

**Eerste Interimadvies ANT  
Oosterschelde**

concept





## **Eerste Interimadvies ANT Oosterschelde**

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

1202177-000



## Titel

Eerste Interimadvies ANT Oosterschelde

<b>Opdrachtgever</b>	<b>Project</b>	<b>Kenmerk</b>	<b>Pagina's</b>
Rijkswaterstaat Waterdienst	1202177-000	1202177-000-ZKS-0008	37

## Trefwoorden

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

## Samenvatting

De ANT studie Oosterschelde loopt ongeveer een jaar en maakt goede vorderingen. De eerste resultaten zijn bemoedigend. Een 4-tal oplossingsrichtingen zijn ontwikkeld en verder benodigd onderzoek is bepaald. Dit staat weergegeven in het eerste interimadvies. De samenwerking met Building with Nature, 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

**Eerste Interimadvies ANT-Oosterschelde, Maatregelen ten behoud van natuur en veiligheid in de Oosterschelde met het oog op Natura2000-instandhoudingsdoelen.**

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
1.9	mei. 2010	ir. J.G. de Ronde		dr. L van der Valk		ir. T. Schilperoort	
		dr. J.P.M. Mulder					
		dr. L.A. van Duren					
		T. Ysebaert					

## Status

concept

Dit document is een concept en uitsluitend bedoeld voor discussiedoeleinden. Aan de inhoud van dit rapport kunnen noch door de opdrachtgever, noch door derden rechten worden ontleend.



## Inhoud

<b>1</b>	<b>Eerste Interimadvies</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Toelichting bij het eerste Interimadvies</b>	<b>5</b>
2.1	Inleiding	5
2.2	Probleemstelling	5
2.3	Vraagstelling	6
2.4	Aanpak	7
2.5	Vier oplossingsrichtingen	8
2.6	Verkleining van onzekerheden	10
2.6.1	Wat is de autonome trend in de morfologische ontwikkeling in de Oosterschelde?	11
2.6.2	Wat is de autonome trend in de ANT-natuurdoelen, waardoor wordt dit beïnvloed?	12
2.6.3	Op welke wijze zijn suppletiemaatregelen te optimaliseren?	14
2.6.4	Op welke wijze zijn cascades te optimaliseren?	16
<b>3</b>	<b>Referenties</b>	<b>17</b>
 <b>Bijlage(n)</b>		
<b>A</b>	<b>Workshopverslag I</b>	<b>A-1</b>
<b>B</b>	<b>Workshopverslag II</b>	<b>B-1</b>
<b>C</b>	<b>ANT-Oosterschelde effectketens</b>	<b>C-1</b>
<b>D</b>	<b>Veiligheid</b>	<b>D-1</b>
<b>E</b>	<b>Kosten</b>	<b>E-1</b>





## 1 Eerste Interimadvies

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. In antwoord op de vragen welke meetbare instandhoudingsdoelen vanaf 2015 haalbaar zijn in de Oosterschelde, tegen welke investeringen, wordt in dit eerste interimadvies gedacht aan vier oplossingsrichtingen. De tijdshorizon hierbij is 2015-2060.

De oplossingen concentreren zich in eerste instantie, op een mix van methodes; harde bekledingen, biobouwers (oesterriffen) en zandsuppleties. Onderzocht wordt welke mix van methodes haalbaar is, tegen welke kosten en met welke opbrengst in termen van natuurwaarden. Deze informatie vormt vervolgens de basis voor de keuze voor instandhoudingsdoelen vanaf 2015.

In een eerder stadium zijn een aantal andere grootschalige oplossingen onderzocht en afgevalen. Dit betreft

- 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).
- Verwijdering van de Oosterschelde kering en compartimenteringdammen. Indien alleen de Oosterscheldekering verwijderd wordt is er nog steeds geen morfologisch evenwicht.
- Zandmotor bij de Banjaard, opvullen erosiekuilen of andere methoden om meer zand op “natuurlijke” wijze door de kering te krijgen.

### De verder te onderzoeken 4 oplossingsrichtingen zijn:

- **Veiligheid;** de basisoplossing met als hoofddoel het handhaven van de veiligheid tegen overstromingen; en een drietal richtingen die - in aanvulling op de veiligheidsoplossing - mikken op meer ambitieuze instandhoudingsdoelen door het handhaven van intergetijdengebied;
- **Patrouille;** een aanvullende oplossing gericht op min of meer handhaving van de huidige areaalverdeling van het intergetijdengebied, door systematisch, achtereenvolgend op alle plaatgebieden zand te suppleren. De vorm van een reeks kleine suppleties die hun omgeving voeden, biedt hierbij wellicht mogelijkheden.
- **Evenwicht;** ook een aanvullende suppletie-oplossing, ditmaal gericht op het scheppen van een morfologisch evenwicht in de Kom van de Oosterschelde. Suppleties concentreren zich in dit gebied waardoor lokaal voldoende toename van arealen en zandvolumes wordt gerealiseerd, zodanig dat ook de afname in de rest van de Oosterschelde gecompenseerd wordt.
- **Vooroeververdedigingen (cascades)** (in combinatie met Patrouille); een oplossing uitgaand van suppleties gecombineerd met lijnvormige constructies op meerdere dieptezones (cascades), waardoor het sediment op platen en vooroevers voor een groot gedeelte vastgehouden kan worden. Door voor de cascade constructies met bijv. oesterriffen te gebruiken liggen hier kansen voor biobouwers.

De ANT-studies richten zich primair op de zone tussen GLW (Gemiddeld LaagWater) en GHW (Gemiddeld HoogWater), waar de zandhonger immers de grootste impact heeft. Als deze zone de wadvogeldoelen haalt, haalt de Oosterschelde alle natuurdoelen die van deze zone afhankelijk zijn. Daarmee zijn de wadvogels in deze zone normstellend.

De wadvogels kunnen deze normstellende rol echter niet spelen voor alle natuurdoelen van de Oosterschelde. Omdat wèl alle doelen moeten worden gehaald, ontwerpen de ANT-studies in een iteratief proces

1. voorlopige toekomstbeelden voor de hele Oosterschelde op basis van de wadvogeleisen,
2. definitieve toekomstbeelden door een aanvullende toetsing met nadruk op de waarden van
  - a. het open water
  - b. de gebieden boven GHW,
  - c. de belevingswaarden landschapsschoon en natuurlijkheid

In het eindadvies zullen keuzemogelijkheden in beeld worden gebracht, waarbij een relatie gegeven zal worden tussen de te nemen maatregelen (incl. kosten) en het te bereiken niveau van natuurdoelen.

De onzekerheden rond schattingen van de kosten zijn voorsnog zeer groot. De range in kosten wordt bepaald door verschillende factoren. Voor de veiligheidsoplossing zijn dat zaken als de omvang van de gekozen veiligheidsmarge, de kostprijs van de te gebruiken materialen en de gebruikte methode: constructieversterking van de dijken of beperken van de golfbelasting door een ingreep in het voorland; de fasering in de uitvoering. Voor de natuuroplossingen spelen naast de onzekerheid in de kostprijs van te gebruiken materialen, vooral de fasering van maatregelen en het ambitieniveau van de te kiezen instandhoudingsdoelen.

Een eerste indruk van de grootteorde van de kosten van de verschillende oplossingsrichtingen is weergegeven in onderstaande tabel.

*Tabel Eerste benadering kostenschattingen voor de verschillende oplossingsrichtingen over de periode 2010 – 2060. De kosten voor natuur zijn bepaald als de totale kosten minus de veiligheidskosten.*

<b>Oplossingsrichting</b>	<b>Kosten Veiligheid</b>	<b>Kosten Natuur</b>	<b>Kosten Totaal</b>
	<b>MEuro/jaar</b>	<b>MEuro/jaar</b>	<b>MEuro/jaar</b>
veiligheid	0,7 – 4,4	0	0,7 – 4,4
patrouille	0,7 – 4,4	2,0 – 32	2,7 – 36
Vooroeververdediging	0,7 – 4,4	1,7 – 32	2,4 – 36
evenwicht	0,7 – 4,4	6,8 – 34	7,5 – 38

Rond de natuuropbrengst van alle oplossingsrichtingen bestaan evenzeer grote onzekerheden. In die zin lijkt flexibiliteit een belangrijk pluspunt van de richting "Patrouille". Onzekerheden 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: Learning by doing.

Nader onderzoek zal moeten uitwijzen welke natuurdoelen maximaal haalbaar zijn. De vraag of 100 % van de huidige natuurdoelen te behouden is moet nog beantwoord worden.

Door inzet van zandeilanden (suppleties die boven het hoogwater uitsteken) en vooroeververdedigingen, zoals bv. Oesterriffen, kunnen andere natuurdoelen gehaald worden.

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 ( zie Appendix C), 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 de 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 (cascades).** De effecten van variaties in omvang, vorm en frequentie van suppleties, en van locatie, aantal, vorm, en materiaalkeuze van mogelijke cascades, op zowel kosten als op natuuropbrengst verdienen nadere verkenning.

De kennis die vergaard kan worden met behulp van de drie pilots (plaatsuppletie Galgeplaat, vooroeversuppletie en cascade) 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 eerste Interimadvies

### 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 overeenkomst tussen Deltares en het Ministerie van Verkeer en Waterstaat. De studie betreft de gevolgen van de zandhonger veroorzaakt door aanleg van de compartimenteringsdammen (Philipsdam, Oesterdam) en de voltooiing van de Oosterscheldekering in 1986. Dit betreft naast veiligheid tegen overstromen een aantal natuurdoelen en vooral de instandhouding van de aanwezige populaties steltlopers. 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 eerste Interimadvies.

### 2.2 Probleemstelling

De intergetijdengebieden van de Oosterschelde eroderen en verdwijnen langzaam onder water. Oorzaak: 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 zitten te ruim in hun jasje en willen opvullen; 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 20 - 85 cm per eeuw.

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. De omvang in 1990 na de aanleg bedroeg 11.000 hectaren. Aan deze bijstelling van de doelen is de verplichting gekoppeld om voor 2015 aan te tonen hoe de aantallen vogels samenhangen met de arealen intergetijdengebied, hoe het verlies aan intergetijdengebied kan worden tegengegaan en welke investering dat zou vergen.

## 2.3 Vraagstelling

In 2015 start de tweede beheerplanperiode voor Natura-2000. De vraag is: welke meetbare instandhoudingsdoelen zijn vanaf 2015 haalbaar, tegen welke investeringen?

De natuurdoelen in de Oosterschelde zijn een combinatie van Natura2000-doelen en behoudsdoelstellingen vanuit vroegere beschermingsregimes. Samengevat gaat het om een tiental doelen. 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 belevings-waarden
- **onder GLW** (ca 23.500 ha): veel van de waarden vanuit de vroegere beschermingsregimes en de belevingswaarden en de zeehond.

De zandhonger 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.

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.

De wadvogels kunnen deze 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 stellen aan de Oosterschelde als geheel.

Methodisch betekent dit dat de ANT-studies

1. Eerst maatregelen zoeken om het gebied tussen GLW en GHW optimaal in te richten voor de wadvogels, en
2. dan het resultaat toetsen tegen de natuurwaarden waarvan de eisen niet samenvallen met die van de wadvogels.

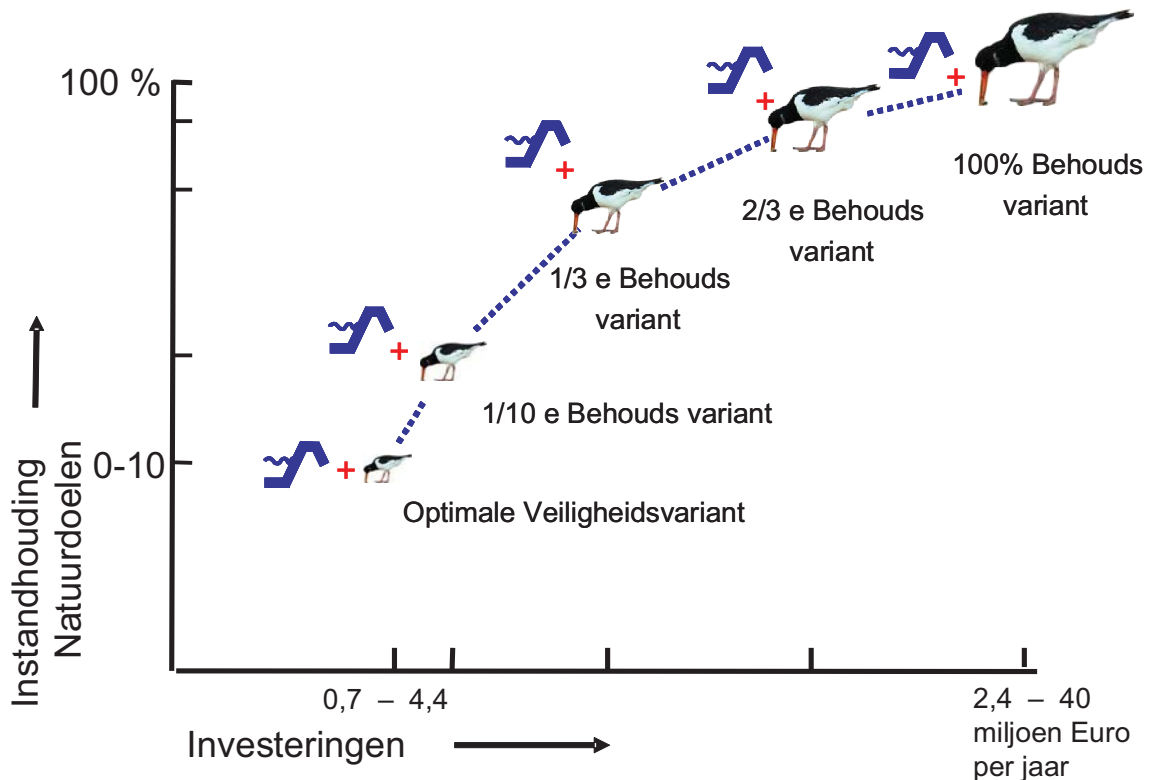
Belangrijke vraag is hoe aantallen wadvogels samenhangen met het areaal en de kwaliteit (droogvalduur, sedimentsamenstelling, bodemdierpopulaties, geografische ligging, etc.) van het intergetijdengebied.

Bij de investeringen wordt gedoeld op verschillende inrichtingsopties voor het beperken of herstellen van het verlies aan intergetijdenareaal. Als minimum investering geldt het handhaven van de veiligheid en de daarvoor noodzakelijke versterking van de waterkering. De daardoor te realiseren natuurdoelen zijn beperkt.

## 2.4 Aanpak

In het kaderplan ANT Oosterschelde wordt onderscheid gemaakt tussen veiligheidsvarianten en behoudsvarianten. 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 extra behoudsvarianten 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 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 c %, het percentage van de natuurdoelen die in stand gehouden wordt als alleen de economisch optimale veiligheidsvariant uitgevoerd wordt, tot 100% bij volledig behoud.



Figuur. 1 Behoudsvarianten, relatie tussen investeringen en mate van instandhouding van de natuurdoelen. Deze grafiek geldt voor een bepaalde periode. De ANT studie gaat uit van de periode 2010-2060. In alle gevallen is de veiligheid tegen overstromen gegarandeerd.

In het voorliggende interimadvies is nog niet ingegaan op de verschillende behoudsvarianten en zal alleen de 100 % variant met volledig behoud van de natuurdoelen beschouwd worden. De huidige kennis ten aanzien van de veiligheidsvarianten staat in appendix D.

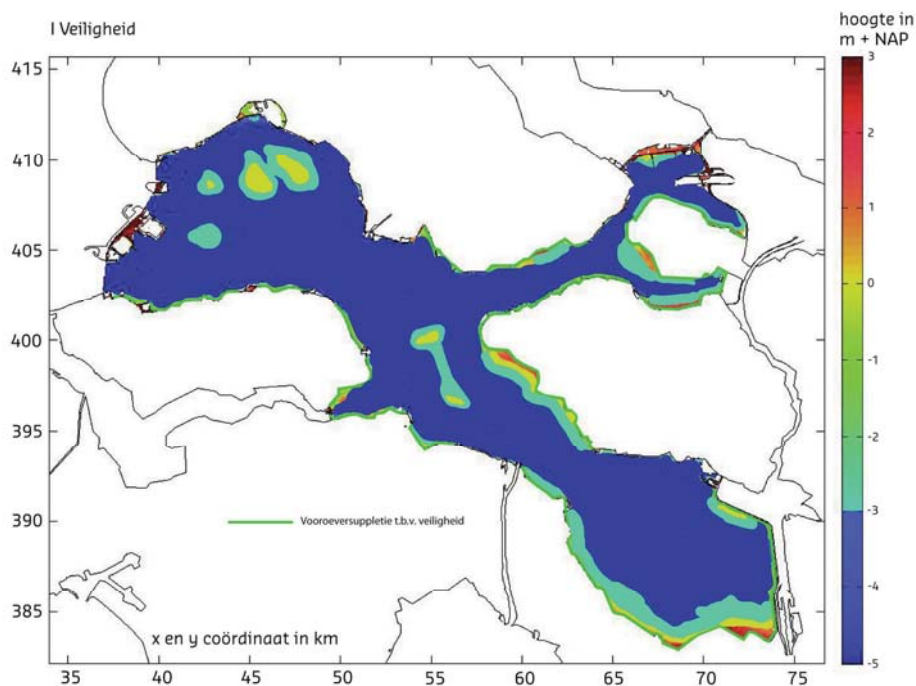


## 2.5 Vier oplossingsrichtingen

Om tot een beeld te komen hoe de in de aanpak beschreven varianten eruit zouden kunnen zien zijn twee workshops gehouden met deelnemers van RWS, Imares, TUD en Deltares (Appendix A en B). Tijdens deze workshop is een groot aantal mogelijkheden de revue gepasseerd ten aanzien van gebiedsinrichting en ten aanzien van mogelijke uitvoering.

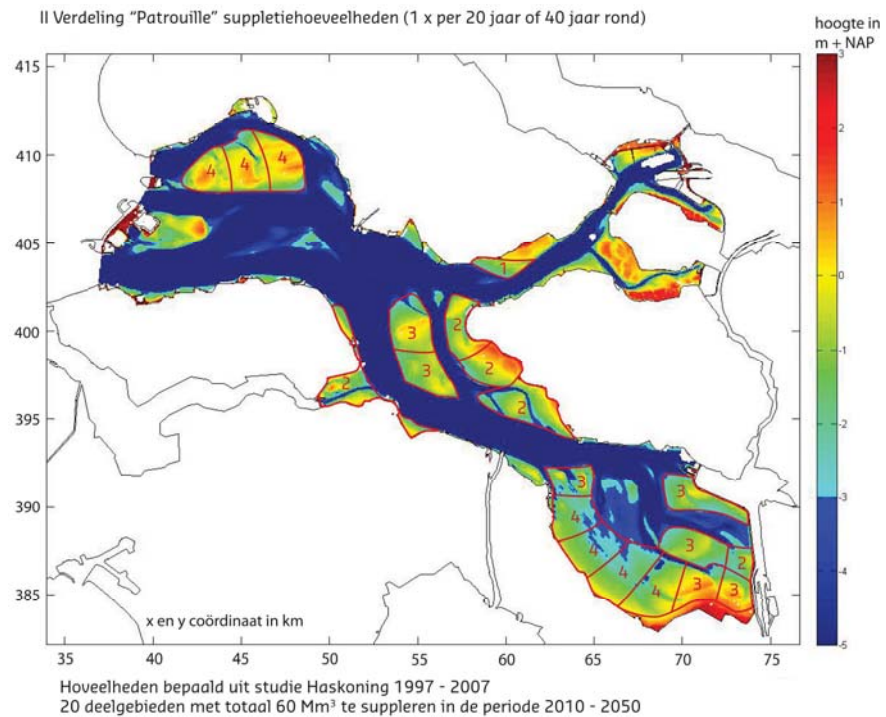
Dit heeft de volgende 4 oplossingsrichtingen opgeleverd.

- **Veiligheid:** bij deze oplossingsrichting wordt alleen uitgegaan van veiligheid en wordt nagegaan wat dit kan bijdragen aan het in stand houden van de natuurdoelen. Basis is de economisch optimale veiligheids oplossingsrichting, vervolgens komen meer ecologisch optimale oplossingsrichtingen aan bod.

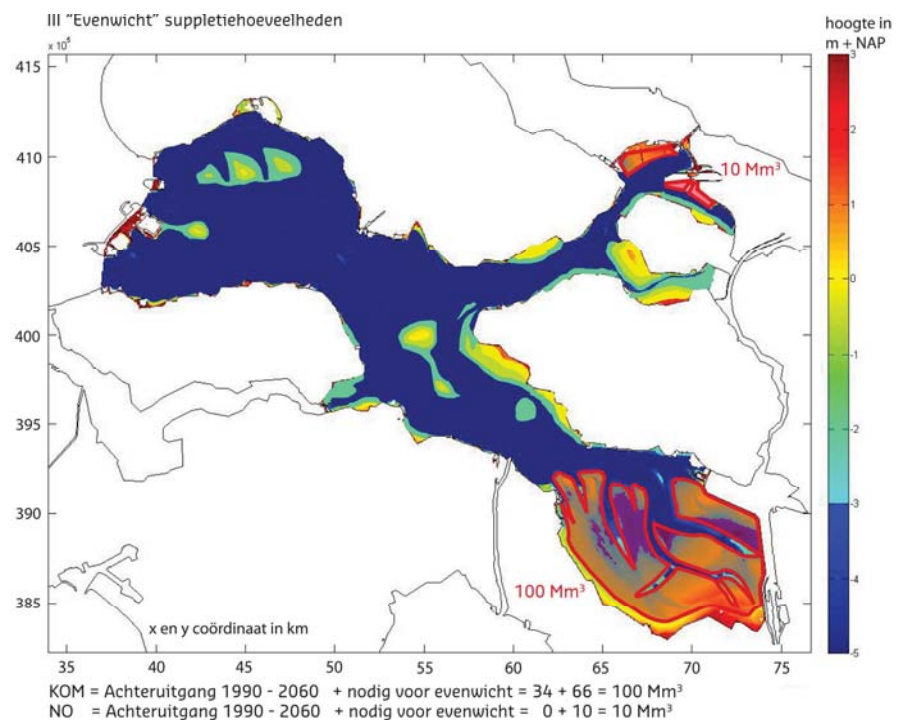


- **Patrouille:** deze oplossingsrichting gaat uit van het principe dat er een rondgang (patrouille) door de Oosterschelde wordt gemaakt waarbij iedere keer een andere locatie in de Oosterschelde wordt gesuppleerd. Na 20 jaar zijn alle gebieden in de Oosterschelde een keer gesuppleerd. Er wordt uitgegaan van het min of meer handhaven van de huidige areaalverdeling. Optimalisatie wordt gezocht in een nog lagere frequentie en het suppleren van slechts bepaalde gedeelten, waarna de natuur het verder over de plaat of over de vooroever verdeeld.

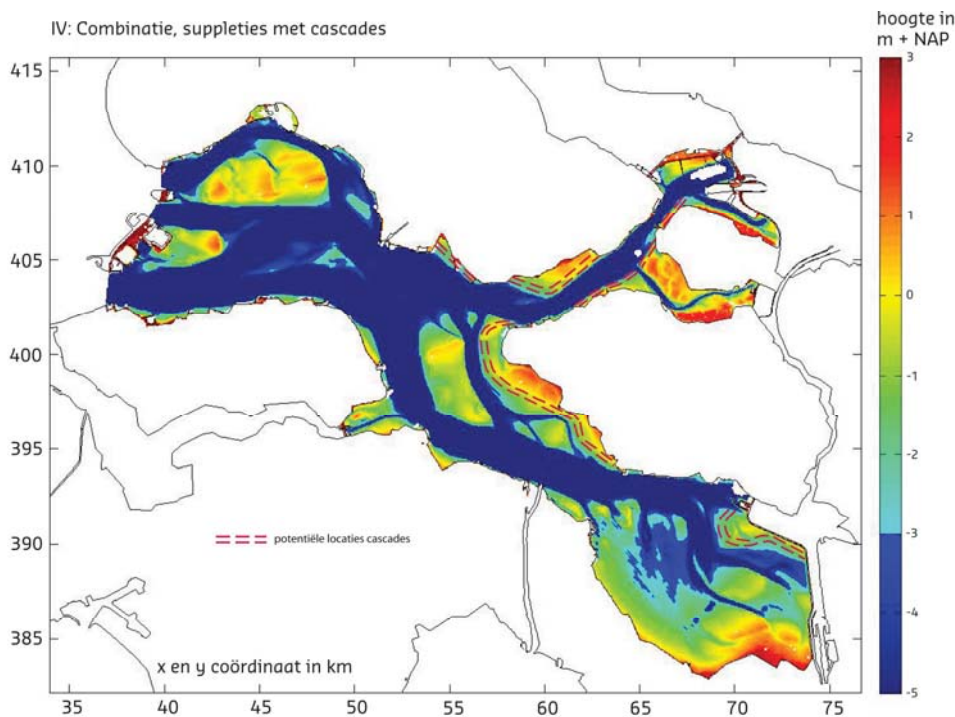




- **Evenwicht;** ook een aanvullende suppletie-oplossing, ditmaal gericht op het scheppen van een morfologisch evenwicht in de Kom van de Oosterschelde. Suppleties concentreren zich in dit gebied waardoor lokaal voldoende toename van arealen en zandvolumes wordt gerealiseerd, zodanig dat ook de afname in de rest van de Oosterschelde gecompenseerd wordt.



