

**Naar een Toekomstbestendig
Ecologisch Systeem in het
Markermeer en IJmeer**

Kwantificering van het effect van de voorgestelde



Naar een Toekomstbestendig Ecologisch Systeem in het Markermeer en IJmeer

**Kwantificering van het effect van de voorgestelde
maatregelen met HABITAT**

Marjolijn Haasnoot
Valesca Harezlak
Maaïke Maarse
Karen Meijer
Miguel Dionisio Pires
Rolf van Buren

1002512-000/1201581-007

Titel

Naar een Toekomstbestendig Ecologisch Systeem in het Markermeer en IJmeer

Opdrachtgever	Project	Kenmerk	Pagina's
Provincie Flevoland	1002512-000/1201581-007	1002512-000-ZWS-0004	78

Trefwoorden

HABITAT, habitat geschiktheid, IJsselmeergebied, Markermeer, ecologisch model, maatregelen, toekomstbestendig ecologisch systeem, indicatorsoort, sleutelsoort, referentiesoort, doelsoort

Samenvatting

De Stuurgroep Toekomstagenda Markermeer-IJmeer (TMIJ) beoogt de realisatie van een veerkrachtig en Toekomstbestendig Ecologisch Systeem (TBES) voor het Markermeer-IJmeer. De volgende maatregelen lijken daarvoor nodig: zones met helder water langs de Noord-Hollandse kust, een geleidelijke overgang van helder naar slibrijk water, overgangszones tussen land en water, ondersteund door een seizoensgebonden peilbeheer en binnen- en buitendijkse natuurontwikkeling en verbindingen daartussen.

Deze studie is een eerste stap op weg naar het kwantitatief identificeren van kennisrelaties tussen maatregelen, het abiotisch systeem en het biotisch systeem van lagere naar hogere organismen. Met het instrument HABITAT is kwantitatief ingeschat wat de ecologische meerwaarde is die de TBES maatregelen bieden ten opzichte van de huidige situatie. De meerwaarde is uitgedrukt in soorten en habitat (areaal, diversiteit en kwaliteit).

Een eerdere toepassing van het ecologisch model Habitat op het Markermeer-IJmeer is uitgebreid met kennisregels voor driehoeksmosselen en spiering die door een groep experts van het IJsselmeergebied is aangeleverd. Daarnaast is gebruik gemaakt van een bestaand 3D model voor slib en waterkwaliteit. Met het verbeterde HABITAT zijn de effecten van maatregelenpakketten ruimtelijk gedifferentieerd beoordeeld op hun ecologisch effect.

Een grootschalige ondiepte (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. Ook een vooroever bij de Leperlaarsplassen draagt hieraan bij. Zonder seizoensgebonden peil is er in een groot deel kans op wilgengroei wat ongewenst is. Een alternatief ontwerp leidt volgens het model tot een ander type moerasontwikkeling.

Mits goed ontworpen leiden slibmitigerende maatregelen zoals een dam bij Marken en de Hoornse hop tot helderder water waardoor, als het water niet te diep is, de kansen voor waterplanten en kranswieren verbeteren. Door de toename van de helderheid van het water neemt de habitatgeschiktheid voor de Spiering in alle maatregelenpakketten af (meer kans voor predatoren om Spiering te vangen). Het overgrote deel van het Markermeer blijft vanwege de troebelheid een hoge geschiktheid houden voor deze vis







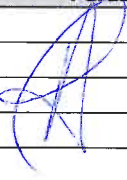
Ondanks een lager slibgehalte in het water bij de bodem neemt de habitatgeschiktheid voor driehoeksmosselen niet erg toe. Dit heeft te maken met het feit dat de slibfractie op de bodem, nog te hoog is. De habitatgeschiktheid voor de driehoeksmosselen kan verbeterd worden door meer hard substraat te creëren.

Titel

Naar een Toekomstbestendig Ecologisch Systeem
in het Markermeer en IJmeer

Opdrachtgever Provincie Flevoland	Project 1002512-000/1201581-007	Kenmerk 1002512-000-ZWS-0004	Pagina's 78
---	---	--	-----------------------

Om diverse redenen wordt aanbevolen om het instrument uit te breiden met een aantal soorten, waaronder vissen, Meervleermuis, Moerasandijvie, Otter en Noordse woelmuis. Nader onderzoek aan de relatie mosselen en slib blijkt wenselijk om de betrouwbaarheid te vergroten: het effect van langdurige blootstelling aan slib en het effect van tijdelijke gebeurtenissen op herstelvermogen en hersteltijd van de mosselpopulatie. Het is aan te bevelen de potentiële groei van algen door de toename van helderheid van het water als gevolg van een lager slibgehalte te evalueren.

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
001	06-07-2009	Marjolijn Haasnoot		Pascal Boderie			
con	21-09-2009	Marjolijn Haasnoot		Pascal Boderie			
def	02-11-2009	Marjolijn Haasnoot		Pascal Boderie		A.G. Segeren	

Status
definitief

Inhoud

1 Inleiding	1
1.1 Aanleiding	1
1.2 Doelstelling	1
1.3 Aanpak en afbakening	1
1.4 Leeswijzer	2
2 Aanpak en activiteiten	3
2.1 Kort overzicht aanpak	3
2.2 HABITAT instrument	4
2.3 HABITAT toepassing voor IJsselmeergebied t.b.v. TBES studie	5
3 Doelen en maatregelen	9
3.1 TBES doelen	9
3.2 Stuurvariabele en beschikbare kennisregels	10
3.3 TBES Maatregelen	12
3.4 Maatregelenpakketten in de analyses	13
4 Resultaten	17
4.1 TBES Maatregelenpakket 1	17
4.2 TBES maatregelenpakket 1 met seizoensgebonden peil	19
4.3 TBES maatregelenpakket 2 met seizoensgebonden peil	20
4.4 TBES maatregelenpakket 2 met huidig peil	22
4.5 TBES maatregelenpakket 3 met seizoensgebonden peil	24
4.6 TBES maatregelenpakket 4 met seizoensgebonden peil	25
5 Conclusies & aanbevelingen	27
5.1 Conclusies	27
5.2 Aanbevelingen	29
6 Referenties	31
 Bijlage(n)	
A HABITAT kennisregels voor TBES toepassing	A-1
B Slibmodel	B-1
C Verslag van de workshop op 18 december 2008	C-1
D Invoerkaarten	D-1
E Resultaten	E-1

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

De Stuurgroep Toekomstagenda Markermeer-IJmeer (TMIJ) heeft in het voorjaar van 2008 een ontwikkelingsperspectief gepresenteerd voor het Markermeer-IJmeer waarin het realiseren van een Toekomstbestendig Ecologisch Systeem (TBES) centraal staat (Stuurgroep TMIJ, 2008). Met dit TBES wordt beoogd om veerkracht van het systeem van het Markermeer en IJmeer te verbeteren, waardoor het gebied zich makkelijker zal kunnen aanpassen aan veranderingen. Het ontwikkelingsperspectief identificeert hiervoor de volgende benodigde aanpassingen:

- zones met helder water langs de Noord-Hollandse kust;
- een geleidelijke overgang van helder naar slibrijk water (een 'slibgradiënt');
- overgangszones tussen land en water, ondersteund door een seizoensgebonden peilbeheer;
- binnen- en buitendijkse natuurontwikkeling en verbindingen daartussen.

Als onderdeel van de studies ten behoeve van het TBES is in 2007 door Arcadis (Kleijberg *et al.*, 2008) een haalbaarheidstoets uitgevoerd waarin de effecten van de geïdentificeerde maatregelen in het TBES op basis van expert judgement kwalitatief zijn beoordeeld. Deze studie is een eerste stap geweest in het identificeren van kennisrelaties tussen maatregelen, het abiotisch systeem en het biotisch systeem van lagere naar hogere organismen.

Op dit moment bestaat behoefte aan het kwantificeren van de effecten van de TBES maatregelen. Habitat is hiervoor een geschikt instrument.

1.2 Doelstelling

Het doel van deze studie is:

het kwantitatief inschatten van de meerwaarde (het ecologisch voordeel) in soorten en habitat (areaal, diversiteit en kwaliteit) die de TBES maatregelen bieden ten opzichte van de huidige situatie.

In eerste instantie was de bedoeling om de effecten niet met de huidige situatie te vergelijken maar met de situatie waarin de geplande maatregelen ten behoeve van het behalen van de ecologische doelen voor Natura2000 zijn uitgevoerd. Deze Natura2000-maatregelen zijn echter nog niet concreet en kwantitatief genoeg waardoor het niet mogelijk is ze mee te nemen in een kwantitatieve analyse.

1.3 Aanpak en afbakening

In eerdere studies is een ecologisch model van het Markermeer-IJmeer opgesteld in het HABITAT instrumentarium (Haasnoot *et al.* 2005). Dit model vormt het uitgangspunt voor deze studie. Bijlage A geeft een korte beschrijving van het HABITAT instrumentarium. Voor meer informatie wordt verwezen naar Haasnoot en Van de Wolfshaar (*in press*), en Haasnoot *et al.* (2009).

Deze studie beoogde een kwantificering van ecologische effecten van maatregelen waarmee de voorgestelde TBES maatregelen verder kunnen worden onderbouwd en uitgewerkt. Dit is een iteratief proces tussen ecologen en ontwerpers c.q. landschapsarchitecten. Tijdens deze studie heeft dit proces voor een van de belangrijke maatregelen, het oermoeras, al plaatsgevonden. De kwantificering richt zich in eerste instantie alleen op een vergelijking van het ecosysteem in de huidige situatie en de situatie na implementatie van verschillende TBES maatregelpakketten, onder enkele scenario's. Kwantificering van de effecten van buitendijkse ontwikkelingen zelf is op dit moment geen doel van de studie.

Er is zo veel mogelijk gebruik gemaakt van het bestaande HABITAT model voor het Markermeer-IJmeer, met de daarin opgenomen effectrelaties.

In deze studie richten we ons op de kwantificering van de ecologische effecten en niet op de effecten op de waterkwaliteit. Deze zijn beschreven in Van Kessel et al. (2009) en Vijverberg en Boderie (2008) en Genseberger en Boderie (2009).

1.4 Leeswijzer

Dit rapport is als volgt opgebouwd. Hoofdstuk 2 beschrijft de aanpak van de studie. Hoofdstuk 3 gaat in op de gemodelleerde TBES maatregelen, de kwantificering van de ecologische doelen, en de beschikbaarheid van kennisregels. De resultaten van de modelberekeningen worden beschreven in hoofdstuk 4. In hoofdstuk 5 worden conclusies getrokken met betrekking tot het effect van de voorgestelde TBES maatregelen en worden aanbevelingen gedaan voor zowel het TBES zelf als voor aanvullend onderzoek.

2 Aanpak en activiteiten

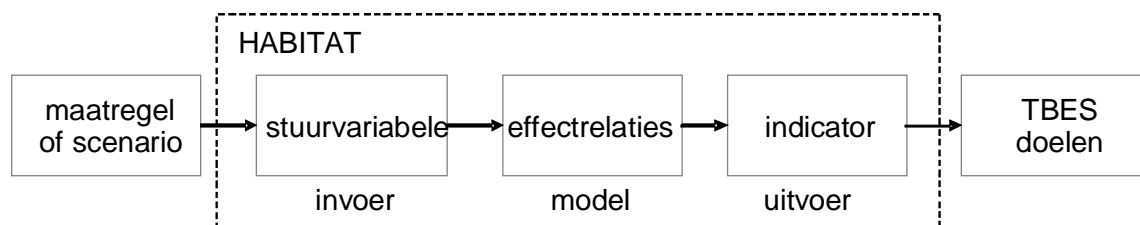
Dit hoofdstuk beschrijft de gevolgde aanpak in deze studie en geeft een toelichting op het HABITAT instrument dat is gebruikt voor de effectanalyse. HABITAT is een ruimtelijk analyse instrument waarin allerlei gebiedsspecifieke toepassingen worden gemaakt. Allereerst zal de werking van het instrument globaal worden toegelicht (paragraaf 2.2) en daarna de voor deze studie gebruikte toepassing (paragraaf 2.1 en 2.3).

