

**Bureaustudie modellering  
Oermoeras**

concept





# **Bureaustudie modellering Oermoeras**

Pascal Boderie

1201198-000



**Titel**

Bureaustudie modellering Oermoeras

**Project**

1201198-000

**Kenmerk**

1201198-000-ZWS-0015

**Trefwoorden**

model, oermoeras, slib, habitat, golven.

**Samenvatting**

Dit rapport beschrijft kort de resultaten van in het verleden uitgevoerde modelleringen aan het oermoeras op de locatie waar dit moeras vooralsnog gepland is, gesitueerd in de oksel van de Houtribdijk bij Lelystad. Bij benadering heeft dit moeras een oppervlak van 4000 ha.

Het huidige slibmodel doet alleen uitspraken over de invloed van het oermoeras op de stroming en de luwtewerking ervan op het watersysteem van het hele Markermeer. Het model doet geen uitspraken over wat er in het moeras zelf gebeurt zoals slibstromen en golfbewegingen in geulen in het moeras. Het model is niet gekalibreerd voor het berekenen van de langjarige slibbalans, de bron- en puttermen voor slib (oevererosie, interne productie door verweken) zijn hiervoor onvoldoende nauwkeurig in beeld. De modelprestatie op dit vlak is onbekend. De vraag in welke mate het moeras slib invangt of een bron van slib vormt is dus nog niet goed te beantwoorden met het model.

Met het HABITAT instrument kunnen de mogelijke effecten van ingrepen in het watersysteem op de natuur ruimtelijk en kwantitatief verkend worden. De ruimtelijke informatie zorgt voor een betere afweging van de mogelijke effecten. HABITAT is een bruikbaar instrument gebleken bij het beoordelen van bestaande ontwerpen van een oermoeras. De rekenregels voor de driehoeksmosselen zijn in de onderzochte studie aangepast en voor de spiering zijn deze rekenregels speciaal gemaakt. Aanbevolen wordt om deze rekenregels te valideren aan de hand van de van resultaten uit het ANT project of de NMIJ (mosselexperiment in de waterproeftuin).


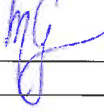
De mogelijke gevolgen van een toename van de helderheid van het water als gevolg van een lager slibgehalte op de potentiële groei van algen zijn in deze studie niet meegenomen. De helderheid zou hierdoor kunnen afnemen. Dit zal met name negatieve effecten hebben op de resultaten voor waterplanten en mogelijk positieve effecten voor spiering. Een toename van algen leidt weer tot een groter voedselaanbod voor mosselen en vissen. Aanbevolen wordt om het slibmodel uit te breiden met algenmodellering, een eerste stap op weg naar een meer compleet eco-systeemmodel van het Markermeer.

De beschikbare golfmodellen en randvoorwaarden kunnen een bijdrage leveren aan het onderzoeken of het haalbaar is een dynamisch functionerend oermoeras te ontwerpen met gebruikmaking van (natuurlijke) peilfluctuaties en windgedreven peilschommelingen.

**Titel**  
Bureaustudie modellering Oermeeras

**Project** 1201198-000      **Kenmerk** 1201198-000-ZWS-0015      **Pagina's** 30

**Referenties**  
Natuurlijker Markermeer-IJmeer

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
	dec. 2010	Pascal Boderie		Menno Genseberger		Toon Segeren	

**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>Inleiding</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Modellering oermoeras – golfbelasting</b>	<b>3</b>
2.1	Locaties	3
2.2	Model	5
2.3	Resultaat	6
<b>3</b>	<b>Modellering oermoeras – slibhuishouding Markermeer</b>	<b>9</b>
3.1	Inleiding	9
3.2	Resultaat modellering slib	9
<b>4</b>	<b>Modellering oermoeras – habitatdiversiteit</b>	<b>15</b>
4.1	Habitat	15
4.2	Maatregelen	16
4.3	Effect	17
<b>5</b>	<b>Conclusies</b>	<b>19</b>
5.1	Golfmodel(len)	19
5.2	Slibmodel	19
5.3	HABITAT	19
<b>6</b>	<b>Aanbevelingen</b>	<b>21</b>
6.1	Slib	21
6.2	Habitat	21
<b>7</b>	<b>Referenties</b>	<b>23</b>





## 1 Inleiding

In de planning van NMIJ 2010 is onder WBS code 5.2a de activiteit “modellering oermoeras” gedefinieerd. Deze activiteit is daarom ook in het ‘spoorboekje’ onder NMIJ product ‘T’ opgenomen.

Het nut en noodzaak van de activiteit was op het moment van de planning nog niet precies duidelijk. Naar analogie van de modellering slibscherm was gepland dat de activiteit gericht zou zijn op de keuze voor de locatie en de omvang van het uiteindelijke moeras. Omdat er geen alternatieve locaties voor het oermoeras in beeld waren en zijn is zo’n modellering niet zo zinvol.

Een alternatieve invulling van deze activiteit werd gevonden door de inzet van het model bij de advisering over de effecten van de aanleg van de pilot oermoeras, in verband met de MER. Deltares heeft deze mogelijkheid onderzocht en aangegeven (20 oktober, kenmerk 201198-000-ZWS-0009-vj) dat pas na analyse van bodemonsters op de locatie van het werk én een keuze voor de te gebruiken aanlegtechniek het effect van slibverspreiding op de omgeving met een verspreidingsmodel is te kwantificeren.

Recentelijk zijn activiteiten rondom het oermoeras geïntensiveerd. Naar aanleiding van de 2<sup>e</sup> workshop oermoeras (datum 11 november in Nijmegen) bleek dat nog niet duidelijk is aan welke inzet van modellen behoefte is. Pas als er een concrete invulling van het doel van een modellering gedefinieerd kan worden zal modellering mogelijk een zinvolle bijdrage aan het NMIJ onderzoek leveren. Gaat het om het modelleren van slib, van ecologie, of bijvoorbeeld van consolidatie of zettingen etc.? In ieder geval moet duidelijk zijn of het gaat om de effecten in het oermoeras zelf of om de effecten dat zo’n groot moeras op het Markermeer als geheel uitoefent.

Dit rapport beschrijft daarom de in het verleden uitgevoerde modelleringen aan het oermoeras op de locatie waar dit moeras gepland is, gesitueerd in de oksel van de Houtribdijk bij Lelystad. Bij benadering heeft dit moeras een oppervlak van 4000 ha.

Taak WBS 3.2a krijgt daarmee het karakter van een bureaustudie bestaande modellering oermoeras. Deze bureaustudie is niet beperkt tot modellering van het oermoeras in relatie tot slibhuishouding, ook golfhoogte in verband met veiligheid van de dijken en het effect van een oermoeras op habitatdiversiteit zijn eerder gemodelleerd en komen aan bod in hoofdstukken 2 tot en met 4.

In hoofdstukken 5 en 6 worden conclusies over de status en potentie van de drie gebruikte modellen getrokken en aanbevelingen gedaan over eventuele inzet en ontwikkeling van deze modellen.



