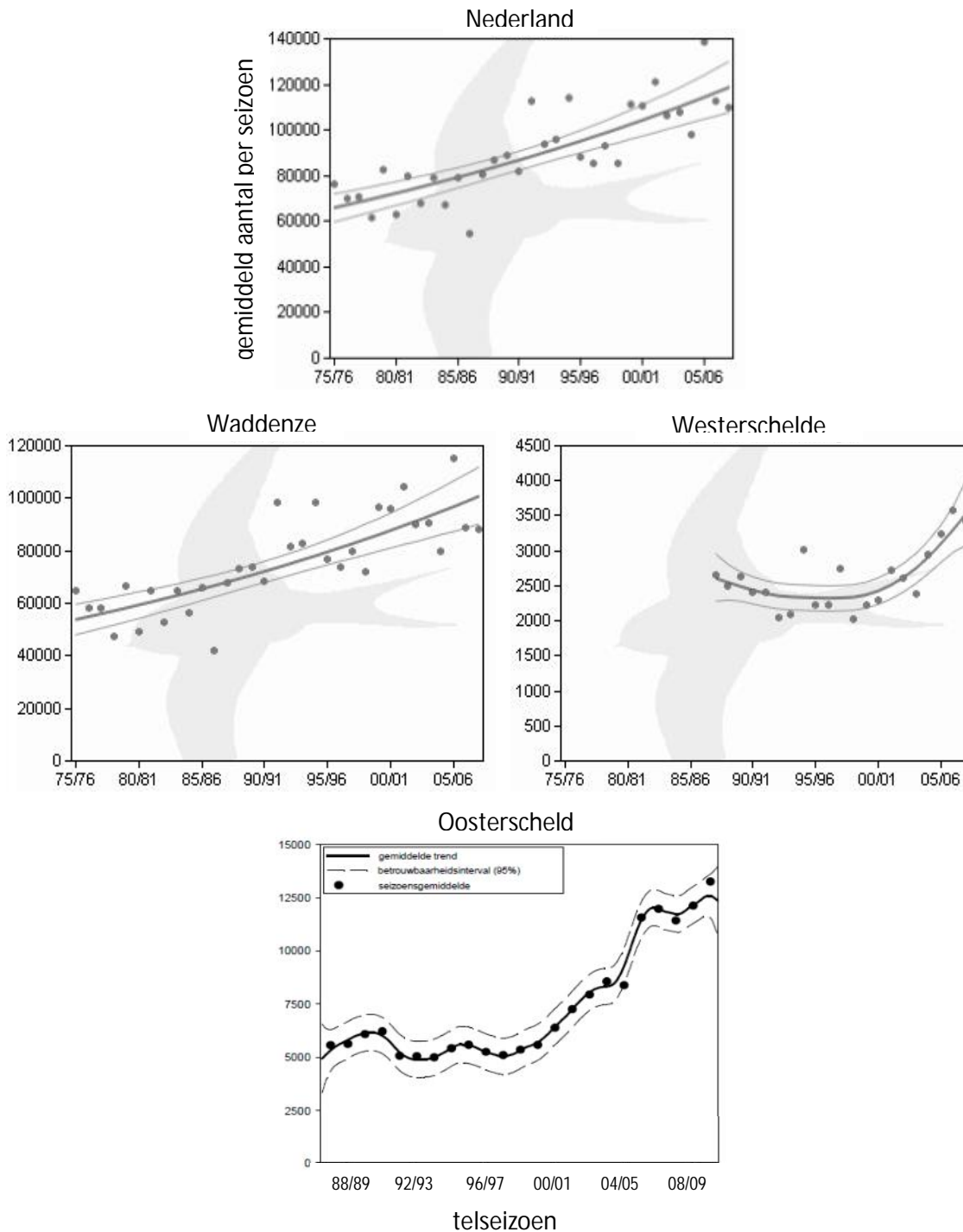


Figuur 2.3 : Trends in aantallen **Scholeksters** in Nederland, de Waddenzee en de Westerschelde (bron: Netwerk Ecologische Monitoring (SOVON, RWS, CBS) [www.sovon.nl](http://www.sovon.nl)) en de Oosterschelde. De dikke lijn geeft de gemiddelde trend weer (Trendspotter) en de dunne/onderbroken lijn het betrouwbaarheidsinterval (95%). De stippen geven de seizoensgemiddelden weer.

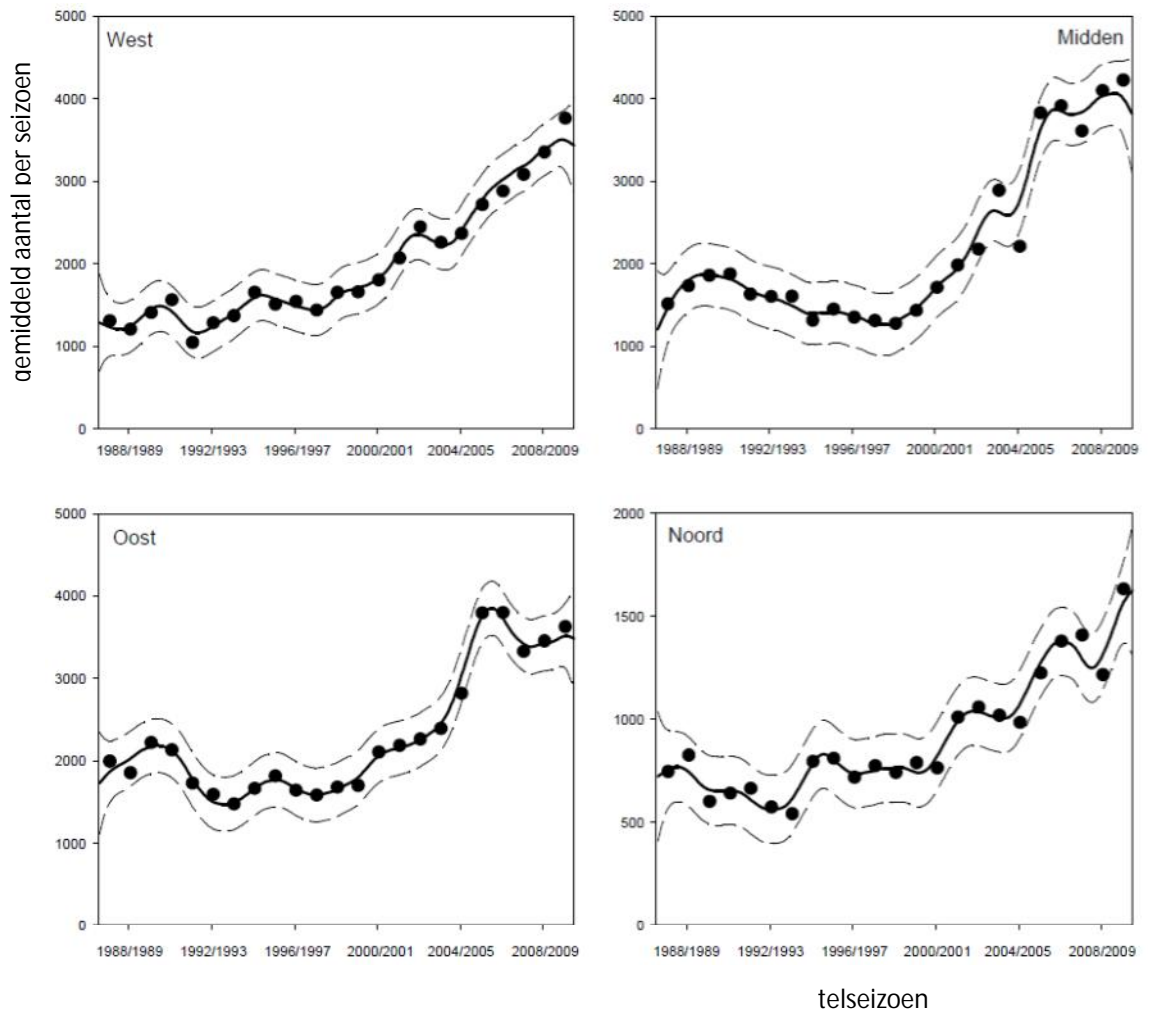




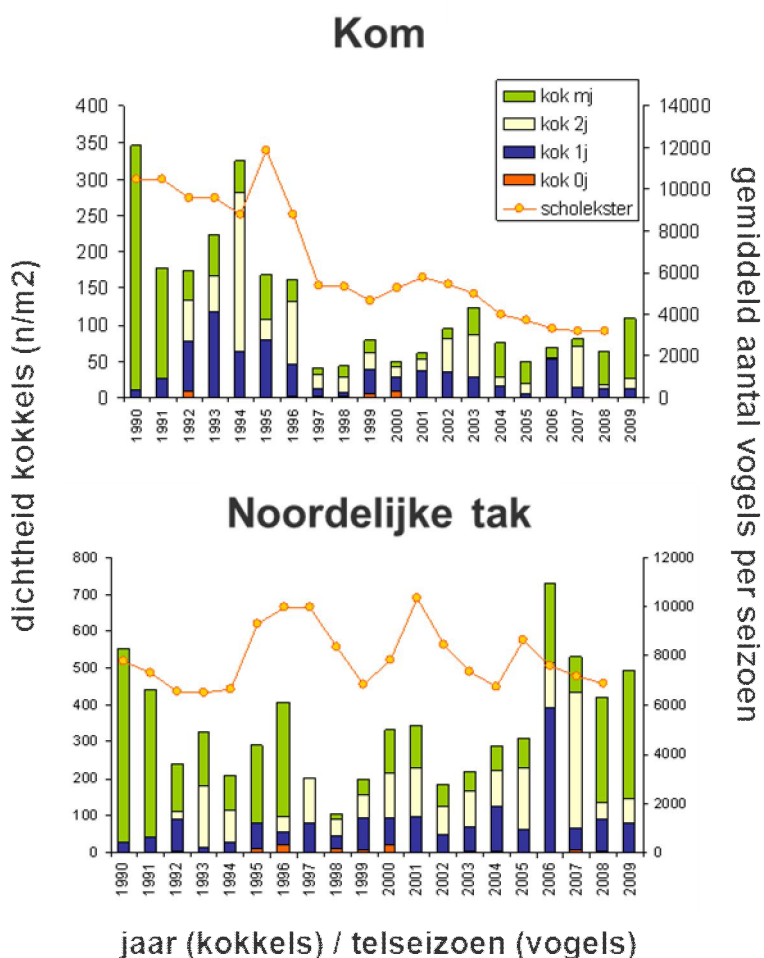
Figuur 2.4 : Trends in aantallen **Scholeksters** in de vier verschillende compartimenten van de Oosterschelde (West = de monding, Midden, Oost = de Korn, en Noord = de Noordelijke tak). De dikke lijn geeft de gemiddelde trend weer (Trendspotter) en de onderbroken lijn het betrouwbaarheidsinterval (95%). De stippen geven de seizoensgemiddelden weer.



Figuur 2.5 : Trends in aantallen **Wulpen** in Nederland, de Waddenzee en de Westerschelde (bron: Netwerk Ecologische Monitoring (SOVON, RWS, CBS) [www.sovon.nl](http://www.sovon.nl)) en de Oosterschelde. De dikke lijn geeft de gemiddelde trend weer (Trendspotter) en de dunne/onderbroken lijn het betrouwbaarheidsinterval (95%). De stippen geven de seizoensgemiddelden weer.