2.1 Kort overzicht aanpak

Het TBES project heeft tot doel een 'ecologisch robuust' ecosysteem te creëren door middel van inrichtingsmaatregelen. Om het effect van deze maatregelen te kwantificeren moeten drie elementen worden vastgesteld:

- 1 Met welke **indicatoren** kan de kwaliteit van het ecosysteem beschreven worden?
- 2 Welke stuurvariabelen (systeemparameters) beïnvloeden deze indicatoren en zijn hiervoor **effectrelaties** beschikbaar of eenvoudig vast te stellen?
- 3 Hoe worden de relevante stuurvariabelen beïnvloed door de **maatregelen** en is hierover kwantitatieve informatie beschikbaar?

De hier gepresenteerde aanpak is besproken in een workshop en op basis daarvan bijgesteld. Het verslag van de workshop is te vinden in Bijlage C.



Figuur 2.1 Relaties tussen maatregelen, scenario's, TBES doelen en het Habitat model.

In de studie hebben de volgende activiteiten plaatsgevonden:

1. Vaststellen te onderzoeken maatregelen en indicatoren voor ecologische doelen (zie hoofdstuk 3);
2. Inventarisatie en uitbreiding van benodigde HABITAT rekenregels (zie hoofdstuk 3);
3. Workshop waarin de voorgestelde maatregelen, indicatoren en kennisregels zijn besproken met een groep experts met kennis van het IJsselmeergebied (bijlage C);
4. Vertalen van de Maatregelen naar HABITAT invoer door pakketten te definiëren, maatregelen ruimtelijk te plaatsen en te digitaliseren;
5. Berekening en analyse effecten van maatregelen met HABITAT (hoofdstuk 4);
6. Rapportage en terugkoppeling.

Dit hoofdstuk gaat verder in op het HABITAT instrument en de toepassing in dit instrument gebruikt voor deze studie.

2.2 HABITAT instrument

HABITAT is een ruimtelijk analyse instrument dat gebruikt wordt voor ecologische effectstudies. HABITAT kan worden toegepast om de beschikbaarheid en de kwaliteit van leefgebieden voor individuele soorten te analyseren, maar ook om ruimtelijke eenheden (bv. ecotopen) in kaart te brengen en veranderingen in habitatgeschiktheid in respons op menselijke ingrepen te voorspellen. HABITAT bestaat uit een software pakket en een kennisdatabase van effectrelaties

De HABITAT software is gebaseerd op een GIS (PCRaster). GIS kaarten en informatie over de abiotische omgeving (o.a. uitvoer van modellen of veldmetingen) of landgebruik (o.a. maaibeheer of recreatie) worden gecombineerd om ruimtelijke en kwantitatieve resultaten (in respectievelijk kaarten en tabellen) te genereren over te verwachten ecologische ontwikkelingen. Meestal wordt HABITAT gebruikt als postprocessing tool van hydrologische en waterkwaliteitsmodellen. In deze studie wordt bijv. eerst met het slibmodel (bijlage D) de effecten op de slibgehalten op de bodem en in de waterkolom berekend. Andere voorbeelden zijn het gebruik van peilvariaties, overstromingsduren, zoutgehaltenes en algenconcentraties.

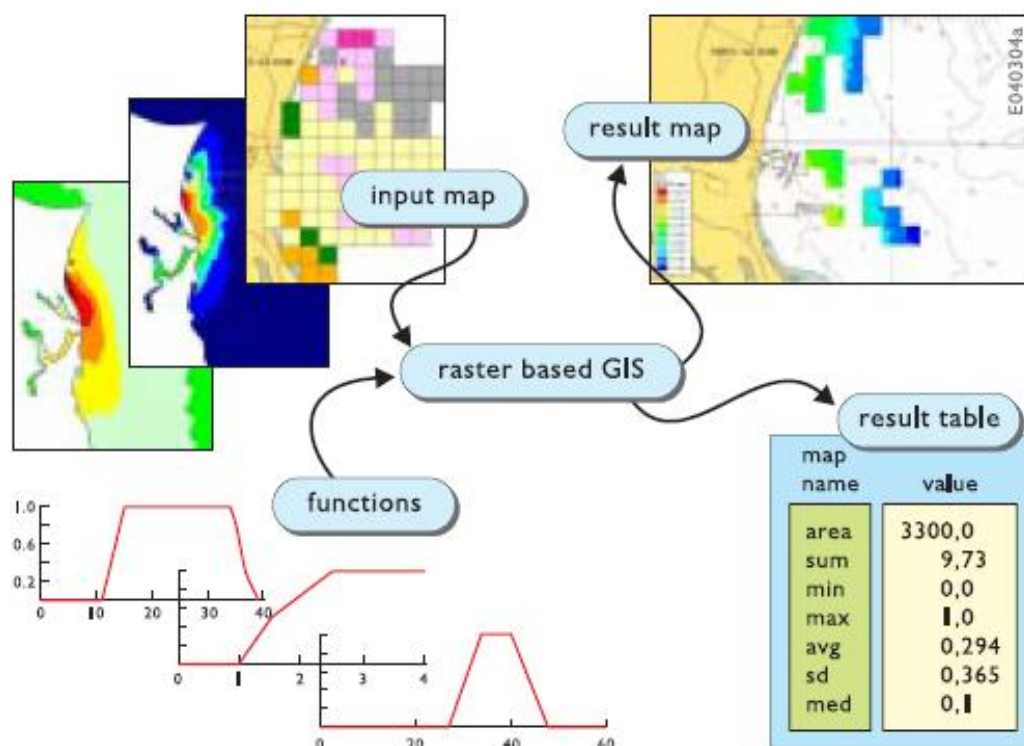
Voor het analyseren van de effecten zijn effectrelaties nodig. Deze ecologische kennisregels beschrijven de relatie tussen stuurvariabelen (bijvoorbeeld waterdiepte, doorzicht) en het potentieel voorkomen van een soort of soortengroep. Voor alle maatregelen geldt derhalve dat ze vertaald moeten worden in een kaart van één of meer van de stuurvariabelen. Er moet dus bepaald worden waar de maatregelen liggen en hoe ze precies uitzien (vorm en grootte). De relaties kunnen verschillende vormen hebben, variërend van formules, gebroken lineaire functies tot tabellen. De relaties die samen het effect voor het potentieel voorkomen van 1 soort of soortengroep beschrijven heten een habitatmodel. Het potentieel voorkomen van een soort of soortengroep wordt uitgedrukt in de habitatgeschiktheid, in een getal tussen 0 en 1, waarbij 1 een hoge geschiktheid van het gebied voor een bepaalde soort is en 0 een lage geschiktheid voor de soort en daarmee ook een lage waarschijnlijkheid van voorkomen. Bij sommige soortengroepen (in deze studie de ecotopen en vogels) is dit resultaat weer samengevat in het potentieel voorkomen (wel of niet).

Meestal beschrijft een habitatmodel de relaties voor iedere belangrijke randvoorwaarde van een soort apart. De totale habitat geschiktheid is dan het minimum van de geschiktheid berekend voor de afzonderlijke factoren. De meest beperkende factor bepaalt dus de habitatgeschiktheid. Daarna kan vervolgens bepaald worden of gebieden groot genoeg zijn of voldoende met elkaar verbonden zijn.

De kennisdatabase is een belangrijke karakteristiek van HABITAT. Het doel van de kennisdatabase is het opslaan van informatie over dosis-effectrelaties, zodat kennis gedeeld, hergebruikt en gereproduceerd kan worden. Het bestaat uit een wiki-database en een set kennisregels in de software. De wiki-database (<http://habitat.deltares.nl>) bestaat uit factsheets met daarin informatie over het algemeen voorkomen van de soort of soortengroep, de milieurandvoorwaarden, effectrelaties, toepassingsgebied en referenties.

HABITAT is toegankelijk voor iedereen die aangeeft de effectrelaties te willen delen via de wiki (conform 'Dare to share' principe of Soekijad 2005).

Voor meer informatie over HABITAT wordt verwezen naar Haasnoot en Van de Wolfshaar (*in press*), en Haasnoot et al. (2009).



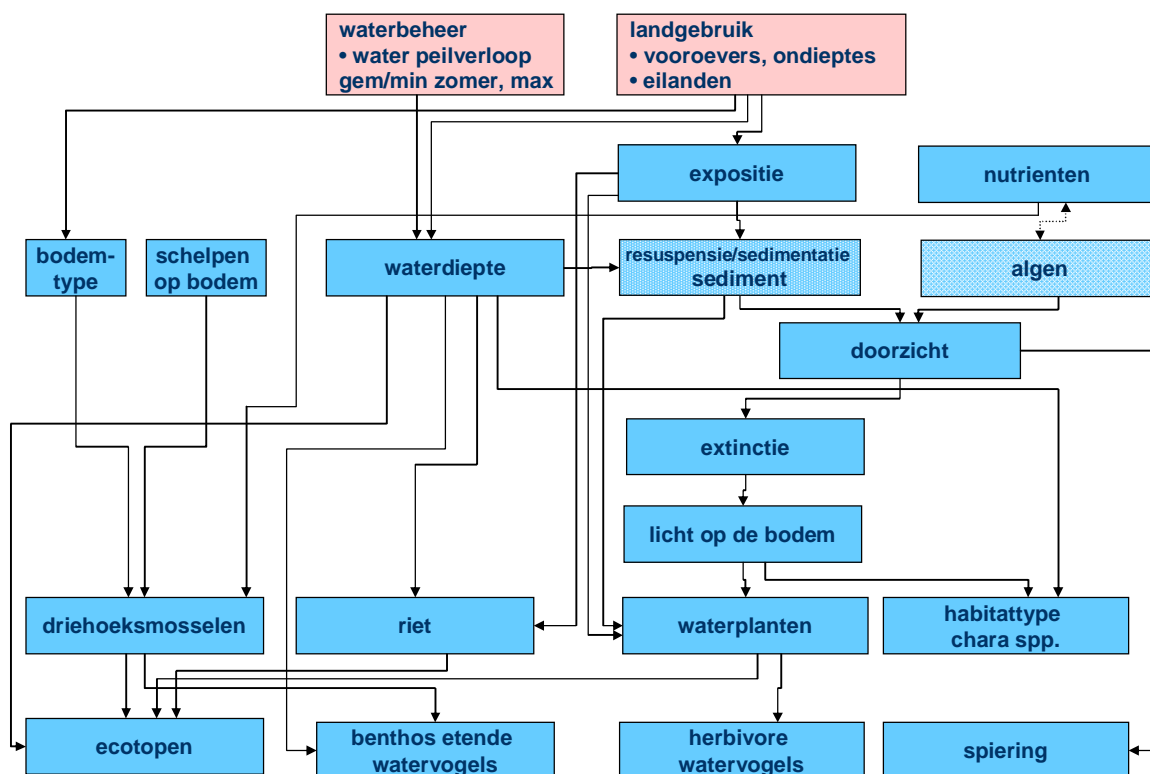
Figuur 2.2 Het concept van het HABITAT instrument.

2.3 HABITAT toepassing voor IJsselmeergebied t.b.v. TBES studie

In eerdere studies is een ecologisch model van het Markermeer-IJmeer opgesteld in het HABITAT instrumentarium (Haasnoot et al. 2005). Dit model is het uitgangspunt voor deze studie. Vervolgens is gekeken welke doelsoorten en stuurvariabelen voor deze studie van belang zijn. Aan de hand daarvan is de uiteindelijke applicatie gemaakt. Een schema van de effectrelaties in de HABITAT toepassing voor deze studie is weergegeven in figuur 2.3.