## 2 Modelling oermeeras – golfbelasting

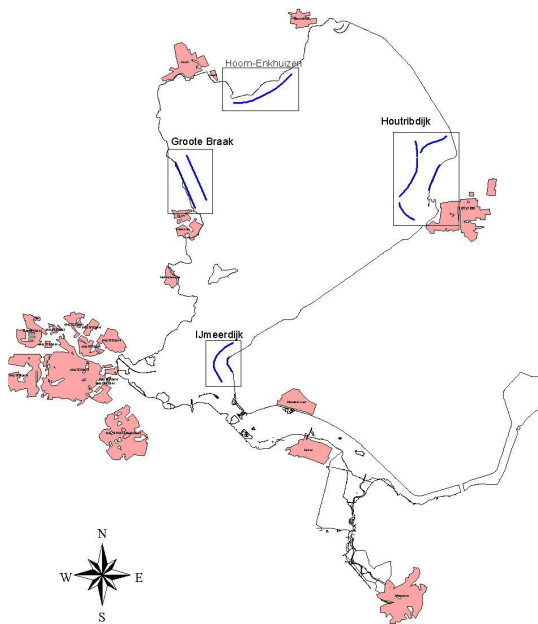
In 2006 heeft WL samenwerking met Witteveen & Bos berekeningen uitgevoerd voor het Markermeer om de effecten van de aanleg van eilanden, ondiepten en vooroevers op de golfaanval op dijken te evalueren. Dit onderzoek kwam voort uit wensen en ideeën om met behulp van lokale verdiepingen en de aanleg van vooroevers en eilanden, de huidige veiligheid van het IJsselmeergebied te handhaven. Uit eerdere studies bleek de winst die behaald kan worden in gebieden waar de golfoploop/overslag de bepalende factor is voor de dijkhoogte, nog nader gekwantificeerd moest worden

### 2.1 Locaties

Om de effecten genoemd in de doelstelling te evalueren zijn in eerste instantie verkennende 1D berekeningen met SWAN-1D naar de golfcondities (hoogte, periode) uitgevoerd om een globaal idee te krijgen van deze effecten (Fase A). In Fase B zijn voor vooraf vastgestelde combinaties van meerpeil en stormcondities, zoals die ook gebruikelijk zijn bij de bepaling van de hydraulische randvoorwaarden, meer gedetailleerde 2D berekeningen met SWAN-2D uitgevoerd om de golfhoogte aan de teen van geselecteerde dijkvakken te berekenen. Op basis hiervan zijn in Fase C met Hydra-M op probabilistische wijze berekeningen gemaakt om het effect van de beschouwde inrichtingsvarianten op de benodigde kruinhoogten in beeld te brengen.

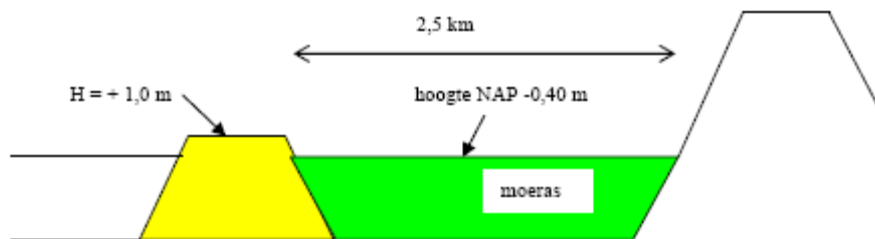
Onder golfbrekers wordt in de studie die we hier bespreken verstaan: ondiepten, eilanden en vooroevers. De locatie voor het oermeeras bij de Houtribdijk nabij Lelystad is ook onderzocht (zie Figuur 1), om de volgende redenen:

- grote strijklengte op overheersende zuidwesten wind,
- onderhoud huidige dijk eist veel middelen,
- in de toekomst zou hier een oermeeras gepland kunnen worden.



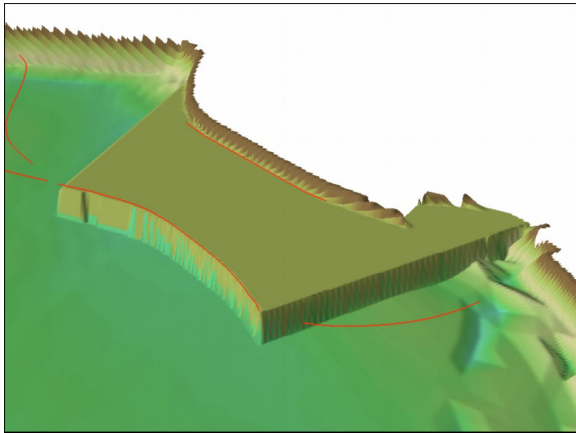
Figuur 1 Overzicht van locaties waar het effect van golfbrekers met modellen onderzocht is (Verheij ea., 2006).

Een voorbeeld van een inrichtingsvariant die is onderzocht (locatie Houtribdijk) is een combinatie van een golfbreker (geel) op een afstand van de dijk van 2,5 km en een moeras (groen). Deze variant is schematisch weergegeven in Figuur 2.



Figuur 2 Golfbreker in combinatie met moeras.

In Figuur 3 is de bodemschematisatie voor locatie Houtribdijk van deze inrichtingsvariant weergegeven.



Figuur 3 Bodemligging moeras Houtribdijk (lengte 4.5km, afstand tot dijk 2.5km, moeras op -0.4m NAP, kruinhoogte +1m NAP en 5 m breed).

## 2.2 Model

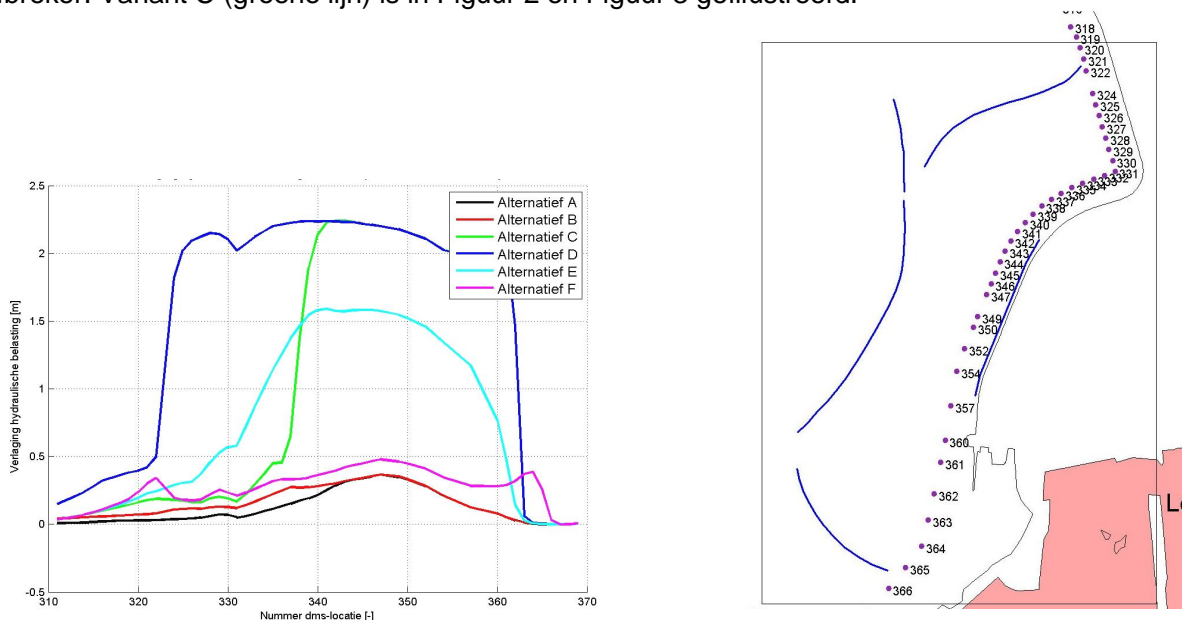
Langs meren worden grote belastingen op de waterkeringen veroorzaakt door hoge meerpeilen, of harde wind, of een combinatie van beide. De uiteindelijke belasting op een waterkering is ook afhankelijk van het profiel van de kering. In HYDRA\_M kan met behulp van hydraulische randvoorwaarden ter plaatse van de teen van de dijk en het profiel van de waterkering, voor verschillende toetsfrequenties het toetspeil, de benodigde kruinhoogte en illustratiepunten (“maatgevende” combinatie van waterstand, significante golfhoogte, piekperiode en golfvalsrichting; dit is de conditie die de grootste bijdrage geeft in de kans van overschrijding) van een dijk worden bepaald. Elke combinatie van meerpeil en windcondities heeft een eigen kans van voorkomen die met behulp van de vastgestelde individuele statistieken kan worden bepaald. De waterstand ter plaatse van de teen van de dijk wordt bepaald door de gemiddelde waterstand van het meer (afhankelijk van de vullingsgraad, het meerpeil) en lokale effecten, zoals op- en afwaaien door storm. Daarnaast is het golfklimaat, uitgedrukt in een golfhoogte, een golfperiode en een golfrichting van belang voor golfoploop en golfoverslag. Golfoploop en - overslag op een dijk zijn afhankelijk van het dijkprofiel (profiel, voorland, doorlatendheid en ruwheid van de bekleding van de kering). Verschillende combinaties van meerpeil en windcondities kunnen tot eenzelfde belasting van de waterkering leiden. Met een probabilistische berekening in HYDRA\_M kan worden vastgesteld met welke frequentie een bepaalde belasting wordt overschreden.