Figuur 2.6 : Trends in aantallen **Wulpen** in de vier verschillende compartimenten van de Oosterschelde (West = de monding, Midden, Oost = de Kom, en Noord = de Noordelijke tak). De dikke lijn geeft de gemiddelde trend weer (Trendspotter) en de onderbroken lijn het betrouwbaarheidsinterval (95%). De stippen geven de seizoensgemiddelden weer.



Figuur 2.7: Verloop in kokkeldichtheden (opgesplitst naar leeftijdsklassen) en gemiddelde aantallen Scholeksters per seizoen in de Kom en Noordelijke tak van de Oosterschelde.

### 2.5.5 Risico op ploseling achteruitgang wadvogelaantallen

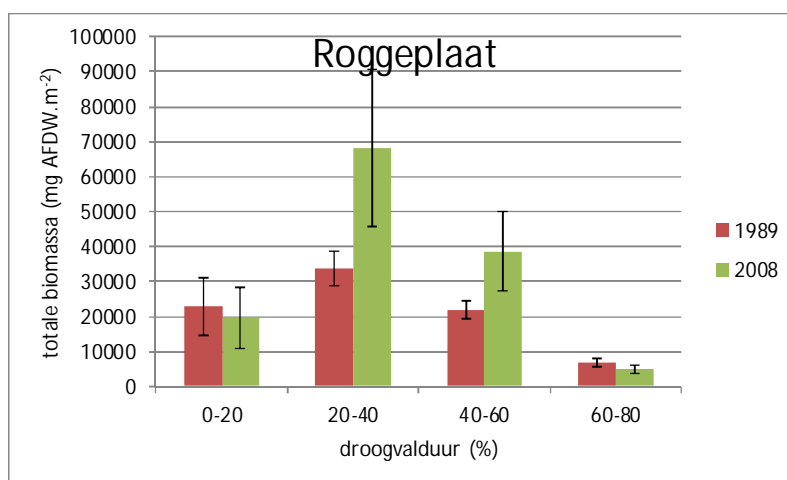
In de periode 1987 – 2009 is zo'n 10% intergetijdengebied verloren gegaan in de Oosterschelde. De gemiddelde droogvalduur is in de periode 1986 - 2001 achteruitgegaan met gemiddeld een uur (Van Zanten en Adriaanse 2008). Tegelijkertijd zien we dat deze achteruitgang nog niet gepaard gaat met een achteruitgang in de vogelaantallen. Sommige soorten nemen zelfs in aantal toe (zie boven). Er lijkt nog geen kritische drempel te zijn overschreden. De vraag is dan ook wanneer we kunnen verwachten dat de vogelaantallen zullen beginnen afnemen en of sommige soorten eerder een afname zullen vertonen dan andere. Dit heeft te maken met een combinatie van afname in foerageerareaal (waardoor competitie/interferentie kan toenemen), afname in foerageertijd (waardoor voedselopname per getij kan verminderen) en een veranderend voedselaanbod en –beschikbaarheid.

Er is nog grote onzekerheid in de snelheid van afname van het intergetijdengebied in de Oosterschelde (zie boven). Troost et al. (2011) analyseerden de RTK raaigegevens die jaarlijks worden opgemeten in detail en zij toonden aan dat in het algemeen de hogere delen

van de slikken en platen (droogvalduur > 50%) in oppervlakte afnamen, terwijl de lagere delen (droogvalduur < 40%) relatief in oppervlakte toenamen (Tabel 2.3), maar er zijn duidelijke verschillen tussen gebieden. In combinatie met de studie van Jacobse et al. (2008) kunnen we concluderen dat er nog geen afname is vast te stellen in het lager gelegen gebied. Dit gebied, vooral de droogvalduurklasse 20-40 %, herbergt meer voedsel (bodemdieren) dan de hogere delen, zoals een uitgebreide bodemdierendataset voor de Roggenplaat laat zien (Figuur 2.8). In de huidige situatie vinden steltlopers vermoedelijk dan ook nog voldoende voedsel op de slikken en platen in de Oosterschelde, en is de beschikbare foerageertijd waarschijnlijk nog voldoende. In de afgelopen zomer periode zijn vogel- en voedsel tellingen verricht die bovenstaande scenario bevestigen (Zwarts 2009). De veldstudie die momenteel uitgevoerd wordt zal ook voor de winter en het voorjaar hierover meer inzicht brengen. Op termijn – bij verdere afname areaal en droogvalduur – zal interferentie tussen de naar voedsel zoekende vogels toenemen, maar hoe dit doorwerkt op de verschillende soorten en de aantallen is moeilijk te bepalen. Verder kan het voedsel in de gebieden met korte droogvalduur mogelijk minder uitgeput worden door vogels dan gebieden met een wat langere droogvalduur.

Table 2.3. Significante veranderingen in het relatieve areaal aan intergetijdengebied in de Oosterschelde binnen verschillende droogvalduurklassen (9 klassen in de range 0-90%), gemiddeld per compartiment (lineaire regressie:  $p < 0.05$ ). Analyse gebaseerd op de RTK raaimetingen (Rijkswaterstaat) in de periode 1987 – 2009.

Compartiment	<10%	10-20%	20-30%	30-40%	40-50%	50-60%	60-70%	70-80%	80-90%
Northern			+	+		-			
Central						-	-		
Eastern				+					
Western			+	+		+	-	-	-



Figuur 2.8. Totale biomassa bodemdieren (mg asvrijdrooggewicht.m<sup>-2</sup>) in functie van droogvalduur. Analyse op basis van een uitgebreide bodemdierendataset voor de Roggeplaat in 1989 (120 monsters, Meire et al. 1994) en 2008 (De Mesel et al. 2009).

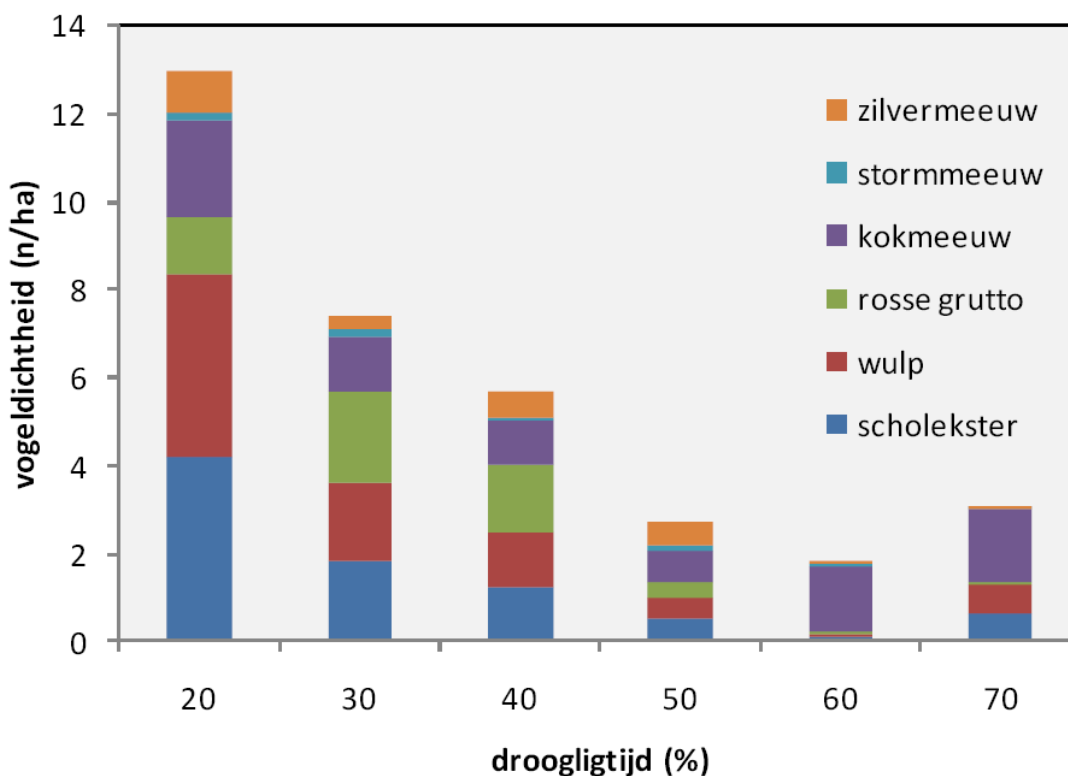
Met een veranderende droogvalduur van de slikken en platen in de Oosterschelde zal de soortensamenstelling en/of dominantie van de bodemdieren veranderen. Dit moet nog nader onderzocht worden omdat dit een effect zal hebben op het prooiaanbod en prooibeschikbaarheid voor vogels. Tegelijkertijd zijn er aanwijzingen dat door een veranderende morfologie – de platen en slikken worden steeds vlakker – er steeds langer en meer water op de platen en slikken achterblijft. Dit zijn geschikte leefgebieden voor krabben en garnalen, welke in de zomer ook een belangrijk aandeel vormen van het voedsel van de op de platen/slikken foeragerende vogels (Zwarts 2009). In hoeverre krabben en garnalen ook van belang zijn in de winter en het voorjaar zal de veldstudie die momenteel wordt uitgevoerd verder uitwijzen. Het huidige bodemdieren monitoringprogramma is niet aangepast voor het bemonsteren van mobiele epifauna zoals krabben en garnalen. Hoe deze veranderingen doorwerken op het gebruik (in ruimte en tijd) van het gebied door vogels en of hierdoor bepaalde vogels niet langer in hun energiebehoefte kunnen voldoen (en daarom uit het gebied verdwijnen).

Zoals hierboven geschetst zal op een bepaald moment een negatieve trend voor alle steltlopers inzetten. Er is een risico dat door de vervlakking van de platen en slikken dit knikpunt zeer plotseling is en dat de negatieve trend bijzonder scherp (d.i. het verdwijnen van een groot areaal intergetijdengebied in een korte tijd) en moeilijk terug te draaien zal zijn. Indien dit klopt, is het belangrijk er voor te zorgen dat maatregelen worden genomen vóórdit dit punt bereikt wordt. Wanneer dit knikpunt optreedt moet voor het eind van deze studie duidelijker worden.

## 2.5.6 Onderzoek aan voedselbeschikbaarheid voor wadvogels in de Oosterschelde

Om beter inzicht te verkrijgen in welke eisen wadvogels aan hun habitat stellen en welke delen van het intergetijdengebied van belang zijn voor de draagkracht van het systeem voor vogels is in de zomer van 2009 en in de winter van 2010-2011 onderzoek uitgevoerd door aan foerageergedrag van vogels in de Oosterschelde (Zwarts 2009, 2011). Dit heeft een aantal relevante inzichten opgeleverd in de studie naar mogelijke effecten van zandhonger in de Oosterschelde. Ten eerste is duidelijk geworden dat bepaalde soorten die vanuit het Waddengebied bekend stonden als schelpdiereters, in de Oosterschelde ook voor een belangrijk deel van garnalen en krabben gebruik maken. Deze mobiele soorten worden in de bodemdieranalyses bijzonder slecht gekwalificeerd.