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. Lokaal heeft het landgebruik ook invloed op het bodemtype via de aanleg van dammen. 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 opwerpen en sedimentatie van slib wordt berekend door het slibmodel. De HABITAT toepassing gebruikt de slibconcentratie om het doorzicht te bepalen. De invloed van de helderheid op de potentiële algengroei is niet meegenomen. In de toekomst zou dit via een uitbreiding van het slibmodel met een algengroei-model in Delft3D meegenomen kunnen worden. 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. Dit model is gebaseerd op Macromij van Van den Berg (2003). 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 benthosetters, waterplantetende 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 (zie Wolfshaar en Haasnoot, 2007). Wel is de habitatgeschiktheid voor de Spiering meegenomen. Deze vis speelt een sleutelrol in het voedsel voor visetende vogels. De habitatgeschiktheid van de Spiering wordt bepaald door het doorzicht en de watertemperatuur (afkomstig uit het slibmodel). De andere beschikbare rekenregels voor vis (zoals Kleine modderkruiper, Blankvoorn, Snoek) zijn in deze studie niet nader geanalyseerd, omdat deze niet als doelsoort werden geselecteerd (zie hoofdstuk 3). De rekenregels voor vogels zijn gebaseerd op expert judgement van Noordhuis en Platteeuw (zie Haasnoot et al., 2005).



Figuur 2.3 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.

Voor de uitgebreide kennisregels wordt verwezen naar de Habitat wiki pagina's (<http://habitat.deltares.nl>). De huidige stand van zaken van de relevante rekenregels is opgenomen in bijlage A.

De gebruikte effectrelaties zijn gevalideerd met meetgegevens en werken goed voor het doel van deze studie (Van de Wolfshaar en Haasnoot, 2007). Voor de aangepaste rekenregels van de driehoeksmosselen en de nieuw rekenregels voor de Spiering is dit niet gedaan. In de aanbevelingen is aangenomen deze validatie alsnog te doen.

3 Doelen en maatregelen

Dit hoofdstuk bespreekt de indicatoren, effectrelaties en de kwantificering van de maatregelen. Hiermee wordt de basis gevormd voor de berekening van de effecten van de maatregelen op het ecosysteem van het Markermeer-IJmeer.

3.1 TBES doelen

Het Toekomstbestendig Ecologisch Systeem wil tenminste voldoen aan de door Natura2000 en de Kaderrichtlijn Water (KRW) gestelde doelen. Deze doelen zijn beschreven termen van het voorkomen van flora en faunasoorten en groepen van soorten. Voor waterkwaliteit zijn ook doelen gesteld. De meerwaarde die het TBES wil bereiken bestaat niet alleen uit grotere aantallen en arealen, maar ook uit grotere diversiteit. Hiermee moet de veerkracht van het systeem vergroot worden. Daarnaast zijn additionele 'ambassadeurssoorten' geïdentificeerd in de Haalbaarheidstoets door Arcadis (Kleijberg *et al*, 2008). Aanvullend hierop zijn ook ecotopen te gedefinieerd om de diversiteit van het landschap beter te kunnen beoordelen. De ecotopen kunnen worden beschouwd als de 'abiotische standplaatstypen' die de potenties voor ecosysteemontwikkeling bepalen (Klijn *et al*. 2002). Naast abiotiek zijn ook biotische kenmerken meegenomen, zoals de potentie voor driehoeksmosselen, macrofyten en rietontwikkeling om de potenties voor bepaalde vogelgroepen beter in te schatten.

De relevante soorten(groepen) zijn gepresenteerd in Tabel 3.1. De vogelsoorten worden verdeeld in drie groepen op basis van hun voedsel (bodemfauna-, waterplanten- en viseters) en op basis van hun rust- en broedhabitat. In Tabel 3.1 is ook het voedsel opgenomen van de verschillende groepen vogels (waterplanten, driehoeksmosselen en spiering).

Tabel 3.1 TBES doelen voor Markermeer-IJmeer

Code	Natura2000/KRW/ ambassadeur	Soort/ habitat	Type voedsel			Rust- habitat	Broed- habitat
			bodem	plant	vis		
A005	Natura2000	Fuut			X	X	
A017	Natura2000	Aalscholver*			X	X	
A043	Natura2000	Grauwe Gans		X		X	
A045	Natura2000	Brandgans		X		X	
A050	Natura2000	Smient		X		X	
A051	Natura2000	Krakeend		X		X	
A056	Natura2000	Slobeend		X		X	
A058	Natura2000	Krooneend		X		X	
A059	Natura2000	Tafeleend		X		X	
A062	Natura2000	Topper	X			X	
A067	Natura2000	Brilduiker	X			X	
A068	Natura2000	Nonnetje			X	X	
A070	Natura2000	Grote Zaagbek			X	X	
A125	Natura2000	Meerkoet	X	X		X	
A177	Natura2000	Dwergmeeuw			X	X	
A193	Natura2000	Visdief			X	X	X**
A197	Natura2000	Zwarte Stern			X	X	
A061	Natura2000	Kuifeend	X	X		X	

Overige soorten	Natura2000/KRW/ ambassadeur	Soort/ habitat	Habitat
H3140	Natura2000	Kranswierwateren	x
H1163	Natura2000	Rivierdonderpad	x ***
H1318	Natura2000	Meervleermuis	
Voedsel			
		Spiering	x
	KRW	Waterplanten	x
	KRW	Driehoeksmosselen	x

* De Aalscholver broedt in de buurt, maar niet in het Markermeer en daarom niet opgenomen als VR soort

** Omdat de visdief in het Markermeergebied broedt is het gebied als Natura2000 gebied aangewezen

*** Specifieke soort die in Markermeer leeft

3.2 Stuurvariabele en beschikbare kennisregels

In deze paragraaf gaat het er om te achterhalen welke systeemparemeters van invloed zijn op de doelsoorten en welke maatregelen dus hierop effect kunnen hebben.

Tabel 3.2 geeft aan wat de stuurvariabelen zijn voor de kennisregels horende bij deze soortgroepen.

Ondanks dat de meervleermuis een doelsoort is, is deze niet meegenomen in de analyse. De beschikbare informatie over het habitat van deze soort is op dit moment heel globaal en wordt omschreven als de aanwezigheid van bunkers e.d. als rustgebied in de buurt van het open water dat fungeert als foerageergebied. De bijbehorende rekenregels zijn daardoor weinig gevoelig voor de TBES maatregelen. Ter vergelijking: voor de watervleermuis wordt

aangegeven dat de breedte van het water groter moet zijn dan 5 km en dat een foerageergebied van meer dan 100 m² erg geschikt is. Uiteraard neemt het areaal open water af door de aanleg van een moeras, maar er blijft nog (meer dan) voldoende open water over. Het moeras kan ook een –op dit moment niet kwantificeerbaar- positief effect tot gevolg hebben doordat hiermee de ontwikkeling van muggen etc. wordt bevorderd, die door meervleermuis worden gegeten.

Tabel 3.2 Groepen voor Habitatmodellering en beschikbaarheid kennisregels

Soortgroep	Kennisregel beschikbaar?									
		diepte	doorzicht	zout	mossel	fosfaat	waterplanten	strijklengte	bodemtype	zwevend stof/slib
Vogels										
Bodemfauna eters	ja	x	x		x					
Viseters	ja	x	x							
Waterplanteters	ja	x					x			
Vissen										
Rivierdonderdpad	nee*									
Habitats										
Kranswierwateren	ja**	x	x					x		
Voedsel										
Waterplanten	ja	x	x					x		
Driehoeksmosselen	ja***	x		x		x			x	x
Spiering	nee									
Blankvoorn	ja									
Pos	nee									
Systeemkenmerken uit de studie van Arcadis		x	x			x		x	x	

* hiervoor zijn alleen rekenregels beschikbaar voor rivieren

**Bij mosselen hoort ook nog temperatuur als stuurvariabele, Zout speelt wel een rol, maar hoeft niet te worden meegenomen, want die variabele is voor deze soorten in deze studie geen beperkende parameter.

In Tabel 3.2 is in de onderste rij aangegeven welke parameters ook in de studie van Arcadis worden genoemd. De volgende parameters worden door Arcadis genoemd en komen niet in de huidige HABITAT kennisregels voor, waarbij we aangeven (op basis van discussie tijdens de workshop) hoe we in de huidige studie met de parameters omgaan:

- N (stikstof): wordt niet meegenomen, omdat dit niet verandert of niet beperkend is voor de habitatgeschiktheid¹;
- Temperatuur: wordt meegenomen als afhankelijk van de diepte en is afkomstig uit het slibmodel;
- Structuur oevers: onderdeel van parameters diepte en bodemtype;

¹ Overigens is dit wel een belangrijke parameter als de helderheid dermate verbetert dat algen beter kunnen groeien.

- Rust (beweging en geluid): wordt niet meegenomen, want verandert niet als gevolg van de maatregelen die onderzocht worden (zie Tabel 3.3);
- Fluctuaties in waterstand: seizoensgebonden peil wordt als scenario meegenomen;
- Duisternis: wordt niet meegenomen, wordt niet beïnvloed door de maatregelen en is bovendien een stuurvariabele voor landschapskwaliteiten
- Ecologische relaties met de omgeving; wordt nu niet expliciet meegenomen.

3.3 TBES Maatregelen

Om een TBES te realiseren worden in Zwart (2008) twaalf maatregelen voorgesteld. Tabel 3.3 geeft een overzicht van de maatregelen, welke met Habitat gemodelleerd zijn en welke stuurvariabelen ze beïnvloeden.

Tabel 3.3 Overzicht maatregelen, kwantitatieve informatie en gerelateerde stuurvariabelen

Maatregelen TBES		grijs = wordt niet meegenomen in habitatmodel						
Maatregel	Ingreep	Toepassing in Habitat? En benodigde informatie.	diepte	doorzicht	slibdekken	bodemtype	zwevend stof	temperatuur
1	Realisatie van gebieden met golfwut waar waterplantenvegetaties ontwikkelen	Golfbrekers in de Hoornse Hop	locatie + substraat	x	x	x	x	
2	Het beïnvloeden van de slibstroom in het Markermeer	1. Harde constructies in de Hoornse Hop en bij Lelystad 2. Diepe putten tussen West Friesland en Marken	locatie	x	x	x	x	
		3. Afdekken slib in de Hoornse Hop	locatie	x	x	x	x	
		4. Openingen in Houtribdijk	locatie				x	
3	Behoud fosfaat concentratie	Behoud huidige situatie (is teven KRW norm)	geen maatregel					
4	Aanleg grootschalige land-waterzone	Aanleg oermoeras bij Houtribdijk	locatie + substraat + bathymetrie	x	x		x	x
5	Realisatie vooroever	Aanleg vooroever bij de Lepelaarplassen	locatie + substraat + bathymetrie	x	x		x	x
6	Realisatie belevingsnatuur	Aanleg van diverse soorten watergebonden natuur gekoppeld aan stedelijke ontwikkeling bij Lelystad, Almere en Amsterdam	geen maatregel voor Habitat					
7	Behoud bestaande kwaliteit oeverzone	Behoud kustzone Muiden, Gouwee, Enkhuizerzand en de kustzone van West Friesland	geen maatregel voor Habitat					
8	Instellen van een bij het ecologisch systeem passend peilbeheer	Instellen van seizoensgebonden peilbeheer	wordt later als scenario meegenomen	x				x
9	Realisatie binnendijkse natuur	Aanleg serie achteroevers aan de Noord Hollandse kust. Kansen liggen er tussen Edam, Monnickendam en Purmerend, in de Wieringermeer en in vergroten van het Oostvaarderswold	locatie + substraat + bathymetrie - hoe meenemen?					
10	Behoud huidige kwaliteit	Behoud openheid Noordpolder en Lepelaarsplassen/Natte Graslanden	geen maatregel voor Habitat					
11	Visstandbeheer	Niet bepaald, is afhankelijk van de resultaten van de andere maatregelen	geen maatregel voor Habitat					
12	Bevorderen trek vis naar paaigronden en opgroeiplaats	Vispassages bij Oranjesluizen, in de Houtribdijk en naar de binnendijkse natuurgebieden.	alleen wanneer relevant voor nieuwe vis kennisregels					

Niet al deze maatregelen zijn geschikt om in HABITAT te modelleren. Sommige maatregelen beschrijven eigenlijk doelen en zijn daarom niet meegenomen:

- Behoud huidige fosfaatgehalte;
- Behoud huidige kwaliteit oevers;
- Behoud huidige situatie met betrekking tot openheid Noordpolder en Lepelaarsplassen.