Voor de locatie Houtribdijk (x-coördinaat: 158404, coördinaat: 512946, dijknormaal ten opzichten van de noord: 240°) in het Markermeer zijn de toetspeilen, kruinhoogten, en illustratiepunten bij een ontwerpfrequentie van 1/4000 bepaald met behulp van de HYDRA\_M database van de Hydraulische Randvoorwaarden 2001. Onder illustratiepunten verstaan we de waterstanden, golfhoogten, golfpiekperioden en golfrichtingen behorende bij de combinatie van meerpeil, windsnelheid en windrichting met de grootste frequentie van optreden. Daarbij is uitgegaan van een standaarddijkprofiel met een 1:4 talud zonder berm of voorland, een grasbekleding en een toelaatbaar overslagdebiet van 1 l/s/m. De resultaten zijn weergegeven in Tabel 1.

Tabel 1 Combinatie van meerpeil, windsnelheid en windrichting met de grootste kansdichtheid bij een toetsfrequentie van 1/4000 en berekende toetspeilen, kruinhoogten, en illustratiepunten voor de Houtribdijk.

Locatie	Meerpeil	Windrichting	Windsnelheid	Toetspeil	Kruinhoogte	Waterstand	Significante Golfhoogte, $H_s$	Piekperiode, $T_p$	Golfrichting, $\theta$
	m + NAP	(°)	(m/s)	m + NAP	m + NAP	m + NAP	(m)	(s)	(°)
Houtribdijk	-0,35	240	33.54	1,45	5.53	1.38	2.25	6.27	237.8

Figuur 4 geeft de berekende verlaging van de hydraulische belasting op verschillende locaties ter plaatse van de Houtribdijk voor diverse varianten van de uitvoering van de golfbreker. Variant C (groene lijn) is in Figuur 2 en Figuur 3 geïllustreerd.



Figuur 4 Berekende verlaging (links) van de hydraulische belasting (m) op verschillende locaties (zie rechts) ter plaatse van de Houtribdijk voor diverse varianten van de golfbreker.

## 2.3 Resultaat

De conclusies zijn:

- Golfreducerende constructies kunnen een goed middel zijn om dijkverhoging te voorkomen. Afhankelijk van situering, afstand tot de dijk en hoogte van de golfreducerende constructie zijn verlagingen van de maatgevende belastingen van 0,5 tot wel 2 m te bereiken.
- De effectiviteit van golfreducerende constructies neemt sterk af bij afstanden tot de dijk van meer dan 500 m, maar als tussen de dijk en een op grotere afstand gelegen golfbreker een moeras aanwezig is, is de verlaging van de belasting uiteraard zeer groot.
- De afstand tot de dijk heeft de meeste invloed op de resultaten, gevolgd door de hoogte van de golfbreker. De breedte geeft het minste effect.
- Aanliggende constructies als bermen en stranden zijn ook zeer effectief, maar dit is afhankelijk van de hoogteligging van berm of strand.

- een benadering met vooraf vastgestelde combinaties van meerpeilen en stormcondities blijkt een voldoende schatting te geven om het effect van maatregelen in kwantitatieve zin onderling te vergelijken; Hydra-M berekeningen geven de uiteindelijke hydraulische belastingen, maar de kwantitatieve verschillen met de benadering met vooraf vastgestelde combinaties van meerpeilen en stormcondities zijn gering. Dit betekent niet dat de probabilistische aanpak achterwege kan blijven, die blijft nodig om de te onderzoeken combinaties af te leiden.



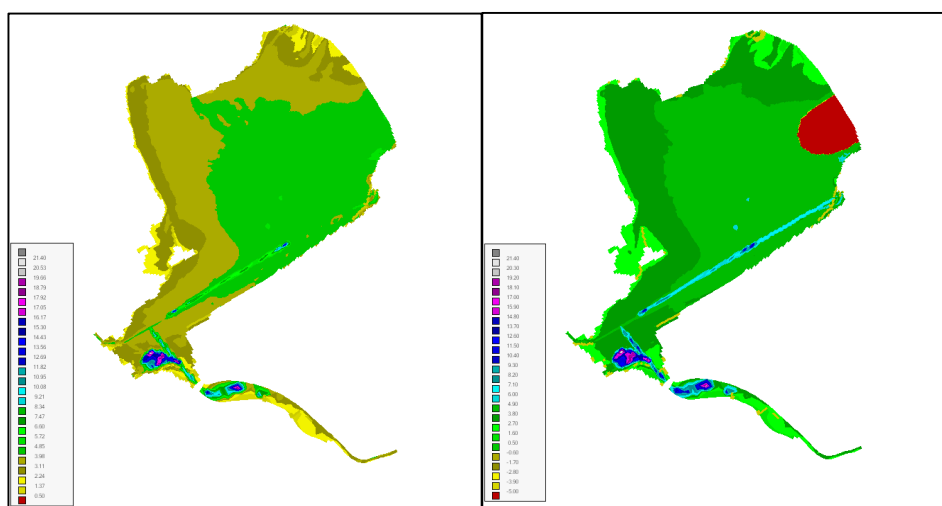


### 3 Modelling oermoeras – slibhuishouding Markermeer

#### 3.1 Inleiding

In 2008 (Vijverberg en Boderie) en in 2007 (Kuijper) is met het Delft3D slibmodel aan inrichtingsvarianten in het Markermeer gerekend. Hier worden die varianten besproken waar sprake is van modellering van een oermoeras.

In 2008 is gewerkt met de huidige situatie en met een referentiesituatie (zie Figuur 5). De referentie situatie bestaat uit de huidige situatie, inclusief een oermoeras aan de Houtribdijk en een verlengde vaargeul Amsterdam Lemmer in het Markermeer tot aan de Houtribhaven. Overige scenario's (hier niet besproken) zijn gebaseerd op deze referentie situatie en hebben naast de ingrepen in dit scenario nog andere inrichtingsmaatregelen. Dit geeft aan dat het oermoeras als een 'no regret' maatregel wordt beschouwd en er weinig discussie over de locatie lijkt.