Het is ook duidelijk dat niet alle hoogtestrata even intensief worden gebruikt. Vrijwel alle soorten maken voor een het grootste deel gebruik van het lage intergetijdengebied, Dus de delen die minder dan 50% van de tijd droog liggen. Deze delen zijn een stuk rijker in voedselaanbod.



Figuur 2.9: Vogeldichtheden versus drooglijgtijd

Grote soorten bleken korter te foerageren dan kleinere soorten. De kleinere soorten maakten relatief meer gebruik van het wat armere, hoger gelegen deel. Hieruit is een hypothese naar voren gekomen dat kleine soorten mogelijk gevoeliger zijn dan grotere soorten voor gevolgen van zandhonger. Momenteel is dit echter nog slechts een hypothese waar bovendien door andere experts in het veld wat vragen bij worden gesteld. Het bleek nuttig dit nader te gaan onderzoeken. Dit gebeurt ten eerste m.b.v. extra waarnemingen in de winterperiode en het vroege voorjaar. In deze tijd liggen de energiebehoeftes en de voedselbeschikbaarheid anders dan in de zomer en tevens zitten er deels andere soorten in deze tijd. Ten tweede gaat in 2011 gekeken worden of met energetische modellen meer inzicht kan worden verkregen in de verschillende gevoeligheid van grote en kleinere soorten.

### 2.5.7 Grootschalige oplossingen afgevalen

- *Het in morfologisch evenwicht brengen van de gehele Oosterschelde, waarvoor 400 – 600 miljoen m<sup>3</sup> zand benodigd is (2 a 3 maal Maasvlakte II).*

Door de bouw van een stormvloedkering en compartimenteringsdammen is het morfologische systeem van de Oosterschelde ver van zijn evenwichtssituatie geraakt. De totale hoeveelheid in- en uitstromend water is met 30 % afgenomen, terwijl de geulen gelijk zijn gebleven. De geulen zitten te ruim in hun jasje en willen opvullen. Dit gaat ten koste van platen en slikken die hun sediment kwijt raken. Sedimentaansvoer van buiten is gestopt omdat de aanleg van de stormvloedkering zanduitwisseling met de Noordzee onmogelijk maakt.

De dominantie van abrupte veranderingen in de (vorm van de) Oosterschelde op de morfologische ontwikkeling, kan verder worden geïllustreerd door de geschiedenis van de Oosterschelde in de voorbije eeuwen.

Een abrupte verandering van natuurlijke oorsprong vond plaats op 5 november 1531. De St. Felixvloed veroorzaakte een grote doorbraak die leidde tot het ontstaan van het Verdrongen Land van Zuid-Beveland. Het getijvolume nam sterk toe (met naar schatting 50%) en de eb- en vloedgeulen schuurden sterk uit. Het Oosterscheldebekken manifesteerde zich niet als een sedimentvrager, maar juist als een sedimentaanbieder: het bekken exporteerde zand naar de Voordelta.

Dit exporteren van zand ging door tot de aanleg van de Oosterscheldewerken. Uit metingen is bekend dat tussen 1872 en 1952 de export ongeveer 350 miljoen m<sup>3</sup> heeft bedragen.

De omvang van de zandhonger die de Oosterscheldewerken hebben veroorzaakt (400 – 600 miljoen m<sup>3</sup>, Kohsiek e.a. 1987) is van ongeveer dezelfde grootteorde. Dat levert een indicatie voor de tijd die nodig zou zijn om, langs natuurlijke weg, het dynamische evenwicht in het Oosterscheldebekken te herstellen: de import en herverdeling binnen het bekken van 400-600 miljoen m<sup>3</sup>, zal – in een situatie met minder getij-energie dan voor de afsluiting –, zeker enkele eeuwen in beslag nemen.

Het suppleren van sediment vanuit de Noordzee van deze hoeveelheid brengt een kostenpost met zich mee van zeker € 4 á 9 miljard (uitgaande van een prijs van € 10 á 15 per m<sup>3</sup>). Vervolgens zal zeespiegelstijging nog een extra 0,7 tot 3 Miljoen m<sup>3</sup> per jaar vergen uitgaande van resp. 20 tot 85 cm per jaar zeespiegelstijging.

Dit is economisch niet haalbaar.

- *Verwijdering van de Oosterscheldekering en compartimenteringsdammen.*

Het verwijderen van alleen de Oosterscheldekering biedt geen oplossing omdat er in die situatie nog steeds geen morfologisch evenwicht bereikt wordt. Het kombergingsgebied van de Oosterschelde is door de aanleg van de compartimenteringsdammen verkleind, waardoor de Oosterschelde nog steeds ver uit evenwicht is. In dat geval zijn nog steeds zeer grote hoeveelheden sediment benodigd om dat evenwicht te bereiken. Wel is er zonder kering een uitwisseling mogelijk met de Noordzee, verwacht mag worden dat door import van sediment de platen en slikken de zeespiegelstijging kunnen bijhouden (in het geval dat er eerst door middel van suppleties een morfologisch evenwicht is gemaakt).

Het verwijderen van zowel Oosterschelde kering als compartimenteringsdammen geeft een situatie die met vroeger te vergelijken is en ligt een morfologisch evenwicht binnen bereik. Ook zeespiegelstijging kan dan door de platen en slikken bijgehouden worden.

De financiële gevolgen zijn aanzienlijk. Dit betreft naast de noodzakelijke dijkverhogingen een ingrijpende aanpassing van de scheepvaartverbinding Antwerpen – Willemstad. Op dit moment is deze verbinding getijloos en zoet. Een verbinding met getij en zout water vergt grote investeringen in sluizen en zoet/zout scheidingen, terwijl extra hinder van de scheepvaart optreedt. Deze oplossing is dus niet haalbaar.

- *Meer sedimentimport door de Oosterscheldekering*

Er zijn verscheidene studies geweest naar de mogelijkheden om meer sedimentimport door de kering te krijgen. Zo is onderzocht of de vormgeving van de kering of de geometrie ervoor en/of erachter zodanig aangepast kan worden dat er wel zand door de kering komt, alsmede opvulling van de erosiekuilen en aanpassing van beheer (Jongeling, 2007 en Hoogduin 2009). Ondanks dit soort maatregelen blijft het residuele zandtransport aan weerszijden van de kering af staan en komt er nauwelijks of geen sediment naar binnen. Een nette zeer



gestroomlijnde vormgeving aan weerszijden zou mogelijk een oplossing zijn, maar deze is zeer duur.

Het aanbrengen van een grote hoeveelheid zand aan de Noordzeekant van de kering is eveneens geen oplossing. Onderzoek naar een grote suppletie bij de Banjaard (Huisman, e.a. 2009) wijst dit uit.

#### 2.5.8 Mogelijkheden keringbeheer nader onderzoeken

Is het mogelijk beperking van de plaat en slik erosie te bereiken door aanpassing van het keringsbeheer ?

In het huidige beheer van de Oosterscheldkering wordt gesloten wanneer er een bepaalde waterstand aan de buitenzijde dreigt te worden overschreden. Er wordt zodanig gesloten dat het binnenpeil op ongeveer NAP +1m komt. Bij een twee of drie-toppige storm (een storm waarbij 2 of 3 hoogwaters achter elkaar tot extreme waterstanden leiden) wordt de kering bediend zodat tijdens de verschillende hoogwaters verschillende peilen in de Oosterschelde bereikt worden. Bij een drietopper zijn de streefpeilen bv. NAP +1m, +2m en +1 m.

Aanpassing van deze strategie kan mogelijk leiden tot minder plaat en slik erosie. Dit moet nog nader onderzocht worden.

#### 2.5.9 Suppleties en suppleties gecombineerd met vooroeververdedigingen zijn de belangrijkste uitvoeringsopties

De achteruitgang van platen en slikken kent twee oorzaken: plaaterosie als gevolg van de zandhonger gecreëerd door de aanleg van de Oosterscheldewerken, en verdrinking als gevolg van een doorgaande zeespiegelstijging. Het eerste kan worden bestreden door erosieremmende maatregelen, het tweede alleen door de aanvoer van sediment. Omdat aanvoer langs natuurlijke weg ontbreekt, lijkt kunstmatige zandsuppletie dan ook het belangrijkste ingrediënt van een duurzame oplossing. Voor de combinatie van suppleties met erosieremmende maatregelen kan wellicht een aangepast keringbeheer een rol spelen (zie 2.5.8). Vooral wordt daarbij echter gedacht aan vooroeververdedigingen: lijnvormige constructies op meerdere dieptezones langs plaat- en slikranden, waardoor het sediment op platen en vooroevers voor een groot gedeelte vastgehouden kan worden. Door voor de constructies combinatie met bijv. oesterriffen te gebruiken liggen hier kansen voor biobouwers.

#### 2.5.10 Eerste inperking uitvoeringsopties suppletie

Om tot een eerste beeld te komen hoe verschillende varianten eruit zouden kunnen zien, zijn in 2009 twee workshops gehouden met deelnemers van RWS, Imares, TUD en Deltares (zie het eerste Interim-rapport, de Ronde e.a., 2010). Tijdens deze workshops is een groot aantal mogelijkheden de revue gepasseerd ten aanzien van gebiedsinrichting en ten aanzien van mogelijke uitvoering.

Een van de daarbij gekozen oplossingsrichtingen betrof "**Evenwicht Kom**" (de Ronde e.a. 2010). Deze was gericht op het scheppen van een morfologisch evenwicht in de Kom en in de Noordelijke tak van de Oosterschelde. Het plaatareaal in deze gebieden zou door zandsuppletie dusdanig vergroot worden dat het totale areaal van de Oosterschelde in stand zou blijven. De andere platen in de Oosterschelde zouden dan verdrinken.