- **Vooroeververdedigingen (cascades)** (in combinatie met Patrouille); een oplossing uitgaand van suppleties gecombineerd met lijnvormige constructies op meerdere dieptezones (cascades), waardoor het sediment op platen en vooroevers voor een groot gedeelte vastgehouden kan worden. Door voor de cascade constructies met bijv. oesterriffen te gebruiken liggen hier kansen voor biobouwers.



Uitgangspunten om tot deze oplossingsrichtingen te komen waren:

- Behoud van veiligheid
- Behoud van de natuurdoelen (niet in het geval van oplossing Veiligheid)
- Zandwinning in de geulen of in de Noordzee
- Compenseren van zeespiegelstijging
- Ecologische optimalisatie van de maatregelen door
  - Beperking van het te suppleren areaal
  - Beperken van de suppletie frequentie per locatie
  - Eventuele aanleg van cascades
  - Combinaties van Rijke Dijk varianten binnen de oplossingsrichting Veiligheid

In de appendices A en B met de verslagen en de uitwerking van de workshops, en in de Appendices D en E met nader info over de veiligheidsoplossingen en over de kosten, is meer informatie en onderbouwing van de vier oplossingsrichtingen te vinden.

## 2.6 Verkleining van 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 ( zie Appendix C), 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 cascades.** De effecten van variaties in omvang, vorm en frequentie van suppleties, en van locatie, aantal, vorm, en materiaalkeuze van mogelijke cascades, op zowel kosten als op natuuropbrengst verdienen nadere verkenning.

### 2.6.1 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 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.

Bijzondere aandacht zal daarnaast nog worden gevraagd voor het effect van een versnelde zeespiegelstijging. De argumenten die hierover naar voren zijn gebracht zullen nader tegen het licht worden gehouden. Zo zeggen bijvoorbeeld Mulder en van Heeteren (2009) hierover: "Omwille van duurzaamheid moeten de gesuppleerde zandvolumes bij voorkeur dezelfde orde-grootte hebben als die van de optredende natuurlijke processen: de korte-termijn omvang van de plaaterosie en het lange-termijn proces van zeespiegelstijging. Eerstgenoemde blijkt uit metingen sinds 1983 jaargemiddeld ongeveer 1,5 miljoen m<sup>3</sup><sup>1</sup>. Daarnaast doet de huidige zeespiegelstijgsnelheid van 2 mm per jaar, de totale zandvraag in het bekken jaarlijks toenemen met zo'n 0,75 miljoen m<sup>3</sup>".

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: 1,5 miljoen m<sup>3</sup> per jaar.

In theorie kan deze 1,5 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.

Het zand voor de plaatsuppleties kan ook worden ingevoerd van buiten de Oosterschelde. Wordt jaarlijks 1,5 miljoen m<sup>3</sup> op platen gesuppleerd met zand van buiten, dan snijdt het mes aan meer kanten: de plaaterosie wordt gecompenseerd, de jaarlijkse groei van de zandhonger (0,75 miljoen m<sup>3</sup>) wordt tegengegaan en tegelijkertijd wordt jaarlijks 0,75 miljoen m<sup>3</sup> 'afgelost' van de grote zandhonger. Om een idee te geven: het zou dan meer dan 500 jaar duren om de zandhonger van 400 miljoen m<sup>3</sup> in het systeem te stillen, als de zeespiegel intussen niet sneller zou gaan stijgen en als we sedimentimport door de kering buiten beschouwing laten.

Nemen we aan dat er ook nog jaarlijks 1 miljoen m<sup>3</sup> sedimentimport door de kering plaatsvindt vanuit zee, dan neemt - bij een jaarlijkse plaatsuppletie met zand van buiten en met een omvang van 1,5 miljoen m<sup>3</sup> - de totale sedimentvraag jaarlijks met 1,75 miljoen m<sup>3</sup> af. Ook dan duurt het echter meer dan 200 jaar voor het systeem zich aan de door de Deltawerken veranderde hydrodynamische condities heeft aangepast. Als de snelheid van de zeespiegel toeneemt naar meer dan 4 mm per jaar, zoals door het KNMI voorspeld, - en daarmee de jaarlijkse groei in zandhonger stijgt naar meer dan 1,5 miljoen m<sup>3</sup> per jaar - zal de adaptatieperiode uitkomen op ruim 400 jaar. Grootschalige plaat- en sliksuppletie moet dan ook worden gezien als een permanente maatregel.

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

Tegen 2060 zal ongeveer een derde van de oorspronkelijke 11.000 ha intergetijdengebied verdwenen zal zijn. Zonder maatregelen komt het eindbeeld, voorzien in de periode tussen 2075 – 2100, uit op een resterend areaal van ongeveer 1.500 ha.

---

<sup>1</sup> Hesselink et al., 2003

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 lenen zich uitstekend voor het bestuderen van de relaties tussen steltlopers en eigenschappen van hun foerageergebied in de Oosterschelde. In 2010 gaat ANT deze tijdsreeksen 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).

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 best?).

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 mosselzaadvanginstallaties, MZI's), een invloed hebben op de primaire productie en daardoor op andere schelpdieren (bijv. kokkels).

Uit metingen in 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. De pelagische primaire productie kan op dit moment berekend worden, dit is 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. Er moet dus werk worden verzet om een benthische module van het Westerschelde model over te zetten naar het Oosterschelde model en te valideren met gegevens van de Oosterschelde.



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

Naast de oplossingsrichting Veiligheid worden drie oplossingsrichtingen voorgesteld die als uitgangspunt hebben dat de zandhonger bestreden wordt met behulp van suppleties, al dan niet gecombineerd met een cascade van hardere structuren die de erosie moeten tegengaan (oplossingsrichting Combi). 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. In dien om de 12 jaar gesuppleerd wordt is dit 25 % 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 filterfeeders (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.

*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 rekrutering 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. 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).

Als we bovenstaande aandachtspunten toepassen op de verschillende oplossingsrichtingen kan met de huidige kennis het volgende geconcludeerd worden:

de oplossingsrichting Patrouille heeft als voordeel dat gericht kan gesuppleerd worden op basis van voortschrijdend inzicht (learning by doing strategie) en dat adaptief beheer mogelijk is. Waar en hoeveel (oppervlakte, vorm) er telkens moet gesuppleerd worden moet nog onderzocht worden. Het doel is dat een zo klein mogelijk gebied schade ondervindt en met een zo groot mogelijke terugkeerperiode.

wanneer te vaak moet worden teruggekomen zal er geen voldoende herstel van het bodemmilieu optreden. Optimalisatie kan gezocht worden in het suppleren van slechts bepaalde gedeelten, waarna de natuur het verder over de plaat of over de vooroever verdeeld. Dit laatste concept noemen we zandbrommer.

bij de oplossingsrichting Evenwicht zijn de onzekerheden over de hydraulische en morfologische ontwikkeling na het uitvoeren van zo'n grote suppletie op relatief korte tijdspanne nog zeer groot. Zowel de ontwikkeling van het gebied zelf als het effect op de rest van de Oosterschelde is onvoldoende bekend. Daarmee zijn ook de ecologische effecten moeilijk in te schatten. Er wordt verwacht dat een suppletie van deze omvang een verhoogde kans op vertroebeling met zich meebrengt en er een langzaam herstel van het bodemleven zal optreden. Door alleen intergetijdengebied in de kom van de Oosterschelde te creëren zullen de overige platen en slikken op termijn verdwijnen. Hierdoor kunnen de vogels nog maar in één gebied terecht, en kan vermoedelijk geen volledig behoud (t.o.v. de huidige toestand) nagestreefd worden. Een bijkomend

aandachtspunt is dat er zich in de Kom van de Oosterschelde belangrijke verwaterplaatsen voor mosselen en oesterpercelen bevinden.

De oplossingsrichting Combi kan er toe leiden dat er minder frequent moet gesuppleerd worden, omdat de cascade de erosie zal vertragen. De werking en effectiviteit van cascades dient nog onderzocht te worden (zie volgende paragraaf).

#### 2.6.4 Op welke wijze zijn cascades te optimaliseren?

De cascade bestaat uit een rij van harde constructies op verschillende hoogtelijnen parallel aan de dijk of de plastrand 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 cascades zijn relatief hoog, zodat een levensduur van een cascade of van een cascade plus een suppletie 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 geschikte materialen kunnen de cascades 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 een cascade 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 cascade effectiever dan in het geval van transport hoger in de waterkolom (suspended 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 cascade rond een plaat als extra barrière werkt voor het kleine beetje materiaal dat "omhoog" getransporteerd wordt.

Het aantal cascades 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

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

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

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

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

Rijkswaterstaat, 1991, Veilig getij, de effecten van de waterbouwkundige werken op het getijdemilieu 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.



## **A Workshopverslag I**

## Verslag

**Datum verslag**  
24 december 2009

**Project**  
1201479-000

**Opgemaakt door**  
Holzhauer

**Datum bespreking**  
28 september 2009

**Aantal pagina's**  
27

**Vergadering**  
Mini workshop Suppletie strategieën Oosterschelde

**Aanwezig**

Gert-Jan Liek<sup>1</sup>, Jan Willem Slager<sup>1</sup>, Eric van Zanten<sup>1</sup>, Dick de Jong<sup>1</sup>, Dirk van Maldegem<sup>1</sup>, John de Ronde<sup>2</sup> (Organisatie), Harriëtte Holzhauer<sup>2</sup> (Verslag), Mindert de Vries<sup>2</sup>, Z.B Wang<sup>2</sup>, Nicolette Volp<sup>3</sup>, Menno Eelkema<sup>3</sup>, Leo Zwarts<sup>4</sup>,

1: RWS Zeeland , 2: Deltares, 3:PhD studenten, 4: Bureau Altenburg & Wymenga

**Afwezig**

Tom Ysebaert (IMARES)

## Inhoud

1	Inleiding .....	2
1.1	Probleemstelling.....	2
1.2	Doelstelling.....	2
2	Suppletiebehoefte en randvoorwaarden .....	3
2.1	Verlies aan intergetijdengebied.....	3
2.2	Randvoorwaarden suppletie strategie .....	4
2.2.1	Droogvaluur.....	5
2.2.2	Ruwe indicatie van de zandwin mogelijkheden.....	5
2.3	Uitsluitingsgebieden .....	7
2.4	Ervaring uit de Galgeplaat .....	7
3	Twee suppletieprincipes .....	10
3.1	Brainstorm: Strategieën voor suppletieprincipe I.....	10
3.2	Brainstorm: Strategieën voor suppletieprincipe II.....	11
3.3	Afweging suppletie strategieën .....	12
4	Onderbouwing strategieën .....	13
4.1	Patrouille .....	13
4.2	Evenwicht.....	14
4.3	Alternatieve mogelijkheden uitvoeringswijze .....	15
5	Kaartbeelden .....	17
5.1	Verdeling 'Patrouille' suppletiehoeveelheden.....	17
5.2	'Evenwicht' suppletiehoeveelheden.....	17
5.3	Mogelijke uitvoeringswijzen .....	17
5.4	Zandwinning in de Oosterschelde .....	17
5.5	Zandwinning in de Noordzee .....	17

## 1 Inleiding

### 1.1 Probleemstelling

Sinds de aanleg van de Deltawerken en de afsluiting van de Oosterschelde is o.a. de getijslag en de stroomsnelheid afgenomen. Deze factoren zijn van belang voor de opbouw van intergetijdengebieden. Door de afname van deze plaat opbouwende krachten is er nu sprake van verdrinking van de intergetijdengebieden. Deze ontwikkeling wordt negatief beoordeeld, omdat ecologisch waardevol areaal verloren gaat (afname intergetijdengebied en afname vogelaantallen). Deze negatieve ontwikkeling wil men compenseren door het uitvoeren van maatregelen. Daarbij kan gedacht worden aan bijvoorbeeld het suppleren van zand of het aanleggen van plaatverdedigingen.

### 1.2 Doelstelling

De workshop heeft het karakter van een brainstorm. Het doel is om tot minimaal twee varianten van een suppletiestrategie te komen waarbij de intergetijdengebieden en vogelaantallen voor de komende 50 jaar in stand gehouden c.q. verbeterd kunnen worden. Belangrijk hierbij is:

- locatie van het materiaal
- hoeveelheid
- frequentie van herhaling
- Kwaliteit van de suppletie

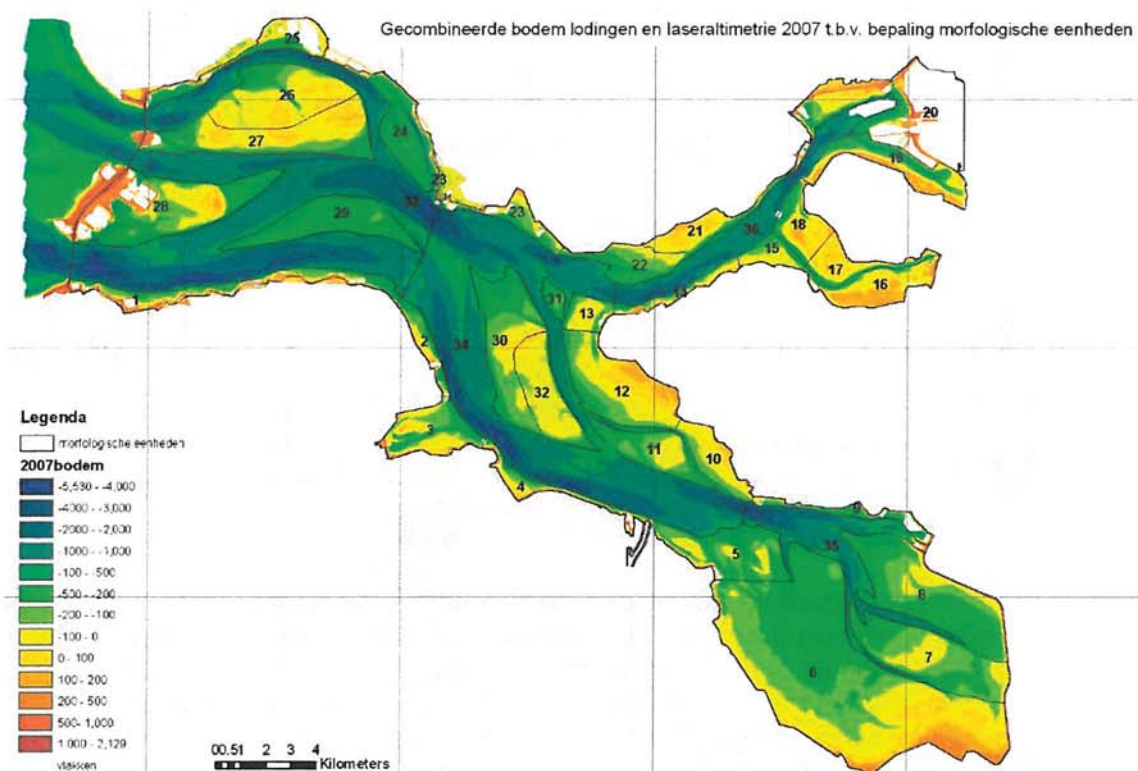
De frequentie van het suppleren op een locatie versus het ecologisch herstel wordt gezien als een belangrijke randvoorwaarde voor de suppletie. De kwaliteit kan worden uitgedrukt in een ecologisch gunstige hoogteverdeling van het gesuppleerde materiaal over het gebied.



## 2 Suppletiebehoefte en randvoorwaarden

### 2.1 Verlies aan intergetijdengebied

Het zandverlies van de intergetijdengebieden in de Oosterschelde bedraagt in de orde van 1 miljoen kubieke meter per jaar. De erosie van de slikken en platen is hierbij van gelijke orde grootte.



Figuur 2-1: Indeling in morfologische eenheden (Studie Haskoning)

Het verlies aan intergetijdengebied als gevolg van de zandhonger is op termijn aanzienlijk. Voor het jaar 2100 wordt een verlies van 50% van de intergetijdengebieden in de kom voorspeld. In het midden een verlies van een kwart van het areaal. In het Westen en Noordoosten zal het verlies minder groot zijn. In onderstaande tabel zijn de benodigde hoeveelheden in  $Mm^3$  per deelgebied (zie ook figuur 2-1) gegeven uitgaande van de door Haskoning<sup>1</sup> uitgevoerde analyse over de periode 1990-2007. Hierbij is het areaal beschouwd gelegen tussen +1,5 meter NAP en -3 meter NAP. In de vijfde kolom staat de geïrodeerde hoeveelheid over de periode 1990-2050 (60 jaar) in  $Mm^3$  (nog zonder correctie).

<sup>1</sup> Jacobse, J.J., M. van der Zel, E. Arnold, E.J. Hofstad (2008). Toekomstprognose ontwikkeling intergetijdengebied Oosterschelde. Doorvertaling naar effecten op veiligheid en natuurwaarden. Royal Haskoning, 9T4814.A0/R0002/SJAC/SSOM/Rott, 12 december 2008, Rotterdam.

	Mm3/jaar 1,5 tot -3	areaal	cm/jaar	Met correctie voor West			
				Periode 1990-2050 Mm3	Periode 1990-2050 cm	Periode 1990-2050 Mm3	Periode 1990-2050 cm
<b>West</b>	<b>-0,07</b>	<b>3782,48</b>	<b>-0,18</b>	<b>4,1</b>	<b>11</b>	<b>12,0</b>	<b>31</b>
Roggeplaat	-0,07	1917,76	-0,37	4,3	22	12,0	63
Neeltje Jans	0,01	860,84	0,12	-0,6	-7	0,0	0
Vuilbaart	-0,03	106,80	-2,70	1,7	162	0,0	0
Vooroever	0,02	897,08	0,23	-1,2	-14	0,0	0
<b>Midden</b>	<b>-0,25</b>	<b>4313,36</b>	<b>-0,59</b>	<b>15,3</b>	<b>35</b>	<b>15,3</b>	<b>35</b>
Galgeplaat	-0,11	1274,48	-0,89	6,8	54	6,8	54
Dortsman	-0,10	1894,48	-0,54	6,2	33	6,2	33
Vooroever	-0,04	1144,40	-0,33	2,3	20	2,3	20
<b>Kom</b>	<b>-0,56</b>	<b>6276,20</b>	<b>-0,89</b>	<b>33,5</b>	<b>53</b>	<b>33,5</b>	<b>53</b>
<b>NO</b>	<b>0,01</b>	<b>3397,76</b>	<b>0,03</b>	<b>-0,7</b>	<b>-2</b>	<b>-0,7</b>	<b>-2</b>
<b>Geulen</b>	<b>0,00</b>	<b>27,56</b>	<b>0,87</b>	<b>-0,1</b>	<b>-52</b>	<b>0,0</b>	<b>0</b>
<b>Totaal</b>	<b>-0,87</b>	<b>17797,36</b>	<b>-0,49</b>	<b>52,2</b>	<b>29</b>	<b>60,1</b>	<b>34</b>

NB NO: Gebieden in de noord oost tak van de Oosterschelde  
Geulen: Gebieden weergegeven met nr 34,35 en 36 in figuur 2-1

De betrouwbaarheid van de in de studie van Haskoning gebruikte bodemdata is beperkt. Vooral in het deelgebied West zijn er een aantal merkwaardige resultaten. De bedragen voor de Roggeplaat die uit deze studie volgen zijn erg klein (erosie van 0,4 cm per jaar). Vanuit de raaidata is bekend dat deze daling minimaal zo'n 1 cm per jaar bedraagt. Voor Roggeplaat is vervolgens de waarde van 1 cm per jaar aangehouden wat neerkomt op ongeveer 12 Mm<sup>3</sup> over de periode 1990-2050. De bedragen voor Neeltje Jans en Vooroever zijn positief (sedimentatie). Dit is zeer onwaarschijnlijk, daarom zijn deze waarden op 0 gezet. De Vuilbaart ligt relatief diep, waardoor suppleren niet voor de hand ligt. Ook deze waarde is op 0 gezet.

De een na laatste kolom van de tabel geeft de aangepaste waarden. Totaal dient er 60 Mm<sup>3</sup> gesuppleerd te worden over de periode 2010-2050 ter compensatie van de erosie over de periode 1990 – 2050. Dit is dus de hoeveelheid die in de komende 40 jaar (2010-2050) gesuppleerd dient te worden om de situatie van 1990 te herstellen.

## 2.2 Randvoorwaarden suppletie strategie

Het herstel van de intergetijdengebieden in de Oosterschelde vraagt een grote suppletie inspanning welke over meerdere jaren uitgevoerd zal moeten worden. Voor het uitzetten van een dergelijke vraag bij de baggermaatschappijen is het belangrijk om eerst een inschatting te maken van

- welke strategieën er mogelijk kunnen zijn (frequentie en locatie).
- over welke suppletiehoeveelheden het nu ongeveer gaat.



Specifieke uitvoeringsmethodieken, kosten, logistiek en capaciteit zijn ook belangrijke vragen maar worden in deze workshop niet besproken.

## 2.2.1 Droogvaluur

De benodigde hoeveelheid zand voor het herstel van de intergetijdengebieden is afhankelijk van de gewenste hoogte. Deze hoeft niet één op één overeen te komen met de hoogte van de intergetijdengebieden in 1990. Om de situatie van 1990 te herstellen is niet zozeer de hoogte van belang maar de droogvalduur van het intergetijdengebied. De droogvalduur is een functie van de hoogte en de optredende waterstanden tijdens een getijperiode. Doordat de waterstanden zijn veranderd in de loop van de tijd zou het zo kunnen zijn dat voor het herstel van de situatie van 1990 niet exact de hoogte van 1990 nodig is. Dit wordt in deze workshop als gegeven beschouwd en niet verder meegenomen in de uitwerking van de suppletie strategieën. De uiteindelijke suppletiestrategie zal hier wel aan getoetst moeten worden.

## 2.2.2 Ruwe indicatie van de zandwin mogelijkheden

Om de zandhonger van de Oosterschelde te stillen is één van de oplossingen om zand op de platen en intergetijdegebieden te suppleren. Een ruwe indicatie van de benodigde hoeveelheden is 0,5 – 2 Miljoen m<sup>3</sup> per jaar. Dit getal is afhankelijk van de werkelijke morfologische ontwikkelingen van de platen en het areaal dat in stand gehouden moet worden. Met name de beschouwde onder en bovengrens (bv. tussen -3m hoogte en +3m hoogte) speelt hierbij een belangrijke rol.

Ten aanzien van de kwaliteit van het zand is op dit moment het volgende te zeggen:

- De korreldiameter dient overeen te komen met de op dit moment voorkomende zandfracties op de platen en intergetijdengebieden, dit houdt in een gemiddelde korreldiameter van ongeveer 200 µm (tussen 150 – 250 µm).
- Geen grote hoeveelheden slib (meer dan 5 %) en geen klei of veen brokken.
- Geen grote hoeveelheden grind in het zand (minder dan 5 volume %)

Voor de zandwinning zijn er twee potentiële gebieden, binnen de Oosterschelde in de geulen en buiten de Oosterschelde in de Noordzee buiten de doorgetrokken 20 meter diepte lijn.

### Zandwinning binnen de Oosterschelde

Indien uitgegaan wordt van zandwinning in het Oosterscheldegebied is voldoende zand aanwezig in de geulen. In appendix 5.4 is een ruwe indicatie gegeven van de beschikbare hoeveelheden zand. De getoonde kaart is gebaseerd op een zeer ruwe indeling van de ondergrond. In werkelijkheid zullen er zich lokale klei en veenlagen voordoen, die in deze analyse buiten beschouwing zijn gebleven. Voordat er gewonnen wordt of voordat een MER opgesteld wordt zal hier nader onderzoek naar moeten worden gedaan.

In het Komgebied zijn de mogelijkheden beperkt. In eerste instantie kan gesteld worden dat zandwinning hier vermoedelijk op problemen zal stuiten. De geulen in de rest van de Oosterschelde geven verder voldoende mogelijkheden tot het winnen van het benodigde zand. In appendix 5.4 is tevens een verdeling van de gemiddelde korrelverdeling gegeven aan het oppervlakte, op grotere diepte kan dit afwijken. De gewenste gemiddelde korreldiameter lijkt in ieder geval aanwezig te zijn.



Het voordeel van winning in de Oosterschelde is de korte vaarafstand, waardoor de kosten relatief laag zijn. Het nadeel is dat er in de Oosterschelde slib vrij komt (slibpluim) tijdens de winning met mogelijke effecten voor de omgeving. Verder wordt ter plekke van de winning de bodemfauna vernietigd en zal rekolonisatie enige tijd vergen. Verder wordt het zand tekort van de gehele Oosterscheldesysteem hiermee niet structureel opgelost. Ook bij winning in de Noordzee met de hier genoemde hoeveelheden is er echter geen structurele oplossing.

#### Conclusie:

Uitgaande van de beschikbare hoeveelheden en de korrelverdelingen is zandwinning in de geulen (behalve in het Komgebied) een mogelijke optie. Om specifieke zandwinlocaties aan te geven en om de effecten te bepalen is nader onderzoek nodig.

#### Zandwinning buiten de Oosterschelde

Indien uitgegaan wordt van zandwinning buiten de Oosterschelde is de Noordzee buiten de doorgetrokken 20 meter diepte lijn het aangewezen gebied. Deze 20 meter diepte lijn staat weergegeven in appendix 5.5 (blauwe lijn in beide figuren). In de bovenste figuur van de appendix staat de gemiddelde korreldiameter gegeven aan het oppervlakte. Een gemiddelde korreldiameter kleiner dan 250  $\mu\text{m}$  is op niet veel plaatsen te vinden (in ieder geval aan het oppervlakte). De troggen tussen de Zeeuwse banken geven de beste mogelijkheden. In appendix 5.5 zijn met groen de in de Suppletie MER 2008-2012 voorgestelde gebieden weergegeven. Deze gebieden zijn juist op de toppen van de zeeuwse banken gelegen waar wat grover materiaal te vinden is en waar (als er geen schelpenbanken aanwezig zijn) de schade aan de ecologie het minst is. Op de aanwezigheid van schelpenbanken moet dan ook gecontroleerd worden.