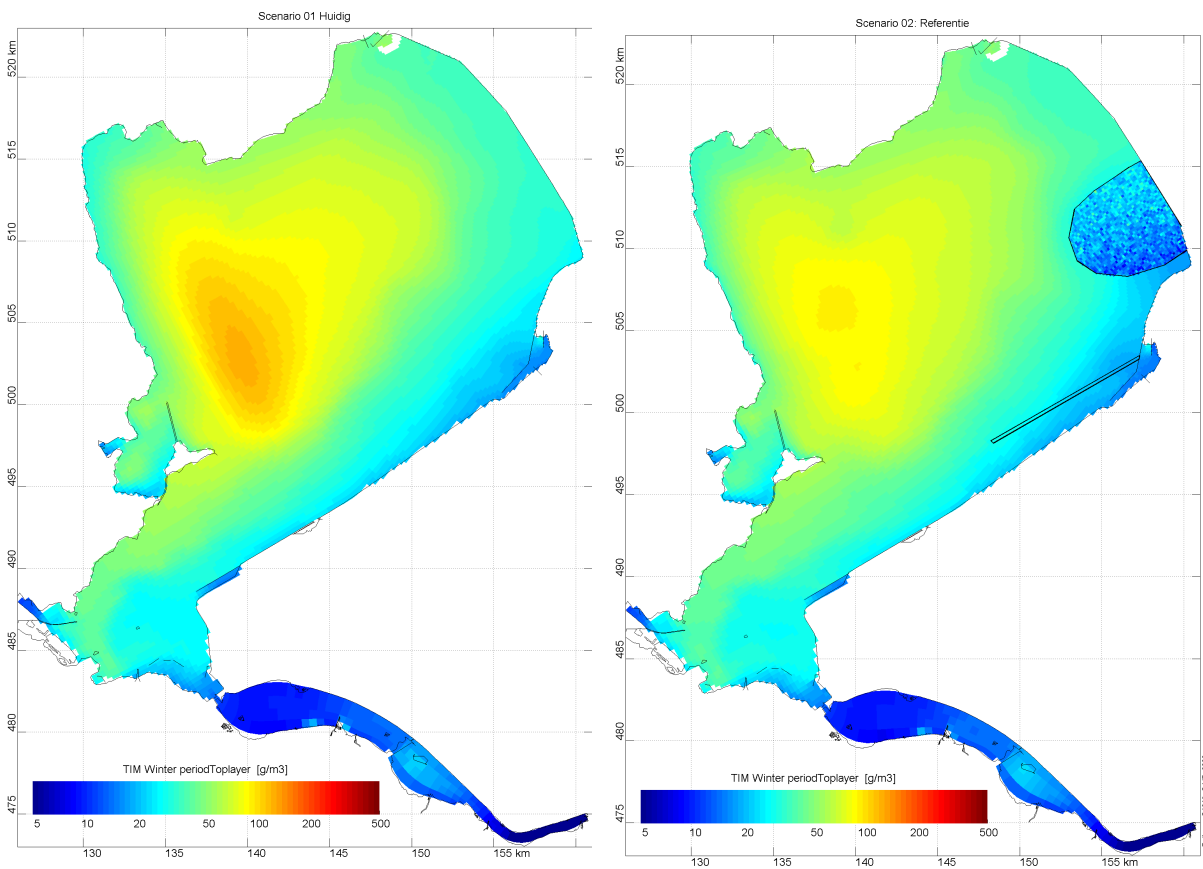
Figuur 5 Diepteprofiel van de huidige situatie (links) en de referentiesituatie (rechts).

#### 3.2 Resultaat modellering slib

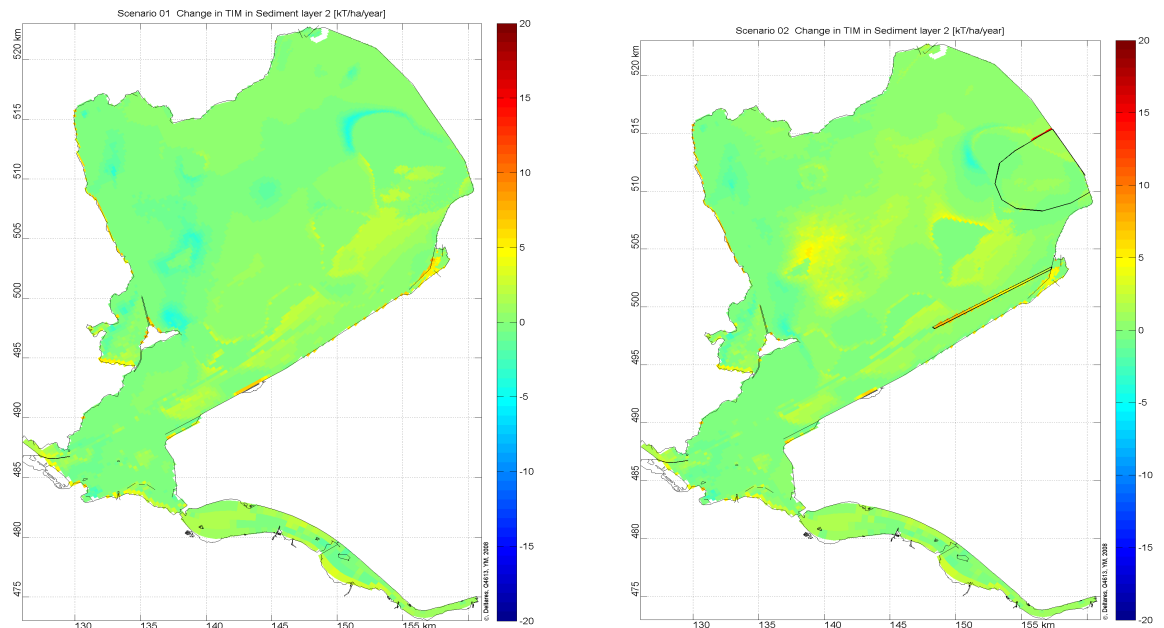
Het oermoeras is geschematiseerd als een dijk met hoog land daarachter. Hierdoor is er totaal geen uitwisseling met de rest van het meer. Processen als invangen van slib, of erosie van het moeras bij harde wind (productie van slib) zijn dus niet meegenomen in het model. Het moeras zorgt in het model voor een verkleining van het wateroppervlakte van het Markermeer. Het gevolg is een kleinere strijklengte en een aangepast stroombeeld in (Figuur 8) in het meer.

Zo'n grootschalig oermoeras zorgt ervoor dat er bij zwaar weer minder hoge golven ontstaan en er in het meer minder slib opgewerveld wordt. Dat is goed te zien in Figuur 6, met name in het westen van het Markermeer neemt de jaargemiddelde slibconcentratie sterk af. Het effect van het moeras op de jaargemiddelde slibconcentratie strekt zich uit over de hele breedte van het meer.

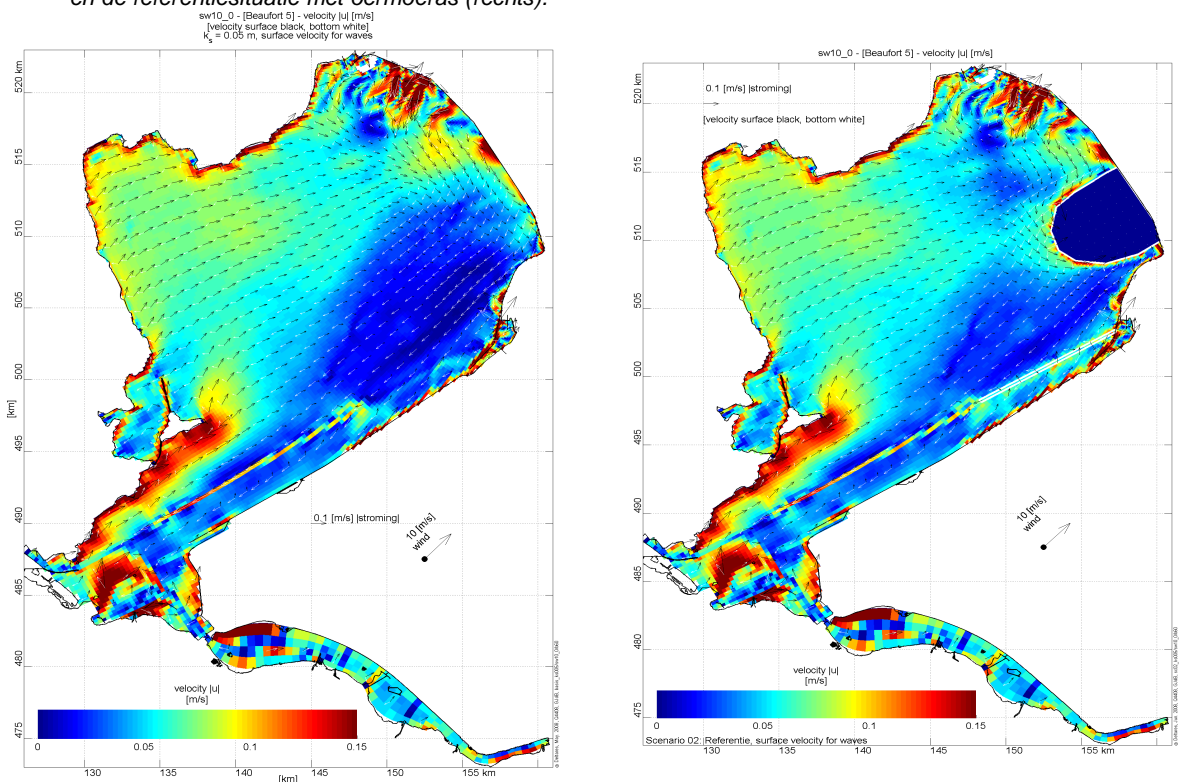
Figuur 7 laat zien dat de aanleg van een oermoeras bij de Houtribdijk bij Lelystad veranderingen in de aanslibbing in de bodem veroorzaakt. In de huidige situatie sedimenteert er netto slib in het diepere zuidoostelijk deel van het meer (gele patronen, linker plaatje). Als gevolg van de extra luwte en gewijzigd stroompatroon door het oermoeras vindt in de referentiesituatie over een veel groter deel van het meer aanslibbing plaats (gele patronen, rechter plaatje). De blauwe gebieden waar netto erosie plaatsvindt, worden richting de kustzone verplaats, het areaal wordt kleiner.