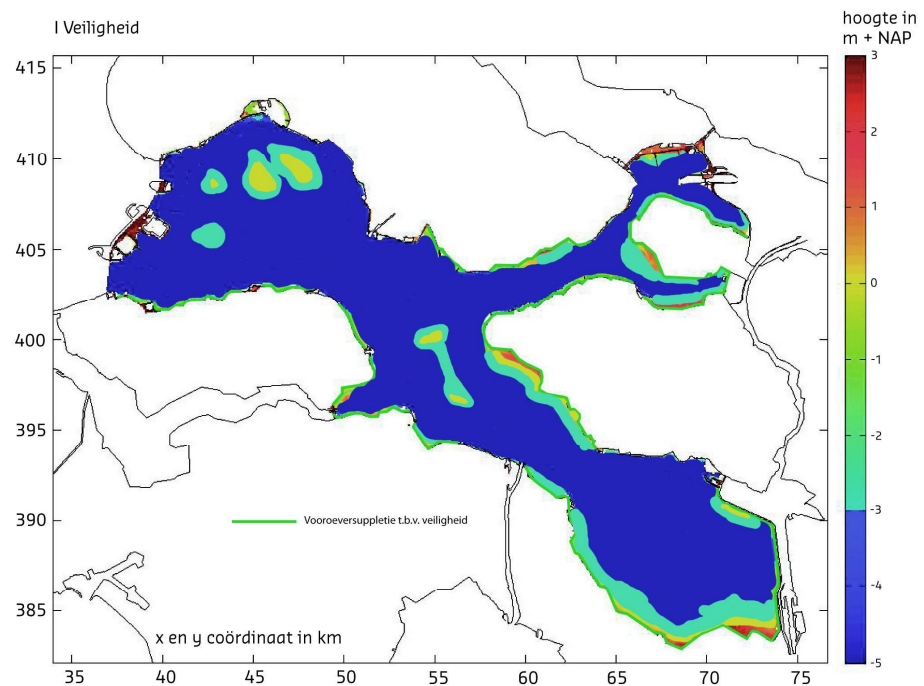
Uit vervolgonderzoek is gebleken dat op dit ogenblik de draagkracht van de kom beperkt is. Dit is ten eerste het gevolg van het feit dat de kom ver van de monding ligt en dus nauwelijks kan profiteren van eventuele import van algen of import van nutriënten van de Noordzee. Het gebied is dus volledig op lokale productiviteit aangewezen. Ten tweede is dit gebied erg ondiep. Dat betekent dus dat de hoeveelheid water voor pelagische primaire productie, en daarmee de belangrijkste voedselbron voor schelpdieren beperkt is. Door de vrij grote hoeveelheid filter-feeders (vooral oesters, met een hoge filtercapaciteit) is in dit gebied het risico op overbegrazing hoog. Overbegrazing treedt op wanneer de turn-over tijd van de filter-feeders korter is dan de turn-over tijd van het fytoplankton. Plat gezegd, wanneer de tijd die de schelpdieren nodig hebben het volume van het deelsysteem volledig te filtreren, korter is dan de tijd die algen nodig hebben om zich te vermenigvuldigen dan wordt graas beperkend voor de primaire productie. Momenteel zijn er zowel modelberekeningen (Troost 2011) als anekdotische aanwijzingen dat de kom overbegraasd is, of daar tegenaan zit. Wanneer het areaal intergetijdengebied in de kom wordt vergroot, terwijl de waterhoeveelheid gelijk blijft of zelfs afneemt, is de kans zeer groot dat de voedselbeschikbaarheid in de kom voor vogels achteruit gaat, zelfs al wordt het areaal aan potentieel rijk foerageergebied dus uitgebreid. Verder zul je met een grote suppletie in de kom ook gebieden voor oesterkweek beïnvloeden en gaat dit grote weerstand opleveren bij de bevolking.

Ook de economische kant van deze oplossingsrichting blijkt ongunstig te zijn. Er is namelijk een grote investering direct in het begin vereist om dit evenwicht te verkrijgen, terwijl ook de totaal benodigde hoeveelheid zand groter is. Al met al voldoende argumenten om de oplossingsrichting "**Evenwicht Kom**" als niet realistisch te bestempelen.

Een andere oplossingsrichting betrof "**Vooroeververdedigingen**", waarbij uitsluitend erosieremmende dammen werden toegepast. Zoals hierboven beargumenteerd (2.5.7) is remmen van de erosie alleen, onvoldoende om een duurzaam behoud van plaat en slik te garanderen. In combinatie met suppleties kunnen ze van nut zijn. Vooroeververdedigingen als alleenstaande ingrepen, bieden geen oplossing en komen dan ook te vervallen.

Feitelijk resteren hiermee twee hoofd-oplossingsrichtingen:

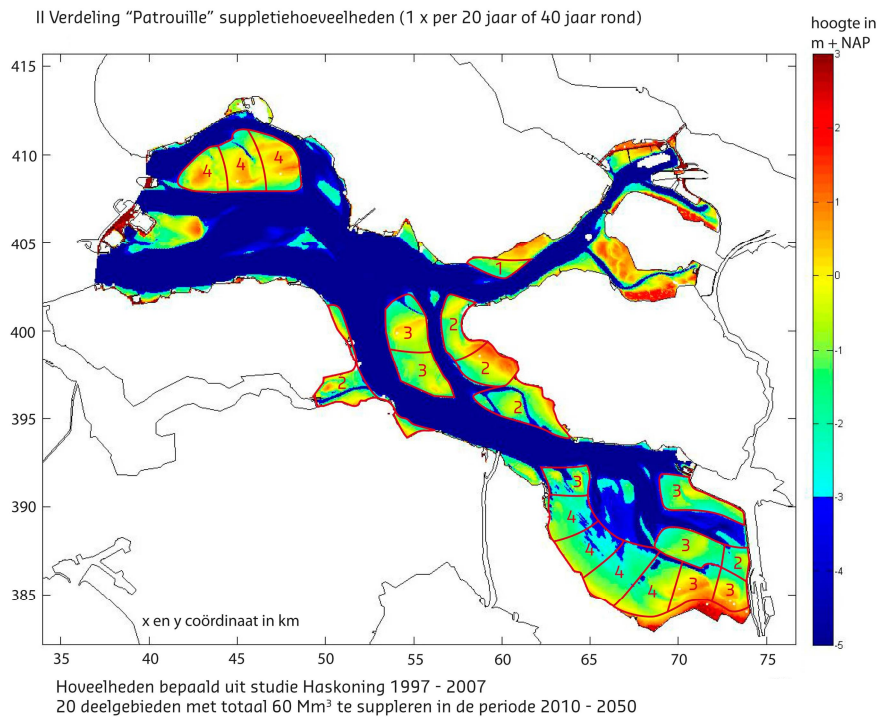
- een variant **Veiligheid**, waarbij veiligheid tegen overstroming het hoofddoel is en de natuuropbrengst een afgeleide.  
Bij het zoeken naar uitvoeringsopties wordt gekeken naar mogelijkheden voor dijkversterking, al dan niet in combinatie met voorlandversterkingen. Van alle opties worden de investeringskosten en de effecten op de natuurdoelen in beeld gebracht.



Figuur 2.10: Variant veiligheid

en,

- behoudsvarianten **Natuur en Veiligheid**, welke naast het garanderen van veiligheid tegen overstroming, zijn gericht op het optimaal realiseren van het handhaven van instandhoudingsdoelstellingen voor Natuur. Bij het zoeken naar uitvoeringsopties wordt gezocht naar optimale combinaties van zandsuppleties en erosieremmende maatregelen. Voor deze laatste wordt vooral gedacht aan vooroeververdedigingen, terwijl ook een aanpassing van het keringbeheer nog nader aandacht zal krijgen. In eerste aanleg (de Ronde et al., 2010) zijn de behoudsvarianten Natuur en Veiligheid gesymboliseerd door de oplossingsrichting “**Patrouille**”; een uitvoeringsoptie waarbij deelgebieden van de Oosterschelde in opeenvolgende jaren volledig zouden worden aangevuld.



Figuur 2.11: Natuur en veiligheid

## 2.5.11 Nadere verkenning uitvoeringsopties door zandsuppletie

- *Uitgangspunten*

Bij het nader verkennen van opties voor zandsuppletie van platen en slikken in de Oosterschelde hanteren we de volgende *uitgangspunten*:

1. Hoofdoorzaak ecologische teruggang Oosterschelde is verlies plaatareaal;
2. Behoud / verbetering ecologische toestand is mogelijk door herstel / behoud van plaatareaal middels zandsuppleties;
3. Zandsuppleties zelf veroorzaken echter ook ecologische schade; die schade kan worden beperkt door een optimum te zoeken tussen
  - Hoeveelheid (HOEVEEL ?)
  - Frequentie (WANNEER ?)
  - Vorm en kwaliteit<sup>1</sup> (HOE ?)
  - Locatie (WAAR ?)
4. Aangezien zandaanvoer van buiten de Oosterschelde niet realistisch lijkt ( te duur), zal zand moeten worden gewonnen uit de geulen;
5. Zandwinning heeft ook ecologische effecten; vergelijkbaar met de suppleties vraagt dit evenzeer om een optimalisatie tussen hoeveelheden, frequentie, vorm en locaties.

- *Iteratieve en cyclische aanpak*

Door de ontwikkeling en uitwerking van suppletie-opties trachten we bovenstaande optimalisatie vragen te beantwoorden. Dat gebeurt iteratief en cyclisch. We starten bij de vraag HOEVEEL. Een eerste iteratie levert de volgende uitkomst:

<sup>1</sup> Korrelgrootte, slibgehalte

<b>HOEVEEL ?</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gebaseerd op de uitgangspunten (1) en (2) is de minimale hoeveelheid benodigd suppletiezand gelijk aan <ul style="list-style-type: none"> <li>○ het zandverlies op platen en slikken door plaaterosie als gevolg van de zandhonger; en</li> <li>○ de toename van de waterdiepte als gevolg van zeespiegelstijging.</li> </ul> </li> <li>• Totaal : 0,9 – 3,0 Mm<sup>3</sup> zand per jaar.</li> <li>• De minimale suppletiehoeveelheid bedraagt dus ~ 1 Mm<sup>3</sup>/jaar.</li> </ul>
------------------	--

V

<b>HOE ?</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Willen we dit in een ‘deken’ aanleggen (uniform verdeeld over alle platen slikken), dan zou dat neerkomen op een laagje van 1 cm/ per jaar.</li> <li>• Technisch is dat (vooralsnog) niet mogelijk.</li> <li>• Een technisch uitvoerbare minimale laagdikte is orde 50 cm.</li> </ul>
--------------	--

V

<b>WANNEER ?</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ervan uitgaande dat <ul style="list-style-type: none"> <li>○ het technisch uitvoerbaar is een laagdikte aan te brengen van orde 50 cm;</li> <li>○ er jaargemiddeld 1 Mm<sup>3</sup> moet worden gesuppleerd;</li> <li>○ en we dat in een uniforme ‘deken’ willen doen,</li> </ul> betekent dit dat er orde 50 Mm<sup>3</sup> kan worden gesuppleerd met een <i>frequentie</i> van 1: 50 jaar; </li> <li>• Omdat het aanbrengen van een ‘deken’ over alle platen gelijktijdig, technisch niet haalbaar is en ecologisch niet gewenst, wordt het aanbrengen gespreid : in de tijd en in de ruimte.</li> <li>• Bij een <i>frequentie</i> van 1 : 2 jaar : orde 2 Mm<sup>3</sup> per keer</li> <li>• Bij een <i>frequentie</i> van 1: 10 jaar : orde 10 Mm<sup>3</sup> per keer.</li> </ul> <p>[ <i>NB</i>: ter vergelijking: de proefsuppletie op de Galgeplaat bedroeg 0,1 Mm<sup>3</sup> ]</p>
------------------	--

V

<b>WAAR ?</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Om overal op de platen een laag (“deken”) van 50 cm aan te brengen, zijn bij een frequentie van 1 : 2 jaar achtereenvolgens zo’n 25 deelgebieden te suppleren;</li> <li>• bij een frequentie van 1 : 10 jaar zijn dat achtereenvolgens 5 deelgebieden.</li> </ul>
---------------	--

Vervolgens vindt een verdere optimalisatie plaats door in een volgende iteratie opnieuw deze vragen te doorlopen. De volgorde kan willekeurig worden gekozen. Ditmaal beginnen we bij de vraag HOE ?