In de onderste figuur is met een rood kader het potentiële winningsgebied gegeven. Indien een MER opgesteld wordt mag ook in gebieden gewonnen worden, waar al eerder gewonnen is. Nemen we ook de gewenste korreldiameter in beschouwing dan is waarschijnlijk het rode gebied een goede optie. Onderzocht moet worden of op grotere diepte zand met de gewenste kwaliteit aanwezig is.

Het voordeel van winning in het Noordzeegebied is dat de plaatselijk vrijkomende slibhoeveelheden minder schadelijk zijn en het zandtekort van de Oosterschelde kleiner gemaakt wordt.

Het nadeel is dat de vaarafstand relatief groot is en dat op de een of andere manier de kering gepasseerd moet worden, hetgeen de suppletie relatief duur maakt. Het nadeel van de voorgestelde winning van relatief fijn zand in de trog van de zeeuwse banken (rode gebied in appendix 5.5) is dat deze plaats vindt in een gebied met een potentieel hogere ecologische waarde. Een locale survey moet aangeven of dit echt zo is.

#### Conclusie:

Uitgaande van de beschikbare hoeveelheden en de korrelverdelingen is zandwinning in de trog van de Zeeuwse banken een mogelijke optie. Om specifieke zandwinlocaties aan te geven en om de effecten te bepalen is nader onderzoek nodig.

## 2.3 Uitsluitingsgebieden

Op basis van het huidige ruimte gebruik van de Oosterschelde is door middel van een Gis-analyse een grove inschatting gemaakt welke gebieden minder geschikt zijn voor het aanbrengen van een suppletie. Daarnaast is er gekeken of het überhaupt mogelijk is om zonder conflicten met het huidige ruimte gebruik de benodigde hoeveelheden te kunnen suppleren. Bij de uitwerking van het daadwerkelijke plan zal hier een, mogelijk meer gedetailleerde, update van gemaakt moeten worden.

Er is uitgegaan van de volgende functies in de Oosterschelde:

- Zeegrasvelden (bestaande en experimentele)
- Rustgebieden van Zeehonden
- Duikgebieden
- Schorren
- Schelpdier kwekerijen
- Jachthavens
- Vaarwegen

Het blijkt dat het niet mogelijk is om met alle functies rekening te houden én de benodigde hoeveelheden te suppleren op een ecologische en morfologische verantwoorde manier. Voor het bepalen van de suppletie strategieën wordt dan ook niet expliciet rekening gehouden met het huidige ruimtegebruik. Al is het wel wenselijk om gebruikfuncties die niet verplaatsbaar zijn zoals schor- en zeegrasgebieden te ontzien.

## 2.4 Ervaring uit de Galgeplaat

De hoogte ligging van de Galgeplaat in de Oosterschelde is sinds de aanleg van de Kering hard afgenomen. De Galgeplaat heeft een erosiesnelheid van ongeveer 0,9 cm/jaar.

In het najaar van 2008 is er een suppletie aangebracht op de Galgeplaat van circa 130.000 kuub en een oppervlak van 20 ha. Voor de suppletie is gebruik gemaakt van vrijgekomen zand bij het vaargeul onderhoud. De gemiddelde hoogte van de suppletie is ongeveer 75 cm boven NAP.

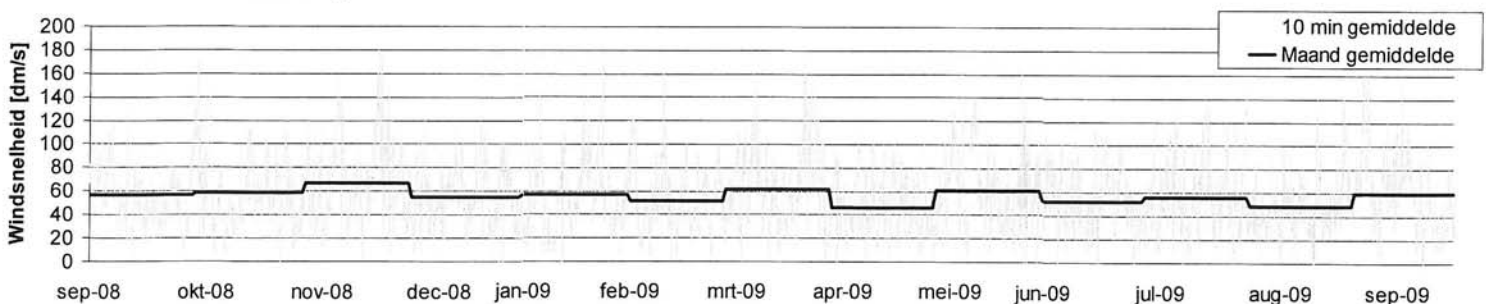




Figuur 2-2: Aanleg suppletie Galgeplaat 24 -9-2008

Sindsdien zijn de ontwikkelingen op de Galgeplaat uitgebreid gemonitord. Er is sprake van een lichte verplaatsing van zand in de eb- en vloedrichting. Op de hoge delen van de suppletie is er sprake van een stevige erosie (1 cm/maand). Aan de randen van de suppletie zijn geultjes ontstaan. Rond de suppletie waaiert het zand een beetje uit, maar verder op de plaat zijn geen effecten van de suppletie waargenomen.

De weersomstandigheden sinds de aanleg zijn vrij rustig geweest. Er zijn nog geen grote stormen geweest. Bij gemiddelde windsnelheden tussen de 200 en 244 dm/s is er sprake van een storm (wind kracht 9) vanaf een windsnelheid van 140 dm/s is er sprake van een harde wind (KNMI). Gemiddeld lag de windsnelheid rond de 60 dm/s dit is een matige wind (wind kracht 3-4).



**Datum**  
24 december 2009

**Pagina**  
9/18

*Figuur 2-3: Windsnelheden bij Stavernisse (Bron: HMZC)*

Verder is er sprake van een snelle kolonisatie van voornamelijk wadpieren. De kolonisatie start vanuit de lage delen van de suppletie. Op de hoge delen is nog nauwelijks ecologische activiteit waargenomen.

Er zijn nog geen foeragerende vogels gesignaleerd op de suppletie zelf. Omdat de suppletie hoger ligt landen er wel vogels op de suppletie om vandaar uit het lage water af te wachten waarna ze op de rest van de plaat gaan foerageren.

## 3 Twee suppletieprincipes

Er zijn voor deze workshop twee suppletieprincipes gedefinieerd.

- I. Breng de intergetijdengebieden in de Oosterschelde weer zoveel mogelijk terug naar de situatie van 1990.
- II. Herstel het verlies aan oppervlak en kwaliteit van het intergetijdengebied sinds 1990 ergens in de Oosterschelde.

Voor beide principes worden verschillende strategieën bedacht door middel van een brainstorm. Na de brainstorm worden de strategieën met de meeste voorkeur verder uitgewerkt tot een kaartbeeld.

### 3.1 Brainstorm: Strategieën voor suppletieprincipe I

#### 1A. Patrouille

Jaarlijks wordt er één gebied flink gesuppleerd zodat daar voor 20 of meer jaren niet meer gesuppleerd hoeft te worden. Het gesuppleerde gebied is dan ecologisch gezien volledig leeg (geen bodemdieren/voedsel meer aanwezig). De rest van de Oosterschelde is dan echter niet beïnvloed en biedt voldoende uitwijkmogelijkheden voor vogels en zeehonden om ergens anders te foerageren of te rusten. Omdat het gebied in een keer voor een langere periode voorzien is van voldoende materiaal krijgt de ecologie daarna voldoende tijd om zich te herstellen.

#### 1B Vooroeversuppletie

De suppletiehoeveelheid wordt voor de plaat aangelegd. De natuurlijke morfologische processen moeten er dan voor zorgen dat het materiaal geleidelijk op de plaat terecht komt. Op deze manier groeit de plaat langzaam en wordt de ecologie op de plaat minder verstoord. Het is echter wel de vraag of er voldoende dynamiek in de Oosterschelde aanwezig is om het aangebrachte materiaal van vóór de plaat, de plaat op te transporteren. Verschillende studies geven aan dat het gebrek aan dynamiek ten behoeve van het transport de plaat op juist het probleem is van de zanderosie.

#### 1C. Lage frequentie suppletie

De benodigde hoeveelheid suppletiemateriaal is groot. Door zoveel mogelijk in een keer aan te brengen wordt het gebied één keer verstoord en daarna zoveel mogelijk met rust gelaten.

#### 1D. Mogelijke uitvoeringswijzen: Aanlandpunten met sproeikoppen

In de Oosterschelde worden verschillende aanlandpunten met sproeikoppen geconstrueerd van waaruit doormiddel van bv sproeien het suppletiemateriaal wordt aangebracht en door de stroming verder getransporteerd kan worden. Het materiaal wordt geleidelijk toegevoerd zodat de natuurlijke processen (ecologische en morfologisch) minimaal worden verstoord.

#### 1E. Suppletie etappes

Het in een keer op orde brengen van een plaat heeft als voordeel dat het daarna rustig kan herstellen. Echter het herkoloniseren van een plaat gaat beter wanneer er in de buurt nog bodemdieren aanwezig zijn. Door de plaat in etappes op orde te brengen wordt een deel van



de plaat bedekt en kan vanuit een ander deel de herkolonisatie snel opgang gebracht worden. Ook hoeven vogels niet helemaal uit te wijken naar een andere plaat maar kunnen van dezelfde plaat gebruik blijven maken.

### 3.2 Brainstorm: Strategieën voor suppletieprincipe II

#### 2A. Beschermd suppletie

In gebieden waar de golfwerking groot is de erosie ook groot. Door juist te suppleren in de langzaamst eroderende gebieden kan het rendement van een suppletie ook groter zijn. Zo is direct achter de kering het gebied vrij goed beschermd tegen golfwerking. Hierdoor is de erosie in dit gebied minder groot. Door de beschutte ondieptes te gebruiken voor suppleties zou bijvoorbeeld Neeltje Jans uitgebreid kunnen worden met nieuw intergetijdengebied. Bijkomend voordeel is dat de transportlijnen vanuit de Noordzee hier kort zijn. Verder zou dit principe eventueel ook toegepast kunnen worden bij Slaak.

#### 2B. Functie versterkende suppletie

De Oosterschelde kent verschillende functies waaronder recreatie. Door suppleties aan te leggen op locaties waar bij voorbeeld behoefte is aan strand kan een suppletie deze functie versterken. De ecologische functie wordt op deze wijze echter minder versterkt.

#### 2C. Evenwicht

De Oosterschelde is als gevolg van de aanleg van de Deltawerken uit z'n morfologische evenwicht gebracht. Door de afname van de getijslag en de stroomsnelheden zijn de geulen in verhouding te groot geworden en zijn de krachten voor het opbouwen/meegroeien van de platen verdwenen. Door het aanbrengen van een grote suppletie in bijvoorbeeld de kom kan lokaal het hydraulische evenwicht hersteld worden. Andere gebieden waar het evenwicht hersteld zou kunnen worden zijn de Krabbenkreek, Dortsman en de Galgeplaat.

### 3.3 Afweging suppletie strategieën

Alle aanwezigen krijgen de mogelijkheid om per suppletieprincipe (I en II) een sticker te plakken bij die strategie die hun het beste lijkt. Hieruit komen 3 strategieën naar voren met de meeste voorkeur.

- 1A Patrouille
- 1D Aanlandpunten met sproeikoppen
- 2C Evenwicht herstellen

Deze 3 strategieën worden verder uitgewerkt in drie groepen. Waarbij de methode, locatie en hoeveelheden worden uitgewerkt in een kaartbeeld met een onderbouwing. Deze 3 kaartbeelden vormen het product van deze workshop. De kaartbeelden zullen worden gebruikt in de vraagsturing van de uit te voeren suppleties in de Oosterschelde aan de baggermaatschappijen.

De volgende groepsindeling per strategie is toegepast

1A Patrouille	2C Evenwicht	1D Alternatieve uitvoeringswijzen
Eric van Zanten	Jan Willem Slager	Dick de Jong
Gert-Jan Liek	Dirk van Maldegem	John de Ronde
Leo Zwarts	Z.B. Wang	Nicolette Volp
Harriette Holzhauser	Mindert de Vries	Menno Eelkema

## 4 Onderbouwing strategieën

Op basis van de tijdens de brainstorm gegenereerde gebieden zijn de volgende strategieën verder uitgewerkt. De uitwerkingen geven een eerste idee van de uitgangspunten en doelen van de verschillende strategieën en wat de eventueel verwachte effecten zijn op de ecologie en morfologie van de Oosterschelde. De uiteindelijke suppletie strategie zal in meer detail uitgewerkt moeten worden.

### 4.1 Patrouille

De strategie gaat uit van het principe dat er jaarlijks een rondgang (patrouille) door de Oosterschelde wordt gemaakt waarbij iedere keer een andere locatie in de Oosterschelde gedeeltelijk wordt gesuppleerd. Na 20 jaar zijn alle gebieden in de Oosterschelde een keer gesuppleerd. Belangrijke uitgangspunten bij deze strategie zijn:

#### *Lokaal herstel krijgt tijd en ruimte*

Doordat in een bepaald gebied, dit hoeft geen gehele plaat te zijn, in een keer de hoeveelheid voor bijvoorbeeld 20 jaar wordt gesuppleerd kan het gebied daarna met rust gelaten worden. Het gesuppleerde gebied heeft dan alle tijd en ruimte om zich ecologisch te herstellen. Pas na 20 jaar is de patrouille langs alle locaties in de Oosterschelde geweest en moet er opnieuw aan de 'ronde' worden begonnen. De periode van 20 jaar mag ook langer zijn (30 of 40 Jaar), per locatie per keer moet dan navenant meer gesuppleerd worden. Hoe langer de omlooptijd hoe verder de later aan de beurt zijnde gebieden zijn "weggezakt", en hoe groter het ecologisch herstel in de tussentijd. Dat is een afweging die gemaakt moet worden.

#### *Transportprocessen het werk laten doen*

Voor het aanbrengen van de suppletiehoeveelheden op de locaties voor het betreffende jaar is de Oosterschelde opgedeeld in stortvakken. De stortvakken beslaan een deel van de te suppleren locatie, waardoor maar een deel van de locatie bedekt wordt en de rest van de locatie zijn functie behoudt zodat van daaruit herkolonisatie van het gesuppleerde gebied kan plaatsvinden.

De baggeraar krijgt de opdracht om een bepaalde hoeveelheid in een 'stortvak' te storten met een dusdanige hoogteverdeling en locatie, dat de natuurlijk transportprocessen ervoor zorgen dat het materiaal verder over de plaat verdeeld wordt en er voor bodemdieren voldoende mogelijkheid is om zich opnieuw te vestigen. Dit houdt in dat het niet erg is wanneer er een klein deel van het materiaal tot boven de hoogwaterlijn wordt aangebracht. Op dat stukje van de stortlocatie is het gebied dan tijdelijk te hoog voor het vestigen van bodemdieren maar de tijd zal ervoor zorgen dat deze hoge stukken worden uitgevlakt en het zand geleidelijk over de rest van de plaat wordt verdeeld. Het geleidelijk verdelen van het zand over de rest van de plaat zorgt ervoor dat die delen van de plaat rustiger in hoogte kunnen toenemen waardoor de bodemdieren mee kunnen bewegen en niet bedekt worden door een te grote laag zand in een keer.



### *Bobbeltjes*

Door de suppletie bobbelig en ruw aan te leggen ontstaan er geultjes, kuiltjes en andere onregelmatigheden. Hier kan water iets langer blijven staan zodat de lengte van de laagwaterlijn verlengd wordt. Ook blijven bodemdieren vaak wat langer actief wanneer er een laagje water achter blijft. Hierdoor zijn ze makkelijker te vinden voor vogels. Ook kan hier slib bezinken wat zorgt voor diversiteit in de sedimentsamenstelling.

### *Bevorderen herkolonisatie*

De opdeling met stortvakken van een locatie zorgt ervoor dat niet te grote gebieden in een keer bedekt worden. Daarnaast hoeft een stortvak niet volledig gevuld te worden. Door gebieden aangrenzend aan de suppletie onbedekt te laten kan vanuit die gebieden de herkolonisatie starten. Het percentage van het stortvak dat onbedekt moet blijven is afhankelijk van de specifieke locatie, functie en status van het intergetijdengebied. Een andere mogelijkheid is om in stroken of bergen te suppleren en het tussengelegen gebied vrij te laten.

### *Ecologische functie slechts deels verstoord*

Doordat de stortvakken verdeeld zijn over delen van de intergetijdengebieden wordt door de suppletie slechts een deel van het gebied verstoord. Hierdoor blijft de ecologische functie van een plaat deels behouden. Hierdoor hoeven vogels niet naar een hele andere plaat uit te wijken maar slechts naar een ander deel van de plaat. Het is belangrijk om na te gaan hoe vogels een reliëf op de plaat ervaren. Er bestaat een mogelijkheid dat door het aanbrengen van te grote hoogte verschillen op een klein gebied de vogels niet meer tussen de zandbulten komen omdat ze het overzicht over de plaat kwijt zijn en zich niet meer veilig voelen tijdens het foerageren.

### *De suppletiepatrouille route*

Op de kaart in de bijlage zijn 20 stortvakken weergegeven met daarin de hoeveelheid benodigd materiaal voor de periode 2010-2050 (40 jaar). Afhankelijk van de frequentie moet er op deze locaties eens in de 20, 40 of 60 jaar terug gekomen worden. Indien uitgegaan wordt van 40 jaar geeft de kaart de te suppleren hoeveelheden aan per deelgebied. In het geval van 20 jaar is het per keer de helft van de in de kaart getoonde getallen.

## **4.2 Evenwicht**

De kom in het oosten van de Oosterschelde is uit evenwicht. Door een grote hoeveelheid materiaal aan te brengen met de bijbehorende hoogteverdeling kan het evenwicht tussen de geulen en de platen in dat gebied hersteld worden.

Het idee is dat er sediment wordt aangebracht in dit gebied, met een zodanige hoeveelheid en op een zodanige manier, dat het qua plaatareaal, plaathoogte en omvang van de geulen weer voldoet aan de empirische relaties voor het morfologische evenwicht.

De kom ligt aan het eind van het estuarium. Daarom kan dit deel van het estuarium als een gesloten bekken worden beschouwd, waarvoor evenwichtsrelaties voor de genoemde morfologische kenmerken beschikbaar zijn. Het evenwicht voor het plaatareaal is een functie van het totale oppervlak van de kom. Het evenwicht voor de plaathoogte is een functie van de getijslag. Het totale geulvolume bij evenwicht is een functie van het getijprisma. Op basis van deze relaties kan de benodigde hoeveelheid sediment worden uitgerekend aan de hand van de huidige geometrie en bathymetrie met de aanname dat de getijslag niet verandert na de ingreep. De berekening kan eventueel worden verfijnd door opnieuw een berekening te maken voor de getijstroming met de aangepaste morfologie na de ingreep om de eventuele



veranderde getijslag te krijgen. Een schatting voor de benodigde hoeveelheid sediment is al gedaan in de eerdere studies. De geschatte hoeveelheid is 66 miljoen m<sup>3</sup>. Verder moet het sediment dusdanig worden aangebracht dat de geulenpatroon klopt. Dit kan voorlopig alleen worden bepaald aan de hand van expert-judgement. Een eerste idee is weergegeven in de suppletie strategie kaarten

Behalve de kom is het ook mogelijk dezelfde ingreep te doen in het Noordoostelijke deel van het estuarium (zie Kaartbeelden). Als wij de twee gebieden naast elkaar leggen dan kunnen wij de volgende voor- en nadelen van de twee gebieden constateren:

	<b>Voordelen</b>	<b>Nadelen</b>
<b>De Kom</b>	Effectief: veel plaat te creëren met beperkte hoeveelheid sediment  Groot gebied	Veel weerstand te verwachten van schelpdier visserij
<b>Noordoost</b>	Nauwelijks weerstand te verwachten	Mogelijkheid qua oppervlak beperkt  Relatief diep, dus veel sediment nodig per m <sup>2</sup> plaat

Deze maatregel kan genoeg intergetijdengebied creëren om het verlies in de afgelopen 20 jaar plus het verwachte verlies in de komende decades te compenseren. Er moet dan ook gekeken worden naar verlies en compensatie in termen van "droogvalduur maal oppervlak".

#### **4.3 Alternatieve mogelijkheden uitvoeringswijze**

Tijdens de workshop is bedacht om "continue" kleine hoeveelheden te suppleren met de gedachte dat steeds een kleine hoeveelheid minder tot geen schade aan de natuur zal toebrengen, hiertoe zijn een aantal uitvoeringsmethoden bedacht, die hieronder zijn weergegeven. Enkele van deze technieken kunnen ook worden toegepast voor "grote" hoeveelheden in één keer met een lage frequentie (bv. een maal per 20 jaar). Bij de continue toepassing wordt gedacht aan een suppletiedikte van minder dan 5 cm. Volgens de ecologen is dit de grens van bedekking die de ecologie nog zonder "schade" kan doorstaan.

##### *Vaste pijpleidingen met sproeikoppen (alleen in het geval van "continue" suppleties)*

Door verschillende aanlandpunten met pijpleidingen en sproeikoppen te construeren kan het suppletiemateriaal geleidelijk worden aangebracht, zodat de natuurlijke processen (ecologische en morfologisch) minimaal worden verstoord. Het biedt de mogelijkheid om met kleinere hoeveelheden te werken en je kunt op een bepaalde locatie ieder jaar terug komen. De snelheid waarmee de plaat dan 'omhoog komt' kan bijgehouden worden door het bodemleven. Het is echter wel belangrijk om na te gaan of de bodemdieren in staat zijn om 'continue' mee omhoog te komen uit de bodem. Mogelijk kost dit veel energie en is er niet voldoende tijd en energie over voor eten en rusten.

Er wordt gedacht aan pijpleidingen die langs of onderaan de dijk liggen en die ingegraven kunnen worden. De sproeikoppen steken 0,5 tot 1 meter boven het bodemniveau uit en zijn om de 100 a 300 meter gesitueerd langs de pijpleiding. Per sproeikop moet dan ongeveer 1250 tot 2500 m<sup>3</sup> zand per jaar worden gesuppleerd. (Met 200 sproeikoppen is dit 250.000 tot 500.000 m<sup>3</sup> per jaar. Deze methode is vooral geschikt voor de gebieden gelegen voor de dijken met een hoogte boven NAP. Bij het aanbrengen van vaste leidingen in de Oosterschelde zal er wel

gekeken moeten worden naar de effecten van de aanwezigheid van leidingen op o.a. het gedrag van vogels. Ook zal er rekening gehouden moeten worden met het onderhoud en het op termijn eventueel weer verwijderen van de leidingen.

#### *Drijvende pijpleidingen met sproeikoppen*

Het is niet wenselijk om overal in de Oosterschelde vaste sproeikoppen te installeren. De pijpleidingen en aansluitpunten zorgen voor een beperking in de bereikbaarheid van verder gelegen intergetijdengebieden. Drijvende leidingen, bieden hier een oplossing. Deze kunnen in minder bereikbare gebieden worden aangelegd zodat vandaar de sproeikop kan worden gebruikt. Op deze manier wordt ook voorkomen dat er leidingen door de vaargeul getrokken moeten worden. Tevens zijn drijvende leidingen verplaatsbaar wat de flexibiliteit aan te suppleren locaties vergroot. Aan deze leidingen kunnen een aantal sproeikoppen (10 a 50) bevestigd worden. In het geval van de "continue" suppleties wordt de leiding langzaam verhaald dusdanig dat per locatie niet meer dan 5 cm dikte wordt gesuppleerd. Het jaar daarop wordt dit dan herhaald.

In het geval van één suppletie voor een langere periode (om de 20 á 40 jaar) wordt een dikke laag aangebracht van mogelijk zelfs enkele meters dikte. Deze methode is vooral geschikt voor de plaatgebieden en vooroevergebieden beneden NAP.

#### *Rainbowen*

Als derde methode is gedacht aan rainbowen. In het geval van de "continue" suppleties wordt varend gerainbowd met een dusdanige snelheid dat de laagdikte van de suppletie minder is dan 5 cm. In het geval van de suppletie voor een langere periode kan een dikke laag aangebracht worden.

In de bijlagen is weergegeven hoe de drie methoden gecombineerd ingezet kunnen worden.