Figuur 6 Gesimuleerd jaargemiddeld slijtgehalte (mg/l) in het water van het Markmeer in de huidige situatie (linksboven) en in de referentie situatie met oermoeras en verlengde vaargeul (rechtsboven).



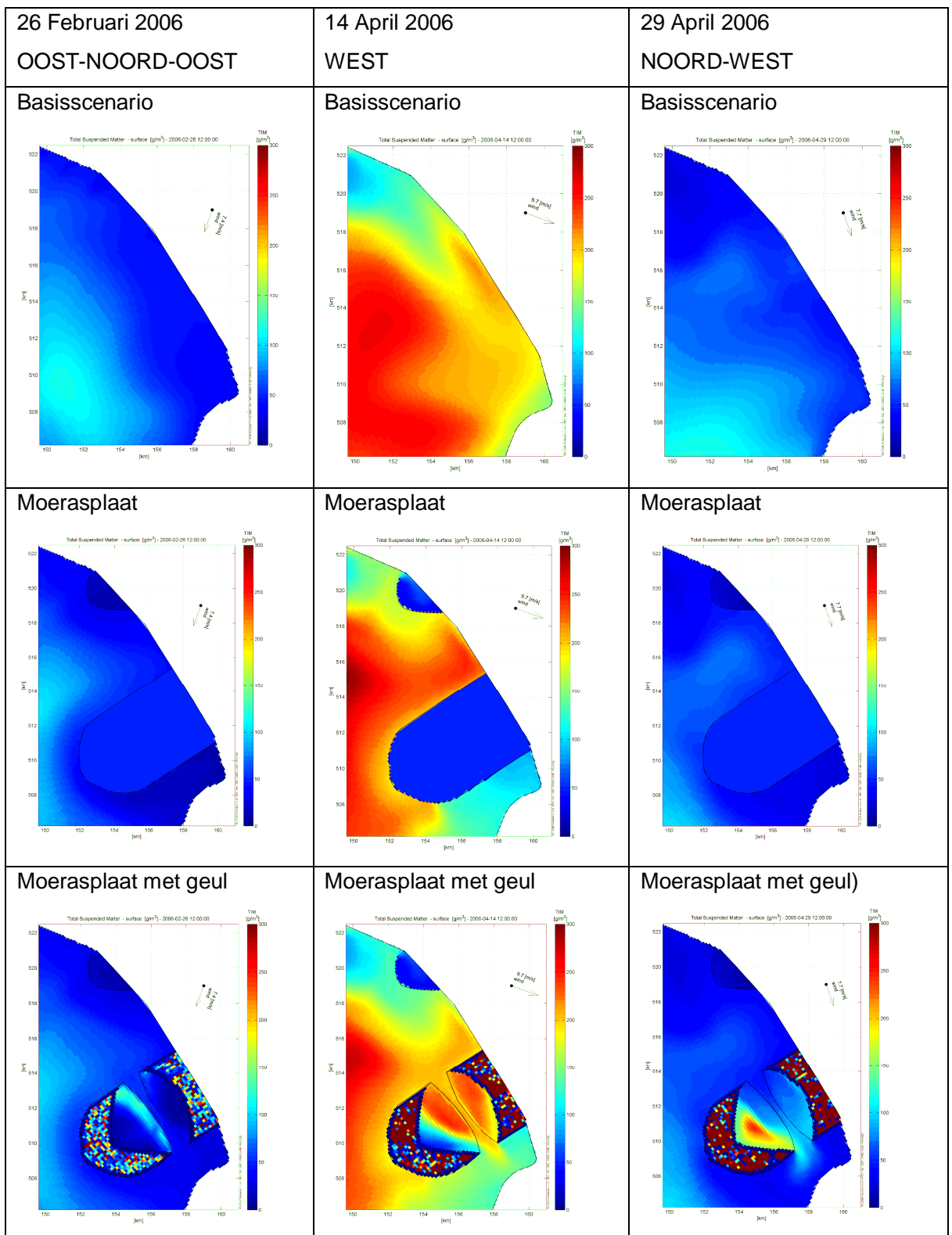
Figuur 7 Verandering in hoeveelheid sediment in de bodem laag binnen een jaar ( $\text{kT} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{J}^{-1}$ ) voor de huidige (links) en de referentiesituatie met oermoeras (rechts).



Figuur 8 Stroomsnelheid (kleurschaal tot  $15\text{cm/s}$ ) en stroomrichting (zwarte pijlen oppervlakte, witte pijlen aan de bodem) voor de huidige situatie (links) en de referentiesituatie (rechts) bij een stationaire zuidwestenwind van 5Bft. Zie Bijlage 8 voor stroombeelden bij andere windrichtingen.

In 2007 is met een ongekalibreerde versie van het slibmodel ook gerekend aan maatregelen bij de Houtribdijk, te weten een oermoeras en een geleidedam op het Enkhuizerzand. Doel van beide maatregelen is een grotere dynamiek te verkrijgen en er voor te zorgen dat sediment ingevangen of blijvend vastgelegd wordt. De luwte die gecreëerd wordt achter de geleidedam bevordert de sedimentatie van fijn slib in dat gebied. Dit komt ook de helderheid ten goede. Daar staat tegenover dat het huidige zandige substraat aanzienlijk slibrijker wordt en dat het gebied aan dynamiek van stromingspatronen inboet.

Het oermoeras is op twee manieren doorgerekend, één variant waarbij het moeras omringd is met een dijk op 0.0 m NAP, en één variant waarbij een geul het moeras parallel aan de Houtribdijk doorsnijdt en waar het moeras op twee niveaus ligt met een deel op 0,25 m NAP en een deel op -0,5 m NAP.(zie Figuur 9) . Het idee achter deze laatste variant is dat er een doorstroomgeul ontstaat door het moeras heen. Beide moerasvormen hebben een grote invloed op de waterbeweging van het Markermeer. De centrale stroming in het Markermeer krijgt een kleinere diameter wat op haar beurt leidt tot veranderingen in het sedimenttransport. Afhankelijk van de windrichting ontstaan er luwtes aan beide zijden van het moeras en in de geul die een van de moerasvormen doorsnijdt alwaar de sedimentatie van fijn sediment toeneemt en het water helderder wordt. De dynamiek is vooral terug te zien in het moerasgebied zelf dat bij verschillende waterstanden deels droog komt te liggen of juist overstroomt.



Figuur 9 Zwevendestofgehalte in de bovenste laag van de waterkolom nabij de Houtribdijk bij verschillende windcondities en scenario's. Zwevendestofgehaltes staan uitgedrukt in mg/l.