Enkele maatregelen zijn onvoldoende gespecificeerd en zijn daarom niet meegenomen:

- Realisatie belevingsnatuur;
- Visstandbeheer.

Twee maatregelen betreffen de relatie met andere gebieden en deze vallen dus buiten het HABITAT en slibmodel:

- Realisatie binnendijkse natuur;
- Bevorderen vistrek.

De openingen in de Houtribdijk zijn niet meegenomen omdat deze nog niet zijn doorgerekend in het slibmodel en hierover verder geen informatie beschikbaar is.

Het seizoensgebonden peil is wel een maatregel maar is niet als scenario meegenomen omdat peilveranderingen via een apart bestuurlijk proces met afweging van diverse belangen plaatsvindt.

Om de maatregelen te kunnen modelleren moet het effect op de stuurvariabele gekwantificeerd worden. Voor sommige parameters is dit eenvoudig te doen door morfologische informatie (bathymetrie) en ontwerpen voor de maatregelen te combineren. Voor een aantal andere parameters (slib, zwevend stof en temperatuur) vraagt dit om modellering van het watersysteem. In deze studie is gebruik gemaakt van resultaten van eerder uitgevoerde simulaties met een slibmodel voor het Markermeer-IJmeer. Dit model is kort beschreven in Bijlage B en in Genseberger en Boderie (2009).

3.4 Maatregelenpakketten in de analyses

In deze studie zijn de volgende situaties en maatregelen onderzocht:

0. De huidige situatie (HS), waarin geen maatregelen worden opgenomen.
1. Eén pakket TBES maatregelen ("alles uit de kast") bestaande uit de volgende ingrepen:
 - 5 grote golfbrekers bij de Hoornse Hop,
 - grote haak bij Marken, exclusief doorsteek voor de scheepvaart,
 - diepe stervorming put in het midden van het Markermeer,
 - vooroevers bij de Lepelaarplassen
 - oermoeras volgens het 'schelpmodel'
2. Nieuwe TBES maatregelen, bestaande uit:
 - 4 golfbrekers in oost-west richting bij de Hoornse Hop,
 - kleine haak bij Marken, exclusief doorsteek voor scheepvaart,
 - vooroevers bij de Lepelaarplassen,
 - oermoeras volgens platte 'pannenkoekmodel'
3. Nieuwe TBES maatregelen, bestaande uit:
 - 3 golfbrekers in noord-zuid richting bij de Hoornse Hop,
 - kleine haak bij Marken, inclusief doorsteek voor scheepvaart,
 - vooroevers bij de Lepelaarplassen,
 - oermoeras volgens platte 'pannenkoekmodel'
4. Nieuwe TBES maatregelen, bestaande uit:
 - 3 golfbrekers in noord-zuid richting bij de Hoornse Hop,
 - kleine haak bij Marken, inclusief doorsteek voor scheepvaart,
 - vooroevers bij de Lepelaarplassen,
 - oermoeras volgens platte 'pannenkoekmodel',
 - diepe vaargeul in noord-zuid richting ("oervallei").

De huidige situatie wordt alleen onderzocht voor het huidige peilbeheer. Uitgangspunt is dat het peil niet meestijgt met de zeespiegelstijging. De TBES maatregelpakketten (1 en 2) zijn onderzocht in combinatie met verschillende scenario's van het peilverloop door het jaar:

- a. Huidig peilverloop (geen seizoensgebonden peil).
- b. Een seizoensgebonden peilverloop (Figuur 3.1).

De TBES maatregelenpakketten 3 en 4 zijn alleen bekeken voor een seizoensgebonden peilverloop. Dit is gedaan omdat een ander peilverloop vrijwel alleen effect zal hebben op het moeras en vooroevers en het ontwerp van het oermoeras in deze twee pakketten gelijk is aan het ontwerp dat in pakket 2 gebruikt wordt ("pannenkoekmodel").

De zeven te analyseren situaties zijn samengevat in onderstaande tabel.

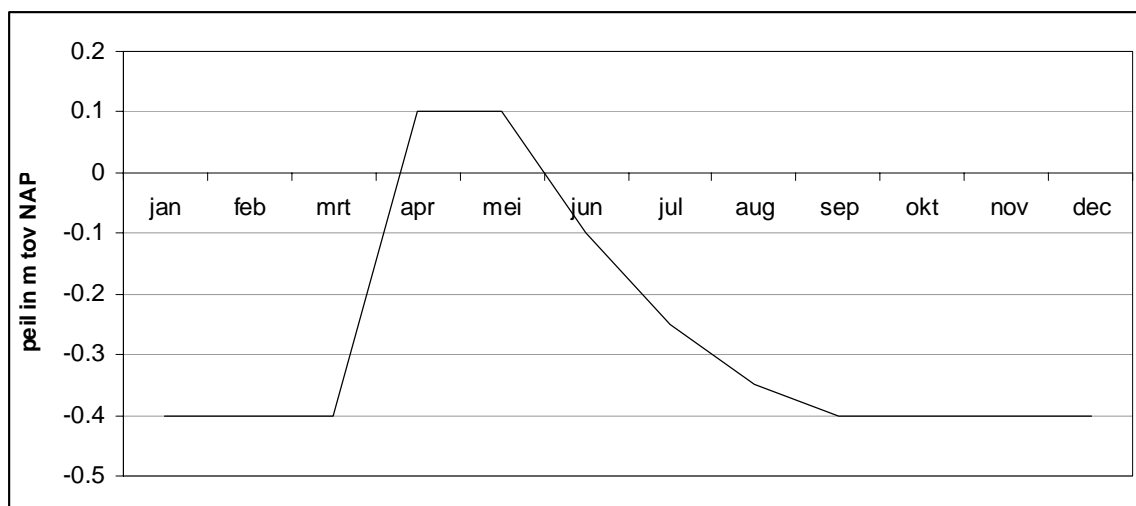
Tabel 3.4 Overzicht te analyseren combinaties van maatregelen en scenario's.

	no.	moerasmodel	golfbrekers Hoornse Hop	dam Marken	voor- oever	diepe delen	peilverloop
HS - geen maatregelen	0	-	-	-	-	-	huidig peil
TBES	1a	schelp	5 in oost west richting	grote haak excl. doorsteek	lepelaar	sterput	huidig peil
	1b	schelp	5 in oost west richting	grote haak excl. doorsteek	lepelaar	sterput	seizoens-fluctuatie
TBES	2a	pannenkoek	4 in oost west richting	kleine haak excl. doorsteek	lepelaar	-	huidig peil
	2b	pannenkoek	4 in oost west richting	kleine haak excl. doorsteek	lepelaar	-	seizoens-fluctuatie
TBES	3	pannenkoek	3 in noord zuid richting	kleine haak incl. doorsteek	lepelaar	-	huidig peil
TBES	4	pannenkoek	3 in noord zuid richting	kleine haak incl. doorsteek	lepelaar	oervallei	huidig peil

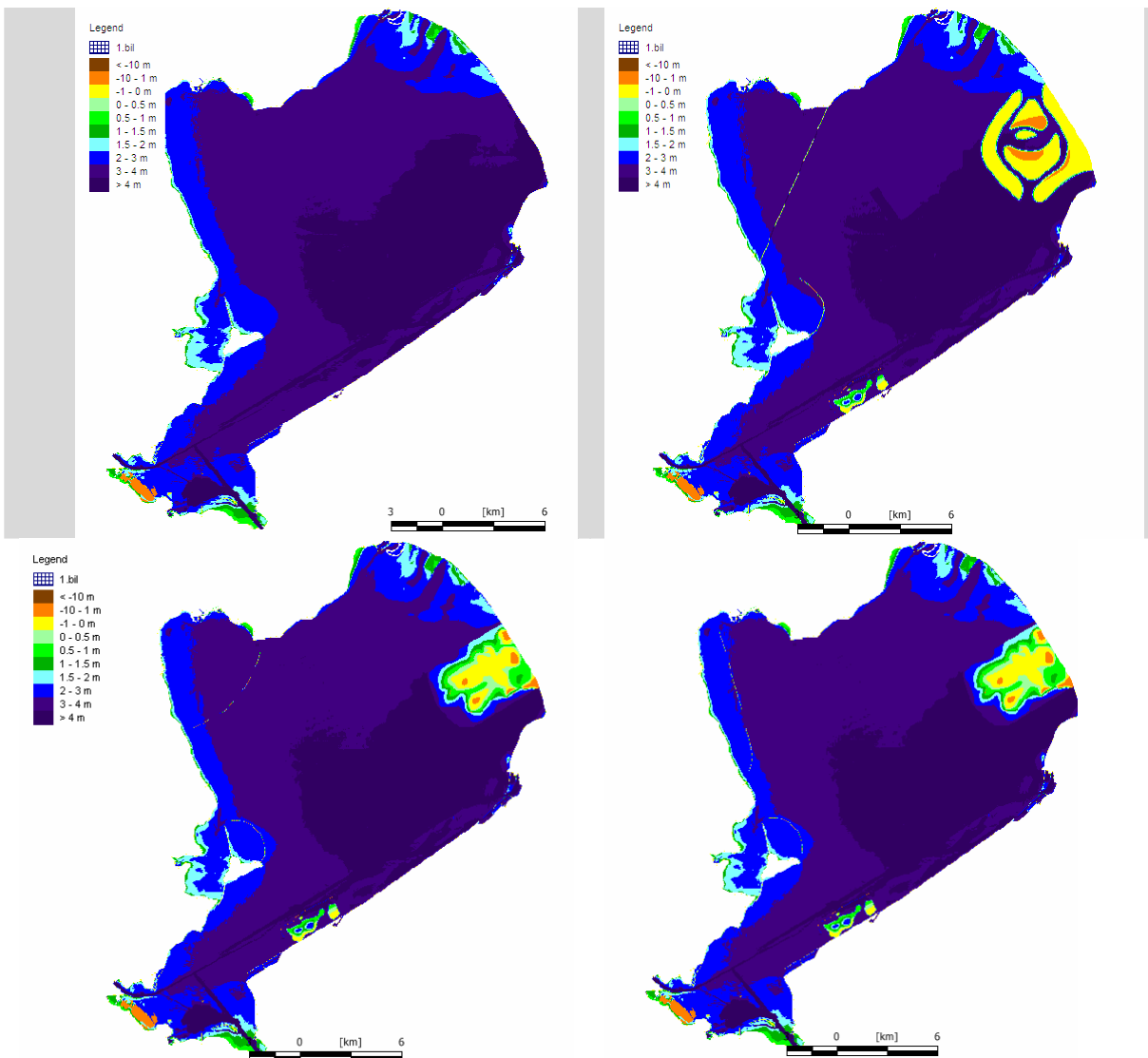
Figuur 3.2 geeft de waterdiepte aan voor de huidige situatie (links boven) en voor de situatie na implementatie van TBES maatregelenpakketten 1 t/m 3. Tabel 3.5 geeft de arealen van verschillende dieptezones in de twee verschillende modellen voor oermoeras. Het schelpmodel is gemaakt aan de hand van een schets van Arcadis uit workshop van 2008. 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 in Utrecht. Het idee hier achter was om een groter areaal met kans op waterplanten en riet te creëren en een kleiner areaal met op struweel en bos. Het moeras heeft de vorm van een platte pannenkoek met een groot areaal aan gebieden dat net onder water of net boven water ligt.