## **5 Kaartbeelden**

- 5.1 Verdeling 'Patrouille' suppletiehoeveelheden**
- 5.2 'Evenwicht' suppletiehoeveelheden**
- 5.3 Mogelijke uitvoeringswijzen**
- 5.4 Zandwinning in de Oosterschelde**
- 5.5 Zandwinning in de Noordzee**

**Datum**  
24 december 2009

**Pagina**  
18/18

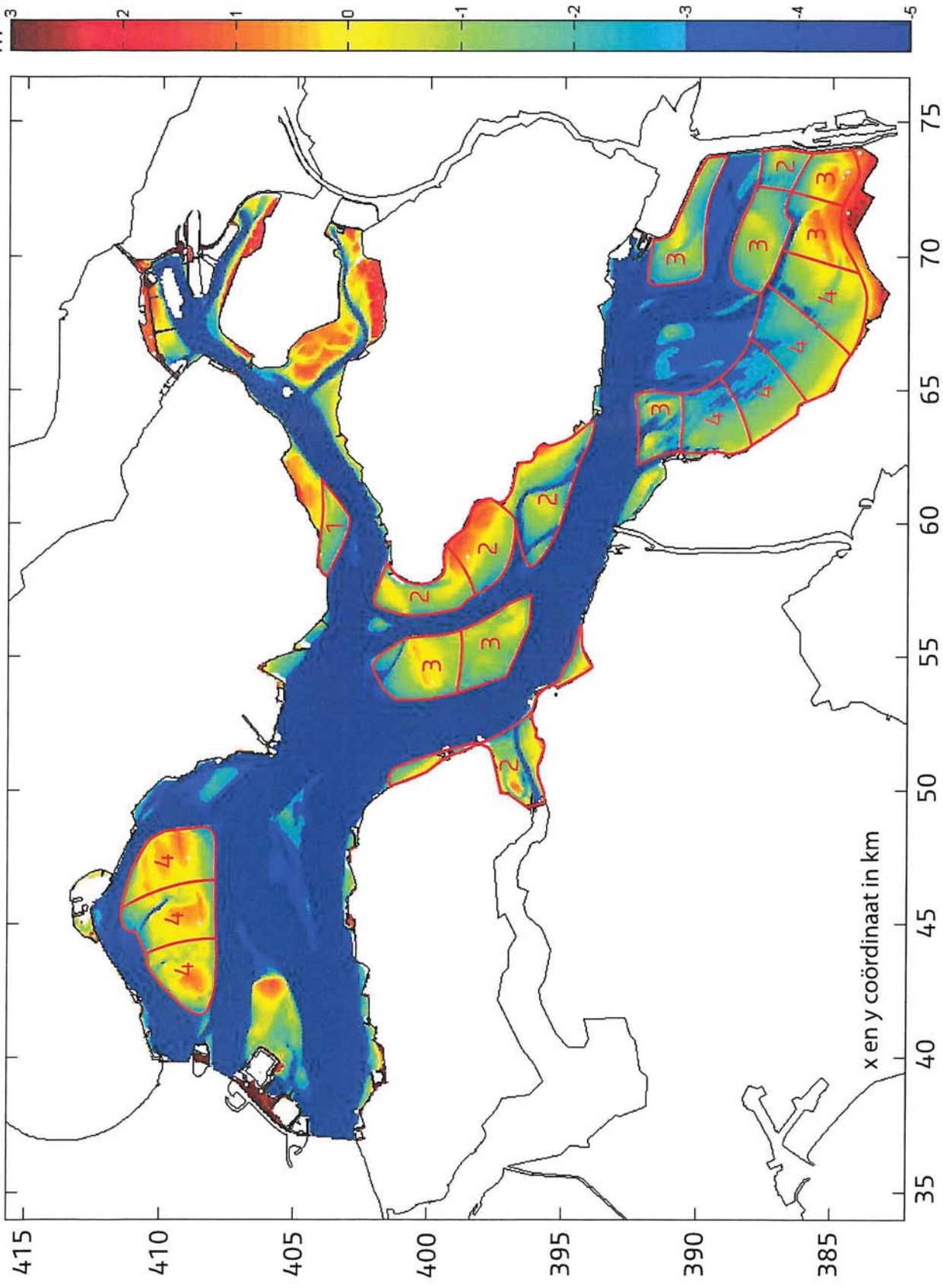
**Kopie aan**

Peter Meiniger, Hans Drost (RWS), Luca van Duren, Jan Mulder, Wout Snijders (Deltares)



Alternatief I Verdeling "Patrouille" suppletiehoeveelheden (1 x per 20 jaar of 40 jaar rond)

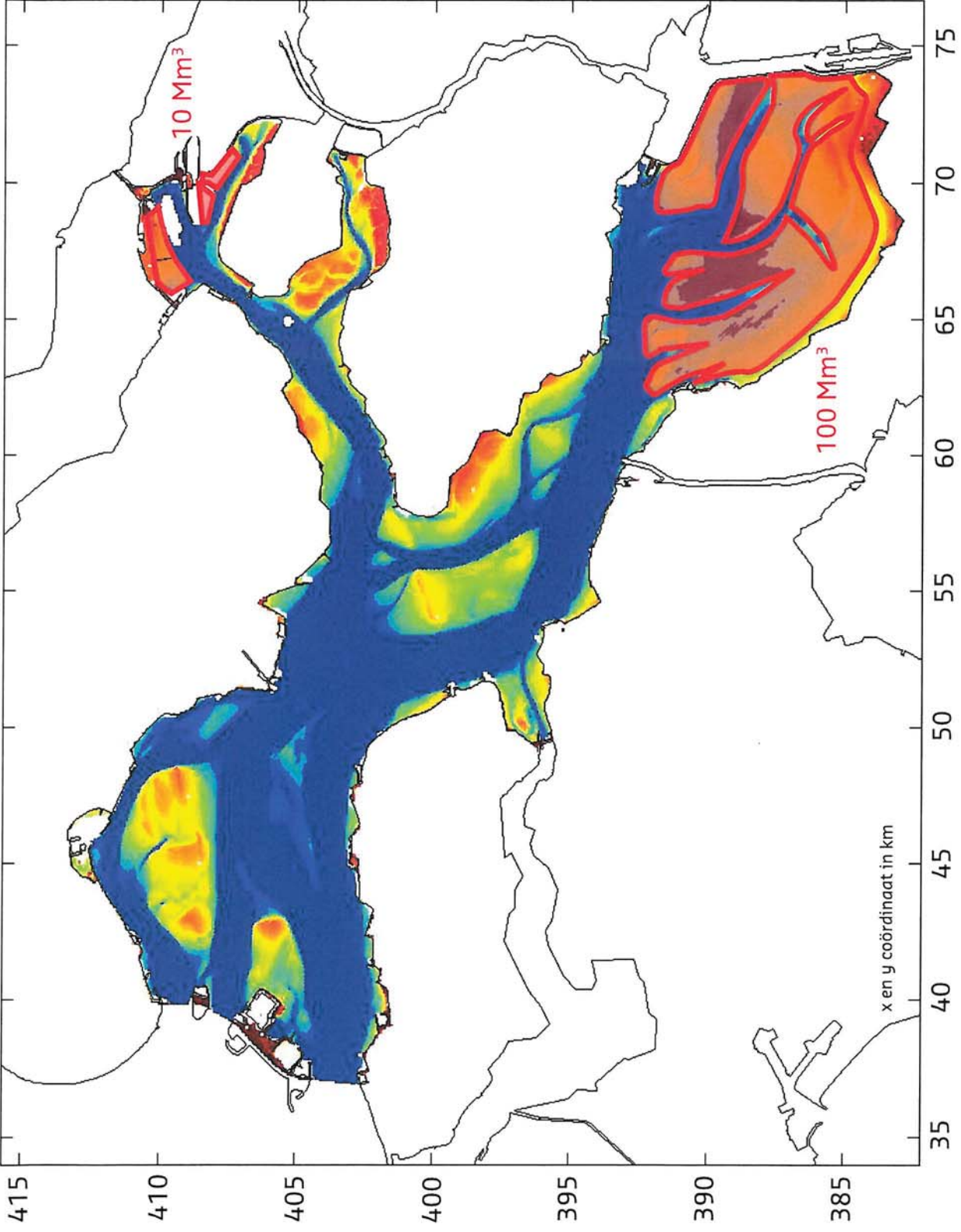
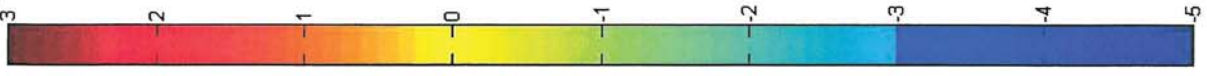
hoogte in  
m + NAP



Hoeveelheden bepaald uit studie Haskoning 1997 - 2007  
20 deelgebieden met totaal 60 Mm<sup>3</sup> te suppleren in de periode 2010 - 2050

Alternatief II "Evenwicht" suppletiehoeveelheden

hoogte in  
m + NAP



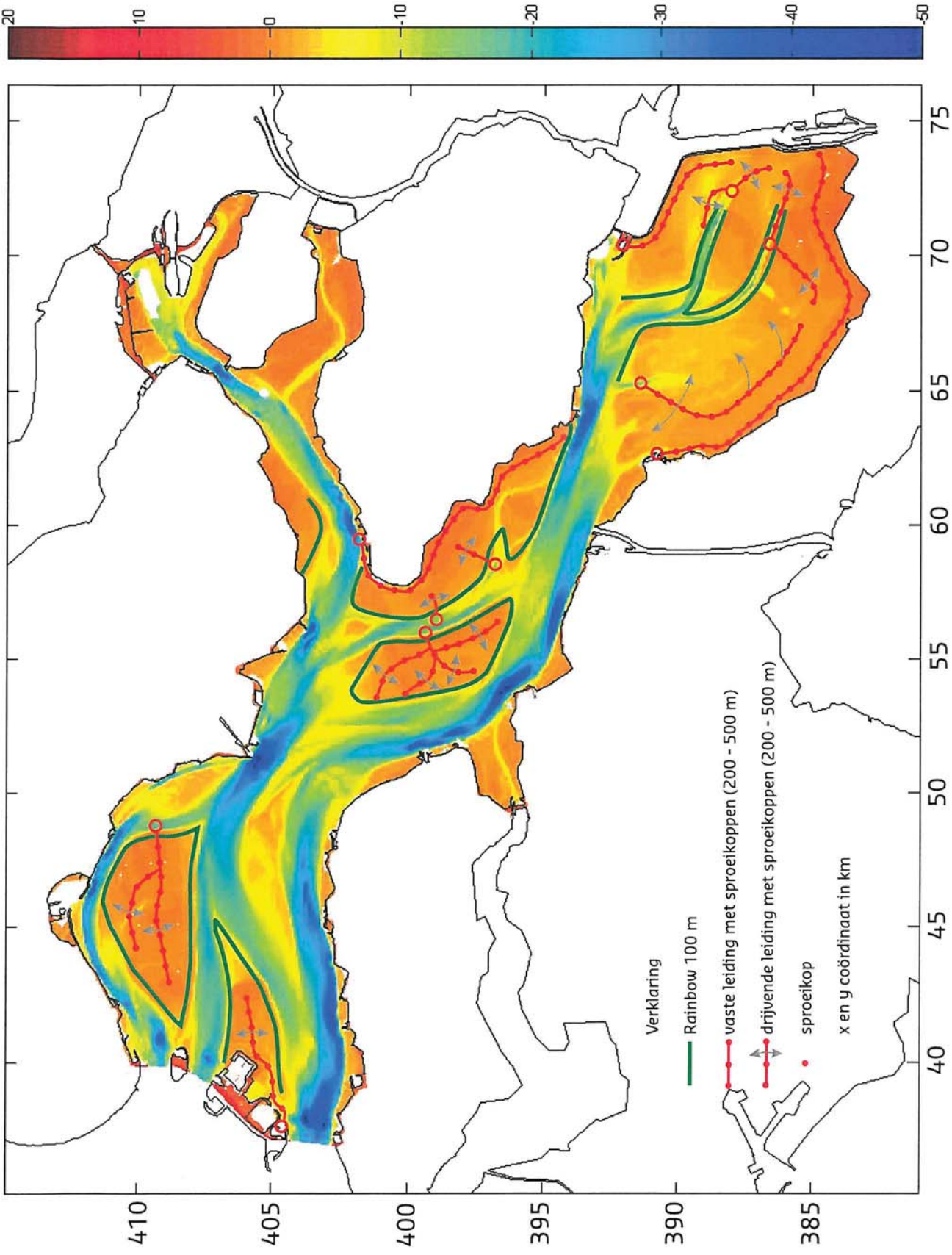
KOM = Achteruitgang 1990 - 2050 + nodig voor evenwicht = 34 + 66 = 100 Mm<sup>3</sup>

NO = Achteruitgang 1990 - 2050 + nodig voor evenwicht = 0 + 10 = 10 Mm<sup>3</sup>

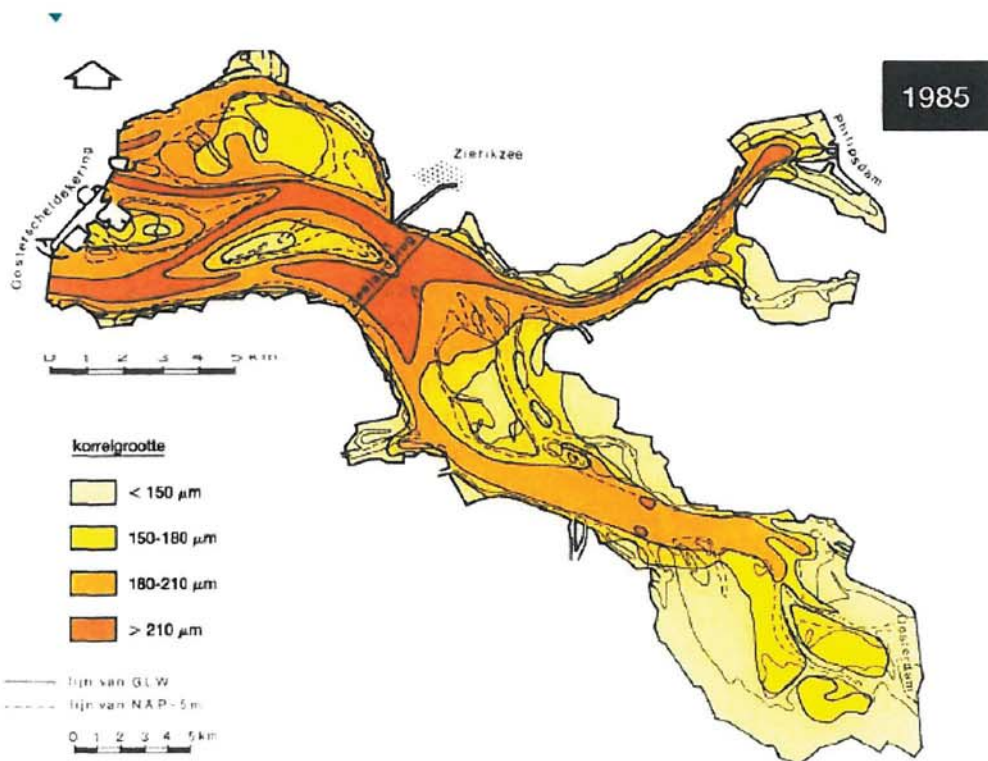
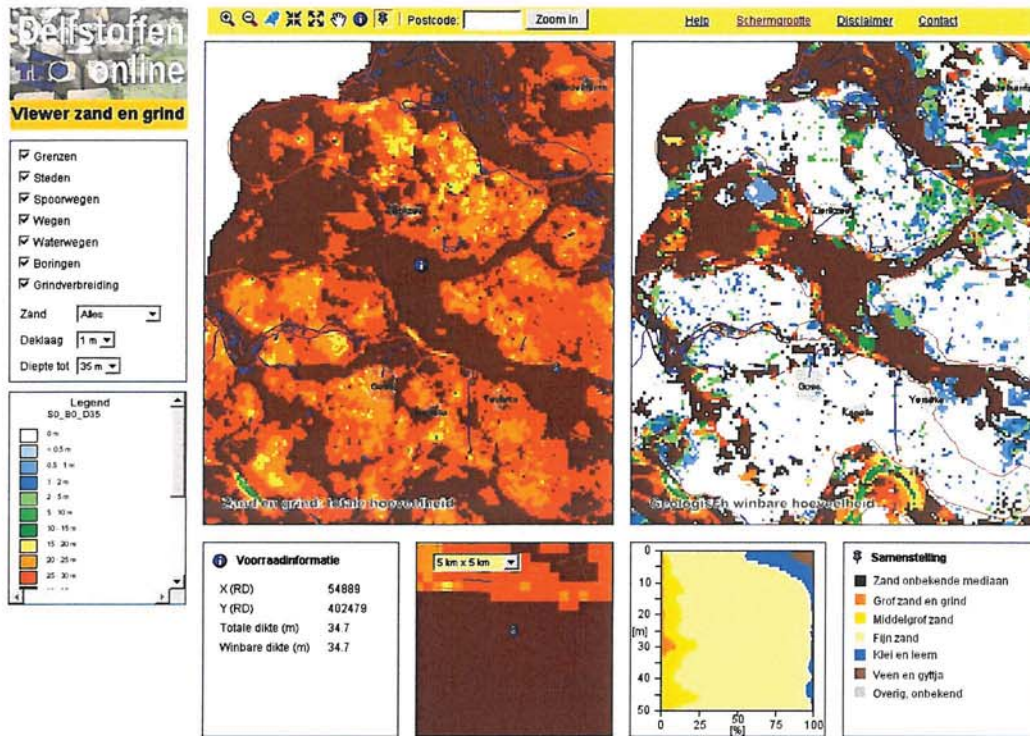


# Mogelijke uitvoeringswijzen

hoogte in  
m t.o.v. NAP



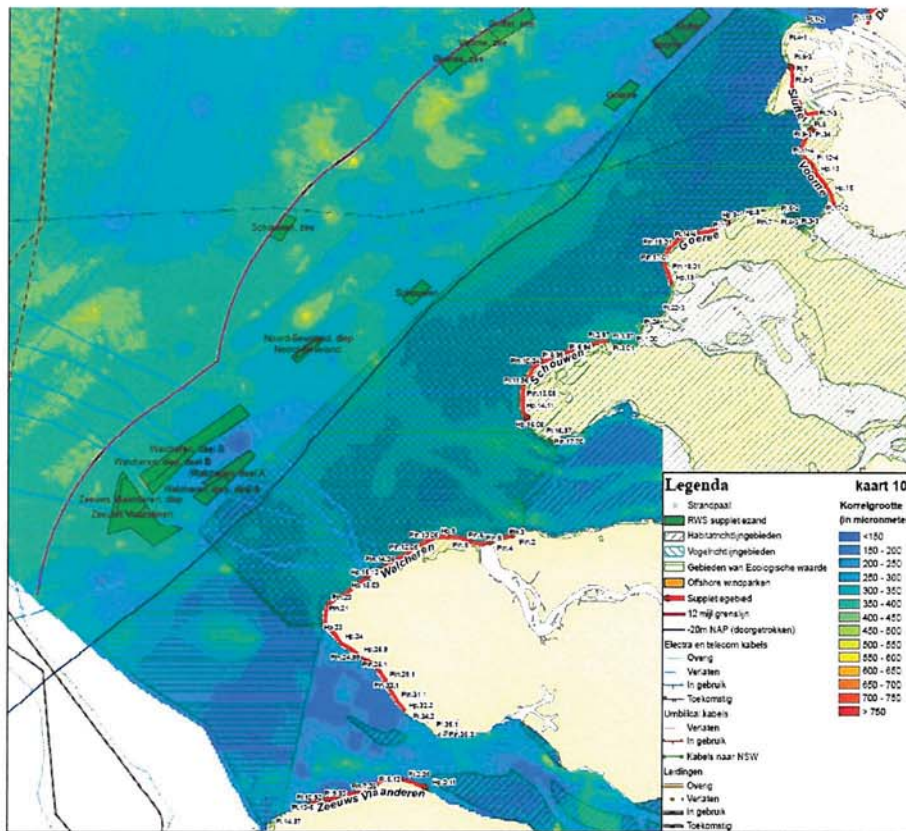
Appendix 5.4: Ruwe indicatie zandhoeveelheden



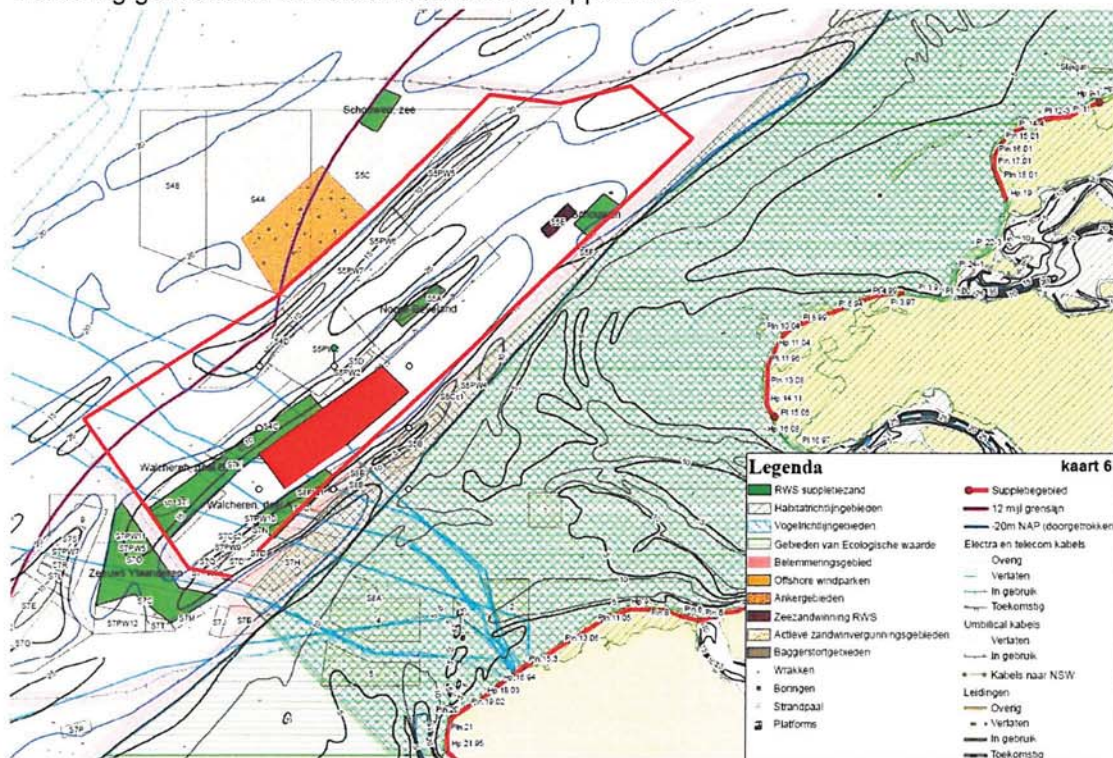
Figuur 3.12 Weergave van de korrelgrootte van het zand in het Oosterscheldebekken (Geomor, 1987).



Appendix 5.5: Verdeling korreldiameter en potentiële zandwingebieden



Verdeling gemiddelde korreldiameter aan het oppervlakte



Potentiële wingebieden: Rode kader geeft het potentiële gebied weer. Het rode gebied geeft een potentieel gebied weer met de gewenste korreldiameter. De groene gebieden zijn de in de Suppletie MER 2008-2012 voorgestelde zandwingebieden.





## **B Workshopverslag II**

## Verslag

<b>Datum verslag</b> 25 maart 2010	<b>Ons kenmerk</b> 1202177-000-ZKS-0002	<b>Project</b> 1202177-000	<b>Opgemaakt door</b> Holzhauer
<b>Datum bespreking</b> 10 februari 2010	<b>Aantal pagina's</b> 18		
<b>Vergadering</b> Workshop Suppletiestrategieën II			

### Aanwezig

Yvo Provoost<sup>1</sup>, Dick de Jong<sup>1</sup>, Dirk van Maldegem<sup>1</sup>, Z.B. Wang<sup>2</sup>, Jan Mulder<sup>2</sup>, Mindert de Vries<sup>2</sup>, John de Ronde<sup>2</sup> (organisatie), Harriette Holzhauser<sup>2</sup> (verslag), Menno Eelkema<sup>3</sup>, Ingrid Das<sup>4</sup>, Tom Ysebaert<sup>5</sup>, Anneke Hibma<sup>6</sup>

### Afwezig

Gert-Jan Liek<sup>1</sup>, Jan Willem Slager<sup>1</sup>, Eric van Zanten<sup>1</sup>, Peter Meininger<sup>1</sup>, Luca van Duren<sup>2</sup>, Peter Herman<sup>7</sup>

---

1: RWS Zeeland, 2: Deltares, 3: PhD-student, 4: Student, 5: IMARES, 6: Eco Shape, 7: NIOO

## Inhoud

1	Inleiding .....	2
1.1	Doel .....	2
1.2	Opbouw workshop .....	2
2	Brainstorm harde constructies .....	3
3	Uitwerking strategie voor harde constructies .....	7
3.1	Cascade .....	7
3.2	Verlaging van de dynamiek .....	8
3.3	Rijshoutmatten .....	9
4	De ecologische opgave voor de Oosterschelde .....	11
5	Ecologische optimalisatie suppletie alternatieven .....	12
5.1	Ecologische optimalisatie van het evenwichtsalternatief.....	12
5.2	Ecologische optimalisatie van het behoudsalternatief.....	14
	Bijlage 1: Uitwerking Cascade.....	16
	Bijlage 2: Locaties dynamiek verlagende constructies .....	17
	Bijlage 3: Strooksuppleties voor het behoudsalternatief.....	18



## 1 Inleiding

Deze workshop is het vervolg op de workshop Suppletiestrategieën van 28 september 2009. Tijdens de voorgaande workshop is vooral gekeken hebben naar twee zandige alternatieven voor de suppleties in de Oosterschelde.

**Alternatief I:** In 20 of 40 jaar rondgaan om in de gehele Oosterschelde de intergetijden gebieden te handhaven,

**Alternatief II:** Alleen suppleren in grote deelgebieden om aldaar een morfologisch evenwicht te bereiken (bijvoorbeeld de Kom) en de rest van Oosterschelde met rust laten.

In deze tweede workshop ligt de nadruk op het uitwerken van een derde alternatief met behulp van harde constructies en een ecologische optimalisering van alle drie de alternatieven.

### 1.1 Doel

De workshop heeft dan ook de volgende twee doelen:

1. De ontwikkeling van een derde alternatief waarbij ook harde elementen (dammetjes, oesterriffen, ecologisch verantwoorde zandworsten) worden meegenomen.
2. Een ecologische optimalisering van de drie alternatieven, waarbij het niet alleen gaat over de kwantiteit (ha areaal) maar vooral ook om de kwaliteit (hoogteverdeling, hoog-laag dynamisch, slibgehalte, korrelverdeling) en de doorvertaling naar ecologische potenties. Het gaat er niet alleen om hoeveel kubieke meter zand waar en wanneer terecht moet komen, maar vooral ook hoe dit eruit moet zien om een optimale ecologische waarde te creëren.