<b>HOE ?</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Om de ecologische schade [ <i>bepaald door bedekkingsgraad en frequentie van begraving</i> ] van plaatsuppleties per deelgebied te beperken, kiezen we voor de uitvoering per deelgebied voor             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ het handhaven van een zo laag mogelijke frequentie; en</li> <li>○ geen volledige bedekking ( geen “deken”) maar meerdere “<i>bollensuppleties</i>”.</li> </ul> </li> </ul>
--------------	--

V

<b>HOEVEEL</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Een lage frequentie impliceert een grote hoeveelheid per keer en per deelgebied ( frequentie 1 : 10 jaar → 10 Mm<sup>3</sup> per keer)</li> <li>• Toepassing van “<i>bollensuppleties</i>” impliceert: om dezelfde hoeveelheid zand kwijt te raken als voorzien in een “deken”, zal de laagdikte in de bollen groter zijn dan 50 cm.</li> </ul>
----------------	--

V

<b>WAAR ?</b>	<p>Rekening houdend met de relatief grote hoeveelheid suppletiezand per suppletieronde, kan ik bij de keuze van de deelgebieden de volgende argumenten hanteren:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Waar kan ik het meeste kwijt ? (diepgelegen plaatdelen)</li> <li>○ Waar treedt het minste ecologische schade op ? (arme, hoge delen)</li> <li>○ Van waar vindt het meest efficiënt verspreiding plaats over de plaat ? (gunstige transportgradiënten)</li> </ul>
---------------	--

V

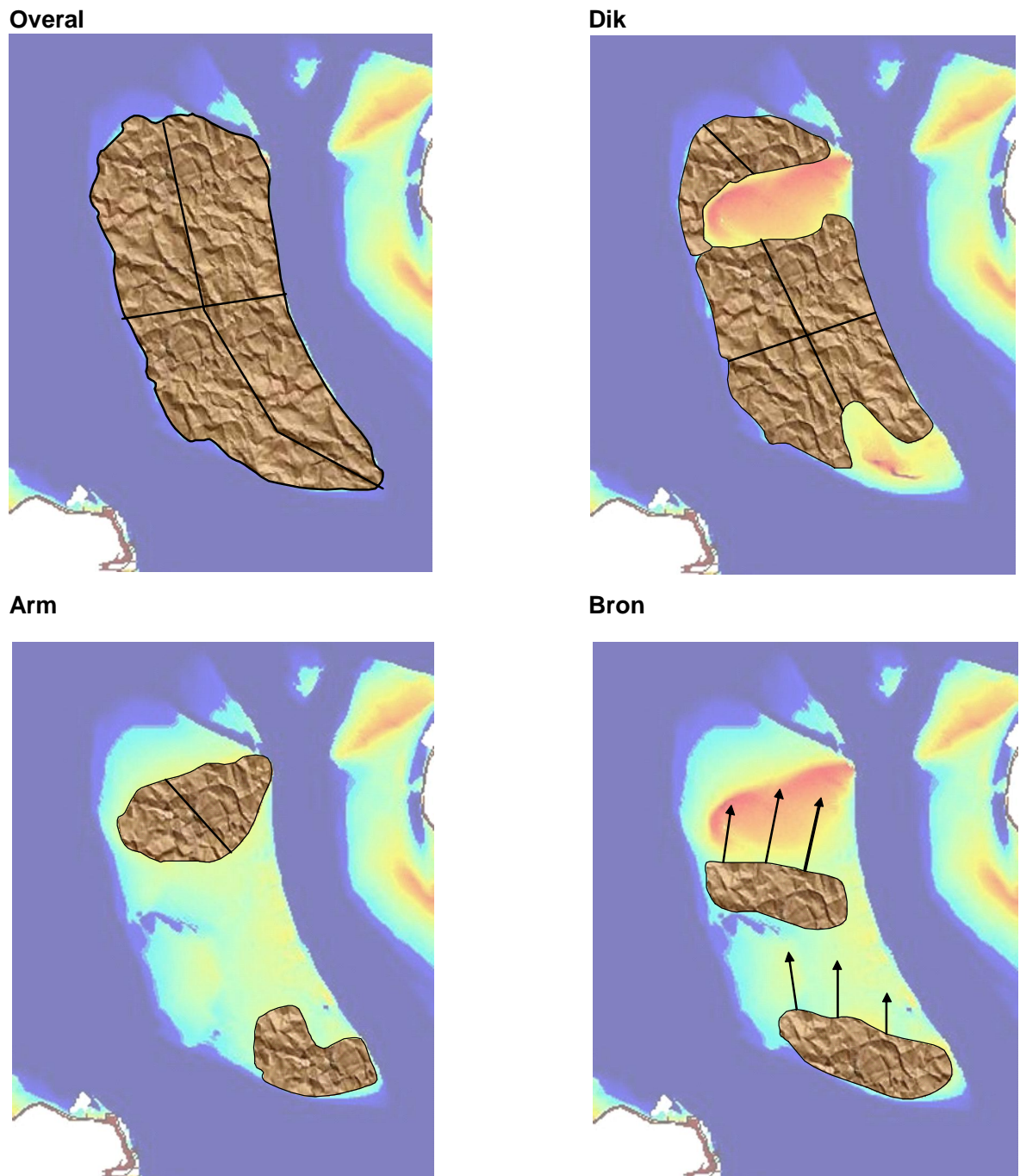
<b>WANNEER?</b>	<p>Vergelijkbare argumenten gelden voor de keuze voor het moment van suppleren :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Wanneer kan ik het meeste kwijt ? (diepgelegen plaatdelen)</li> <li>○ Wanneer treedt het minste ecologische schade op ? (arme, hoge delen)</li> </ul>
-----------------	---

- *Uitwerking voor verschillende deelgebieden*

Deze redeneerlijn kan verder worden vervolgd, uitgebreid met een vergelijkbare vragencyclus voor de zandwinning en vervolgens toegepast voor verschillende deelgebieden van de Oosterschelde.

Een eerste uitwerking voor de Galgeplaat heeft geleid tot het onderscheiden van vier hoofdcategorieën voor suppletieopties ( Fig. 2.12):

- **Overall;** Het gehele bestaande areaal wordt gesuppleerd ;
- **Dik:** Suppleties alleen op de diepere plaatdelen, waar ruimte is voor een dik zandpakket;
- **Arm:** Suppleties geconcentreerd op ecologisch gezien arme delen van plaat, zodat aanleg minimale ecologische schade brengt;
- **Bron:** Suppleties op die plekken van waaruit een optimale verspreiding van het sediment over de plaat is gegarandeerd.



Figuur 2.12 : Vier hoofdcategorieën voor suppletie-opties (gevisualiseerd voor de Galgeplaat)

## 2.6 Komend onderzoek ANT : Relatie investeringen-veiligheid-natuurdoelen en verkleining van onzekerheden

### 2.6.1 Relatie investeringen-veiligheid-natuurdoelen

Om het theoretische verband tussen investeringen en natuureffecten zoals weergegeven in Fig. 2.1, te concretiseren, worden verschillende uitvoeropties ontwikkeld tegen de plaat- en slikerosie. Deze opties worden ontwikkeld voor verschillende deelgebieden ( zie 2.5.11). Voor elke optie, en voor elke combinatie van opties per deelgebied wordt een inschatting gemaakt van investeringskosten en van de effecten op veiligheid en natuurdoelen. De uitvoeroptie, of de combinatie van uitvoeropties per deelgebied, met de maximaal mogelijke natuuropbrengst, zou dan beschouwd kunnen worden als een mogelijke 100% Behoudsvariant.

Om de punten van figuur 2.1 te vinden waarbij minder geïnvesteerd wordt gaan we uit van de volgende benadering. Slechts een beperkt aantal plaat en slikgebieden zal dan in stand gehouden worden. Nagegaan wordt per gebied en vervolgens voor combinaties van gebieden wat de opbrengst is uitgedrukt in veiligheid en in natuurdoelen (vogelaantallen) en wat de kosten zijn om het in stand te houden.

Een eerste stap is om de ecologisch meest waardevolle gebieden te behouden. Om tot een eerste (subjectieve) onderlinge waardering te komen van de platen en slikken zal een workshop ("Ranking the Flats" of te wel het "Schikken der Slikken") georganiseerd worden met ecologische experts. Naast de natuurdoelen spelen ook de kosten een rol in de keuze. Sommige gebieden zijn goedkoper te handhaven dan andere gebieden. Uiteindelijk worden op deze wijze op een iteratieve wijze combinaties van deelgebieden gekozen, zodanig dat de gevraagde relatie duidelijk wordt.

### 2.6.2 Verkleining onzekerheden

Om tot een verdere keuze en optimalisatie te komen, zullen de bestaande onzekerheden nader in beeld moeten worden gebracht en waar mogelijk verkleind. Daartoe is nader onderzoek voorzien.

Bij het probleem staan veranderingen in het intergetijdenareaal centraal. Een zo goed mogelijk zicht op de omvang van deze veranderingen en op de sturende processen hierachter (waaronder zeespiegelstijging), is dan ook onontbeerlijk.

Om de effecten van een veranderend plaat- en slikareaal op de biota (en met name de vogels) te kunnen inschatten, moeten we kunnen aangeven hoe de verschillende vogelaantallen samenhangen met het plaatareaal. Dat vereist inzicht in de ecologische effectketens, en in de sturende factoren achter de waargenomen trends in ontwikkeling.

Hebben we dit eenmaal beter in beeld, kan een optimalisatie plaatsvinden van de oplossingsrichtingen tot maatregelen.

Samenvattend, zal het nader onderzoek zich dan ook richten op de volgende drie aspecten:

- **De autonome trend in de morfologische ontwikkeling** in de Oosterschelde. De onzekerheden in de achteruitgang van volumes en arealen is nog aanzienlijk. Ook het bijkomende effect van zeespiegelstijging moet nader onderzocht worden. De doorwerking daarvan in de kosten bedraagt momenteel zeker nog een factor 2 à 3.
- **De autonome trend in de vogelaantallen en de invloedsfactoren.** Ook hier zijn de onzekerheden in trends en relaties nog groot. Een beter inzicht is noodzakelijk voor een



gerichter pakket van benodigde maatregelen en een betere schatting van de daarmee gemoeide kosten.

- **Optimalisatie van mogelijke suppletiemaatregelen en vooroeververdedigingen.** De effecten van variaties in omvang, vorm en frequentie van suppleties, en van locatie, aantal, vorm, en materiaalkeuze van mogelijke vooroeververdedigingen, op zowel kosten als op natuuropbrengst verdienen nadere verkenning.

### 2.6.3 Wat is de autonome trend in de morfologische ontwikkeling in de Oosterschelde?

Op morfologisch gebied zijn er nog grote onzekerheden over de omvang, snelheid en ruimtelijke variatie in de zandverliezen van de platen en vooroevers naar dieper water. Een eerdere studie noemt bijvoorbeeld een achteruitgang van de intergetijdengebieden met een hoeveelheid van 1,5 Mm<sup>3</sup>/jaar (Verminderd Getij, Rijkswaterstaat, mei 2008). Een recente studie van Haskoning, waarbij ook de bodemdiepte opname van 2007 meegenomen is komt op een waarde van 0,5 Mm<sup>3</sup>/jaar. Dit verschil van een factor 3 tussen beide schattingen geeft ook ongeveer een factor drie in kosten voor eventuele plaatssuppleties. Het is dus urgent om de betrouwbaarheid van dit soort schattingen te vergroten.