Tabel 3.5 Areaal van verschillende diepteklassen voor de 2 moerasgebieden het moerasgebied.

areaal	schelpmodel	pannenkoek model	rest gebied bij pannenkoek model
	area (km ²)	area (km ²)	area (km ²)
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



Figuur 3.1. Peilverloop voor het scenario met seizoensgebonden peil (Meijer et al., 2009).



Figuur 3.2. Waterdiepte kaarten voor de huidige situatie (linksboven) en voor de TBES maatregelenpakket 1 (rechtsboven), maatregelenpakket 2 (linksonder) en pakket 3 (rechtsonder).

In de effectrelaties wordt veelal het gemiddeld zomerpeil gebruikt. Voor het bepalen van rust- en broedplaatsen voor vogels wordt de overstromingsduur gebruikt, die berekend wordt aan de hand van gemiddelde peilen per maand. Het minimum waterpeil in de zomer heeft invloed op de habitatgeschiktheid voor ondergedoken waterplanten (als een gebied in de zomer droog staat, is het niet geschikt voor waterplanten). De peilfluctuatie heeft invloed op de rietontwikkeling (hoe groter de fluctuatie hoe groter het areaal geschikt habitat voor riet).

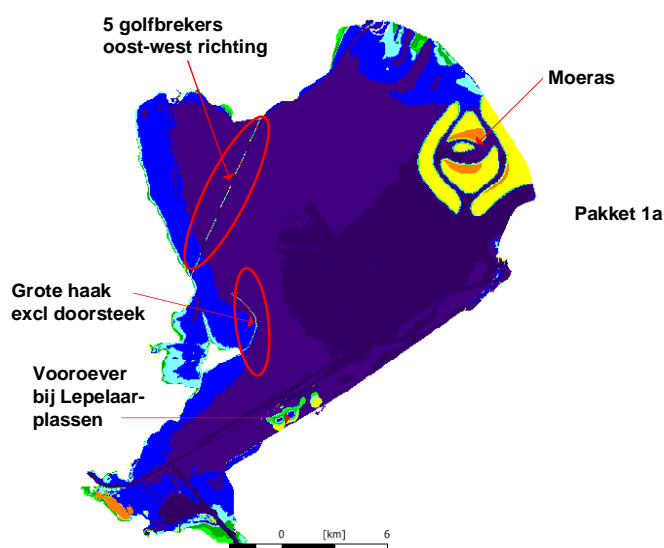
4 Resultaten

Dit hoofdstuk bespreekt de resultaten van de berekeningen. We beschrijven de effecten door te kijken naar de veranderingen ten opzichte van de huidige situatie. In de bijlage E staan tabellen met areaalveranderingen en figuren van de habitatgeschiktheid en de verandering in de habitatgeschiktheid. Voor de figuren met de verandering in habitatgeschiktheid is een kaart eerst veranderd in wel of niet geschikt, waarbij een geschiktheid van 0.7 als grens is genomen (N.B. in die figuren zijn alleen grote veranderingen te zien. Als verandering van 0.5 naar 0.6 blijft relatief ongeschikt en wordt dus niet als verandering aangeduid in deze figuur.)

4.1 TBES Maatregelenpakket 1

Dit maatregelen pakket bestaat uit het schelpmodel van het oermoeras, 5 grote golfbrekers bij de Hoornse Hop, de dam met grote boog bij Marken, een diepe stervormige put in het Markermeer en de vooroever bij de Lepelaarplassen (zie figuur 4.1). In deze run is geen seizoensgebonden peil meegenomen.

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 en bij de vooroever bij de Lepelaarplassen. Het areaal met een geschiktheid groter dan 0.7 neemt toe van ongeveer 2.000 naar 3.000 ha. Ook voor kranwierren neemt het areaal habitat toe (ongeveer 1.500 ha).



Figuur 41. Maatregelenpakket 1.

Voor de driehoeksmosselen neemt de geschiktheid af (ongeveer 18.800 ha). Dit komt enerzijds doordat door de maatregelen slib om de bodem terecht komt en de mosselen zich daardoor minder goed kunnen vestigen en anderzijds door de aanleg van de put, oermoeras en vooroever en de daarmee gepaard gaande diepte veranderingen. Deze resultaten zijn wel onzeker, omdat onbekend is of de oude Zuiderzeemosselen en reeds aanwezige driehoeksmosselen bedekt raken met sediment of dat ze er nog bovenuit blijven steken of mee kunnen groeien met het nieuwe sediment. In de berekeningen is er vanuit gegaan dat de mosselen bedekt raken met sediment. De resultaten geven dus de minst gunstige situatie weer. De hoeveelheid slib in de waterkolom is volgens de effectrelaties pas bij heel hoge slibgehalten beperkend, Volgens de gevalideerde slibmodellering (van Kessel e.a., 2009) worden zulke hoge gehalten in de huidige situatie niet gehaald in is slib in de waterkolom niet

beperkend. De verbetering als gevolg van de TBES maatregelen is daarom maar een beperkte verbetering. Met het creëren van extra hard substraat zou de geschiktheid verbeterd kunnen worden.

De habitatgeschiktheid voor de spiering neemt af. Het areaal met een hoge geschiktheid (> 0.7) neemt af met 15.700 ha. Dit heeft te maken met een toename van de helderheid van het water. Spiering houdt zich het liefst op in water met weinig zicht zodat predatoren deze vissoort niet snel ontdekken.

Voor waterplantetende vogels neemt het areaal geschikt habitat toe. Dit is ongeveer 150 ha in zeer ondiep water bereikbaar voor grondeleenden en zwanen, 280 ha in ondiep water bereikbaar voor zwanen (ondieper dan 1.5 m) en 600 ha voor de diepere delen die nog bereikbaar zijn voor duikeenden.

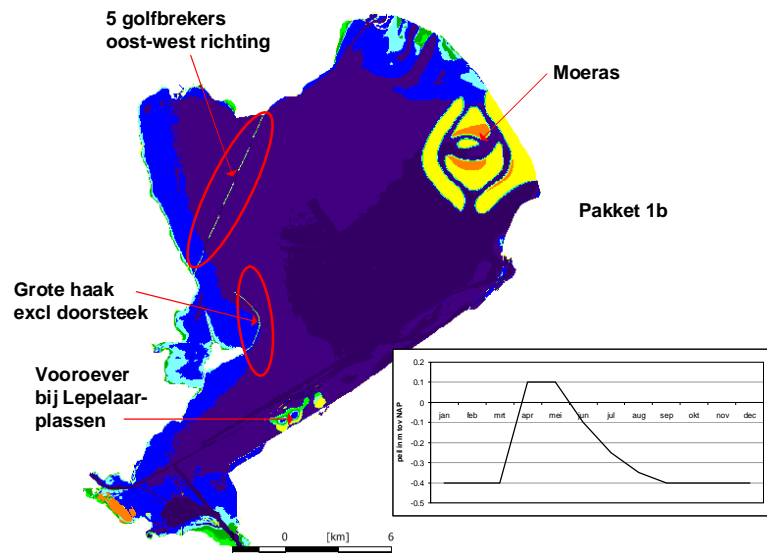
Voor bodemfauna-etende vogels die foerageren op driehoeksmosselen neemt het geschikt areaal af door de verminderde kans op aanwezigheid van mosselen. Andere bodemdieren komen wel meer beschikbaar (+ 510 ha tot een diepte van 1 m en 350 ha tussen de 1 en 3 m).

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 en de vooroever (respectievelijk +3160 ha en +220 ha).

De ecotopenkaart geeft een samenvatting van de resultaten weer. Het areaal (matig) diep water zonder mosselen neemt toe. Het areaal matig diep water met waterplanten neemt toe met ongeveer 1200 ha en het areaal met ondiep water en waterplanten neemt met ongeveer 450 ha toe. Ondiep water (minder dan 1 m) neemt toe met 70 ha. De aanleg van het oermoeras zorgt voor een toename van land areaal. Het gebied zal waarschijnlijk te weinig overstroomd worden om tot echte moerasontwikkeling te komen. Ook zijn er geen afgesloten ondieptes waar neerslag achter blijft om moerasvorming te kunnen vormen. Na verloop van tijd zal hier achtereenvolgens ruigte/grasland, struweel en bos ontstaan.

4.2 TBES maatregelenpakket 1 met seizoensgebonden peil

Deze paragraaf beschrijft de effecten van maatregelenpakket 1 in combinatie met een seizoensgebonden peil. Dit maatregelenpakket bestaat uit het schelpmodel van het oermoeras, 5 grote golfbrekers bij de Hoornse Hop, de dam met grote boog bij Marken, een diepe stervormige put in het Markermeer en de vooroever bij de Lepelaarplassen (zie figuur 4.2).



Figuur 4.2. Maatregelenpakket 1 met seizoensgebonden peil

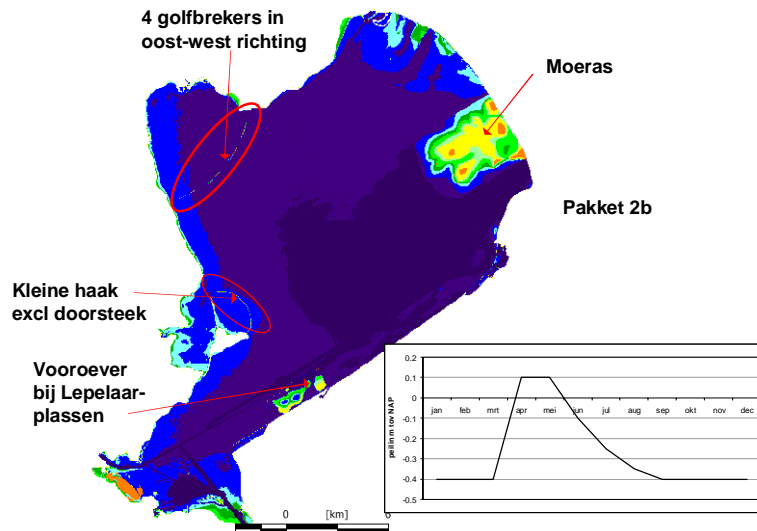
We vergelijken de resultaten met het scenario voor de TBES maatregelenpakket 1 met huidig peil om te kijken of de veranderingen in habitatgeschiktheid toe- of afnemen als gevolg van een seizoensgebonden peil.

Het seizoensgebonden peil heeft vrijwel geen extra effect op de habitatgeschiktheid van de indicatorsoorten en ecotopen. Daarvoor is de reikwijdte van de peilvariaties op de oevers te klein, vanwege de te grote helling van de oevers. Wel opvallend is een toename aan areaal voor steltlopers (+210 ha) en een toename van het areaal riet bij het oermoeras en bij de vooroever (totaal 810 ha). Daarnaast verdwijnt er aan de randen wat geschikt habitat voor de waterplanten doordat het gemiddelde zomerpeil afneemt. Ook het areaal met rust- en broedplaatsen die meestal niet onder water staan neemt toe door een seizoensgebonden peil (tot +810 ha, toename t.o.v. huidig peil is 590 ha).

4.3 TBES maatregelenpakket 2 met seizoensgebonden peil

Maatregelenpakket 2 bestaat uit het pannenkoek model van het oermoeras, 4 golfbrekers in oost-west richting bij de Hoornse Hop, de kleinere dam bij Marken zonder doorsteek voor de scheepvaart en de vooroever bij de Lepelaarplassen (zie figuur 4.3).