### 1.2 Opbouw workshop

De workshop bestaat uit de volgende onderdelen:

#### Ochtend

- Probleem introductie en doelstelling
- Bepaling van de derde variant met “harde elementen”.

#### Middag

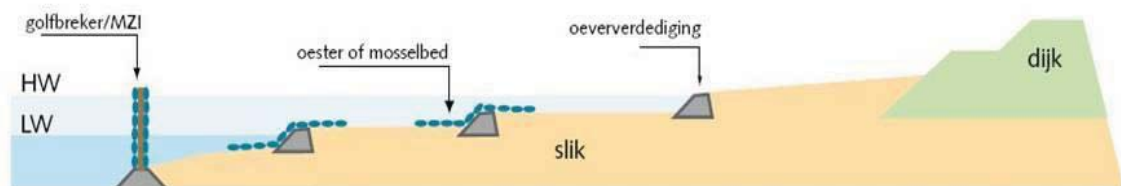
- Ecologische vraagstelling (presentatie Tom Ysebaert)
- Uitwerking ecologische optimalisatie in groepjes
- Presentatie van de ecologische uitwerking plus aanvullingen uit de rest van de groep.

## 2 Brainstorm harde constructies

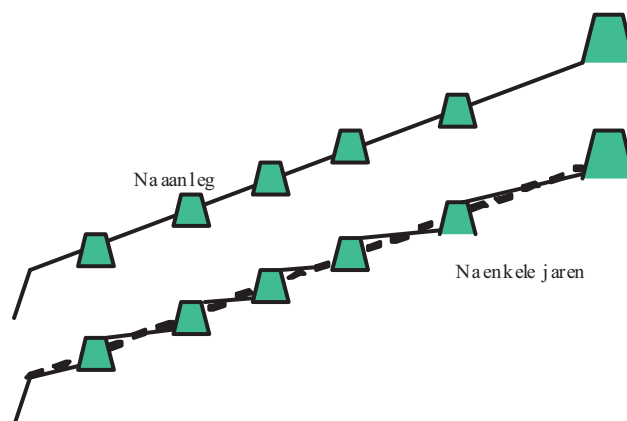
Er wordt een brainstorm sessie gehouden waarbij verschillende harde constructies worden bedacht welke de suppleties kunnen ondersteunen. Een alternatief met alleen harde constructies zal niet voldoende effectief zijn. Het gaat dus om een combinatie van suppleties en harde elementen.

### I: Cascade

Met behulp van stenen of ander materiaal lage dijkjes aanleggen op verschillende hoogte lijnen in het verlengde van de plaat of dijk. Door middel van het aanleggen van deze cascades wordt er zand op de plaat of aan de dijkvoet vastgehouden worden. De onderste lagen zouden bijvoorbeeld van oesters gemaakt kunnen worden omdat deze zich laag genoeg bevinden voor de ontwikkeling van een levend oesterrif (zie Figuur 2-1). In de loop van de tijd gaat de bodem zich aanpassen aan de nieuwe situatie met cascades. De bodem tussen de cascades wordt vlakker (zie Figuur 2-2).



Figuur 2-1 Schematische weergave cascade



Figuur 2-2 Verwachte bodemontwikkeling na aanleg van een cascade

### II Creëren van poeltjes

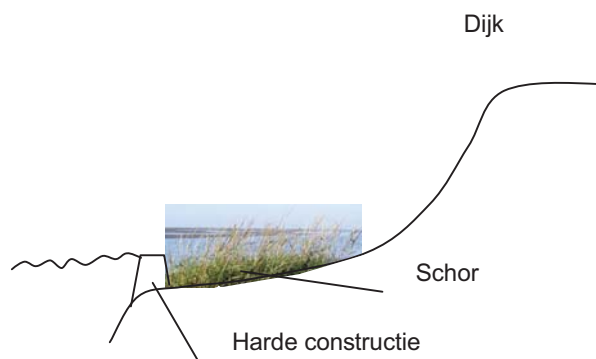
Rondom harde constructies ontstaan geultjes en poeltjes op het slik. Meerdere poeltjes zorgt voor een langere waterlijn waarlangs vogels kunnen foerageren.



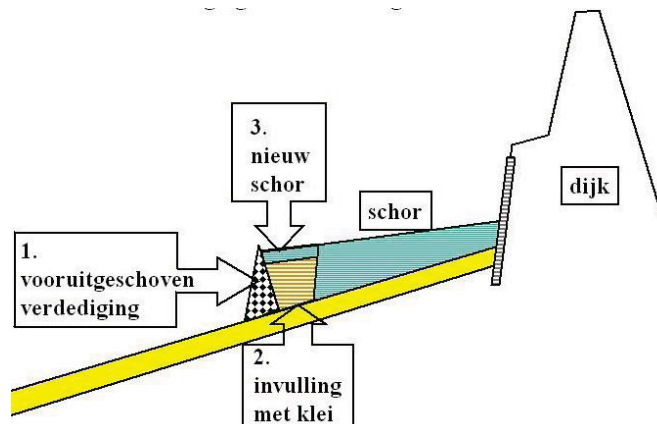


### III: Schor verdediging

Door een harde constructie voor het schor te leggen kan het schor beschermd worden. Er zijn twee hoofdopties voor het aanleggen van de verdediging, 1) direct tegen de schorrand (zie Figuur 2-3) en 2) op korte afstand er van af (bv 5-10m) waarbij de tussenzone wordt opgevuld als een soort buffer (zie Figuur 2-4).



Figuur 2-3 Verdediging direct tegen de schorrand

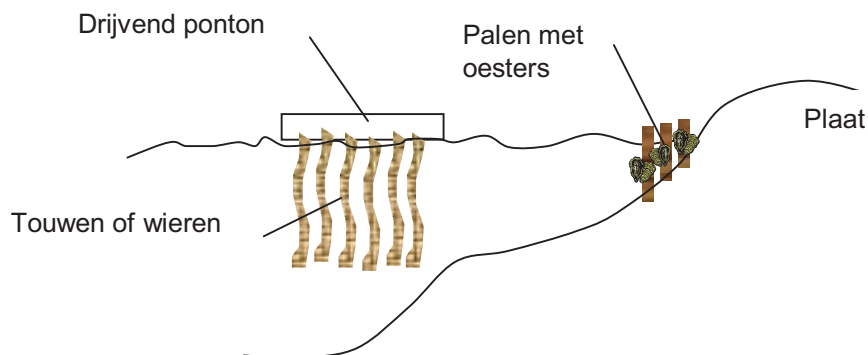


Figuur 2-4 Schorrandverdediging met aanvulling

#### IV: Golfreductie door drijvende en verankerde constructies

Gebieden met een hoge dynamiek zijn vaak minder rijk aan bodemleven. Dit komt doordat maar weinig soorten aan de 'ruige' omstandigheden zijn aangepast. Door de dynamiek van deze gebieden te verlagen ontstaat er een kans voor soorten die gewend zijn aan meer rustige omstandigheden om zich te vestigen. Een verlaging van de dynamiek in een gebied kan verkregen worden via:

- drijvende constructies; zoals drijvende brekers in de vorm van bijvoorbeeld een mosselzaadinvanginstallatie of touwconstructies.
- verankerde constructies; zoals dammen of palen

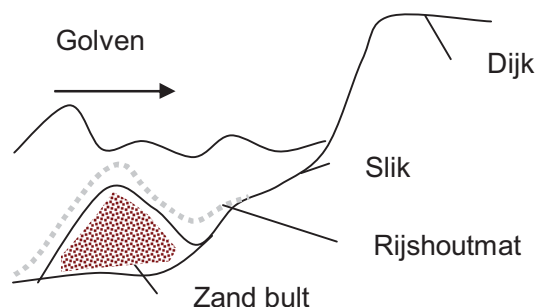


Figuur 2-5 Constructies voor het verlagen van de dynamiek

#### V: Golfreductie met rijshoutmatten

Golven spelen een belangrijke rol in het erosie proces van de intergetijdengebieden. De golven zorgen ervoor dat materiaal van de intergetijdengebieden in suspensie wordt gebracht en door het water van de plaat weg getransporteerd wordt. Een reductie van de golfslag kan deze opwoelende werking mogelijk tegengaan of verminderen.

Door een zandbult aan te leggen voor de dijk kan de golf aanval worden verlaagd. Door de bult met matten te beschermen heeft de bult een langere levensduur. Daarnaast hebben de rijshoutmatten een ruwe structuur waardoor mogelijke mosselen of oesters zich kunnen vestigen op de matten.

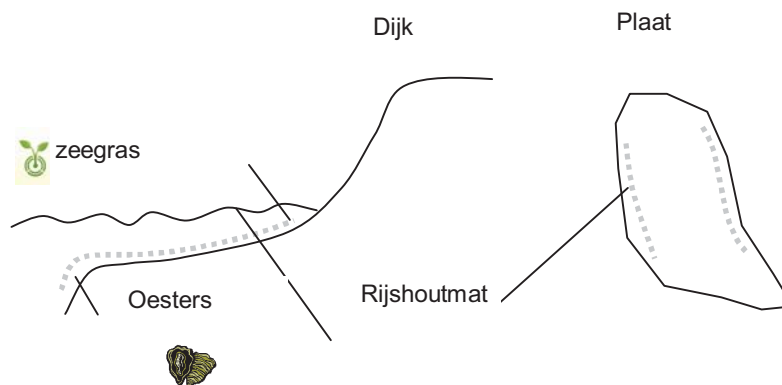


Figuur 2-6 Golfreductie met behulp van rijshoutmatten



## VI: Vasthouden van zand met rijshoutmatten

Door op de platen rijshoutmatten aan te brengen wordt het zand vastgehouden door de matten. Hierdoor komt het moeilijker in suspensie en blijft de plaat langer behouden. Het is de vraag of de rijshoutmatten de hele plaat zouden moeten bedekken of dat het bedekken van de randen voldoende is. De rijshoutmatten hebben een ruwe structuur waardoor het mogelijk kan begroeien met bijvoorbeeld oesters en zeegras.



Figuur 2-7 Zand vasthouden met behulp van rijshoutmatten

## 3 Uitwerking strategie voor harde constructies

Met behulp van een stemronde wordt bepaald welke ideeën kans hebben en verder uitgewerkt kunnen worden. Er worden 3 ideeën geselecteerd.

- Cascade
- Verlaging van de dynamiek
- Rijshoutmatten

Voor alle drie de onderwerpen wordt in 3 groepen een principe schets gemaakt van de constructie zelf en de locaties in de Oosterschelde. De groepen zien er als volgt uit:

Rijshoutmatten	Verlaging dynamiek	Cascade
Yvo Provoost Jan Mulder Dick de Jong	Mindert de Vries Menno Eelkema Ingrid Das	Tom Ysebaert Z.B. wang Dirk van Maldegem John de Ronde

### 3.1 Cascade

De cascade bestaat uit een rij van harde constructies op verschillende hoogtelijnen langs de dijk of de plaatrand met als doel om de erosie te beperken. Een mogelijk nevendoeel is extra diversiteit ten behoeve van de ecologie. Door gebruik te maken van geschikte materialen kunnen de cascades begroeid raken met allerlei wieren en hardsubstraat organismen.

#### Cascade langs een plaatrand

Voor het aanleggen van een cascade langs een plaatrand zijn er nog veel onduidelijkheden. Zo heeft een plaat vaak een steile en een vlakke kant. Het is onduidelijk op welke kant de cascade een positief effect op de plaat zou kunnen hebben. Dit hangt sterk samen met de vraag in welke richting het sedimenttransport gericht is en of het materiaal dat op de plaat in beweging komt over de plaat 'rolt' of juist direct hoog in de waterkolom terecht komt en van de plaat weg getransporteerd wordt.

Wanneer het materiaal zou 'rollen' over de plaat (of zeer laag in de waterkolom blijft) zou het opgevangen kunnen worden door een cascade. Daarnaast is het zo dat het alleen vast staat dat het netto sedimenttransport van de plaat af is, gegeven het feit dat de platen eroderen. Dit netto sedimenttransport is echter opgebouwd uit transporten in beide richtingen (de plaat op en de plaat af). Het is mogelijk dat er nog wel een vorm van transport richting de plaat is maar dat dit transport kleiner is dan het transport van de plaat af. Wanneer dat het geval is zou het zelfs zo kunnen zijn dat een cascade rond een plaat als extra barrière werkt voor het kleine beetje materiaal dat naar de plaat toe getransporteerd wordt. Hierdoor kan het probleem zelfs nog groter worden.

De sedimenttransporten rondom en op de plaat zijn zeer complex en veranderlijk in tijd en ruimte evenals de processen die hiervoor verantwoordelijk zijn. Bij de meeste platen is vooral aan de oost en noordoostelijke kant een sedimenttransport richting diepere delen merkbaar. De morfologische verschilkaarten laten hier sedimentatie zien van materiaal dat van de plaat gekomen is. De overige kanten van de platen laten eveneens erosie zien (soms zelfs sterke) echter zonder merkbare sedimentatie op de diepere delen, waardoor het niet duidelijk is in welke richting het sediment verplaatst. Zolang de mechanismen die dit veroorzaken nog niet geïdentificeerd, onderzocht en gekwantificeerd zijn, is het minder wenselijk om een cascade





helemaal rond een plaat aan te leggen. Er moet rekening gehouden worden met de mogelijke zandtransporten vanuit de geul naar de plaat. Een optimale locatie (bijvoorbeeld oostkant of westkant van de plaat) is eveneens nog niet aan te geven. Een cascade op een plaat is daarom voorlopig meer risicovol. Andere plekken in de Oosterschelde komen daar in eerste instantie meer voor in aanmerking.

### **Cascade langs de dijk.**

Van intergetijdengebieden die langs de dijk liggen is duidelijk dat het netto sedimenttransport van het materiaal richting de geul gaat. Een cascade kan ervoor zorgen dat er bij het teruglopen van het water zand ingevangen wordt, zodat er minder zand richting de geulen gaat. Ook hier is sprake van netto sedimenttransporten opgebouwd uit componenten naar de dijk toe en van de dijk af en kan een cascade het omhoog gerichte sedimenttransport richting de dijk tegenhouden. De opwaartse transporten zullen echter geringer zijn in vergelijking met een getijdeplaat.

De mechanismen in deze situaties zijn simpeler en daarom is de verwachting dat een cascade minder risicovol is. Vooral in situaties van een vooroever met dijk in noordoostelijke richting, waarbij de golven uit zuidwestelijke richting gedempt worden lijkt een cascade het minst risicovol. Omdat de cascade alleen achteruitgang reduceert en de opbouw niet bevordert of zelfs tegengaat zijn naast de cascade suppleties nodig om de vooroever in stand te houden.

Een uitwerking van de locaties van de cascades in de Oosterschelde met naar verwachting de grootste effectiviteit is weergegeven in bijlage 1. Hierbij is ervan uitgegaan dat een cascade nodig is waar golfaanval is te verwachten. Bij de plaatsing van de cascades zal per locatie een goed beeld beschikbaar moeten zijn van de stroomsnelheden in de geulen direct langs de platen en slikken om zo te kunnen inschatten of er sprake is van enige opbouw. Mogelijk is onderzoek in het veld hiernaar nodig. Ook de gevolgen voor de ecologische ontwikkeling van de intergetijdengebieden dient nader onderzocht te worden.

## **3.2 Verlaging van de dynamiek**

Doormiddel van golfremmende constructies wordt er luwte gecreëerd waardoor er omstandigheden ontstaan waarbij meer soorten zich kunnen handhaven. Door de constructie te laten begroeien ontstaat er een waardevol habitat. Op deze manier kan er een win-win situatie verkregen worden.

Mogelijkheden voor dynamiek verlagende constructies zijn:

- Drijvende constructies  
Drijvende constructies zoals pontons of mosselzaadinstallaties zorgen ervoor dat de golven minder hoog worden. Door onder de pontons bijvoorbeeld touwen te hangen kunnen deze begroeid worden door bijvoorbeeld mossels of oesters.
- Palenrijen voor de intergetijdengebieden  
De palen remmen de golfslag en daarmee de eroderende werking van de golven. De palen bieden de mogelijkheid aan verschillende soorten hardsubstraat soorten om zich hieraan te vestigen. Ook kunnen er aan de palen moffen of rokken gehangen worden die de aangroei bevorderen.

Voor constructies kan gebruik gemaakt worden van oude touwen of palen. Op deze manier kan de constructie duurzaam worden uitgevoerd. Het effect van palen langs de laagwaterlijn op

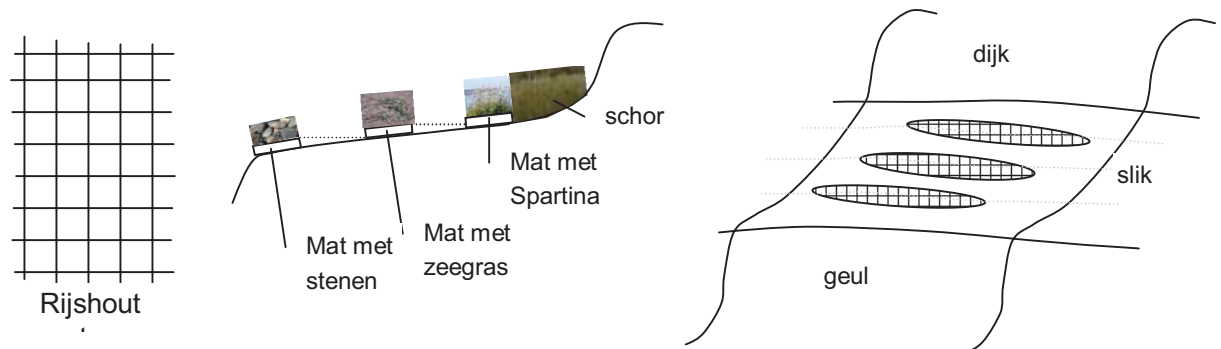
vogels is nog een punt van zorg en aandacht. Ook zal er rekening gehouden moeten worden met de kleine scheepvaart (recreatie) die hier gemakkelijk opvaart als ze een beetje onder water staan.

Een uitwerking van de locaties waar dynamiek verlagende constructies kunnen worden toegepast is weergegeven in de bijlage 2 .

### 3.3 Rijshoutmatten

Het werken met rijshoutmatten heeft verschillende voordelen. Het is een flexibel materiaal waardoor het in verschillende vormen toegepast kan worden. Daarnaast is het mogelijk om het op grote oppervlaktes toe te passen. De ruwe vakstructuur maakt het mogelijk om verschillende materialen zoals schelpen, stenen en zand met de matten te combineren. Hierdoor kunnen mogelijkheden gecreëerd worden voor het aangroeien van verschillende planten of dieren. Tot slot is er al veel ervaring met het verwerken van rijshoutmatten doordat de matten gebruikt worden bij de dijkbekleding.

Door het aanleggen van verschillende repen rijshoutmatten in verschillende hoogte zones voor een plaat of dijk worden er barrières gecreëerd. Deze barrières hebben een vergelijkbare werking als de cascade. Het erosie proces wordt wel geremd maar niet gestopt zodat een combinatie met een suppletie voor de hand ligt. Echter is de verwachting dat de rijshoutmatten kunnen meebewegen met de bodem als er voor de matten een ontgrondingskuil gaat ontstaan. Dit in tegenstelling tot de harde cascades. Daarnaast kunnen de rijshoutmatten makkelijker worden aangebracht en bieden ze mogelijkheden voor verschillende vormen van vegetatie of vestiging van bodemdieren.



Figuur 3-1 Schematische weergave van de toepassing van rijshoutmatten. Van links naar rechts: Rijshoutmat, Dwarsdoorsnede, Plaatsing rijshoutmatten langs een dijk.

De levensduur van de matten is ongeveer 25 jaar. Dit kan gezien worden als een nadeel. Er is altijd onderhoud nodig en bij grote stormen bestaat het risico dat ze stuk slaan. De rijshoutmatten zullen na een zekere tijd verdwijnen hierdoor komen de vulmaterialen vrij op het litoraal te liggen zonder nog veel effect te hebben. De levensduur van ongeveer 25 jaar kan ook gezien worden als een voordeel. Flexibel of niet, net als bij de cascade zal er een trapvorm op de bodem ontstaan van de bodem van de hoger gelegen mat tot de tot van de volgende mat. De zone ertussen wordt vlakker (zie Figuur 3-1). Er ontstaan als het ware platte bakjes. Dit is minder wenselijk om dat hiermee de geleidelijke overgang van droog naar nat verdwijnt. Dit betekent dat na enige tijd de matten moeten worden verplaatst of in het geval dat ze vergaan zijn opnieuw worden aangebracht.



Enige schade aan de matten bij stormen mag ingecalculleerd worden, dit kan vrij eenvoudig gerepareerd worden met nieuwe matten, c.q. nieuwe stenen en of oesterballen. Een kosten baten analyse moet uitwijzen hoe zwaar de constructie uitgevoerd moet worden. Voor plekken met zwaardere golfaanval is deze oplossing mogelijk minder geschikt.

Afhankelijk van de diepte waarop de matten worden aangelegd kunnen ze verankerd worden met verschillende materialen. Zo kan op de diepste delen gebruik gemaakt worden van breuksteen, iets hoger van schelpen en nog hoger van zand. In het geval van schelpen kan men denken aan oesterballen (korfconstructies met oesterschelpen erin). De hogere zones kunnen mogelijk zelfs beplant worden met zeegras of Spartina.

## 4 De ecologische opgave voor de Oosterschelde

De natuurwaarden in de Oosterschelde gaan achteruit. De belangrijkste vragen zijn:

- Welke mechanismen zijn verantwoordelijk voor de neerwaartse trend?
- Zijn de instandhoudingdoelen voor de Oosterschelde haalbaar zonder ingrepen?
- Welke ingrepen zijn effectief?
- welke set van ingrepen leidt tot volledige instandhouding van de doelen en in geval van een beperkter budget welk deel van de doelen is dan te behalen?.

Bij de implementatie van maatregelen is het belangrijk de oorzaak van het probleem en de gevolgen van de maatregel goed te kennen. De vragen hierbij zijn:

- wat gebeurt er precies,
- waarom gebeurt dit,
- welke ingrepen kunnen we doen en
- hoe effectief zijn deze ingrepen.

De N2000-doelen richten zich voornamelijk op het behoudt van vogelsoorten. Echter is het per soort verschillend wat precies het effect van de achteruitgang van de Oosterschelde is op een bepaalde soort. Dit betekent ook dat maatregelen verschillend per soort kunnen uitpakken.

Van de maatregelen is het dus belangrijk om te weten

- wat het directe effect is op het areaal en de kwaliteit van de plaat
- wat de ecologische effecten zijn van de verandering van de plaat
- hoe de maatregel doorwerkt van primaire effecten naar secundaire en tertiaire effecten
- hoe, wanneer en waar grijpen maatregelen in op verschillende soorten.





## 5 Ecologische optimalisatie suppletie alternatieven

In twee groepen worden de suppletie alternatieven, *evenwicht* (alternatie II) en *behoud* (alternatief I) verder uitgewerkt op grond van de natuurdoelen. Dit gebeurt in de volgende twee groepen.

Evenwicht in een gebied	Behoud van de intergetijdengebieden
Tom Ysebaert Yvo Provoost Z.B. Wang Ingrid Das Harriette Holzhauser	Dick de Jong Dirk van Maldegem Jan Mulder Menno Eelkema John de Ronde

### 5.1 Ecologische optimalisatie van het evenwichtsalternatief

Het evenwichtsalternatief gaat er vanuit dat het komgebied in de Oosterschelde zover opgevuld wordt met materiaal zodat er in het komgebied een evenwicht ontstaat tussen de grootte van de geulen en de hoeveelheid water die er doorheen stroomt. Hiervoor is ongeveer 100 milj m<sup>3</sup> zand nodig. De ecologische effecten kunnen worden gekoppeld aan drie hoofdaspecten van een zandsuppletie:

1. effecten rechtstreeks gerelateerd aan de suppletieactiviteiten – de aanleg
2. effecten gerelateerd aan kwaliteitskenmerken van het suppletiezand
3. effecten gerelateerd aan kwantiteitskenmerken van het suppletiezand

De ecologische effecten worden verder beïnvloed door (1) de suppletietechniek en –strategie en (2) plaats, tijdstip en omvang van de strandsuppletie.

#### Zand, veel zand

Grote vraag is waar deze grote hoeveelheid zand vandaan gehaald moet worden. Uitgaande van een realisatie in 5 jaar is het van buiten de Oosterschelde zand halen niet realistisch. Per jaar betekent dit een hoeveelheid van 20 Mm<sup>3</sup> per jaar. Dit is meer dan de hoeveelheid die er per jaar langs de gehele Noordzeekust wordt gesuppleerd. Dit geeft een grote hoeveelheid schepen naar en door de Oosterschelde. Daarnaast kunnen er door de sluisen alleen kleinere zandschepen waardoor de hoeveelheid schepen nog eens extra toeneemt.

Zand uit de geulen halen is een optie. Dit betekent een verdieping van de al diepe geulen met enkele centimeters. Dit heeft op de golfslag en getijstromingen nauwelijks invloed. Ook wordt het effect van de zandhonger nauwelijks tot niet verandert. Door een of enkele zandwinputten te creëren wordt het verstoorde oppervlak van de Oosterschelde zo klein mogelijk gehouden. Daarnaast is het ook voor de baggerschepen prettiger om het zand van één locatie te winnen. Voordeel is dat de vaarafstanden korter zijn en dat de samenstelling van het gesuppleerde zand waarschijnlijk minder verschilt van het zand in de intergetijdengebieden dan wanneer het zand van de Noordzee komt.