## 4 Modelling oermeeras – habitatdiversiteit

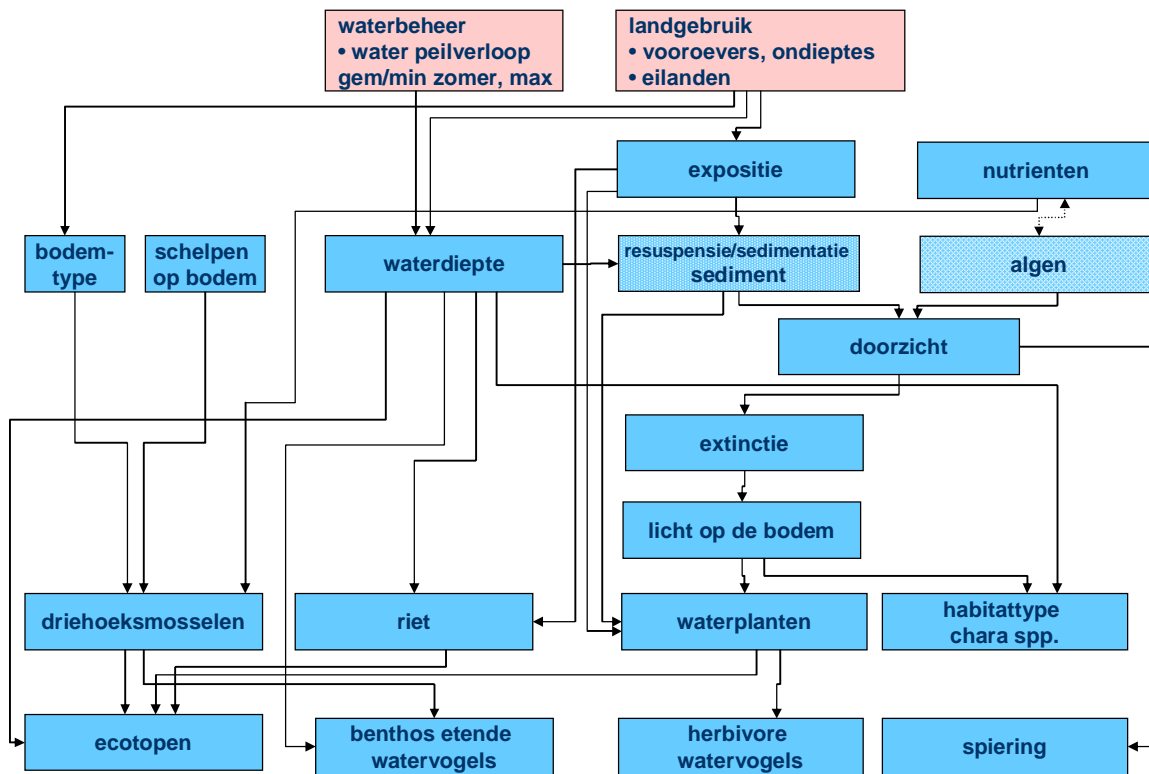
In 2009 heeft Deltares (Haasnoot, 2009) het model HABITAT (Haasnoot, 2009a) toegepast voor het Markermeer. Gekeken is welke doelsoorten en stuurvariabelen voor maatregelen in het Markermeer van belang zijn. En schema van de effectrelaties is weergegeven in Figuur 10.

### 4.1 Habitat

Het maandelijkse waterpeilverloop en het landgebruik zijn de invoervariabelen die het waterbeheer weergeven. Het landgebruik heeft in deze studie gevolgen voor de morfologie van het meer. Samen met het peilverloop beïnvloedt dit de waterdiepte. De morfologie heeft invloed op de expositie (mate van geëxposeerd zijn, niet beschermt), welke weer effect heeft op de geschiktheid voor waterplanten. De invloed op het opwervelen en sedimentatie van slib wordt berekend door het slibmodel (Van Kessel ea. 2008). De HABITAT toepassing gebruikt de slibconcentratie om het doorzicht te bepalen. De habitatgeschiktheid voor driehoeksmosselen wordt bepaald door het slibgehalte op de bodem en in de waterkolom, de aanwezigheid hard substraat, schelpen of zand, waterdiepte en de fosfaatconcentratie. De geschiktheid voor chara (kranswieren) wordt bepaald door het percentage licht dat de bodem bereikt en de waterdiepte. Voor de groep waterplanten (ondergedoken en drijvende) bestaat het habitatmodel uit een statistische relatie tussen doorzicht, sedimentgehalte op de bodem, waterdiepte en expositie. Voor het bepalen van de potentiële ecotopen wordt informatie gecombineerd van de waterdiepte met de resultaten van de habitatmodellen voor de driehoeksmosselen, riet en waterplanten.

Voor het rust- en broedhabitat van verschillende vogelgroepen wordt gebruik gemaakt van de overstromingsduur die berekend is aan de hand van waterdiepte en peilverloop. Voor het bepalen van potentieel voedselhabitat voor vogels wordt gekeken naar de waterdiepte en de aanwezigheid van voedsel voor benthos-eters, waterplant-etende vogels en viseters. Voor de benthosetende watervogels spelen de driehoeksmosselen een sleutelrol. Dit is echter niet de enige bodemfauna die wordt gegeten. In de gebieden zonder driehoeksmosselen zijn andere bodemfauna aanwezig die afhankelijk van de diepte door verschillende groepen worden gegeten. Dit is niet nader gespecificeerd met habitatmodellen voor deze bodemfauna. Voor het foerageergebied van de waterplantetende vogels wordt gekeken naar de waterdiepte en de potentiële aanwezigheid van waterplanten. De habitatgeschiktheid voor visetende vogels zijn niet nader geanalyseerd, omdat de benodigde rekenregels nog te weinig specifiek zijn. Wel is de habitatgeschiktheid voor de Spiering meegenomen. De habitatgeschiktheid van de Spiering wordt bepaald door het doorzicht en de watertemperatuur (afkomstig uit het slibmodel).

Voor de uitgebreide kennisregels wordt verwezen naar de Habitat wiki pagina's (<http://habitat.deltares.nl>).

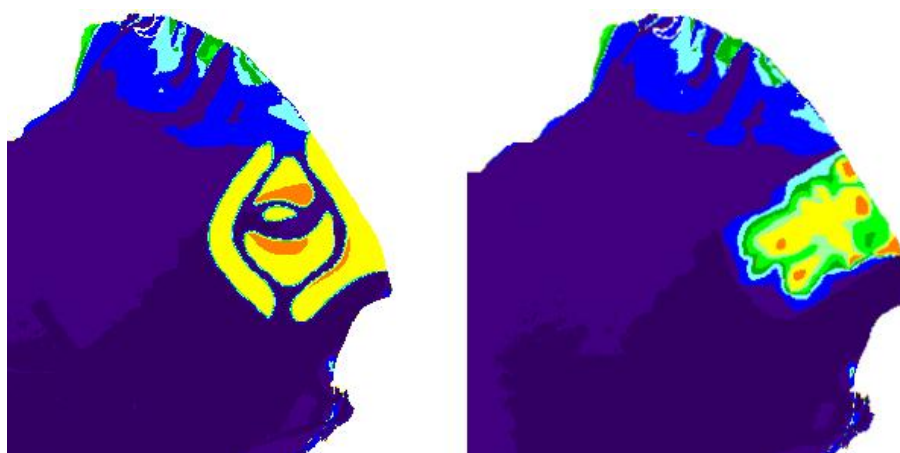


Figuur 10 Schematische weergave van de rekenregels in de HABITAT toepassing voor het Markermeer in deze studie. De lichtblauwe blokken zijn afkomstig uit het slibmodel (Delft3D toepassing). De algenmodule is in deze toepassing nog niet operationeel gemaakt.