Het slibgehalte in het water neemt sterk af ten opzichte van de huidige situatie, zowel vlak bij de bodem als in de rest van de waterkolom. Dit heeft tot gevolg dat de helderheid van het water toeneemt, met name in het oermoeras en achter de dam bij Marken. Het maximale slibgehalte in het water bij de bodem neemt ook sterk af achter de dammen bij de Hoornse Hop. De aanleg van het moeras en de vooroever resulteert in een toename van het areaal ondiep water.



Figuur 4.3. Maatregelenpakket 2 met seizoensgebonden peil.

Voor waterplanten neemt de habitatgeschiktheid toe door de creatie van meer ondiepten door de aanleg van vooral het moeras en de vooroever bij de lepelaarplassen. De toename van het areaal met habitatgeschiktheid groter dan 0,7 bedraagt 1.320 ha. De afname van habitatgeschiktheid die te zien is in de verschilkaarten van waterplanten in scenario 1 ten opzichte van de referentie wordt grotendeels veroorzaakt door een lager zomerpeil, maar dit valt weg tegen de toename.

Het potentiële habitat voor kranswieren neemt ook toe. Het areaal met grote habitatgeschiktheid (> 0,7) is 2.110 ha. De toename is met name te zien bij het oermoeras en de vooroever bij de plassen. Ook de dam bij Marken zorgt voor een toename van geschikt areaal doordat het water helderder wordt en er minder slib op de bodem is.

Door de aanleg van het moeras volgens het 'pannenkoek' model, in combinatie met een seizoensgebonden peil, neemt het areaal riet flink toe. Het areaal met een grote geschiktheid neemt toe met 1.020 ha .

Doordat de spiering bij helderder water makkelijker zichtbaar is voor visetende vogels water, neemt de habitatgeschiktheid (> 0.7) voor spiering af met 12.230 ha.

Ondanks een toename in de helderheid van het water overal in het Markermeer, maar vooral ook achter de golfbrekers, zijn bij de driehoeksmosselen kleine veranderingen in habitatgeschiktheid (>0.7 netto -160 ha) te zien. Dit komt doordat het slibgehalte op de bodem niet is afgenomen. Hard substraat (of zand) is nodig voor de vestiging van driehoeksmosselen. In de huidige situatie wordt hiervoor onder andere de oude Zuiderzee schelpen gebruikt. Deze schelpen zullen op termijn door de sedimentatie van het slib kunnen ondersneeuwen. Onzeker is of dit ook gebeurt (zie ook discussie). Wanneer er hard substraat gecreëerd wordt kan de geschiktheid voor mosselen weer toenemen.

De aanleg van het moeras en de Lepelaar vooroevers zorgt ervoor dat er meer waterplanten kunnen groeien waarmee waterplantetende vogels zich kunnen voeden. De geschiktheid voor waterplantetende vogels neemt dan ook toe rond het moeras en de Lepelaar vooroevers.

Voor de waterplantetende vogels neemt het voedselareaal toe met 1.480 ha, waarvan 1.010 ha ondieper dan 1 m ligt. Het overige deel ligt tussen de 1 en 2 m. Voor bodemfauna-etende vogels die op driehoeksmosselen foerageren, verandert er niet zo veel. Bij de nieuw gecreëerde ondieptes van het oermoeras en de lepelaarplassen ontstaat echter een nieuw gebied dat een potentieel heeft voor foeragerende steltlopers en vogels die tot een halve meter diepte kunnen foerageren.

Het moeras en de vooroever zorgen voor een grote toename van potentiële rust- en broedplaatsen voor vogels. Dit is 230 ha voor rust- en broedplaatsen die nooit onder water komen (gebruikt door voor o.a. Lepelaar, Bergeend, Grauwe gans) en 1.410 ha voor rust- en broedplaatsen die meestal niet (minder dan 175 dagen per jaar) onder water staan (gebruikt door o.a. Grutto, Kemphaan, Kleine Zilverreiger, Kluut, Krakeend Lepelaar, Roerdomp, Slobeend, Tafeleend, Rietzanger, Snor). Dit gaat ten koste van rustplaatsen die altijd onder water staan, maar hiervan is nog heel veel areaal aanwezig. Gebieden die meer dan 175 dagen per jaar onder water staan en gebruikt worden door o.a. Grauwe gans, Porseleinhoen, Kleine zilverreiger, nemen niet toe.

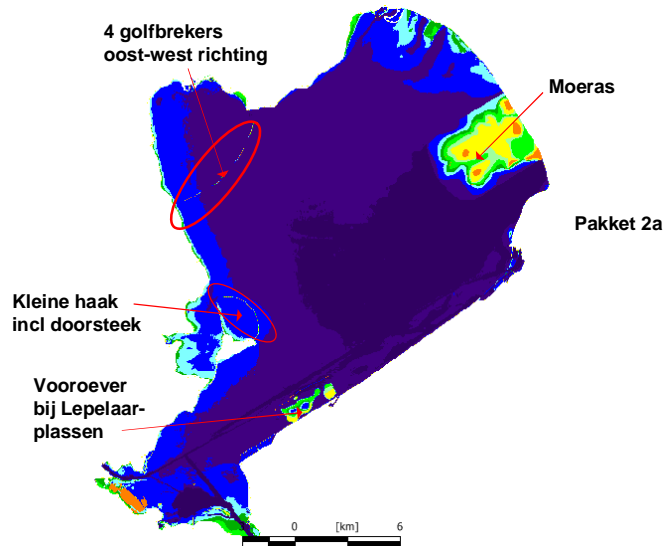
De ecotopenkaart weerspiegelt de eerder beschreven veranderingen van dit maatregelenpakket. Er is een toename in "matig diep water met waterplanten", "ondiep water met waterplanten", "riet", "grasland" en een droogvallend gebied. Dit gaat vooral ten koste van "diep water" (afname van 3.370 ha). Een opvallende verandering is de toename in "matig diep water met waterplanten" door aanleg van de dam zonder doorsteek bij Marken.

4.4 TBES maatregelenpakket 2 met huidig peil

Zonder een seizoensgebonden peil leidt het maatregelenpakket 2 tot andere resultaten, met name in de gebieden die net boven of onder het gemiddelde waterpeil liggen, zoals het moeras en de vooroever.

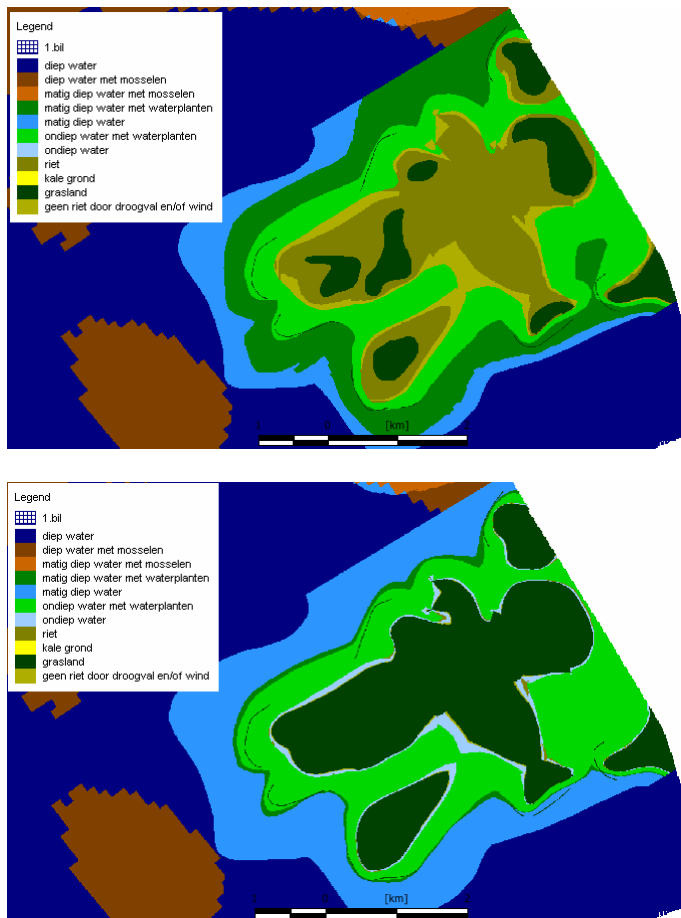
De verandering in slibgehalten en doorzicht zijn hetzelfde als de resultaten van maatregelenpakket 2 en seizoensgebonden peil. De effecten op de Spiering zijn daarom gelijk.

Door het stagnante peil valt het merendeel van het moeras permanent onder water dan wel boven water. Er kunnen in werkelijkheid wel tijdelijk peilvariaties zijn, maar die zullen waarschijnlijk niet groot zijn. Hierdoor zal het moeras dichtgroeien met bos (vooral wilgen) of grasland, afhankelijk van het landgebruik. Er zal waarschijnlijk weinig riet tot ontwikkeling komen (+40 ha). Het gemiddelde zomerpeil is iets hoger dan bij een seizoensgebonden peil, wat iets gunstiger is voor de habitatgeschiktheid van waterplanten (+1.840 ha) en waterplantetende vogels (1.570 ha).



Figuur 4.4. Maatregelenpakket 2 met huidig peil.

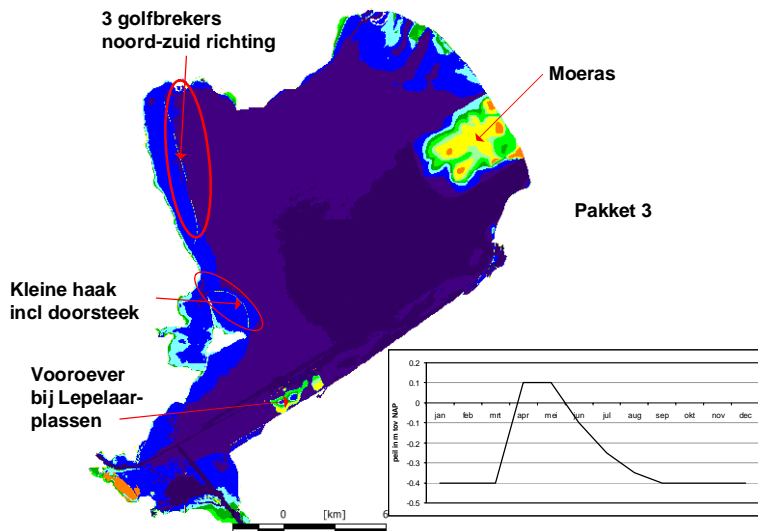
De effecten op de overige natuurvariabelen zijn vergelijkbaar met de resultaten van maatregelenpakket 2 met een seizoensgebonden peil (zie paragraaf 4.3). Figuur 4.5 geeft het effect van het huidig en een seizoensgebonden peil weer voor de ecotopen in het oermoeras.



Figuur 4.5. Ecotopenkaart van het moeras. Boven met een seizoensgebonden peil en onder zonder seizoensgebonden peil.