Grote onzekerheden spelen vooral in de Kom van de Oosterschelde (zuidoostelijke gedeelte van de Oosterschelde). De analyses (Jacobse e.a., 2008) laten hier zien dat er de afgelopen 18 jaar (1990-2007) ongeveer 10 Mm<sup>3</sup> sediment verdwenen zou zijn uit dit gebied. Fysisch gezien zijn dergelijke grote sedimenttransporten vanuit de Kom van de Oosterschelde naar de rest van de Oosterschelde bijzonder moeilijk te verklaren, tevens is deze 10 Mm<sup>3</sup> niet teruggevonden in de rest van de Oosterschelde. Dit volume betreft in het Komgebied vooral de gebieden gelegen tussen -3 m en +1 m NAP en is van grote invloed op de grootte van de te suppleren hoeveelheden.

Gerichte, nauwkeurige jaarlijkse raaimetingen in een aantal deelgebieden van de Oosterschelde en een gedetailleerde analyse ervan zullen meer inzicht verschaffen in de werkelijke achteruitgang in de gebieden, en de ruimtelijke variatie daartussen. Een nauwgezette analyse van beschikbare data en nog niet eerder gebruikte data zal inzicht en betrouwbaarheid vergroten. Parallel hieraan kunnen modelstudies meer inzicht verschaffen in de (potentiële) sedimenttransporten en plaat en vooroever achteruitgang.

Door alleen platen en slikken te suppleren, kan het verlies aan intergetijdenareaal worden gestopt gedurende de periode waarin het systeem zich aan de door de Deltawerken ontstane zandhonger aanpast. Dan moet echter de minimale omvang van plaat- en sliksuppleties gelijk zijn aan het verlies: 1 - 3 miljoen m<sup>3</sup> per jaar.

In theorie kan deze 1 - 3 miljoen m<sup>3</sup> jaarlijks worden gewonnen uit de nabije geulen. Door een continue, interne herverdeling van het sediment, zou op deze wijze het plaatareaal in stand kunnen blijven. Echter, door het gebruik van sediment uit het bekken zelf, wordt geen bijdrage geleverd aan het stillen van de zandhonger, en ook niet aan het tegengaan van de groei in zandhonger als gevolg van zeespiegelstijging. Deze groei in zandhonger, zal de omvang van de plaaterosie geleidelijk versnellen. Bijgevolg zal de vereiste jaarlijkse suppletie-inspanning om de platen te behouden, in dit scenario geleidelijk toenemen.

### 2.6.4 Wat is de autonome trend in de ANT-natuurdoelen, waardoor wordt dit beïnvloed?

Tegen 2060 zal ongeveer nog 4000 – 6000 hectaren van de oorspronkelijke 11.000 ha intergetijdengebied over zijn. Zonder maatregelen komt het beeld, voorzien in 2100, uit op een resterend areaal van enkele duizenden hectaren.

Om het effect van de zandhonger te voorspellen is kennis nodig over de autonome trend zoals de Oosterschelde zich gaat ontwikkelen in de komende decennia. Er is kennis nodig over hoe de zandhonger het intergetijden habitat en, daarmee gepaard gaand, het voorkomen van steltlopers die gebruik maken van dit habitat, beïnvloeden. Hiervoor is inzicht nodig in de relaties tussen de morfologische ontwikkeling van het intergetijdengebied (areaal, droogvalduur, microtopografie), de beschikbaarheid van voedsel (met name benthische fauna), en de foerageerdichtheid van steltlopers. Voor de Oosterschelde bestaan lange tijdreeksen van vogeltellingen, bodemdierinventarisaties en abiotische gegevens. Deze data kunnen gebruikt worden voorvoor het bestuderen van de relaties tussen steltlopers en eigenschappen van hun foerageergebied in de Oosterschelde. In 2010 gaat ANT deze tijdreeksen analyseren. Daarnaast kunnen bijkomende veldmetingen inzicht verschaffen in het (huidige) gebruik van de Oosterschelde door steltlopers. We weten immers weinig over hoe steltlopers bij laag water het intergetijdengebied benutten, wat ze eten (prooikeuze), of er voldoende foerageertijd beschikbaar is om in hun voedselbehoefte te voldoen, etc. In 2009 is onderzoek verricht naar het voorkomen van steltlopers en meeuwen tijdens de zomermaanden op verschillende plekken in de Oosterschelde (Zwarts 2009). Droogvalduur, voedselaanbod en prooikeuze werden gerelateerd aan foerageerdichtheid van de aanwezige steltlopers. In de nazomer bleken de meeste vogelsoorten strandkrabben en garnalen te eten. De meeste Scholeksters aten echter Kokkels. Meer kennis is echter nodig voor meer kritische periodes (winter, doortrekperiode) wanneer energiebehoefte groot en voedselbeschikbaarheid relatief laag zijn (Zwarts 2009). Hiernaar wordt in 2010 en 2011 verder onderzoek verricht.

Uit het werk van Leo Zwarts bleek duidelijk dat in de zomer garnalen en kleine krabben in de Oosterschelde een belangrijke voedselbron zijn voor verschillende vogels, inclusief vogels die elders (bv. in het Waddengebied) bijna uitsluitend op schelpdieren foerageren. Krabben, garnalen en andere mobiele benthosoorten worden momenteel niet goed kwantitatief bemonsterd in de campagnes. uit veel bronnen blijkt dat het bestand van garnalen en krabben aan grote fluctuaties blootstaat. Als dit ook in andere seizoenen (winter, voorjaar) een belangrijke voedselbron blijkt te zijn voor vogels dan moeten deze bestanden beter gekwantificeerd worden. Hier moet in de komende tijd aandacht aan gegeven worden.

Samen met een betere morfologische voorspelling, zullen deze ecologische data ons beter in staat stellen om de autonome trend voor de ANT natuurdoelen te voorspellen. Daarnaast dragen de resultaten ook bij aan een beter inzicht in de ruimtelijke verdeling van steltlopers in de Oosterschelde en kunnen daarmee helpen bij het vormgeven van de andere oplossingsrichtingen (bijv. waar suppleert men het meest optimaal?).

Naast zandhonger en de daaraan gerelateerde effecten – de kernvraag binnen ANT – zijn er uiteraard nog andere factoren die van belang zijn voor hoe de het Oosterschelde ecosysteem zich de komende decennia gaat ontwikkelen. Met name de ontwikkeling van de primaire productie en de koppeling met graasdruk door schelpdieren is relevant, want dit is tevens bepalend voor het voedselaanbod van steltlopers. Zo kan de opkomst van de Japanse Oester, maar ook veranderingen in schelpdierkweek (bijv. toenemend aantal hangculturen en mosselzaadvanginstallaties), een invloed hebben op de primaire productie en daardoor op andere schelpdieren (bijv. kokkels).

Uit metingen in en modellering van het systeem blijkt dat de kom van de Oosterschelde voor schelpdieren gemiddeld minder productief is dan de delen die dichter in de buurt van de monding liggen (Troost 2010).

Het betekent dat het op peil houden van plaatareaal alleen in de kom een andere doorwerking zal hebben op voedselbeschikbaarheid dan hetzelfde oppervlak aan areaal op peil houden, verdeeld over het hele Oosterscheldegebied. Voor pelagische primaire productie is intussen een modelsysteem beschikbaar, dat rekening houdt met de terugkoppelingseffecten van schelpdieren op de primaire productie. Het model is nog in ontwikkeling, maar de eerste resultaten zien er geloofwaardig uit. Pelagische algen vormen de belangrijkste voedselbron voor schelpdieren. Benthische primaire productie kan nog niet gemodelleerd worden. Met name voor de Kom van de Oosterschelde heeft dit belangrijke gevolgen omdat de benthische primaire productie hier een belangrijk onderdeel van de totale productie vormt. Daarnaast zijn er verschillende vogelsoorten die niet primair op schelpdieren foerageren, maar vooral op wormen en kleine kreeftachtigen. Die zijn uiteindelijk voor een belangrijk deel afhankelijk van benthische primaire productie. In 2010 is een start gemaakt met het implementeren van een benthische module in een primair productiemodel van de Westerschelde. Het zou bijzonder waardevol zijn deze module over te zetten naar het Oosterschelde model en te valideren met gegevens van de Oosterschelde.

#### 2.6.5 Op welke wijze zijn suppletiemaatregelen te optimaliseren?

Naast de oplossingsrichting Veiligheid worden oplossingsrichtingen voorgesteld die als uitgangspunt hebben dat de zandhonger bestreden wordt met behulp van suppleties, al dan niet gecombineerd met een vooroeververdediging van hardere structuren die de erosie moeten tegengaan. Suppleren staat dus centraal.

##### *Spreiding van suppleties in tijd en ruimte*

Een suppletie zal in eerste instantie door de aanleg ervan defaunatie veroorzaken. De negatieve effecten hiervan kunnen beperkt worden door:

- minder frequent te suppleren. Als bijvoorbeeld rekolonisatie 3 jaar duurt en er om de 6 jaar gesuppleerd wordt is de helft van de tijd het gebied ecologisch gezien van weinig nut. Indien bv. om de 12 jaar gesuppleerd wordt is dit een kwart van de tijd.
- het toepassen van kleinere suppleties op meerdere locaties. Hierdoor behoeft in een kleiner gebied gesuppleerd te worden. Als door het suppleren van 75 of 50 % van het gebied 100 % van dit gebied in stand gehouden kan worden is er een belangrijke winst behaald. De aan te leggen zandbrommers werken als kleine zandmotortjes en voorzien de omgeving van het benodigde zand om de erosie tegen te gaan. Des te groter dit gebied is des te effectiever de zandbrommer. Grootte, vorm en locatie van de zandbrommers zal middels modelonderzoek bepaald worden.

Suppleties in estuariene getijdengebieden zijn nog niet vaak uitgevoerd. Strandsuppleties worden wel frequent toegepast en er zijn verschillende studies uitgevoerd naar de ecologische effecten daarvan op het strandecosysteem. Hieruit kan nuttige informatie gehaald worden maar tegelijkertijd is meer onderzoek nodig naar de toepasbaarheid en effectiviteit van suppleties in intergetijdengebieden. Met name is er gebrek aan grootschalige veldexperimenten gekoppeld aan ecomorfologische modellering. Hieronder geven we een aantal verdere aandachtspunten die in de komende jaren nader onderzocht moeten worden. De ecologische impact van een (zand)suppletie kan worden gekoppeld aan de volgende (ontwerp)criteria: (1) kwaliteit van het suppletiezand; (2) kwantiteit van het suppletiezand, (3) tijdstip, plaats van de suppletie en (4) gekozen suppletietechniek en –strategie. De ecologische effecten die hieruit voortvloeien en van belang zijn binnen de ANT-studie, kunnen we als volgt samenvatten:

*Vertroebeling tijdens de aanleg* – Tijdens de aanleg kan vertroebeling optreden welke een effect kan hebben op in de omgeving voorkomende filter-feeders (zowel natuurlijke populaties als schelpdierculturen). De omvang van de suppletie, maar ook de eigenschappen van het suppletiezand en de suppletietechniek zijn bepalend voor het al dan niet optreden van vertroebelingseffecten en de mate ervan.