## 4.2 Maatregelen

Met het HABITAT model zijn diverse combinaties van maatregelen en scenario's berekend, daarin komen twee verschillende varianten van het oermoeras voor. De eerste variant, het schelpmodel, is gemaakt aan de hand van een schets van Arcadis uit workshop van 2008. De tweede variant, het pannenkoek model, is gemaakt aan de hand van de eerste resultaten van Habitat, een TMIJ oermoeras ontwerpessie op 23 april 2009, een schets van landschapsarchitecten en een discussie tussen IJ. Zwart, M. Haasnoot, P. Boderie op 29 mei 2009 in Utrecht. Figuur 11 geeft de waterdiepte aan voor de situatie na implementatie van TBES maatregelenpakketten 1 en 3 waarin de beide vormen van het oermoeras te zien zijn. Tabel 2 geeft de arealen van de verschillende dieptezones in de twee verschillende modellen voor oermoeras. Het idee bij het pannenkoek model was om een groter areaal met kans op waterplanten en riet te creëren en een kleiner areaal met struweel en bos. Het moeras heeft de vorm van een platte pannenkoek met een groot areaal aan gebieden dat net onder- of net bovenwater ligt.





Figuur 11 Waterdiepte kaarten links het schelpmodel en rechts het pannenkoekmodel voor het oermoeras.

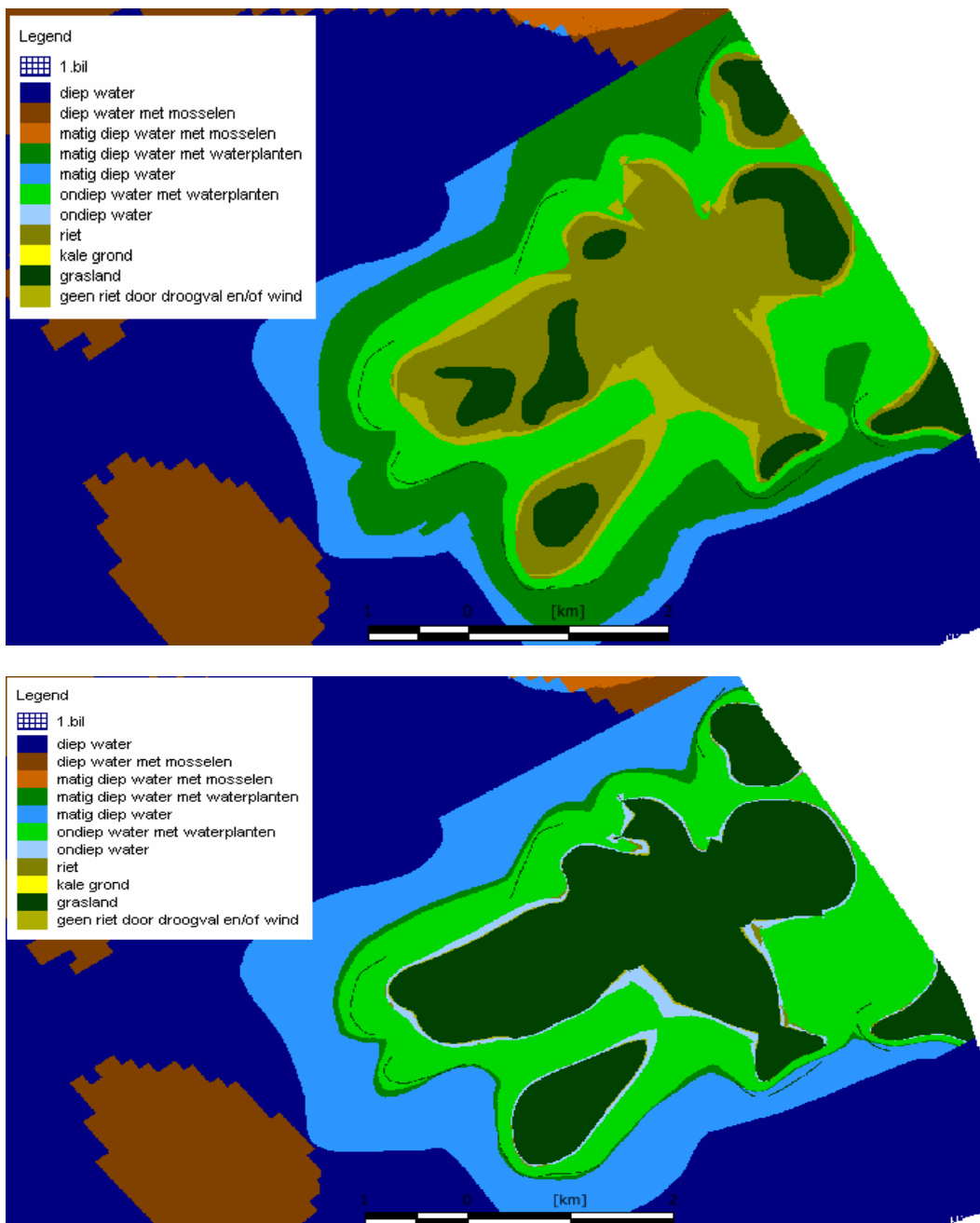
Tabel 2 Areaal van verschillende diepteklassen voor de 2 moerasgebieden het moerasgebied.

oppervlakte	schelpmodel	pannenkoek model	rest gebied bij pannenkoek model
	opp. (km <sup>2</sup> )	opp. (km <sup>2</sup> )	opp. (km <sup>2</sup> )
meer dan 2 m boven water	0.0	0.8	0.0
1 - 2 m boven water	4.0	1.0	2.4
0.5 - 1 m boven water	21.8	0.6	0.4
0.2 - 0.5 m boven water	3.0	2.6	0.4
0 - 0.2 m boven water	1.7	7.2	2.7
0 - 0.2 m onder water	2.7	2.1	0.2
0.2 - 0.5 m onder water	1.0	3.0	0.3
0.5 - 1 m onder water	1.6	6.7	3.6
1 - 2 m onder water	3.5	7.3	26.5
2 - 5 m onder water	38.4	11.3	604.8
meer dan 5 m onder water	0.0	0.0	12.4
totaal	78	43	654

#### 4.3 Effect

De habitatgeschiktheid voor waterplanten neemt toe als gevolg van deze TBES maatregelen. Dit komt deels door een toename van de helderheid van het water en deels doordat er meer ondieptes zijn gecreëerd. Dat laatst is met name te zien bij het oermoeras, het areaal voor kranwierien neemt bijvoorbeeld met ongeveer 1,5 km<sup>2</sup> toe.

Rust- en broedplaatsen die nooit onder water komen (gebruikt door voor o.a. Lepelaar, Bergeend, Grauwe gans) en rust- en broedplaatsen die meestal (minder dan < 175 dagen per jaar) onder water staan (gebruikt door o.a. Grutto, Kemphaan, Kleine Zilverreiger, Kluut, Krakeend Lepelaar, Roerdomp, Slobeend, Tafeleend) nemen toe in areaal door de aanleg van het oermoeras (+3160 ha).



Figuur 12 Ecotopenkaart van het moeras. Boven met een seizoensgebonden peil en onder zonder seizoensgebonden peil.

Het tweede type ontwerp voor het oermoeras, in de vorm van een platte pannenkoek met een groot areaal aan gebieden dat net onder water of net boven water ligt, levert een resultaat op dat voldoet aan het wensbeeld: een groot areaal aan riet, waterplanten in ondiep tot matig diep water, ondiep water, droogvallende kale gronden, rust en broedplaatsen voor vogels en maar een klein areaal met kans op wilgenbos. Dit geldt echter alleen als de implementatie gebeurt in combinatie met een seizoensgebonden peil. Zonder een seizoensgebonden peil is er in een groot deel een kans op wilgengroei (zie Figuur 12). Een variant is om het oermoerasontwerp uit te breiden met laag gelegen afgesloten gebieden, waar regenwater kan blijven staan. Dit kan tot leiden tot een ander type moerasontwikkeling.