4.5 TBES maatregelenpakket 3 met seizoensgebonden peil

Maatregelenpakket 3 verschilt van pakket 2 door een andere aanleg van de golfbrekers bij de Hoornse Hop en bij Marken. Dit pakket bestaat uit het pannenkoek model van het oermeeras, 3 golfbrekers in noord-zuid richting bij de Hoornse Hop, de kleinere dam bij Marken met een doorsteek voor de scheepvaart en de vooroever bij de Lepelaarplassen (zie figuur 4.6)



Figuur 4.6. Maatregelenpakket 3 met seizoensgebonden peil

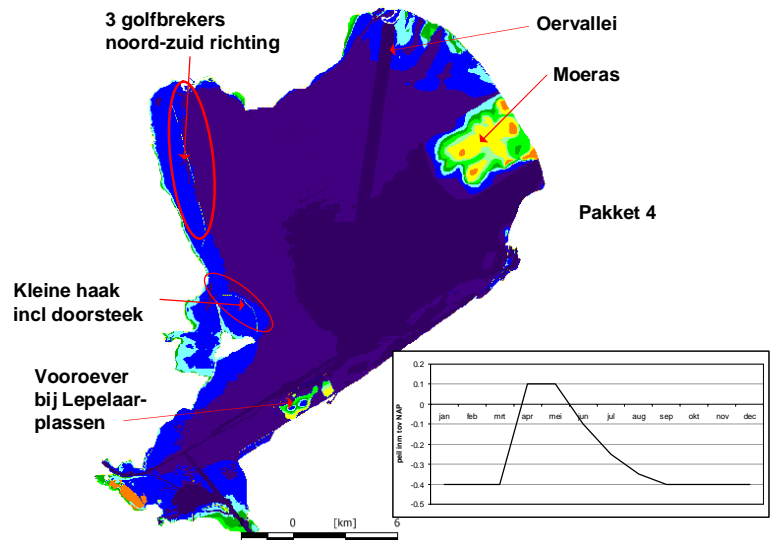
Het slibgehalte in het water neemt af. In vergelijking met pakket 2 is de afname lager bij Marken en in een deel van de Hoornse Hop, terwijl langs de west kust het slibgehalte minder wordt. Dit leidt tot een toename van de helderheid van het water in het meer. De toename in de helderheid bij de dam bij Marken is minder dan bij maatregelenpakket 2, doordat er een doorsteek is voor de scheepvaart. De toename langs de kust is groter dan pakket 2.

De dam bij Marken leidt tot helderder water en daardoor een grotere habitatgeschiktheid voor waterplanten. De doorsteek zorgt echter wel voor een iets (40ha) kleinere toename dan bij maatregelenpakket 2. De golfbrekers in noord-zuid richting bij de Hoornse hop leiden tot een toename van de habitatgeschiktheid voor waterplanten aan de westkant van het meer als gevolg van een toename van de helderheid van het water. Dit is meer dan bij de golfbrekers in oost-west richting, omdat de toename van de helderheid in een gebied is dat ondieper is en er dus uiteindelijk voldoende licht op de bodem komt voor de waterplanten om te kunnen groeien. De totale toename is vergelijkbaar als maatregelenpakket 2.

De resultaten voor de overige natuurindicatoren zijn vergelijkbaar als de resultaten voor maatregelenpakket 2 met een seizoensgebonden peil (zie paragraaf 4.3).

4.6 TBES maatregelenpakket 4 met seizoensgebonden peil

Maatregelenpakket 4 is hetzelfde als pakket 3, maar dan met de toevoeging van een diepe geul van zuidoost naar noordwest (genaamd oervallei) en bestaat uit het pannenkoek model van het oermoeras, 3 golfbrekers in oost-west richting bij de Hoornse Hop, de kleinere dam bij Marken met een doorsteek voor de scheepvaart, de diepe geul en de vooroever bij de Lepelaarplassen (zie figuur 4.7).



Figuur 4.7. Maatregelenpakket 4 met seizoensgebonden peil.

De aanleg van de oervallei leidt tot minder slib in het water in het midden van het Markermeer en wat meer slib op de bodem vooral in de geul zelf. De helderheid van het water neemt toe in het midden van het Markermeer. Deze is groter dan bij pakket 3 als gevolg van de oervallei.

Voor de waterplanten resulteert deze toename in helderheid niet in een groter areaal geschikte habitat in vergelijking met maatregelenpakket 2. Dat komt omdat er een andere beperkende factor is, de toename van de helderheid is namelijk in een gebied dat matig diep is. Daarnaast leidt de aanleg van de geul tot diepere delen wat resulteert in iets lagere geschiktheid. Dit laatste effect is mogelijk het gevolg van het feit dat in het slibmodel het ontwerp van de vallei (meer naar het oosten) niet goed representeert (zie Genseberger en Boderie, 2009). Het areaal met een hoge habitatgeschiktheid neemt toe met 1.200 ha.

Er is een netto afname van habitatgeschiktheid van de driehoeksmossel. De aanleg van de oervallei heeft als resultaat dat er veel "diep water" ontstaat waar driehoeksmosselen zich niet kunnen vestigen. Ook zorgt een toename van slib bij de bodem voor minder goede hechtingsplekken. Het verlies aan gebieden met een hoge habitatgeschiktheid bedraagt 700 ha.

Voor de Spiering neemt de habitatgeschiktheid af, door een toename van helder water (ongeveer 14.300 ha). Een groot deel van het Markermeer blijft echter geschikt (42.300 ha).

5 Conclusies & aanbevelingen

5.1 Conclusies

In deze studie is een kwantitatieve inschatting gemaakt van de meerwaarde (het ecologisch voordeel) in indicatorsoorten en habitat (areaal, diversiteit en kwaliteit) die de TBES maatregelen bieden ten opzichte van de huidige situatie. Daarvoor zijn twee ontwerpen van nieuw aan te leggen ondieptes (oermoeras) bij de Houtribdijk, de aanleg van verschillende typen dammen bij Marken en de Hoornse Hop en een nieuw aan te leggen ondiepte (moeras) bij de Lepelaarplassen bekeken. Daarnaast is gekeken wat het effect is bij het huidige peil en bij een seizoensgebonden peil. De effecten zijn gekwantificeerd met het ruimtelijk analyse model HABITAT. De resultaten geven een potentiële habitatgeschiktheid weer in een getal tussen 0 en 1, waarbij 1 een hogere geschiktheid aangeeft. Voor de ecotopen en vogels is dit samengevat in het potentieel voorkomen (wel of niet).

Effecten van de TBES maatregelen

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, zoals weergegeven in figuur 3.2. Zonder een seizoensgebonden peil is er in een groot deel een kans op wilgengroei. 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.

De vooroever bij de Lepelaarplassen resulteert in een toename van het areaal met een hoge habitatgeschiktheid voor waterplanten, riet en waterplantetende vogels. De vooroever biedt ook rust en broedplaatsen voor vogels. Dit levert uitbreidmogelijkheden voor de vogels die nu leven in de nabijgelegen Lepelaarplassen.

Een dam (kleine haak) vast aan Marken levert voor de waterplanten en kranswieren veel meer op dan een losse dam. Bij een losse dam is de toename van de helderheid te gering, dan wel is het gebied te diep om voldoende licht om de bodem te laten komen. De kleinere vaste haak bij Marken leidt tot een grotere helderheid in een kleiner deel in vergelijking met een grote vast haak. De toename van het areaal potentieel geschikt habitat voor waterplanten is groter bij de kleinere vast haak dan bij de grotere vaste haak.

De noord-zuid versie van de dammen bij de Hoornse hop levert voor waterplanten meer op dan de oost-west variant van zo'n dam. Dat komt omdat de toename van de helderheid in de noord-zuid richting dan samenvalt met een ondiep deel van de Hoornse Hop.

De oervallei resulteert in helderder water in vergelijking met de simulaties zonder oervallei. Het uiteindelijk effect op de natuurindicatoren is echter niet veel groter, omdat er andere beperkende milieufactoren zijn voor de habitatgeschiktheid dan de helderheid van het water. Bij de Houtribdijk leidt de verdieping als gevolg van de oervallei tot negatieve effecten omdat hiermee waardevol ondiep areaal verdwijnt. Dit laatste hangt nauw samen met de ligging van de geul in deze studie. Andere ontwerpen laten een geul zien meer in de richting van het oosten, waardoor deze afname in habitat niet op zal treden.

Ondanks een lager slibgehalte in het water bij de bodem, wat gunstig is voor het foerageren van de driehoeksmosselen, neemt de habitatgeschiktheid niet erg toe. Dit heeft te maken met het feit dat de slibfractie op de bodem, nog te hoog is. De habitatgeschiktheid voor de driehoeksmosselen kan verbeterd worden door meer hard substraat te creëren. Deze resultaten zijn omgeven door onzekerheden en geven het meest ongunstigste geval aan (zie paragraaf 4.1).

De habitatgeschiktheid voor de Spiering neemt in alle maatregelenpakketten af (ongeveer 40.000 ha waar de geschiktheid beter dan 0.7 wordt). Dit heeft te maken met een toename van de helderheid van het water. Spiering houdt zich het liefst op in water met weinig zicht zodat predatoren deze vissoort niet snel ontdekken. Het overgrote deel van het Markermeer blijft echter een hoge geschiktheid houden.

Een combinatie van een aantal maatregelen levert een groter areaal potentieel habitat voor de soorten en habitats die belangrijk worden geacht. De combinatie luwtedam in noord-zuidrichting, vooroever lepelaarplassen, oermoeras model pannenkoek en de kleine vaste haak bij Marken levert het grootste areaal op. Een groter areaal geschikt habitat op verschillende plekken die met elkaar verbonden zijn, kan een grotere populatie opleveren van de soorten die er kunnen voorkomen. Ook biedt dit voor soorten meer mogelijkheden om even tijdelijk ergens anders te verblijven als een van de plekken (tijdelijk) minder geschikt wordt (door verstoring of andere veranderingen). Dit maakt de natuur (incl. de VHR doelsoorten en habitats) minder kwetsbaar voor veranderingen in het systeem.

De meervleermuis is niet meegenomen in de habitatanalyse. Wel is bekend dat deze soort allerlei typen wateren als foerageergebied gebruikt. Als rustgebied worden bunkers e.d. in de buurt van open water gebruikt. Uiteraard neemt het areaal open water af door de aanleg van het moeras, maar er blijft nog veel open water over. Ter vergelijking: voor de watervleermuis wordt aangegeven dat de breedte van het water groter moet zijn dan 5 km en dat een foerageergebied van $> 100 \text{ m}^2$ erg geschikt is. Het moeras kan daarnaast ook een positief effect tot gevolg hebben doordat hiermee de ontwikkeling van muggen etc. wordt bevorderd, welke door meervleermuis worden gegeten.

Gebruik HABITAT instrumentarium voor toepassing TBES studie(s)

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. Zo hoeft een toename van een bepaalde variabele die past bij een natuurlijker/schoner systeem niet altijd tot een toename van het areaal van bepaalde doelsoorten te leiden. Helderder water leidt bijvoorbeeld niet altijd tot een toename van het areaal waterplanten, doordat er een andere milieufactor beperkend kan zijn. Het water kan nog te diep zijn, waardoor er geen licht op de bodem kan komen en de planten niet kunnen groeien, of de windinvloed kan te groot zijn. Afname slib leidt niet tot meer mosselen wat kwalitatief wél genoemd/verwacht wordt.

De TBES maatregelen kunnen met behulp van de resultaten verder verfijnd worden, zoals dat nu ook is gedaan voor het nieuwe ontwerp van het oermoeras. Door te kijken naar welke milieufactoren beperkend zijn voor het voorkomen van een soort of soortengroepen kunnen additionele maatregelen worden gedefinieerd. Daarvoor is het van belang dat ecologen en modelleers samenwerken met ontwerpers.

De effectrelaties in de HABITAT toepassing voor TBES zijn gevalideerd voor het Markermeer (Van de Wolfshaar en Haasnoot, 2007). Voor de driehoeksmosselen is een aanpassing gemaakt van het gevalideerde model. De resultaten van dit model geven de meest ongunstige effecten aan. Het is niet duidelijk of de reeds aanwezige schelpen die gebruikt worden om zich op te vestigen bedekt raken met het neergeslagen sediment (als gevolg van de maatregelen) of dat ze er nog bovenuit blijven steken of mee kunnen groeien met het sedimentatie. In de berekeningen is er vanuit gegaan dat de mosselen bedekt raken met sediment. De resultaten geven dus de minst gunstige situatie weer.