Zoals al eerder aangegeven tijdens de eerste workshop is immers de samenstelling van het zand belangrijk voor de ontwikkeling van bodemleven. Om de ecologische impact te beperken wordt best gezocht naar een goede overeenkomst tussen de oorspronkelijke korrelgrootte en de korrelgrootte van het suppletiezand. Als bij een zandsuppletie de sedimentsamenstelling (korrelgrootteverdeling en organisch stofgehalte) van het suppletiezand overeenkomt met het

originele zand (voor de Oosterschelde een D50 van 120-50  $\mu\text{m}$ ) heeft dit wederom de minste impact op de benthische macrofauna en is de herstelperiode ervan het kortst. Bij een andere, grovere sedimentsamenstelling is er kans dat er andere bodemdiergemeenschap ontstaat of dat herstel langere duurt.

### **Aanleg zones**

Door het gebied op te delen in een vijf tal sectoren kan de impact op het gebied verdeeld worden en gespreid in de tijd. Logisch is om van af de kant te starten en zo direct de ondiepere gebieden vol te storten tot aan de laagwaterlijn. Het droogvallende areaal tot aan de laagwaterlijn is voor vogels het meest waardevol. Wanneer een gebied meer dan 75% van de tijd droog valt is het voor vogels minder interessant. Het aan te leggen areaal zal min of meer gelijkmatig over de verschillende wenselijke hoogtezones verdeeld moeten worden omdat anders de vogels te dicht op elkaar komen te zitten.

### **Aanleg moment**

Het moment van aanleggen is een aandachtspunt. Voor de bodemdieren is de winterperiode de meest voor de hand liggende periode voor de supplementies. In het voorjaar kan er dan broedval plaatsvinden waarna de rekolonisatie van de gesuppleerde gebieden kan starten. Vogels zijn in de winter echter veel gevoeliger voor verstoring dan in de zomer. Mede omdat het in de winter moeilijker is om aan voedsel te komen. Er is dus een zeer korte periode (late winter- vroeg voorjaar) waarin de werkzaamheden uitgevoerd zouden kunnen worden. Bij iedere suppletie zou de timing opnieuw moeten worden bekeken in functie van het gebruik van die specifieke zone door rustende, foeragerende vogels en broedvogels.

### **Ecologische impact: Troebelheid**

Vragen bij het verkrijgen en aanbrengen van deze grote hoeveelheden zand in de kom van de Oosterschelde is of er sprake is van toename in de vertroebeling van het water.

### **Ecologische impact: Alles geconcentreerd in een gebied**

Het evenwichtsalternatief gaat uit van het principe om in een gebied voldoende inter-getijdengebied te creëren en tegelijkertijd te zorgen dat de geulen en platen daar met elkaar in evenwicht zijn. Het idee daarachter is dat dit in evenwicht zijn ervoor zorgt dat de intergetijdengebieden in de kom dan niet meer achteruit gaan. Er kleven echter nogal wat nadelen aan het herstellen van een enkel gebied in de Oosterschelde

- Door alleen intergetijdengebied in de kom van de Oosterschelde te creëren zullen de overige platen en slikken in de Oosterschelde op termijn verdwijnen. Hierdoor kunnen de vogels nog maar in één gebied terecht en kan vermoedelijk geen volledig behoud (t.o.v. de huidige toestand) nagestreefd worden.
- Uit metingen is bekend dat de productiviteit in de kom lager is dan in het meer westelijke deel van de Oosterschelde. Dit heeft in hoofdzaak te maken met het ondiepe karakter van dit deelgebied. Afhankelijk van de dieptezone waar er gesuppleerd wordt (boven of onder de euphotische zone) zal bepalen of er een afname dan wel toename zal zijn in de pelagische productie. De benthische primaire productie zal waarschijnlijk toenemen wanneer het gebied ondieper wordt. Een toename in de troebelheid kan de primaire productie dan weer negatief beïnvloeden. Hoe dit verder doorwerkt in de secundaire productie door bodemdieren is moeilijk te voorspellen. Het kan ook gevolgen hebben voor het uiteindelijke voedselaanbod voor vogels.
- Vogels hebben naast foerageergebied ook hoogwatervluchtplaatsen (HVP) nodig om tijdens het hoogwater te overtijen. Deze HVP's moeten niet te ver van de foerageergebieden



liggen. Door alles in één deelgebied te concentreren is zijn er mogelijk te weinig HPV's in de directe omgeving voor alle vogels.

- Broeden gebeurt op verschillende plaatsen langs de Oosterschelde. Wanneer het voedsel maar van één plek gehaald kan worden, worden voor een heel aantal broedvogels de vliegafstanden te lang. Hierdoor kan de functie als belangrijk broedvogelgebied in de toekomst verminderen.

### **Ecologische impact: Schelpdierteelt**

De Kom is een belangrijk gebied voor de schelpdierteelt. Naast de mosselverwaterplaatsen komen er ook heel wat oesterpercelen voor. Het suppleren van het volledige gebied zal hierop een grote impact hebben

Gezien deze overwegingen komt het er eigenlijk op neer dat het zowel uitvoerings technisch als ecologisch minder zinvol is om al het verloren gegane intergetijdengebied op één locatie in de Oosterschelde te herstellen.

## **5.2 Ecologische optimalisatie van het behoudsalternatief**

Het behoudsalternatief gaat uit van het principe dat alle intergetijdengebieden worden ondersteund met een suppletie. De vraag is echter hoe kan z'n suppletie ecologisch optimaal worden aangelegd. Grote geconcentreerde hoeveelheden zand in een keer zijn ecologisch minder waardevol. De bulten of stroken worden dan te steil en te hoog. Hierdoor blijft er te weinig water achter, waardoor er minder snelle en minder uitbundige rekolonisatie zal plaatsvinden. Deze hoge steile bult/strook zal uiteindelijk verdwijnen maar al die tijd is het gebied ecologisch minder waardevol.

Wat is er wel wenselijk? Een relatief plat gebied met flauwe hellingen waar makelijker water achterblijft (plasjes) maakt het voor bodemdieren makkelijker koloniseerbaar. Hierdoor werkt de suppletie aan twee kanten. Ten eerste voed het de omgeving van de suppletielocatie op een natuurlijke wijze met materiaal, ten tweede kan de suppletielocatie zelf ook relatief snel gehekoloniseerd worden waardoor er minder oppervlak voor langere tijd aan het ecosysteem onttrokken is. De meest optimale geometrie voor een suppletie is er één die weinig oppervlakte inneemt, veel zand bevat en goed aansluit op de oorspronkelijke geometrie. Tijdens de workshop zijn hieruit de volgende vormen gekomen:

### **Plaatgebieden**

Het reliëf op de platen bestaat vaak uit hogere en lagere gebieden. Waarbij de hogere delen van de plaat vaak aan één kant een steilere helling hebben dan aan de andere kant. Bij het aanleggen van de suppletie wordt dit reliëf min of meer behouden. Het overgrote deel van de suppletie wordt op of nabij de hogere delen neergelegd waarbij rekening wordt gehouden met de reeds bestaande hellingen. De reden om de suppletie op de hogere en steilere delen aan te leggen is dat op dit deel van de plaat relatief minder ecologische activiteit plaatsvindt. De flauwe helling zorgt er vervolgens voor dat vanaf die kant de suppletie gehekoloniseerd kan worden. Tot slot laten de hogere delen van de plaat in de meeste gevallen een verplaatsing in een bepaalde richting zien hiermee moet rekening gehouden worden met de aanleg van de suppletie.

Op de Galgeplaat zijn er bijvoorbeeld twee hogere delen te onderscheiden (één in het noordelijke deel en één in het zuidelijke deel van de plaat). De verhoging in het noorden laat



een langzame verplaatsing in noordelijke richting zien, waarbij het gebied ten noorden van de verhoging relatief veel erosie heeft ondergaan.

De geplande suppletie ligt vooral ten noorden van deze verhoging met een relatief flauw talud (1:500 a 1:100) aan de noordelijke kant en aan de zuidelijke kant steiler talud (1:50 a 1:20).

Voorgesteld is om de eerste suppletie van de Galgenplaat op deze plek te verrichten (zie nr I in bijlage 3). Als tweede suppletie is de zuidelijke verhoging aan de beurt (zie nr II in bijlage 3), vervolgens weer de noordelijke (zie nr III in bijlage 3) en de zuidelijke (zie nr IV in bijlage 3). Afhankelijk van de verdere morfologische ontwikkeling van de suppleties is tot slot een suppletie nodig op het ondiepe deel van de plaat (V). Afhankelijk van de ontwikkelingen kan deze laatste suppletie ook als nummer III aangelegd worden.

Per suppletie zal ongeveer 0,5 tot 0,8 Mm<sup>3</sup> zand nodig zijn waarbij een oppervlakte van ongeveer 50 hectaren (4 % van het oppervlakte van de Galgeplaat) in beslag wordt genomen. Dit houdt in dat ten behoeve van het behoud van de Galgeplaat om de 5 à 8 jaar ergens op de Galgeplaat een suppletie uitgevoerd wordt. Hierbij is uitgegaan van de hoeveelheden besproken tijdens de eerste workshop (zie verslag Workshop I). Per jaar is voor de Galgeplaat ongeveer een volume van ongeveer 0,11 Mm<sup>3</sup> benodigd wat overeen komt met 1cm. De betrouwbaarheid van deze getallen is ongeveer een factor twee.

Elke plaat heeft z'n eigen dynamiek en ecosysteem, zo ook de Galgeplaat. Per locatie zal er goed gekeken moeten worden waar en met welke vorm de suppleties aangelegd moeten worden. In bijlage 3 zijn de overige plaatgebieden en enkele grote vooroevergebieden op deze wijze van suppleties voorzien.

### **Vooroevers**

De suppleties op de vooroever zijn relatief simpel omdat ze tegen de dijk aansluiten of in het geval van een voorgelegen schor tegen het schor of tegen de schorverdediging aan liggen. Bijvoorbeeld bij de Dortsman is een schor met slik langs de dijk. Hier is het sedimenttransport van het schor richting de geul gericht. Hier kan de suppletie zo hoog mogelijk tegen het schor aangelegd worden. Op deze manier wordt het schor beschermd en worden de lager delen van het slik op een natuurlijke manier gevoed met zand. Bij Krabbedijke zou de suppletie direct tegen de dijk aangelegd kunnen worden, tot maximaal 1 tot 1,5 m +NAP, zodat het lagere slik gevoed wordt met zand. In bijlage 3 zijn deze suppleties ingetekend.

### **Spreiding in de tijd**

De uitvoering van de suppleties wordt voor 5 jaar uitgevoerd op één locatie, daarna is een volgende locatie aan de beurt. Door steeds maar één locatie aan te pakken kan voor een volgende locatie teruggekeken worden naar de ontwikkelingen op de eerdere locatie en kan men kennis opdoen voor de nieuw uit te voeren suppletie, learning by doing.

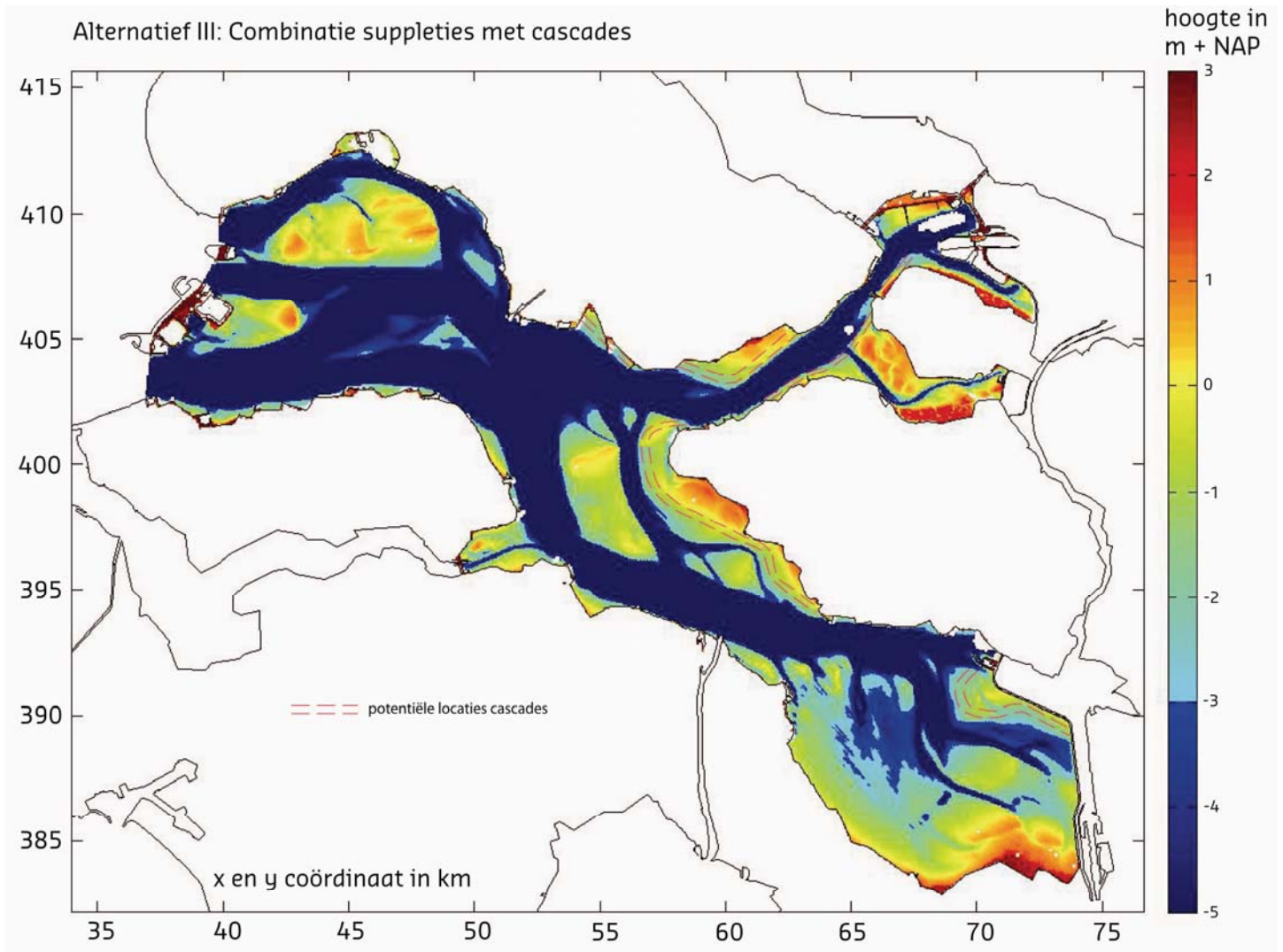
### **Openstaande vragen**

De hier beschreven suppletievormen zijn gebaseerd op expert judgement. Onderzoek en modellering van platen en de belangrijkste processen die daar een rol spelen moeten de onderbouwing geven voor meer optimale vormen en betere spreiding in de tijd. De natuurdoelen zijn een belangrijk uitgangspunt. Nader onderzoek moet uitwijzen welke soort maatregelen op welke plek en tijd het meest optimaal is voor het in stand houden van de natuurdoelen.

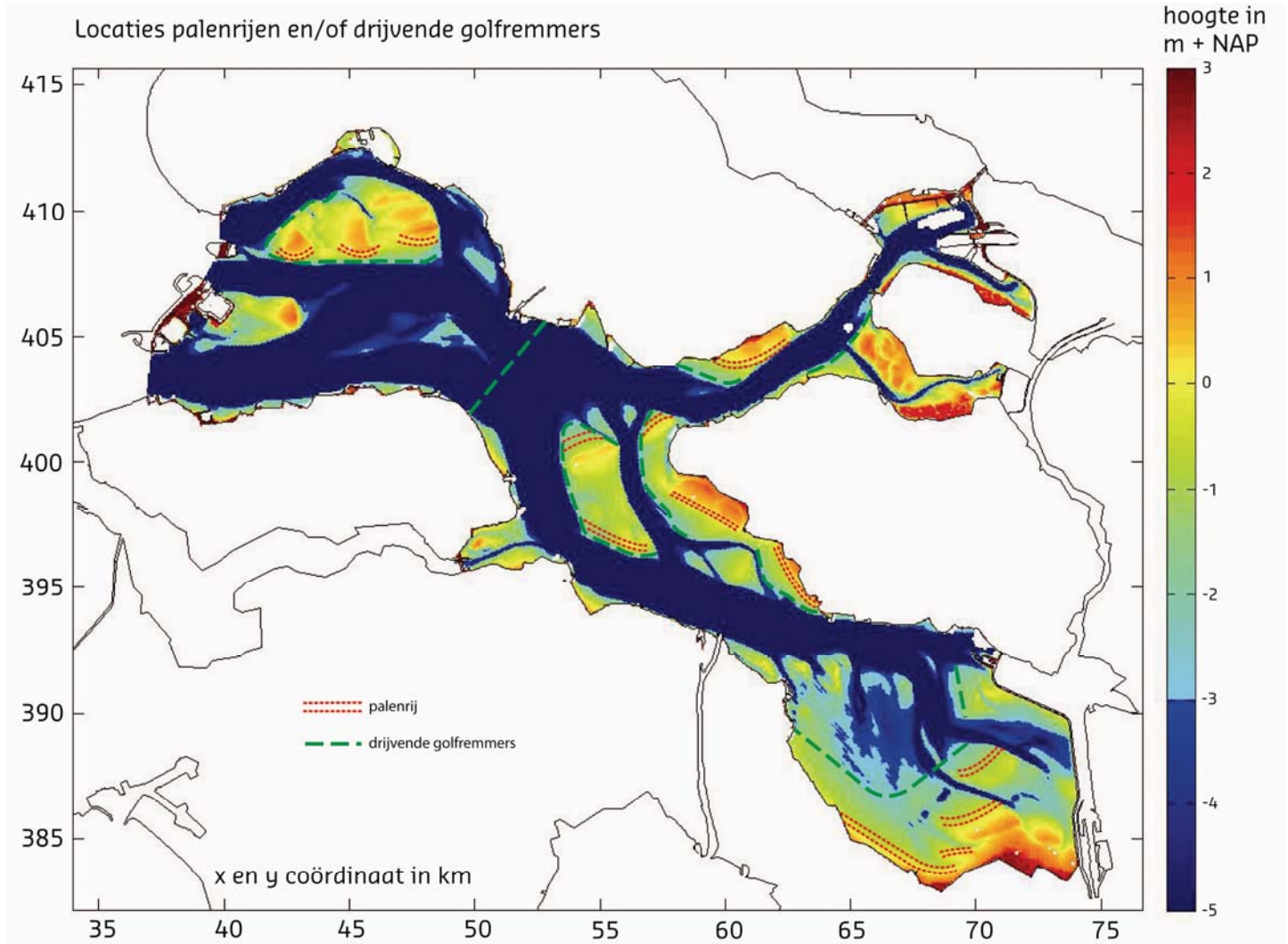




## Bijlage 1: Uitwerking Cascade

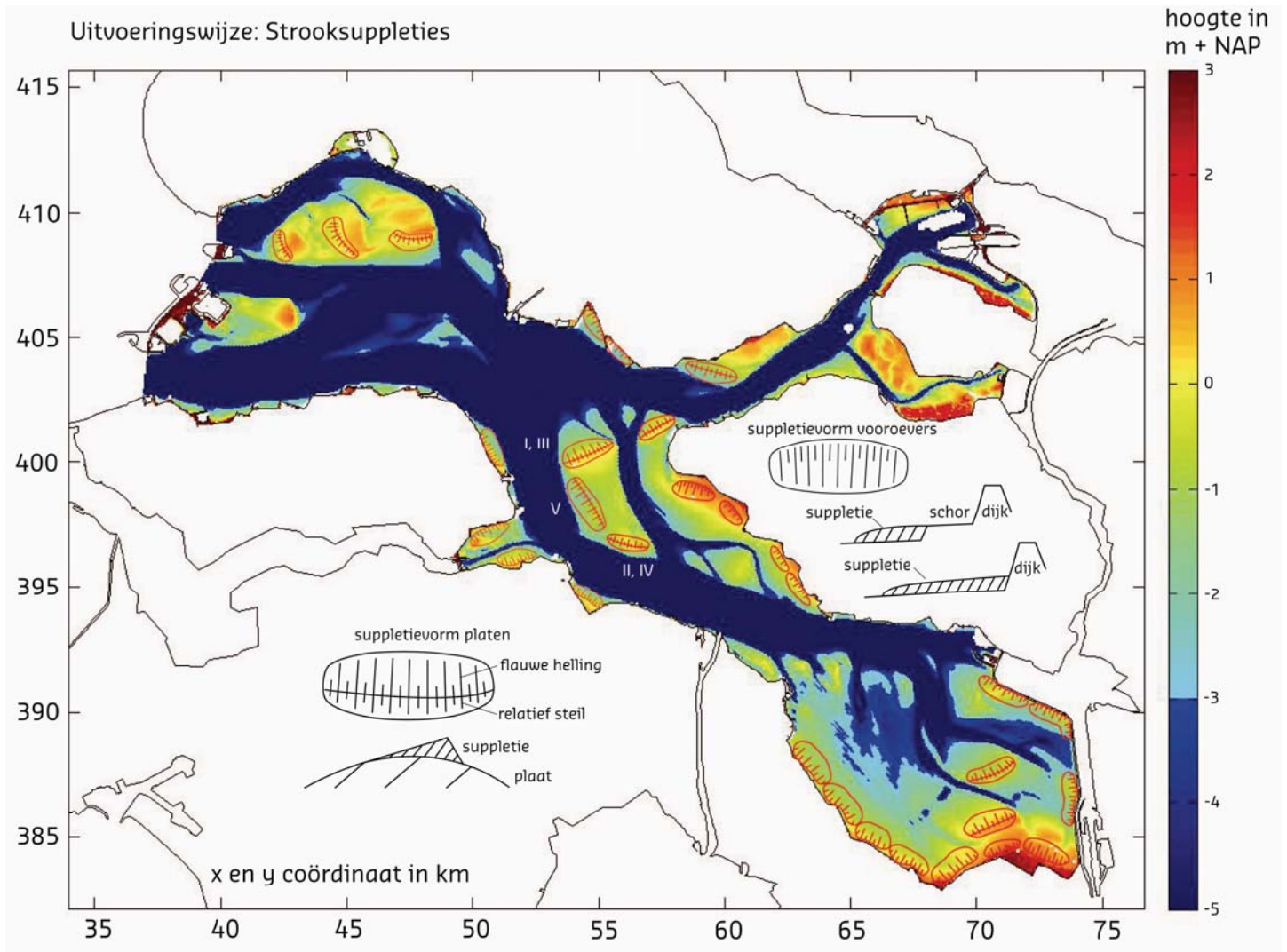


## Bijlage 2: Locaties dynamiek verlagende constructies





## Bijlage 3: Strooksuppleties voor het behoudalternatief

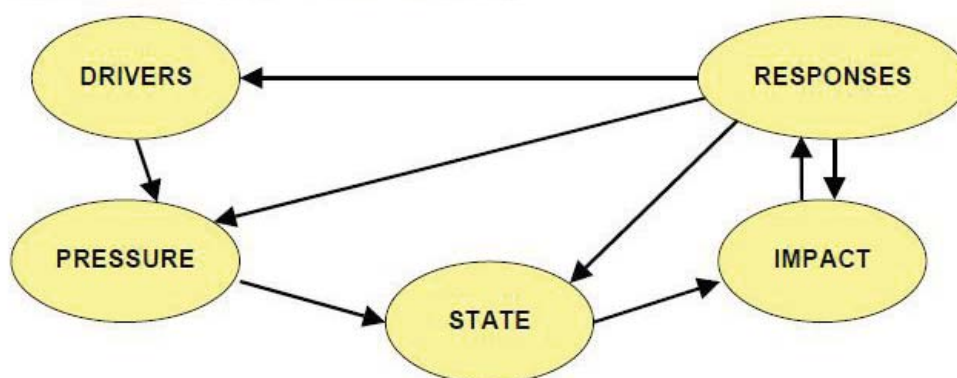




## C ANT-Oosterschelde effectketens

### DPSIR en effectketen benadering

Om invloeden, effecten en mogelijke maatregelen te analyseren en ordenen kan gebruik gemaakt van de zogenaamde DPSIR aanpak. DPSIR is een samenhangende benadering voor oorzaak-effectketens en het DPSIR analysekader staat voor de volgende stappen: Driver, Pressure, State, Impact, Respons. We geven de belangrijkste drijvende krachten aan en een overzicht van actuele en te verwachten processen van gebruik en beheer. Het DPSIR concept brengt in kaart wat men als de (externe, autonome) *drijvende krachten* (D) kan aanmerken, wat als druk op het (eco-) systeem (*Pressure*), wat als verandering in de toestand daarvan (*State*) en tenslotte wat als ongewenst effect valt te zien (*Impact*). De R staat voor de (beleids)reactie (*Response*) bedoeld om ongewenste invloeden weg te nemen, te verzachten of te compenseren. Deze benadering stelt eigenlijk drie vragen: wat gebeurt er met het milieu/ecosysteem (en natuurlijke hulpbronnen), waarom gebeurt dit en wat doen we eraan? De effectketens moeten dus aangeven welke gevolgen een bepaalde ingreep kan hebben, en dus welke parameters/processen nauwlettend opgevolgd moeten worden. Hiervoor dient een denkmodel geformuleerd te worden waarin de mogelijke effectketens zijn gedefinieerd. De parameters vervat in het denkmodel moeten dan opgevolgd worden. Hiervoor is systeemkennis essentieel. DPSIR heeft het model van een keten waarvan elke schakel beschreven kan worden aan de hand van variabelen (indicatoren). Het schema wordt aangepast aan de doelstellingen van het ontwikkelingsplan en aan de schaal van het gebied waarop het wordt toegepast.