## 5 Conclusies

### 5.1 Golfmodel(len)

Met beschikbare modellen kan de verlaging van de hydraulische belasting als gevolg van golfbrekers, waaronder een oermoeras, worden berekend. De te berekenen combinaties van meerpeilen en stormcondities is daartoe probalistisch met Hydra-M bepaald.

De beschikbare golfmodellen en randvoorwaarden kunnen een bijdrage leveren aan het onderzoeken of het haalbaar is een dynamisch functionerend oermoeras te ontwerpen met gebruikmaking van (natuurlijke) peilfluctuaties en windgedreven peilschommelingen.

### 5.2 Slibmodel

In de modeltoepassingen doet het slibmodel alleen uitspraken over de invloed van het oermoeras op de slibstroom en luwtewerking ervan op het watersysteem van het hele Markermeer. Het model doet geen uitspraken over wat er in het moeras zelf gebeurt zoals slibstromen en golfbewegingen in geulen in het moeras. Dat kan wel worden gedaan (zie bv toepassingen in getijdengebieden: Waddenzee, Oesterschelpen) maar ligt niet op de plank. Voor het voorspellen van morfologische ontwikkelingen als gevolg van windgedreven hydrodynamica en golven is het model op dit moment dus niet bruikbaar.

Het model is niet gekalibreerd voor het berekenen van de langjarige slibbalans, de bron- en puttermen voor slib (oevererosie, interne productie door verweken) zijn hiervoor onvoldoende nauwkeurig in beeld. De modelprestatie op dit vlak is onbekend. De vraag in welke mate het moeras slib invangt of een bron van slib vormt is dus nog niet goed te beantwoorden met het model.

### 5.3 HABITAT

HABITAT gebruikt uitvoer van een waterbewegingsmodel (stroomsnelheid, golfhoogte etc. en van het slibmodel (zwevende stof concentratie, sedimentatie etc.).

Met het HABITAT instrument kunnen de mogelijke effecten van ingrepen in het watersysteem op natuur ruimtelijk en kwantitatief verkend worden. De ruimtelijke informatie zorgt voor een betere afweging van de mogelijke effecten. HABITAT is een bruikbaar instrument gebleken bij het beoordelen van bestaande ontwerpen van een oermoeras. Daarnaast is het instrument behulpzaam bij het ontwerpen van een moeras: door te kijken naar welke milieufactoren beperkend zijn voor het voorkomen van een soort of soortengroepen kunnen additionele maatregelen/ontwerpen worden gedefinieerd. Het is daarmee in feite een communicatiemiddel tussen ecologen en modellers met ontwerpers.

Aan veel van de relevante ecologische vragen zoals (1) welke bijdrage kan de grootschalige land-waterzone leveren aan de vergroting van de habitatdiversiteit? En (2) wat is de verwachte biologische effectiviteit van een oermoeras op ondermeer de vegetatieontwikkeling, de vissoorten en vogels?, kan HABITAT een bijdrage leveren. Het model wordt dan ook frequent als onderzoeksmiddel binnen NMIJ ingezet.



## 6 Aanbevelingen

### 6.1 Slib

Uit de evaluatie van de IJsselmeereilanden (Evers en van der Weide, 2010) blijkt dat de meest waarschijnlijke oorzaken voor het ontbreken van helofytenvegetaties op veel plaatsen in (en ook rond) de eilanden in de IJsselmonding gerelateerd zijn aan (1) ophoping van slib en of organisch materiaal (2) te grote belasting door golven of stroming. Dit type processen kan, na roosterverfijning, met het bestaande slibmodel en onderliggende waterbeweging- en golfmodellen worden gekwantificeerd.

Als gevolg van werkzaamheden tijdens de aanleg van pilot oermoeras, zie Figuur 13 ontstaat vertroebeling. Aanbevolen wordt om bodemonmonsters te nemen en te laten analyseren bij Deltares, zodat de potentiële vertroebelingsbron kan worden gekwantificeerd waarna eventueel met een numeriek model de verspreiding en bezinking van slib kan worden berekend.



Figuur 13 Stippellijn groen: Grens oermoeras hypothese > 6000 ha; Groene lijn: Grens oermoeras 4500 ha; Rood vlak: Oorspronkelijk voorgestelde locatie van de proef halve cirkels binnen dit vierkant hebben, ter oriëntatie, een oppervlakte van elk 80 hectare. Blauwe stippellijn: Historische vaarroute; Lichtblauwe lijnen: Huidige vaarwegen en Blauwe vlakken: Visserijgebied.

### 6.2 Habitat

De rekenregels voor de driehoeksmosselen zijn in de onderzochte studie aangepast en voor de spiering zijn deze rekenregels speciaal gemaakt. Aanbevolen wordt om deze rekenregels te valideren aan de hand van de van resultaten uit het ANT project of de NMIJ (mosselexperiment in de waterproeftuin).

De mogelijke gevolgen van een toename van de helderheid van het water als gevolg van een lager slibgehalte op de potentiële groei van algen zijn in deze studie niet meegenomen. De helderheid zou hierdoor kunnen afnemen. Dit zal met name negatieve effecten hebben op de resultaten voor waterplanten en mogelijk positieve effecten voor spiering. Een toename van algen leidt weer tot een groter voedselaanbod voor mosselen en vissen. Aanbevolen wordt om het slibmodel uit te breiden met algenmodellering, een eerste stap op weg naar een meer compleet eco-systeemmodel van het Markermeer.

## 7 Referenties

Evers, N. en van der Weide, M., 2010. Veldopnamen eilanden IJsselmonding. Royal Haskoning, 2010. Project 9V6742A3 NMIJ-monitoring. Augustus 2010.

Genseberger, M en P. Boderie, 2009. Scenario's hydrodynamica en slibtransport Toekomstbeeld Markermeer-IJmeer. Deltares rapport 1200097.007. Juli 2009.

Haasnoot, M., J. Kranenborg, R. van Buren, 2005. Seizoensgebonden peilen in het IJsselmeergebied. Verkenning naar optimalisatie van het peil voor natuur binnen de randvoorwaarden van veiligheid, scheepvaart en watervoorziening. WL rapport Q3889

Haasnoot, M., J.S. Verkade, K.M. de Bruijn, 2009. HABITAT, a spatial analysis tool for environmental impact and damage assessment. Hydroinformatics Conference. Chili 12-16 January 2009

Haasnoot, M.H., Harezlak, V., Maarse, M., Dionisio Pires, M. en R. van Buren. Naar een Toekomstbestendig Ecologisch Systeem in het Markermeer en IJmeer. Kwantificering van het effect van de voorgestelde maatregelen met HABITAT. Deltares, 2009

Krijgsveld, K.L., R.R. Smits, J. van der Winden, 2008. Verstoringsgevoeligheid van vogels Update literatuurstudie naar de reacties van vogels op recreatie. Bureau Waardenburg. rapport nr. 08-173

Kuijper, M., 2007 Scenarioberekeningen Markermeer. Deltares rapport Q4408.50, december 2007

Meijer, K.S., Delsman, J. Duinen, R. van, Gotje, W., Kolff, G. van der, Kramer, N., Wit, A. de, 2009. Effecten van peilveranderingen in het IJsselmeer en Markermeer-IJmeer. Quick scan seizoengebonden peil. Deltares rapport 1200097.004.

Van Kessel, T, de Boer, G. en P. Boderie, 2009. Calibration suspended sediment model Markermeer. Deltares report Q4612, May 2009

Verheij, H. 2006. IJsselmeer zoekt verdieping. Effecten van eilanden, ondiepten en vooroevers op de golfaanval en benodigde kruinhoogten van dijken. WL | Delft Hydraulics, 2006.

Vijverberg, T. en P. Boderie, 2008 Analyse scenarioberekeningen Markermeer. Deltares rapport Q4613, december 2008.