*Begraving en initiële mortaliteit* - Doordat het oorspronkelijke sediment tijdens een suppletie onder een dikke laag zand wordt bedolven, verdwijnt de oorspronkelijke flora en fauna. Bij relatief kleine diktes kunnen bepaalde soorten nog overleven, maar bij van 0.5 - 1 m wordt een min of meer volledige defaunatie verwacht. Om een zo hoog mogelijke overleving van de bedolven organismen tijdens een suppletie na te streven, is het van belang de soortspecifieke tolerantie ten opzichte van de suppletieduur, begravingsdiepte en -snelheid te kennen.

*Herstel van de bodemfauna* – Door de suppletie wordt het bodemmilieu bedolven en het is de vraag hoe lang het duurt voor dit zich weer heeft hersteld. Herstel van de natuurlijke samenstelling van de bodemdiergemeenschap kan voor de meeste soorten relatief snel gebeuren (binnen de 1-2 jaar). Organismen met een beperkte larvale en/of adulte dispersiecapaciteit zullen slechts traag het gesuppleerde gebied koloniseren, en indien de omvang van de suppletie heel groot is zal de herkolonisatie van dit gebied door dergelijke organismen slechts moeizaam verlopen. Herstel van langlevende soorten zoals bepaalde schelpdieren (bijv. kokkel) duurt langer en is tevens afhankelijk van een goede broedval die meestal niet jaarlijks plaatsvindt. Afhankelijk van de soort kan dus verwacht worden dat de locatie hersteld zal zijn in een periode variërend van enkele maanden tot een vijftal jaar. In die periode zal een bepaalde successie optreden en kunnen tijdelijk bepaalde soorten in hoge dichtheden voorkomen (opportunistische soorten). Inzicht hierin kan enkel verkregen worden door het langdurig monitoren van suppleties incl. referentiegebieden. Er dient echter op gewezen te worden dat wijzigingen in het habitat na suppletie (wijzigingen in o.a. profiel en sedimentologie) het herstel van het intergetijdenecosysteem zullen beïnvloeden. Afwijkende eigenschappen van het suppletiezand (korrelgrootte, compactheid, ...) kunnen aanleiding geven tot een verandering van het morfodynamische type en betekenen een trager herstel en eventueel een permanente verschuiving van de benthische gemeenschapsstructuur. In het geval van suppleties met grover sediment kunnen er sneller problemen optreden met uitdroging van de bodem en minder bodemleven tot gevolg. Het fors ophogen van het intergetijdengebied leidt ook tot een andere overspoelingsduur welke ook kan leiden tot een andere bodemdiergemeenschap.

*Foerageertijd en voedselbeschikbaarheid voor vogels* - Door de droogvalduur te verlengen (ophogen intergetijdengebied) neemt de beschikbare foerageertijd voor steltlopers toe. Maar extra foerageertijd zonder voedsel heeft nog geen nut. M.a.w., de vogels hangen af van het herstel van de benthosgemeenschap en zoals hierboven beschreven kan dit voor bepaalde soorten jaren duren. Doordat er een bepaalde successie zal optreden zullen sommige vogelsoorten eerder terugkomen dan andere, afhankelijk van de prooikeuze van de verschillende soorten. Men kan dan ook stellen dat een suppletie maar zin heeft wanneer het aangebrachte zand ook daadwerkelijk over een lange periode blijft liggen (in ieder geval verschillende malen langer dan dat het herstel van de benthosgemeenschap duurt).

### 2.6.6 Op welke wijze zijn vooroeerverdedigingen te optimaliseren?

De vooroeerverdediging bestaat uit een rij van harde constructies op verschillende hoogtelijnen parallel aan de dijk of de plaatrand met als doel om de erosie te beperken. In combinatie met een suppletie is het doel de levensduur van de suppletie (drastisch) te verlengen. De investeringen in vooroeerverdedigingen zijn relatief hoog, zodat de levensduur ervan relatief lang moet zijn (meer dan 10 á 20 jaar). Effectiviteit (verlenging levensduur suppletie en kosten zijn hierbij belangrijke parameters. Een tweede doel is extra biodiversiteit ten behoeve van een hogere ecologische waarde. Door gebruik te maken van geschikte materialen kunnen de vooroeerverdedigingen begroeid raken met allerlei wieren en hardsubstraat organismen. Eventuele negatieve effecten van de maatregelen kunnen op deze wijze gecompenseerd worden.

Ten aanzien van de werking van vooroeerverdedigingen zijn er nog veel onduidelijkheden. De sedimenttransporten rondom geul, plaat en vooroever zijn zeer complex en veranderlijk in tijd en ruimte evenals de processen die hiervoor verantwoordelijk zijn. Dit hangt sterk samen met de richting van de sedimenttransporten en op welke wijze het sediment in beweging komt. In het geval dat het sediment over de bodem 'rolt' (bodemtransport) is een vooroeerverdediging effectiever dan in het geval van transport hoger in de waterkolom (gesuspendeerd transport).

Daarnaast is het zo dat het alleen vast staat dat het netto sedimenttransport van de plaat of vooroever af is, gegeven het feit van erosie. Dit netto sedimenttransport is echter opgebouwd uit transporten in beide richtingen (omhoog richting dijk of plaat en omlaag richting geul). Het is mogelijk dat er nog wel een vorm van transport richting dijk of plaat is maar dat dit transport veel kleiner is dan het transport richting geul. Wanneer dat het geval is, zou het zelfs zo kunnen zijn dat een vooroeerverdediging rond een plaat als extra barrière werkt voor het kleine beetje materiaal dat "omhoog" getransporteerd wordt.

Het aantal dammen en de locatie ervan (op welke dieptes en in het geval van een plaat aan welke kant van deze plaat) en het tegengaan van negatieve effecten (bijv. verhinderen van sedimenttransport omhoog) zijn belangrijke punten van (model) onderzoek.



### 3 Referenties

Arnold, E. en Jacobse, S., 2008, Toekomstprognose ontwikkeling intergetijdengebied Oosterschelde, ADDENDUM kosten zandhonger, rapport Haskoning, 9T4814.A0/R0001

Blom, J. & J.J. Jacobse, 2007, Robuuste dijken in de Oosterschelde, ondanks de zandhonger, rapport Haskoning 9S7317.A0

Cronin, K., 2011, Stability and decay of the Galgeplaat, morphological modeling 1982 and 2009, Deltares 1202177.

Das, I., 2010, Morphodynamic modelling of the Galgeplaat , M.Sc. thesis Delft University of Technology, Building with Nature.

Geurts van Kessel, A.J.M., 2004, Verlopend getij, Oosterschelde, een veranderend natuurmonument, Rapport RIKZ/2004.028, Rijkswaterstaat Rijksinstituut voor Kust en Zee, Middelburg, ISBN 90-369-3458-3

Hesselink, A.W, D.C. van Maldegem. K. van der Male en B. Schouwenaar (2003) Verandering van de morfologie van de Oosterschelde door de aanleg van de stormvloedkering. Nota RIKZ/OS/2003.810x. Middelburg

Hoogduin L. , 2009, Sediment transport through the Eastern Scheldt storm surge barrier, Rapport 1002334 ZKS, M.Sc. thesis Delft University of Technology

Jacobse, J.J., & van der Laan, 2006, Zandhonger Oosterschelde, een bedreiging voor de veiligheid?, rapport Haskoning 9R9774.A0

Huisman, B.J.A., and Luijendijk, A.P. 2009, Sand demand of the Eastern Scheldt - orphology around the barrier. Deltares, report Z4581.

Jacobse, J.J., van der Zel, M., Arnold, E., & Hofstad, E.J., 2008, Toekomstprognose ontwikkeling intergetijdengebied Oosterschelde, rapport Haskoning 9T4814.A0

Jongeling, T.H.G., 2007, Zandhonger Oosterschelde, Maatregelen ter vergroting van doorstroomcapaciteit en zanddoorvoer stormvloedkering Oosterschelde, WL | Delft Hydraulics project Q4264.

Koshiek e.a., 1987, De Oosterschelde; naar een nieuw onderwaterlandschap, Eindrapport Geomor. Nota DGW.AO87.029, Rijkswaterstaat

Mulder, J.P.M., & van Heteren,S., 2009, Gulzige geulen en slinkende slikken in de Zuidwestelijke Delta, een geologisch perspectief, Deltares rapport 13p.

Ronde de J.G., Mulder J.P.M., Ysebaert T, & van Duren L.A., 2009, Kaderplan Autonome Neerwaartse Trend, ANT Oosterschelde, Deltares, Delft

Ronde, J.G. de, Mulder J.P.M., van Duren L.A., Ysebaert, T. 2010, Eerste Interim-advies ANT Oosterschelde, Deltares, pr.nr. 1202177,

Rijkswaterstaat, 1991, Veilig getij, de effecten van de waterbouwkundige werken op het getijdenmilieu van de Oosterschelde. Rapport Rijkswaterstaat

Troost T (2010) Deltakennis: Modelling Carrying Capacity, Deltares, Delft

Zanten van E., & Adriaanse, L.A., 2008 Verminderd getij, Verkenning naar mogelijke maatregelen om het verlies van platen, slikken en schorren in de Oosterschelde te beperken. Rapport Rijkswaterstaat

Zwarts, L., 2009, Voedsel voor wadvogels in de Oosterschelde: nazomer 2009, A&W-rapport 1346.

Zwarts, L., 2011, Voedsel voor wadvogels in de Oosterschelde: winter 2010/2011, A&W, in voorbereiding.



## **A Verslag derde Suppletieworkshop**



## B Vervolg 2011-2013

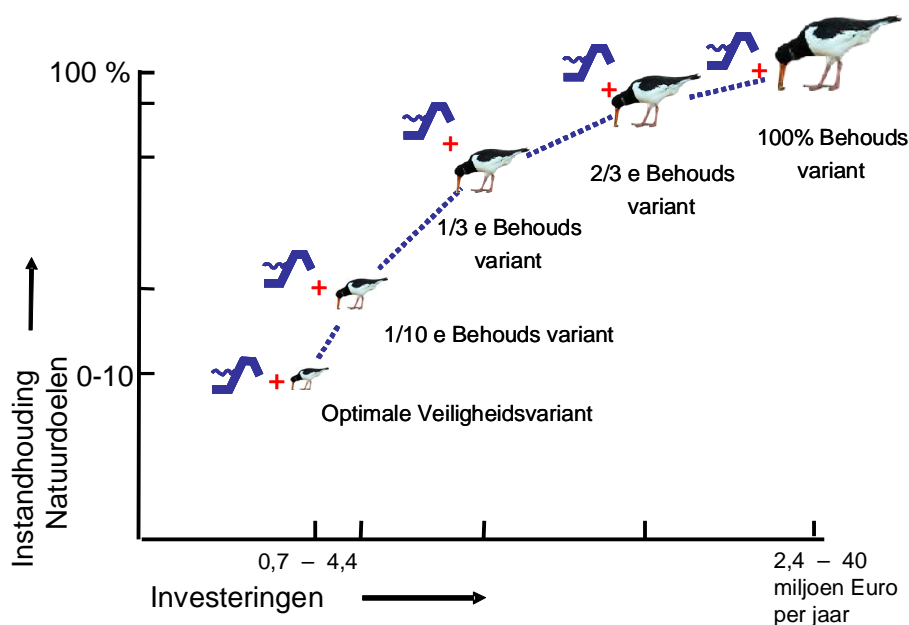
De hoofddoelstelling van de ANT Oosterschelde studie is om de wetenschappelijke onderbouwing te leveren om in 2013 zicht te hebben op de haalbaarheid en betaalbaarheid van verschillende niveaus van Natura2000 doelen voor het Oosterscheldegebied.