Figuur 1. De DPSIR-keten van oorzaak en gevolg.

### ANT effectketens

Voor de ANT Oosterschelde studie zal gebruik gemaakt worden van een effectketen benadering. Als we het gehele systeem Oosterschelde beschouwen spelen er een groot aantal zaken (=drivers), die het systeem beïnvloeden. Dit betreft klimaatveranderingen en het beheer van de Oosterschelde gekoppeld aan het beleid en de daaruit volgende maatregelen

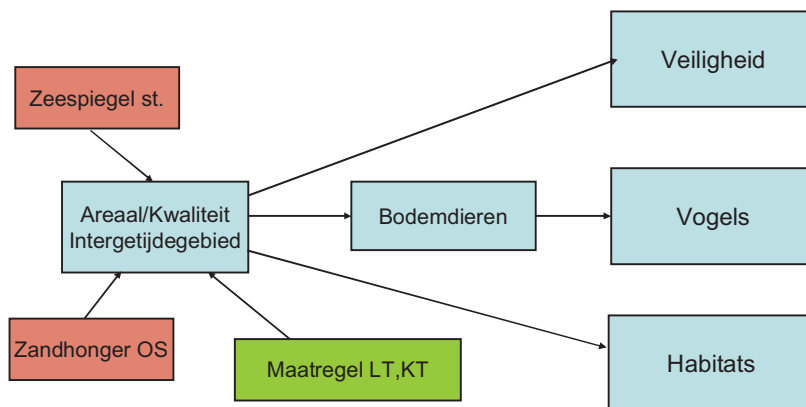


(bijv. bouw stormvloedkering en compartimenteringsdammen ten behoeve van de veiligheid). Ook de omliggende gebieden en de maatregelen die daar genomen worden spelen een rol voor de ontwikkelingen in de Oosterschelde. Vervolgens beïnvloedt dit alles via een aantal processen de morfologie en de ecologie ervan en uiteindelijk de gebruiksfuncties zoals onder anderen, veiligheid, visserij en recreatie.

### Simpele effectketen met doelvariabelen

In de simpelste vorm ziet de ANT-effectketen eruit zoals weergegeven in figuur 2. Een aantal pressure variabelen (zeespiegelstijging als gevolg van de klimaatveranderingen en zandhonger als gevolg van de Deltawerken) beïnvloeden het Oosterschelde ecosysteem en zijn van invloed op de staat van het systeem en op een aantal doel- of eindvariabelen.

De autonome trend betreft de achteruitgang van de Natuurdoelen van de Oosterschelde, de Natura2000 vogelsoorten zijn hiervan de belangrijkste. De achteruitgang van de natuurdoelen wordt vooral veroorzaakt door de erosie van de intergetijdengebieden. Deze achteruitgang wordt vooral veroorzaakt door de nieuwe situatie die ontstaan is na de ingebruikname van de Oosterscheldekering. Het getijddebiet is met ongeveer 30 % afgenomen, waardoor het systeem op zoek is naar een nieuw morfologisch evenwicht met een kleinere geuldoorsnede en hogere getijsnelheden. Dit gaat ten kosten van de platen en de overige intergetijdengebieden. Deze leveren het sediment dat voor de geulen benodigd is. Door zeespiegelstijging zal deze achteruitgang nog verder versterkt worden.



Figuur 2. Simpele effect-keten ANT-Oosterschelde.

Door het verlies van intergetijden areaal en door afname van de hoogte ervan worden drie zaken beïnvloed:

- **Veiligheid:** Door de lagere vooroever zullen de golfkrachten minder afgebroken worden en zal de kracht op de dijkbekleding toenemen alsmede de golfoploop. De veiligheid zal hierdoor afnemen, waardoor maatregelen noodzakelijk zijn om deze weer op het gewenste niveau te krijgen.
- **Natura2000 Vogels:** Door het afnemende areaal aan intergetijdengebied en de veranderde hoogteligging ervan zal de beschikbare hoeveelheid voedsel voor

bepaalde vogelsoorten veranderen/afnemen. Deze soorten betreffen vooral steltlopers (schelpdier etende vogels en steltlopers met een meer gevarieerd dieet dat bestaat uit o.a. wormen en crustaceeën). Tevens resulteert een afname in areaal en droogvalduur ook in een afname in beschikbare foerageertijd voor vogels.

- Natura2000 habitats: Een aantal belangrijke Natura2000 habitats (zie appendix A) zal afnemen.

De vraag die in deze ANT studie beantwoord moet worden is welke pakketten van maatregelen (responses) er te bedenken zijn die deze autonome negatieve trend in de doelvariabelen kunnen tegengaan. Hierbij zal vooral naar maatregelen gekeken worden die direct effect hebben op het areaal en de kwaliteit van de intergetijdengebieden.

#### *Selectie van variabelen*

Voor de selectie van variabelen en indicatoren in een oorzaak-effectketen (en daaruit voortkomende monitoring en onderzoek) spelen wetenschappelijke en praktische argumenten een rol. Wetenschappelijke argumenten komen voort uit de behoefte om meer inzicht te verkrijgen in de processen die de verschillende variabelen beïnvloeden. Praktische argumenten hebben vooral betrekking op de financiële en technische haalbaarheid. Volgens sommigen zijn voor monitoring in principe slechts ingreepvariabelen en eindvariabelen van belang. Dit resulteert echter in een black-box benadering, waarbij procesmatige effecten niet in beschouwing kunnen worden genomen. Een probleem hierbij kan bijvoorbeeld zijn dat soorten zich nog niet vestigen omdat succesvolle reproductie uitblijft, terwijl het milieu wel geschikt is. Om de effectiviteit van het beheer te kunnen evalueren zijn in dit geval gegevens nodig over zogen. tussenvariabelen. Ook vanuit wetenschappelijk oogpunt is het wenselijk om de analyse uit te breiden met een aantal tussenvariabelen. Daardoor wordt namelijk verdieping van de proceskennis mogelijk bijvoorbeeld op het punt van de samenhang tussen verschillende tussenvariabelen in de causale ingreep-effectketen. Als dergelijke relaties bekend zijn, wordt het mogelijk om de effecten van maatregelen beter in te schatten. Een ecosysteem analyse biedt in principe ook inzicht in de ketens van oorzaak en effect in een gebied. Ook de uitkomsten van een ecosysteem analyse zijn dus goed bruikbaar bij het selecteren van ingreepvariabelen, tussenvariabelen en doelvariabelen.

Wil men meer inzicht krijgen in de onderliggende processen welke ten grondslag liggen aan de autonome trend in de Oosterschelde en hoe maatregelen hierin kunnen sturen, is een meer gedetailleerde oorzaak-effectketen nodig dan deze van figuur 2, waarbij relevante tussenvariabelen (en hun samenhang) moeten gedefiniëerd worden. De oorzaak-effectketen in figuur 2 sluit immers meer aan bij een blackbox benadering, met een nadruk op de doelvariabelen (veiligheid, vogels, habitats). Er worden slechts twee tussenvariabelen benoemd, namelijk areaal intergetijdengebied en bodemdieren (als voedsel voor watervogels die gebruik maken van het intergetijdengebied, met name steltlopers). Dit vereenvoudigde schema geeft wel duidelijk aan welke de belangrijke (tussen)variabelen zijn, maar een meer uitgewerkte oorzaak-effectketen is nodig om inzicht te krijgen in het functioneren van het Oosterschelde-ecosysteem en de effecten van maatregelen te kunnen evalueren, modeleren en voorspellen.

#### *ANT-Oosterschelde effectketen voor Natura2000-vogels*

Een meer volledige effectketen voor ANT-Oosterschelde staat gegeven in figuur 3. Het hydromorfologische regime stuurt een heleboel fysische en morfologische processen aan (= primaire processen) die zowel het pelagische systeem (= processen in de waterkolom) als het benthische systeem (= processen in en op de bodem) aansturen. Voor het pelagische

systeem zijn nutriënten, doorzicht, saliniteit en residentietijden bepalend voor de ontwikkeling van het fytoplankton en de daarmee samenhangende primaire productie. Dit fytoplankton vormt de basis voor het pelagische voedselweb (zooplankton, vissen, zeevogels, zeezoogdieren). Het bentische systeem wordt in belangrijke bepaald door hydromorfologische processen zoals getij(amplitude), stromingen, gesuspendeerd materiaal, en sedimentatie/erosie patronen. Deze processen bepalen het voorkomen van intergetijdengebieden. Naast het areaal beïnvloeden deze processen ook de "kwaliteit" van de intergetijdengebieden: droogvalduur, sedimentsamenstelling, microtopografie, etc. Dit alles beïnvloedt het bentische voedselweb (microfytobenthos, macrobenthos (bodemdieren), vissen en vogels). Daarnaast beïnvloedt het pelagische systeem ook het bentische. Zo zijn nutriënten en doorzicht bepalend voor de ontwikkeling van het microfytobenthos, en is het fytoplankton zelf de belangrijkste voedselbron voor filterfeeders zoals kokkels, mosselen en oesters. Beide compartimenten (pelagisch-bentisch) kunnen dan ook niet onafhankelijk van mekaar gezien worden. Merk op dat in dit schema geen terugkoppelingen (interacties) staan weergegeven. Deze terugkoppelingen zijn aanwezig op heel wat verschillende niveaus en inzicht hierin is noodzakelijk om het functioneren van een ecosysteem zoals de Oosterschelde te begrijpen. Zo is er een sterke terugkoppeling tussen het bentische en pelagische systeem, bijv. omdat filter feeders door hun sterke graasdruk de primaire productie door het fytoplankton kunnen beïnvloeden. Binnen het bentische compartiment bestaat er een sterke koppeling tussen abiotische en biotische processen (biogeomorfologische processen). Zo worden sedimentatie en erosie en het daaruitvolgende (micro)reliëf van een getijdenplaat niet alleen beïnvloed door hydrodynamische en morfologische processen, ook de interactie tussen morfodynamiek en bepaalde biota is hierin sturend. Biota kunnen zowel sediment stabiliseren (bijv. biofilms van diatomeeën) als destabiliseren (bijv. bioturbatie door wadpieren). Een bijzondere plaats wordt ingenomen door 'biobouwers', organismen die hun omgeving actief veranderen. In de Oosterschelde komen heel wat biobouwers voor, waaronder de Japanse Oester en wadpieren de meest opvallende zijn op de platen en slikken. Biobouwers veranderen de fluxen van nutriënten, water en sediment in mindere of meerdere mate, en kunnen door rifvorming bijdragen aan lokale concentratie van biomassa en nutriënten. Deze biobouwers kunnen ook het microtopografie beïnvloeden.

De voor ANT meest relevante doelvariabele in figuur 3 zijn de benthivore vogels, dit zijn de vogels die afhankelijk zijn voor hun voedsel van het bentische compartiment. Voor de Oosterschelde gaat dit met name om benthivore vogels die bij laag water hun voedsel zoeken in het intergetijdengebied (vooral steltlopers, in mindere mate ook meeuwen, eenden en ganzen). Voor de benthivore vogels zijn een aantal variabelen van belang:

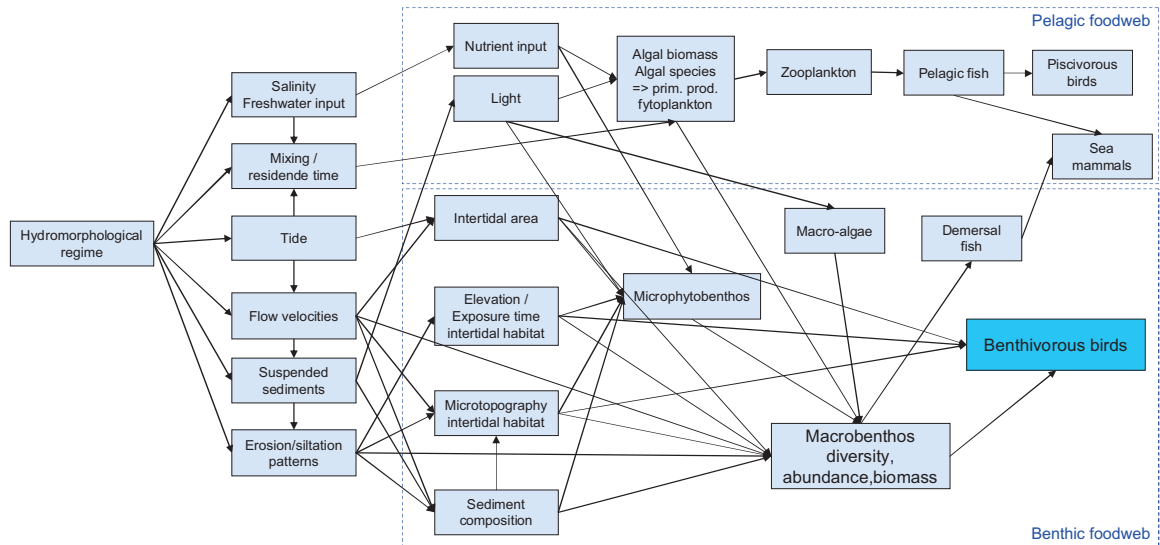
- bodemdieren (als voedsel)
- areaal intergetijdengebied (oppervlakte waarop de vogels kunnen foerageren)
- droogvalduur (bepalend voor de tijd die vogels per getij hebben om te foerageren)
- (micro)topografie (bepalend voor het foeragegedrag van vogels).

Daarnaast bepalen ook nog andere variabelen het voorkomen van vogels, zoals verstoring en de beschikbaarheid van geschikte hoogwatervluchtplaatsen.

In dit schema worden de twee andere doelvariabelen, "veiligheid" en "Natura2000 habitats" niet expliciet vermeld, maar het is duidelijk dat deze doelvariabelen vervat zitten in verschillende variabelen van het bentische compartiment.

De hierboven beschreven effectketen moet binnen de ANT-studie verder in detail uitgewerkt worden, en iedere component moet in perspectief van de vraagstelling bestudeerd worden.

ANT Oosterschelde streeft naar een beter begrijpen van de relaties tussen relevante omgevingsparameters en biotische responsvariabelen (benthos, vogels), op basis waarvan (habitat)modellen kunnen worden ontwikkeld ten behoeve van de evaluatie van de verschillende varianten.



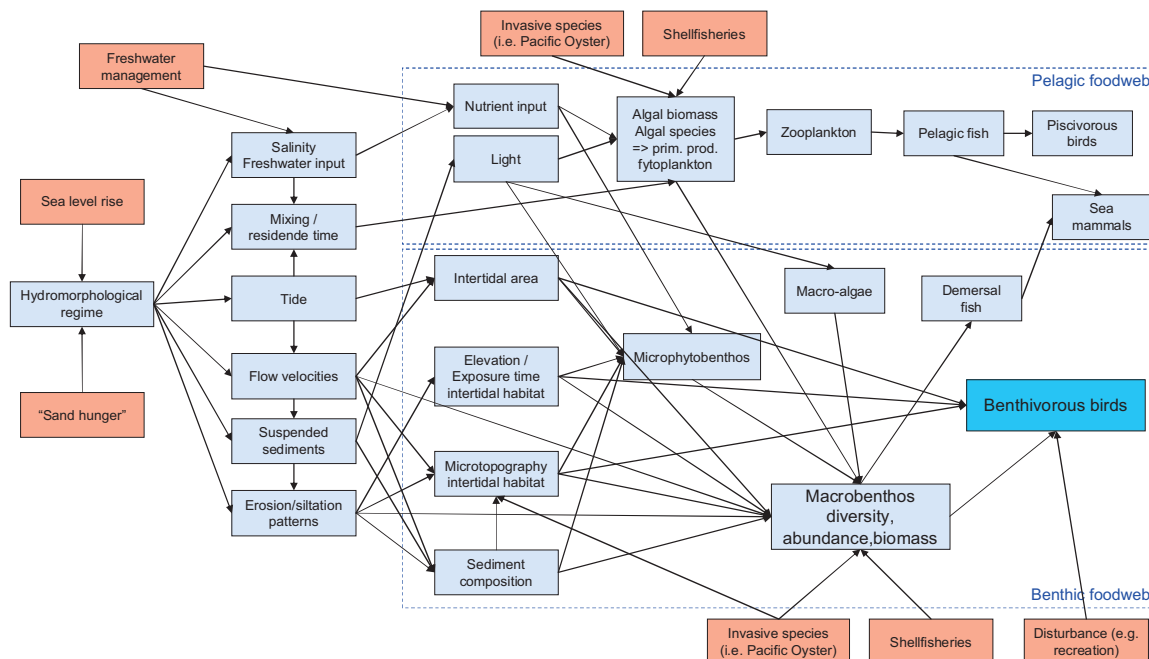
Figuur 3. Oorzaak-effect keten ANT-Oosterschelde.

Op deze effectketen hebben verschillende pressures een invloed. De voor ANT relevante pressures staan bijgevoegd in figuur 4. De zeespiegelstijging en de zandhonger beïnvloeden het hydromorfologische regime zoals hierboven beschreven. Het intergetijdengebied verdwijnt langzaam wat het voorkomen van Natura2000 habitats en vogels negatief beïnvloedt, en hogere eisen stelt aan de kustverdediging (dijken) door het verdwijnen van de beschermenden vooroevers (slikken, schorren).

De Oosterschelde heeft in toenemende mate te maken met exoten. Sommige van deze soorten zijn invasief en kunnen een belangrijk effect hebben op het Oosterschelde ecosysteem. Een goed voorbeeld hiervan is de Japanse Oester. Geïntroduceerd in de jaren '60, heeft deze soort zich sinds de jaren '90 sterk uitgebreid. Deze invasieve soort heeft effect op verschillende variabelen. Als filterfeeder legt deze soort een steeds groter beslag op de beschikbare hoeveelheid voedsel (fytoplankton). Ook neemt deze soort een toenemend areaal in van het intergetijdengebied en verandert hierdoor het habitat.

De schelpdierteelt (mosselen, oesters) beïnvloedt de draagkracht van het systeem, en kan daardoor ook een effect hebben op andere filterfeeders (bijv. kokkels) die op hun beurt weer een belangrijke voedselbron zijn voor enkele Natura2000 vogelsoorten.

Het beheer van de zoetwatertoevoer naar de Oosterschelde is belangrijk voor de nutriënten toevoer naar de Oosterschelde, alsmede het al dan niet voorkomen van zoet-zout gradiënten.



Figuur 4. Oorzaak-effect keten ANT-Oosterschelde met aanduiding van hoe verschillende pressures ingrijpen op het systeem.

Momenteel komt er nauwelijks zoetwater op de Oosterschelde, maar door een veranderend beheer kan dit in de toekomst veranderen en zal dit een effect hebben op het functioneren van de Oosterschelde.

Verstoring heeft een direct effect op het voorkomen van vogels in de Oosterschelde. De Oosterschelde heeft naast een natuurfunctie ook nog allerlei andere functies die activiteiten met zich meebrengen die verstoren (bijv. recreatie, schelpdierteelt). Al deze activiteiten hebben een bepaald effect op het Oosterschelde ecosysteem, welke positief, negatief of neutraal kunnen zijn. Voor de ANT-studie is het belangrijk om de grootte van deze (deels autonome) effecten op de ANT-doelstellingen te kennen.

*Effectketens voor target species*

De hierboven beschreven oorzaak-effectketen geeft inzicht in de baseline karakterisatie van het Oosterschelde ecosysteem en levert algemene systeemkennis over het gebied. In specifieke gevallen, zoals in deze ANT-studie, kan ingezoomd worden op organismen en habitats relevant voor de Natura2000 instandhoudingsdoelen. Hiervoor kunnen specifieke effectketens worden opgesteld, waarbij ingezoomd wordt op de relevante variabelen of processen voor deze target species.

Hieronder staan als voorbeeld een aantal effectketens uitgewerkt voor een aantal target soorten. Dit kan in de toekomst nog uitgebreid worden voor andere soorten. Als basis is de effectketen van figuur 3 gebruikt. De belangrijkste variabelen die een effect hebben op een bepaalde soort zijn via blauwe pijlen verbonden. De overige verbindingen zijn in het grijs weergegeven. Dit wil niet zeggen dat zij geen rol spelen, maar op deze manier kan gemakkelijker geëvalueerd worden welke variabelen of processen van belang zijn voor

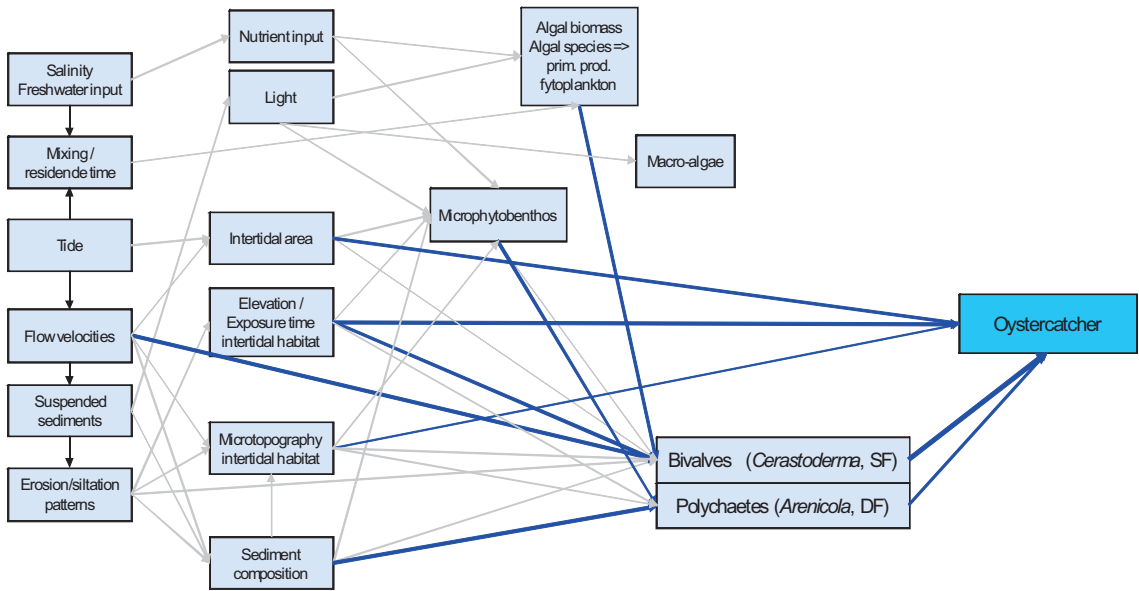


desbetreffende soort. Een aantal variabelen hebben een direct effect op alle soorten. Voor alle soorten speelt uiteraard het beschikbare areaal aan intergetijdengebied een rol. Neemt dit areaal af, zal dit gevolgen hebben voor de draagkracht van het OS systeem om steltlopers te herbergen. Voor alle soorten zal een afname in droogvalduur een effect hebben op de beschikbare foerageertijd. Dit zal voor bepaalde soorten grotere gevolgen hebben dan voor andere. Met name de kleinere soorten zullen hier hinder van ondervinden. Microtopografie, en met name het voorkomen van (semi-)permanent onder water staande delen van het intergetijdengebied zal een invloed hebben op het foerageergedrag en -activiteit van alle vogels. Ook hier verwachten we het grootste effect voor de kleinere vogelsoorten. Het belangrijkste verschil tussen soorten is een verschil in prooikeuze. De meeste steltlopers zijn gespecialiseerde consumenten met een voorkeur voor bepaalde prooisorten. Voor de effectketens voor target species is het dus enerzijds belangrijk te weten wat de prooikeuze is van de verschillende vogelsoorten, en anderzijds wat de (ruimtelijke en temporele) verspreiding (en activiteit) van deze prooisorten bepaalt en beïnvloedt. De ruimtelijke verspreiding van deze prooidieren (de bodemdieren of macrobenthos) wordt in belangrijke mate bepaald door de heersende hydrodynamische en geomorfologische omstandigheden. Verschillende studies hebben een relatie aangetoond tussen het voorkomen van macrobenthossoorten en -gemeenschappen en parameters zoals stroomsnelheid, bodemschuifspanning, overspoelingsduur, sedimentsamenstelling, voorkomen van microfyto-benthos. Echter, deze relaties zijn niet altijd heel eenduidig en dienen nader onderzocht te worden. Daarnaast kunnen bepaalde soorten zelf ook hun omgeving beïnvloeden, bijvoorbeeld doordat ze het sediment kunnen stabiliseren of juist omwoelen (zgn. ecosystem engineers ofwel biobouwers). Onderzoek naar de relatie tussen biobouwers en morfologie bevindt zich nog in een beginstadium. De verwachting is dat biobouwers slechts beperkte invloed hebben op de grootschalige sedimentbalans van een systeem, maar dat ze wel effecten hebben op sedimentsamenstelling en micromorfologie. Tevens kunnen zij bijdragen tot het optreden van plotselinge niet-lineaire veranderingen in het systeem.

Opgemerkt dient te worden dat de effectketens (nog) geen rekening houdt met bijv. seizoensale verschillen in prooi-aanbod en prooikeuze van de verschillende soorten. Zo kan een Wulp in de zomer vooral foerageren op krabben, maar in de winter overschakelen op een ander dieet.