Onderstaande onderdelen worden opgepakt in de periode 2011-2013.

- **Het leggen van een relatie leggen tussen kosten en doelrealisaties kleiner dan 100%**
- **Verkleining onzekerheden**
  - **Prognose plaatarealen**
  - **Relatie arealen – voedsel – vogel,**
  - **Opbrengstprognoses voor alle natuurwaarden**
  - **Prognoses veiligheidswinst**
- **Mogelijkheden keringbeheer nagaan**
- **Mogelijkheden suppleties tot een niveau boven hoogwater nagaan**

**Nota bene**, de kosten en baten analyse inclusief de maatschappelijke effecten (visserij, recreatie, etc.) van de mitigerende maatregelen (suppleties/vooroeververdedigingen) wordt verricht binnen de MIRT studie. De ANT studie zal deze resultaten vervolgens gebruiken voor het eindadvies.

- **Het leggen van een relatie leggen tussen kosten en doelrealisaties kleiner dan 100%**



Tot nu toe is vooral gewerkt aan de 100 % behoudsvariant, waarbij honderd procent van de natuurdoelen gehandhaafd moeten worden. Ervan uitgaand dat dit X miljoen Euro kost over de periode 2020-2060 is de vraag: Welk gedeelte van de natuurdoelen kunnen gehandhaafd worden indien slechts 1/3 X of 2/3 X miljoen Euro beschikbaar is. Er moet dan een keuze gemaakt worden welke platen en slikken wel behouden blijven en welke niet. Wat zijn de ecologisch meest waardevolle gebieden om in stand te houden, alsmede wat de kosten daarvan. Gebieden die minder hard eroderen zullen minder kosten om in stand te houden.

De ecologische waardering van platen en slikken zal middels een workshop (het Schikken der Slikken) (Ranking the Flats) met inhoudelijke experts bepaald worden. Het moge duidelijk zijn dat hier geen absolute waarden gegeven kunnen worden en dat ook de onderlinge waardering altijd subjectief zal blijven. Er zal zoveel mogelijk met kentallen gewerkt worden. Dat wil zeggen dat zoveel mogelijk ecologisch relevante kenmerken van platen, zoals oppervlakte rijk foerageergebied, verstoringgevoeligheid van de locatie, afstand van de locatie tot rustgebieden, etc. in overweging zullen worden genomen, Dit zal echter niet in alle gevallen tot een volledig objectieve validatie van locaties leiden.

De kosten zullen deels via de MIRT studie verkregen worden en deels door eigen studie.

- **Verkleining onzekerheden**
  - **Prognose plaatarealen**

Met de nieuwe bodem van 2010 (vaklodingen)erbij zal een nieuwe prognose van de autonome ontwikkeling van plaat en slikarealen inclusief hoogteverdeling gemaakt worden. De RTK raai metingen leveren een nauwkeuriger beeld van de erosiesnelheid per plaat c.q. slikgebied. De huidige onzekerheden kunnen hierdoor verkleind worden, echter zullen er onzekerheden overblijven. Met name in het Komgebied van de Oosterschelde is er een gebrek aan nauwkeurige gegevens en is de toekomstige ontwikkeling onzeker.

Modellering ten behoeve van prognoses van de morfologische effecten van de te ontwerpen maatregelen:

Het morfologische model voor de Galgeplaat is gevalideerd aan de hand van een erosieve situatie (huidige toestand) en een stabiele situatie (toestand voor de deltawerken). De uitkomsten hiervan zijn niet optimaal. Het model laat in beide gevallen erosie zien. Alhoewel dat in de huidige situatie meer is dan in de oude situatie voor de kering. Verdere inspanning is gewenst. Voor vergelijkend onderzoek zoals het ontwerpen en doorrekenen van suppletie strategieën voor de Galgeplaat is het modelinstrumentarium nu geschikt.

In de komende periode zal het instrumentarium voor deze prognoses ingezet worden.

Binnen Building with Nature wordt verder aandacht gegeven aan de validatie van het model met behulp van de ontwikkeling van de proefsuppletie. Deze laat zien dat het suppletiemateriaal in geringe mate diffundeert. In de directe omgeving van de suppletie is nog nagenoeg de volledige hoeveelheid van de proefsuppletie terug te vinden.

### ○ Relatie arealen – voedsel – vogel

De belangrijkste vraag in de Oosterschelde op het gebied van vogels is hoe de draagkracht van het systeem voor vogels verandert als gevolg van veranderingen in de morfologie (en daarmee samenhangende ecologische veranderingen, met name veranderingen in voedselbeschikbaarheid) van het systeem.

Er zijn in principe twee types modellering voorhanden voor hogere trofische niveaus. Een "ecotopen" benadering maakt gebruik van kennisregels en koppelt habitatkenmerken aan een waarschijnlijkheid van voorkomen van soorten. Deze benadering is relatief eenvoudig en vereist voor validatie telgegevens van dieren in verschillende gebieden waarvan de habitatkenmerken (bijv. sedimentsamenstelling) bekend zijn. In het verleden is deze benadering niet heel succesvol gebleken in het voorspellen van het voorkomen van vogels in de Westerschelde.

Een andere benadering is directer gericht op draagkracht. Voorbeeld hiervan is een systeem als "WEBTICS" dat met name geschikt is voor overwinterende vogels die op de platen foerageren. Deze modellen zijn eerder ontwikkeld binnen het project Zeekennis. WEBTICS is specifiek ontwikkeld voor de scholekster, maar kan aangepast worden voor andere soorten. Deze modelleertechniek is waarschijnlijk niet te gebruiken voor vogels zoals de visdief, die in en bij de Westerschelde broeden, maar er niet overwinteren, en waarvan waarschijnlijk geen betrouwbare metingen van het voedselaanbod beschikbaar zijn. De methode is vooral redelijk uitgewerkt voor schelpdieretende vogels die een redelijk specialistisch dieet hebben. Deze modellering is intussen met succes toegepast in de Oosterschelde en kan, mits goed gevalideerd, worden toegepast voor het evalueren van effecten van ingrepen in het landschap. Nadeel van deze methode is dat er veel voorkennis over energiebesteding van de betreffende soorten noodzakelijk is.

In 2009 en 2010 is door SOVON een studie uitgevoerd die de voor en nadelen van beide modelbenaderingen heeft onderzocht. Deze resultaten zijn vervolgens bediscussieerd met een groep experts tijdens een workshop in oktober 2010. Uit alle discussies komt naar voren dat een benadering die alleen op abiotische habitatkenmerken is gebaseerd onvoldoende houvast biedt om uiteindelijk een inschatting te kunnen maken van veranderende draagkracht in een systeem voor vogels. Er is in elk geval kennis nodig over de energiehuishouding van vogels, ongeacht of er met een procesgestuurde modellering naar gekeken wordt, of met een habitat benadering gebaseerd op kennisregels. In Groot Brittannië is een proces-gebaseerd model ontwikkeld (MORPH en WaderMORPH) door Richard Stillman.

In MORPH zitten parameter schattingen voor de energiehuishouding van:

- *Bonte strandloper*
- *Bontbekplevier*
- *Kanoet strandloper*
- *Tureluur*
- *Zilverplevier*
- *Grutto*
- *Rosse grutto*
- *Scholekster*
- *Wulp*

Ofschoon dit model om verschillende redenen niet geschikt is om op de Ooster- of Westerschelde toe te passen, zijn hier mogelijk wel parameterschattingen uit te halen voor wadvogels die in deze gebieden belangrijk zijn (voor ANT-Oosterschelde zijn met name de cursief gedrukte soorten interessant).

Het onderzoek richt zich op de volgende punten:

- 1) *Verzamelen van parameterwaarden voor de energiehuishouding.* Om de belangrijke parameterwaarden uit (Wader)MORPH te kunnen halen wordt contact gezocht met de ontwikkelaars van de software en indien noodzakelijk wordt een bezoek gebracht aan R. Stillmann. Voor andere relevante soorten zal elders informatie gevonden moeten worden. Er zal een literatuur scan worden uitgevoerd en experts worden geraadpleegd om voor zo veel mogelijk relevante soorten deze informatie te inventariseren.
- 2) *Hypothese vorming over effecten van zandhonger op vogels.* Met de beschikbare gegevens zal een model opgesteld worden. Het model is met name bedoeld om hypothesen te genereren en die te vergelijken met hypothesen die voortkomen uit het veldwerk. Voorbeeld van een van deze hypothesen is de stelling van Leo Swarts dat kleine vogels kwetsbaarder zullen zijn voor de gevolgen van de zandhonger dan de grotere soorten, omdat deze een kleinere maag hebben en een hoger metabolisme en daardoor sneller voedsel-gelimiteerd. Met behulp van de beschikbare parameters voor de energiehuishouding van verschillende soorten zal het effect van zandhonger en de verandering in de beschikbaarheid van voedsel op de energiehuishouding van de verschillende soorten bekeken worden. Zo kan bijvoorbeeld worden nagegaan of, gegeven de beschikbare informatie, kleinere soorten inderdaad eerder getroffen worden door de gevolgen van zandhonger dan grotere soorten.

Nadrukkelijk wordt gesteld dat dit model primair een onderzoeksinstrument zal zijn, dat (zeker op de korte termijn) niet geschikt zal zijn om kwantitatieve voorspellingen te doen op het gebied van draagkracht. Met inschakeling van expert judgement zullen deze prognoses wel gemaakt worden.

- **Opbrengstprognoses voor alle natuurwaarden**

Door gebruik te maken van bovengenoemde kennis en door gebruik te maken van expert judgement kunnen prognoses gemaakt worden ten aanzien van de toekomstige ontwikkelingen en de effecten van de maatregelen op de natuurwaarden.

- **Prognoses veiligheidswinst**

Door gebruik te maken van de nieuwe morfologische prognoses kunnen de effecten voor de veiligheid nagegaan worden inclusief de effecten van de maatregelen.

- **Mogelijkheden keringbeheer nagaan**

Aanpassing van het keringsbeheer door het aanpassen van sluitpeilen geeft mogelijk een vermindering van de erosie van platen en slikken. Met een beperkt aantal modelsimulaties zal dit nagegaan worden

- **Mogelijkheden suppleties tot een niveau boven hoogwater nagaan**

Des te dikker het zandpakket is dat aangebracht kan worden door een suppletie des te minder vaak er teruggekomen behoeft te worden. Door te suppleren tot een hoogte boden hoogwater is het mogelijk om meer zand aan te brengen. De effecten hiervan op morfologie en ecologie worden nagegaan. Een gebied boven hoogwater kan dienst doen als hoogwatervluchtplaats, echter tegelijkertijd is dit gebied onttrokken aan de voedselvoorziening. Verder is het de vraag hoelang zo'n gebied boven hoogwater blijft uitsteken.