*Scholekster (Oystercatcher)*

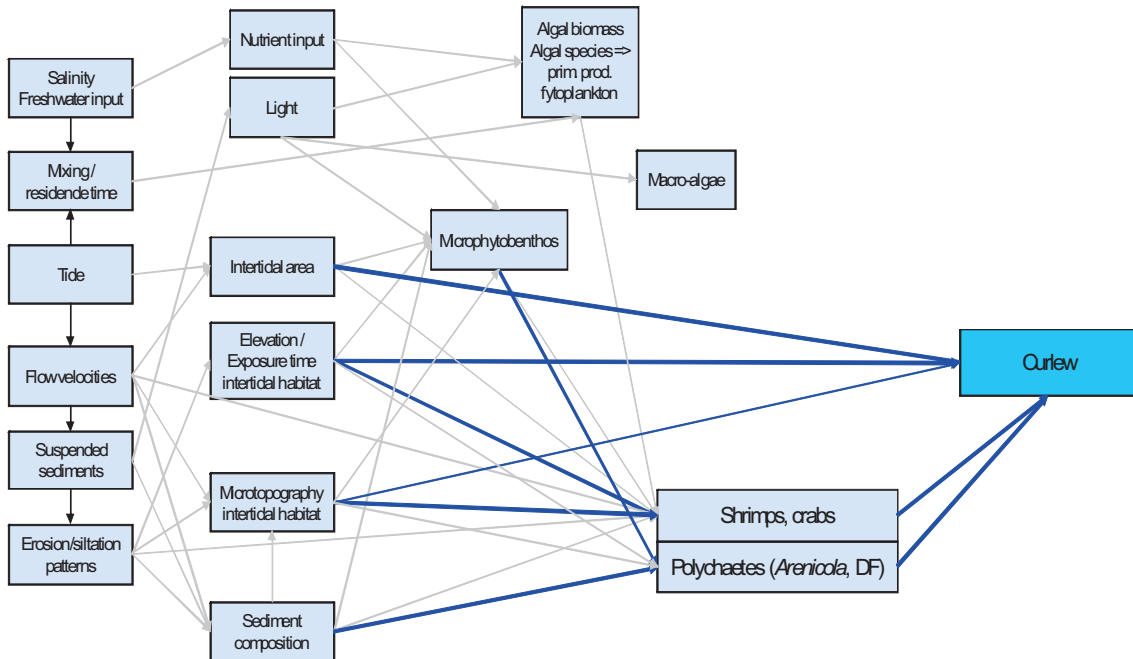
De scholekster is in hoofdzaak een schelpdiereter (met name kokkels in de OS), in mindere mate foerageert hij op wadpiëren.



Figuur 5. Oorzaak-effect keten ANT-Oosterschelde voor de scholekster. De blauwe pijlen geven de belangrijkste verbindingen weer.

**Wulp (Curlew)**

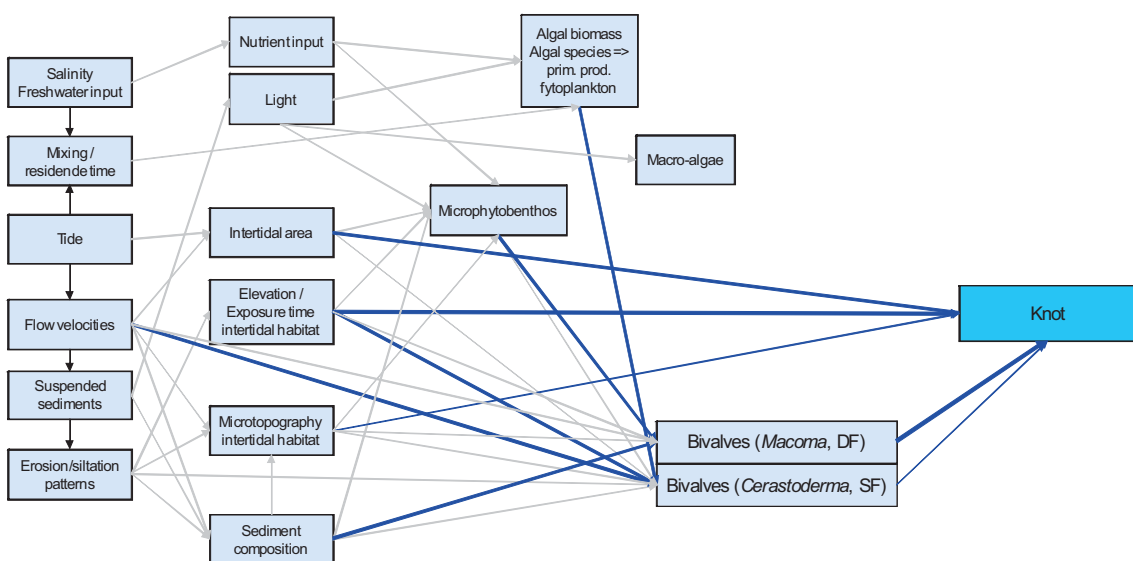
De wulp eet zowel crustaceeën (vnl. krabben) als grote wormen (vnl. wadpieren). Het aandeel van deze prooisorten verschilt naargelang het seizoen.



Figuur 6. Oorzaak-effect keten ANT-Oosterschelde voor de wulp. De blauwe pijlen geven de belangrijkste verbindingen weer.

**Kanoet (Knot)**

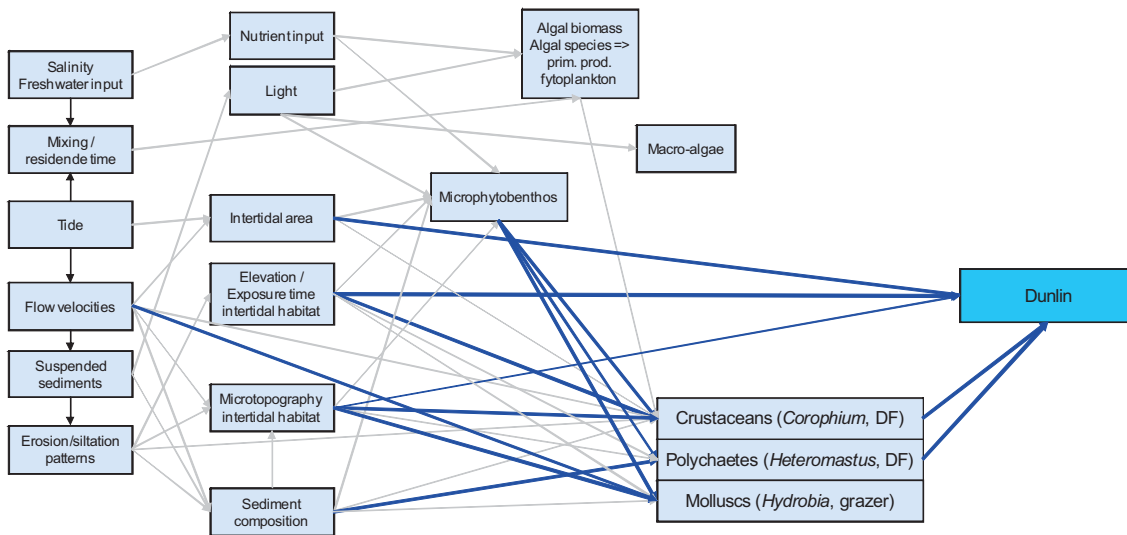
De kanoet is een gespecialiseerde schelpdiereter met een voorkeur voor nonnetjes (*Macoma balthica*) en kleine kokkels (*Cerastoderma edule*).



Figuur 7. Oorzaak-effect keten ANT-Oosterschelde voor de kanoet. De blauwe pijlen geven de belangrijkste verbindingen weer.

**Bonte Strandloper (Dunlin)**

De bonte strandloper foerageert op verschillende kleine prooi-soorten. Dit kunnen zowel crustaceeën (bijv. slijkgarnaal *Corophium*), wormen (bijv. draadworm *Heteromastus*) als slakjes (bijv. wadslakje *Hydrobia*) zijn.



Figuur 8. Oorzaak-effect keten ANT-Oosterschelde voor de bonte strandloper. De blauwe pijlen geven de belangrijkste verbindingen weer.

**Effectketens maatregelen**

In figuur 4 staan geen maatregelen weergegeven. Deze zijn op vele plekken denkbaar. De ANT Oosterschelde studie zal zich in eerste instantie vooral richten op maatregelen die direct het plaatareaal en de kwaliteit ervan beïnvloeden. Maatregelen zoals suppleties en plaatrandverdedigingen zijn potentiële middelen om de zandhonger tegen te gaan. Zowel de morfologische ontwerpcriteria als de ecologische effecten zijn nog nauwelijks gekend en dienen binnen ANT Oosterschelde onderzocht te worden.

Voor elke maatregel moeten oorzaak-effect ketens worden opgesteld die de effecten van de maatregel/activiteit beschrijven langsheen de effectketen. Hiervoor moet een gestandaardiseerde methodologie ontwikkeld worden.

Het beschrijven van de effecten van een bepaalde activiteit/maatregel is geen gemakkelijke taak, vooral wanneer de effecten moeten vergeleken worden met andere activiteiten. Een bepaalde maatregel kan directe effecten hebben op primaire ecosysteem karakteristieken, maar de meeste effecten zijn van secundaire of tertiaire aard. Bijvoorbeeld kan een suppletie de benthische fauna vernietigen en de turbiditeit in de nabije omgeving verhogen. Dit zijn primaire effecten, die relatief gemakkelijk te meten zijn. De toename in gesuspendeerd materiaal kan een effect hebben op de primaire productie en op de filtratiecapaciteit van schelpdieren (secundair effect). Een verandering in de voedselbeschikbaarheid voor schelpdieretende vogels is een tertiair effect. Primaire effecten zijn vaak van fysische of fysicochemische aard. Ecologische effecten situeren zich op een hoger niveau, hoewel duidelijke terugkoppelingen met het fysische milieu bestaan (zie boven). Daarnaast zijn tijd- en ruimteschalen belangrijk. Lokale ingrepen kunnen een effect hebben op een veel groter gebied dan de ingreep zelf, en de tijd waarvoor effecten zichtbaar worden kan meerdere (tientallen) jaren zijn, vooral voor morfologische processen en bepaalde ecologische processen.

Het beschrijven van alle mogelijke effecten, zonder één te vergeten, is niet gemakkelijk. Hierbij kan de hierboven gepresenteerde effectketenbenadering een handig hulpmiddel zijn. Hierbij wordt het initiële effect ontleed in primaire (veelal fysische) effecten en vervolgens in secundaire (fysische, chemische, morfologische, ecologische) en tertiaire (ecologische). Op die manier wordt de samenhang duidelijk en kunnen verschillende ingrepen op een gestandaardiseerde manier worden vergeleken en geëvalueerd. Deze effectketens kunnen vaak met relatief weinig inzet van specialisten beschreven worden.





## D Veiligheid

Bij deze oplossingsrichting wordt alleen uitgegaan van veiligheid en wordt nagegaan wat dit kan bijdragen aan het in stand houden van de natuurdoelen. Volgens de systematiek zoals weergegeven in het Kaderplan wordt in eerste instantie uitgegaan van de meest economische veiligheidsvariant. Vervolgens komen meer ecologisch optimale oplossingsrichtingen aan bod.

### Economische optimalisatie

De achteruitgang van slikken en platen als gevolg van de zandhonger, heeft een groter effect op de golfbelasting van de waterkeringen, dan waarmee rekening is gehouden bij het ontwerp van de nieuwe dijkbekledingen langs de Oosterschelde. In het rapport van Arnold, e.a., 2008 is becijferd dat noodzakelijke versterking van de waterkering als gevolg van de zandhonger tot 2060, tussen de 35 en 220 miljoen Euro zal kosten.

De range in deze kostenschatting wordt bepaald door verschillende factoren, zoals:

- de omvang van de gekozen veiligheidsmarge;
- de kostprijs van de te gebruiken materialen;
- de gebruikte methode: constructieversterking van de dijken of beperken van de golfbelasting door een ingreep in het voorland.

Aannemende dat we niet willen inleveren op de bestaande veiligheidsmarge, en dat de maatregelen worden uitgevoerd in de vorm van versterkingen aan de waterkering zelf, moet voor de kosten worden uitgegaan van zo'n 220 miljoen Euro tot 2060 (Arnold e.a., 2008). Wordt gekozen voor beperking van de golfbelasting door een ingreep in het voorland, dan veranderen de kosten.

Blom en Jacobse (2007) beargumenteren dat bij een belangrijk deel (50%) van de waterkeringen waar zich als gevolg van de zandhonger een probleem gaat voordoen, het voorland voldoende breed is (meer dan 150 m) om door zandsuppletie voldoende golfremming in stand te houden (zie Fig. D.1). Zij becijferen dat daarvoor tot 2060, in totaal rond de 8 - 16 miljoen m<sup>3</sup> moet worden gesuppleerd; geschatte kosten 16 - 110 miljoen euro. Versterking van de overige 50% van de waterkeringen met constructie versterkende maatregelen, schattend op 19 - 110 miljoen Euro, komen de totaalkosten op 35 - 220 miljoen Euro.

Naast zandsuppleties op het voorland, zijn ook combinaties mogelijk met erosieremmende constructies (zoals cascades en bestortingen van verschillende aard). De kosten daarvan zullen afhangen van de gekozen omvang. Hoewel nader onderzoek hierover uitsluitsel moet geven, lijkt het op voorhand niet waarschijnlijk dat de totale kosten hiervan de totaalschatting van de kosten voor het waarborgen van de veiligheid (220 miljoen Euro) zullen doen stijgen. De voorlopige kostenraming voor een ecologische oplossingsrichting Veiligheid bedraagt daarmee:

**35 – 220 miljoen Euro tot 2060.**

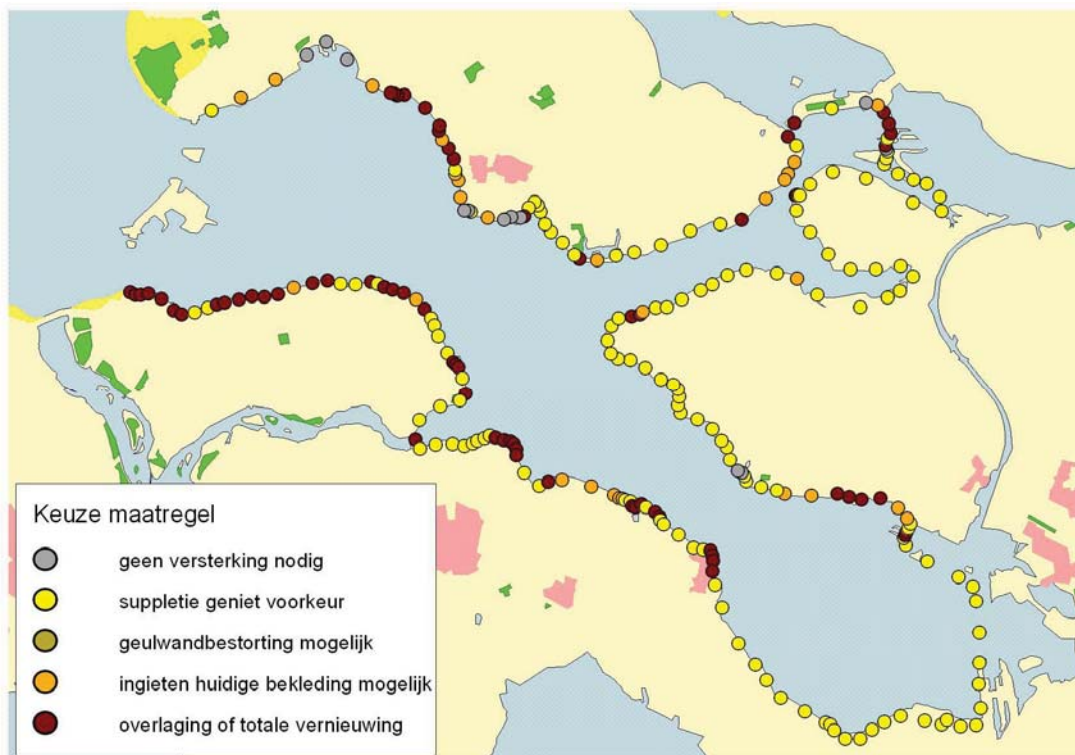


Fig. D.1 Mogelijke maatregelkeuze voor versterking waterkering per locatie (Blom en Jacobse, 2007)

## Ecologische optimalisatie

Om parallel aan een economische optimalisatie, ook een ecologische optimalisatie mogelijk te maken dient van de verschillende opties in de oplossingsrichting Veiligheid de mogelijke natuuropbrengst in beeld te worden gebracht.

Bij het toepassen van alleen constructieversterkende maatregelen aan de waterkering, is een ecologische optimalisatie mogelijk door het inzetten van verschillende Rijke Dijk concepten. Omdat in deze benadering geen expliciete bijdrage wordt geleverd aan het behoud van intergetijdgebied, zullen handhaafbare natuurdoelen met name hierdoor worden bepaald. De huidige natuurdoelen wijken hier sterk van af.

Wordt gekozen voor een combinatie met versterking van het voorland, dan levert dit een bijdrage aan het handhaven van de huidige natuurdoelen, welke voor een belangrijk deel samenhangen met de aanwezigheid van intergetijdgebied. Een eerste indruk van de omvang van deze bijdrage, volgt uit de schatting van het gebied waar versterking van het voorland door zandsuppletie, een optie is. Blom en Jacobse (2007) geven aan dat in totaal langs 63 km dijklengte, het voorland een breedte heeft van meer dan 150 m. In totaal een oppervlakte van zo'n 1000 ha. Bij een keuze om dit gebied middels zandsuppletie op voldoende hoogte te houden (zodat golfremming effectief blijft), zou dit betekenen dat minimaal 1000 ha intergetijdgebied behouden blijft. Ook als in de gehele overige Oosterschelde, alle platen en slikken verdwenen zouden zijn, zou daarmee zo'n 10% van het huidige areaal behouden blijven.

De natuurwaarden gekoppeld aan deze 1000 ha intergetijdgebied in het dijkvoorland, samen met de natuurwaarden gekoppeld aan de dijkluchamen met constructieversterking, zouden dan de minimaal (en zowel economisch, als ecologisch optimale), handhaafbare natuurdoelen opleveren.

## E Kosten

### Oplossingsrichting Veiligheid:

Schatting voor de totaalkosten (zoals beschreven in Appendix D), over de periode 2010 - 2060:

**35 – 220 miljoen Euro tot 2060.**

De jaarlijkse kosten over deze periode variëren.

Het deel van de waterkering dat moet worden aangepakt door versterking van de constructie (50%), vergt een investering binnen een korte termijn. Aannemende dat deze investering in de beginperiode wordt gedaan, verspreid over 10 jaar, betekent dat tussen 2010 -2020 een totaalinvestering van 17 - 110 miljoen Euro; ofwel :

**1,7 - 11 miljoen Euro/jaar**

De andere helft van de waterkering, welke wordt beschermd door zandsuppletie op het voorland, vergt over de gehele periode 2020 -2060 een investering tussen 18 en 80 miljoen Euro. Deze kan echter worden gespreid in een jaarlijkse omvang over deze periode van :

**0,5 – 2,0 miljoen Euro per jaar**

### Oplossingsrichting Patrouille:

Binnen deze oplossingsrichting wordt – in aanvulling op de veiligheidsoplossing – in de gehele Oosterschelde de plaaterosie gecompenseerd door zandsuppletie. Dit zand wordt systematisch over het hele bekken verdeeld door achtereenvolgend de verschillende plaatgebieden te suppleren ( als een soort “ zand patrouille” ).

De totale hoeveelheid zand die hiervoor nodig is eerder gelijk gesteld aan de waargenomen jaargemiddelde plaaterosie over de periode 1986 – 2001 (Hesselink et al., 2003), te weten 1,5 miljoen m<sup>3</sup> per jaar. Een latere studie (Jacobse e.a., 2008) komt met een hoeveelheid van 0,5 miljoen m<sup>3</sup> per jaar. Deze waarden zijn verder als boven en ondergrens gehanteerd.

Om de platen de zeespiegelstijging te laten bijhouden is een extra hoeveelheid sediment nodig tussen de 0,35 (bij 20 cm per eeuw) en 1,5 (bij 85 cm per eeuw) miljoen m<sup>3</sup> per jaar afhankelijk van de verwachte stijging.

Over een periode van 50 jaar (2010 – 2060) betekent dat een totale suppletie van 43 - 150 miljoen m<sup>3</sup>. Uitgaande van een m<sup>3</sup>-prijs van 3 – 12 Euro, bedragen dan de totale kosten tot 2060:

**130 – 1800 miljoen Euro**

De jaarlijkse kosten bedragen:

**2,6 – 36 miljoen Euro / jaar.**

Dit betreffen de totale kosten, de intergetijdengebieden worden volledig in stand gehouden en de veiligheid is dan daardoor eveneens gewaarborgd. De kosten die aan de natuur toegerekend worden zijn dan de totale kosten minus de veiligheidskosten (zie Tabel E-1).

### Oplossingsrichting Evenwicht :

Deze oplossingsrichting mikt – opnieuw in aanvulling op de veiligheidsoplossing - op het scheppen van een morfologisch evenwicht in de Kom van de Oosterschelde. Suppleties concentreren zich in dit gebied waardoor lokaal een toename van arealen en zandvolumes wordt gerealiseerd, terwijl in de overige Oosterschelde niet ingegrepen wordt. Het totale areaal intergetijdengebied van de Oosterschelde wordt aldus in stand gehouden.

Om de platen de zeespiegelstijging te laten bijhouden is een extra hoeveelheid sediment nodig tussen de 0,35 (bij 20 cm per eeuw) en 1,5 (bij 85 cm per eeuw) miljoen m<sup>3</sup> per jaar afhankelijk van de verwachte stijging.

De hiervoor benodigde hoeveelheid sediment is geraamd op 100 miljoen m<sup>3</sup>. Uitgaande van een m<sup>3</sup>-prijs van 3 – 12 Euro, bedragen dan de totale kosten tot 2060:

**350 – 1700 miljoen Euro.**

Nader onderzoek zal moeten uitwijzen welke aanlegperiode en fasering, optimaal is voor aanleg. Om een idee te vormen over de gevolgen daarvan voor de benodigde jaarlijkse investering, gaan we hier uit van een aanlegperiode van 10 jaar en een van 50 jaar. In het eerste geval is de jaarlijkse investering 35 – 170 miljoen Euro per jaar; in het tweede bedraagt het 7 – 34 miljoen Euro per jaar.

Dit betreffen de totale kosten, de veiligheid in de Kom van de Oosterschelde is daardoor eveneens gewaarborgd. De kosten die aan de natuur toegerekend worden zijn de totale kosten minus een derde van de veiligheidskosten (zie Tabel E-1).

### Oplossingsrichting Vooroeververdediging (cascades) :

Een oplossingsrichting - opnieuw in aanvulling op de veiligheidsoplossing - uitgaand van suppleties gecombineerd met lijnvormige constructies op meerdere dieptezones (cascades), waardoor het sediment op platen en vooroevers voor een groot gedeelte vastgehouden kan worden. Door voor de cascade constructies met bijv. oesterriffen te gebruiken liggen hier kansen voor biobouwers.

De kosten voor de aanleg van oesterriffen worden in eerste benadering geschat op 500.000 tot 1000.00 Euro per lengte van 1 km en breedte van 10 m.

Om een eerste indruk te krijgen van mogelijke totaalkosten die gemoeid zijn met de aanleg van cascades in de vorm van oesterriffen, is een schatting gemaakt van de maximaal mogelijke lengte van slikranden waar deze kan worden toegepast ( zie Fig. E-4). In het geval van 4 parallelle verdedigingen komt een eerste schatting komt uit op een lengte van zo'n (4 maal 35 km) 140 km.

Met de eerdergenoemde eenheidsprijs betekent dat totaalkosten in de orde van;

**70 – 140 miljoen Euro**

Nemen we aan dat de aanleg van de cascades plaats heeft binnen een tijdsbestek van 10 jaar, dan is de jaarlijkse investering orde 7 – 14 miljoen Euro per jaar; wordt de aanleg gespreid over de gehele periode van 2010 – 2060, dan zijn de jaarlijkse kosten rond de 1,4 – 2,8 miljoen Euro per jaar.

Naast de aanleg van de cascades, zal in deze oplossingsrichting ook nog zandsuppletie worden toegepast volgens het concept van oplossingsrichting Patrouille. Hoe groot deze suppletiehoeveelheid zal moeten zijn, is op voorhand moeilijk in te schatten. Door de erosieremmende werking van de cascades, is deze kleiner dan in een oplossing met alleen suppleties. Wanneer we efficiëntie inschatten tussen de 0,4 en 0,9 maal de waarden als



gehanteerd zijn voor de oplossingsrichting Patrouille. In dat geval komt de totaalschatting inclusief de compensatie voor zeespiegelstijging over de periode 2010 – 2060, op

**120 – 1800 miljoen Euro**

De jaarlijkse kosten bedragen dan, afhankelijk van de gekozen periode voor aanleg van de cascades, tussen de 2,4 en 36 miljoen Euro per jaar.

Dit betreffen de totale kosten, de intergetijdengebieden worden volledig in stand gehouden en de veiligheid is dan daardoor eveneens gewaarborgd. De kosten die aan de natuur toegerekend worden zijn dan de totale kosten minus de veiligheidskosten (zie Tabel E-1).

## Kostenvergelijking tussen oplossingsrichtingen

*Tabel E-1 Eerste benadering kostenschattingen voor de verschillende oplossingsrichtingen over de periode 2010 – 2060.*

*De kosten voor natuur zijn bepaald als de totale kosten minus de veiligheidskosten.*

<b>Oplossingsrichting</b>	<b>Kosten Veiligheid</b>	<b>Kosten Natuur</b>	<b>Kosten Totaal</b>
	<b>MEuro/jaar</b>	<b>MEuro/jaar</b>	<b>MEuro/jaar</b>
veiligheid	0,7 – 4,4	0	0,7 – 4,4
patrouille	0,7 – 4,4	2,0 – 32	2,7 – 36
Vooroeververdediging*	0,7 – 4,4	1,7 – 32	2,4 – 36
evenwicht *	0,7 – 4,4	6,8 – 34	7,5 – 38

\* :Investerings in de eerdere jaren zijn hoger dan in de latere jaren.