5.2 Aanbevelingen

De hier gepresenteerde resultaten zijn berekend met een grid van 10x10 m. Het grid voor de slibmodellering was groter. Een fijner hoogtemodel van het moeras en de vooroever leidt tot een betere schatting van de habitatgeschiktheid. Naar verwachting zal de conclusie en de arealen niet heel anders worden, omdat de hoogteverschillen in het moeras niet groot zijn.

De soorten die in deze effectanalyse zijn meegenomen zijn in een workshop (zie bijlage) geselecteerd op basis van een drietal criteria: is het een doelsoort of een sleutelsoort, is de soort gevoelig voor de maatregelen en zijn er kennisregels voor de soort beschikbaar of snel te maken. Om een completer beeld te geven van de veranderingen in het systeem en ook meer te zeggen over de diversiteit is ook gekeken naar ecotopen. Een uitbreiding van de soorten, bijvoorbeeld voor de vissen, zal een completer beeld geven van de effecten.

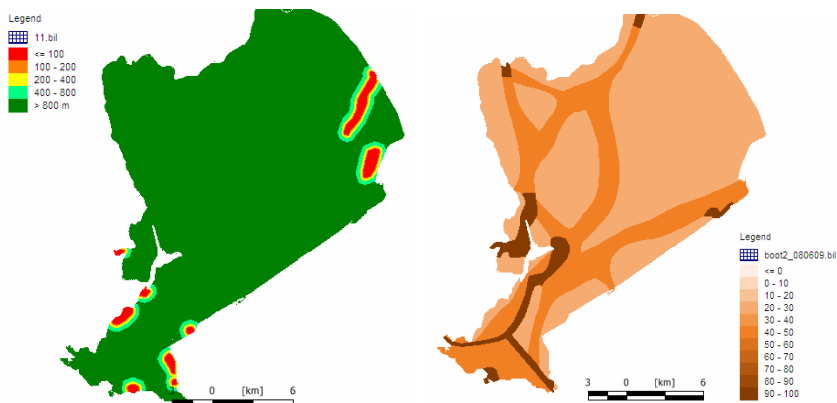
De rekenregels voor de driehoeksmosselen zijn voor deze studie aangepast en voor de spiering zijn deze rekenregels speciaal gemaakt. We bevelen aan om deze nader te valideren, zoals eerder ook is gedaan voor andere effectrelaties door Wolfshaar en Haasnoot (2007). Zoals eerder beschreven is onbekend in hoeverre het nieuw te vestigen slib de reeds aanwezige mosselen zal ondersneeuwen of dat ze kunnen meegroeien. We bevelen aan dit nader uit te zoeken. Ook de relatie tussen het slibgehalte in de waterkolom en de geschiktheid voor de driehoeksmosselen verdient nader onderzoek. De hypothese is dat dit een reden is voor de verslechtering van de aanwezigheid van de driehoeksmosselen. Volgens de slibmodellering komen deze gehalten echter in de huidige situatie niet voor. Fundamenteel onderzoek zoals dat binnen het ANT project (Groot et. al., 2009) wordt gestart, moet kennisregels verbeteren. Daarnaast wordt waargenomen dat er andere mosselen het gebied koloniseren. Deze mosselen kunnen mogelijk ook als voedselbron voor vogels dienen.

Voor soorten als de Meervleermuis, Moerasandijvie, Otter en Noordse woelmuis is geen habitat analyse gedaan. Hier is wel behoefte aan, om verschillende redenen. De Meervleermuis is een habitatrichtlijnsoort. De huidige rekenregels voor deze soort zijn globaal en weinig gevoelig voor de maatregelen. Voor de Otter en Noordse woelmuis zijn effectrelaties beschikbaar uit andere studies en nog niet voor een toepassing in het IJsselmeergebied. Op dit moment wordt er gewerkt aan het toepasbaar maken van de rekenregels voor studies in dit gebied. Voor de moerasandijvie dient nog uitvoerig naar effectrelaties worden gekeken.

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. We stellen voor deze effecten te verkennen en vervolgens als deze verwacht worden, verder mee te nemen in de 3D-modellering.

In vervolg studies is het de moeite waard om nader te analyseren wat de gevolgen kunnen zijn van tijdelijke gebeurtenissen op de ontwikkeling van de mosselpopulatie. Noordhuis (2003) heeft aangegeven dat winters met veel wind een van de mogelijke oorzaken kan zijn van het afnemen van de mosselpopulatie. Om dit goed te kunnen doen is het nodig om historische tijdseries te analyseren. Op dit moment wordt het HABITAT model aangepast om tijdseries te analyseren. Ook de effectrelaties zullen dan aangepast moeten worden. Met een dergelijke habitatapplicatie moet het mogelijk zijn effecten van extreme situaties te analyseren. Hiervoor is kennisontwikkeling over effecten van events, herstelvermogen en hersteltijd.

Verstoring kan er toe leiden dat het aanwezige potentiële areaal rust- en broedgebied kleiner wordt. Onderstaande figuur geeft de afstand tot nieuw te creëren havens of recreatieplaatsen aan. Met het rapport van Krijgsveld et al. (2008) hiermee in het vervolg een inschatting worden gemaakt van de afname van geschikt gebied voor vogels. De bestaande vaarbewegingen moeten daarbij niet vergeten worden.



Figuur 5.1 afstand tot nieuw te creëren recreatiegebied en vaarbewegingen in de huidige situatie (Bron Waterdienst).

6 Referenties

- Genseberger, M en P. Boderie, 2009. Scenario's hydrodynamica en slibtransport Toekomstbeeld Markermeer-IJmeer. Deltares rapport 1200097.007. Juli 2009.
- Groot, S., Boderie, P., Dionisio Pires, M. en H. Los, 2009. Autonome Neerwaartse Trend - ANT-studie IJsselmeergebied; Plan van Aanpak. Maart 2009. Projectnummer 1200148.
- Haasnoot, M., J. Kranenbarg, 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., K. van de Wolfshaar, *in press*. Combining a conceptual framework and a spatial analysis tool, HABITAT, to support the implementation of river basin management plans. accepted to Journal of River Basin Management.
- Kleijberg, R.J.M., Breedveld, M., Vlieger, B. de, Kwak, R., 2008. Toekomst voor de natuur in Markermeer en IJmeer. Haalbaarheidstoets. Arcadis rapport 110402/WA8/108/001362/001.
- Klijn F., S.A.M. van Rooij, M. Haasnoot, B.L.W.G. Higler & B.S.J. Nijhof, 2002. Ruimte voor de Rivier, Ruimte voor de Natuur? Fase 2 en 3: Analyse van alternatieven en contouren van een lange-termijn visie
- 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
- 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.
- Noordhuis R. & E.-J. Houwing 2003. Afname van de Driehoeksmossel in het Markermeer. Oorzaken en gevolgen van een vermoedelijke "crash" m.b.t. waterkwaliteit, slibhuishouding en natuurwaarden. RIZA rapport 2003.016, Lelystad.
- Soekijad, M. 2005. "Dare to share: knowledge sharing professionals in co-opetitive networks". PhD, TU Delft 21 June 2005
- Stuurgroep TMIJ (Toekomstagenda Markermeer-IJmeer), 2008. Investeren in Markermeer en IJmeer. Ontwikkelingsperspectief en actieplan.

- Van den Berg M.S., W. Joosse & H. Coops (2003) A statistical model predicting the occurrence and dynamics of submerged macrophytes in shallow lakes in the Netherlands. *Hydrobiologia* 506-509: 611-623.
- Van Kessel, T, de Boer, G. en P. Boderie, 2009. Calibration suspended sediment model Markermeer. Deltares report Q4612, May 2009
- Vijverberg, T. en P. Boderie, 2008 Analyse scenarioberekeningen Markermeer. Deltares rapport Q4613, december 2008.
- Waterdienst, 2009. Opdrachtomschrijving ANT-studies: Vijf jaar studie naar de kansen voor het ecosysteem van het IJssel- en Markermeer met het oog op Natura2000-doelen. Aanpak en mijlpalen voor een TO-project van Deltares voor Rijkswaterstaat. Projectgroep ANT IJsselmeergebied, maart 2009.
- Wolfshaar van de, K., M. Haasnoot, 2007. Toetsing dosis-effect relaties HABITAT. Pilot voor het Markermeer en de Voordelta. WL | Delft Hydraulics report Q4327
- Zwart, IJ, 2008. Achtergronddocument Waterkwaliteit en Ecologie. Bouwsteen voor Toekomstagenda Markermeer-IJmeer.

A HABITAT kennisregels voor TBES toepassing

Deze bijlage beschrijft in het kort de kennisregels die in HABITAT zijn gebruikt voor deze studie.

De niet-ecologische kennisregels zijn als volgt:

- waterdiepte wordt berekend door waterpeil en morfologie van elkaar af te trekken;
- overstromingsduur wordt berekend uit het peilverloop en de morfologie in dagen per jaar;
- doorzicht wordt berekend uit het slibgehalte in de waterkolom met de volgende formule: $1.44 / (\text{SlibWaterKolom} * 0.05)$;
- het percentage licht op de bodem wordt berekend aan de hand van een formule van Scheffer (1998): $0.81 + 0.016 * \text{Chlorofylgehalte} + (0.46 / \text{Doorzicht})$;
- expositie wordt berekend door de het rekenkundig gemiddelde te nemen van de strijklengte in 8 windrichtingen en het aandeel van de tijd dat deze frequenties voorkomen (afkomstig van het ECOMIJ model, Janssen, 2000).

Hierna volgt een korte beschrijving van de ecologische kennisregels. Voor meer informatie wordt verwezen naar de habitat wiki (<http://habitat.deltares.nl>)

Kennisregels Waterplanten

Algemeen

Er zijn drie typen waterplanten: drijvend, ondergedoken en emergent.

Milieurandvoorwaarden

In zoete Nederlandse meersystemen wordt macrofytengroei voornamelijk bepaald door het lichtklimaat, welke gestuurd wordt door doorzicht, waterdiepte, nutriënten (omdat deze het doorzicht kunnen beïnvloeden) en elementen in watersamenstelling die het doorzicht beïnvloeden, zoals concentratie algen, detritus, zwevend stof, humuszuren. Het type sediment en zoutgehalte zijn voornamelijk van invloed op de soortensamenstelling, en niet zozeer op het totale areaal aan ondergedoken waterplanten. Verder kan graas door herbivore vogels in ondiepe delen van een meer een belemmering vormen voor de groei. Een andere belemmering voor de groei kan biomechanische verstoring zijn. Dit is vooral het geval in de late zomer en het najaar, wanneer de groeipek van macrofyten voorbij is; macrofyten zijn dan minder goed bestand tegen vraat en golfslag (Schutten, 2005).

Dosis-effect relaties

De gebruikte response curves zijn afkomstig van het logistisch regressiemodel MACROMIJ (Van den Berg et al., 2003). Dit model is gebaseerd op meetgegevens uit de Veluwerandmeren. Om het model toepasbaar te maken op het diepere Markermeer is er een begrenzing gesteld aan de uitkomsten van het model wat betreft de diepte (voorkomen van macrofyten 0.2-3.5m diepte).

De gebruikte formule voor de kans op voorkomen van macrofyten is de volgende:

$$P_{\text{macrophytes_term}} = \exp(4.47 - 0.018 * \text{diepte} - 1.1 * \text{doorzicht} + 0.005 * \text{diepte} * \text{doorzicht} + 0.0000051 * \text{diepte} * \text{wind} + 0.0003 * \text{doorzicht} * \text{wind} - 0.0000047 * \text{diepte} * \text{doorzicht} * \text{wind})$$

$$\text{HGI macrophytes} = P_{\text{macrophytes_term}} / (1 + P_{\text{macrophytes_term}})$$

Validatie

Deze rekenregels zijn getoetst aan de hand van meetgegevens in het Markermeer (Van de Wolfshaar en Haasnoot, 2007). Samengevat bleek hieruit dat het model in 74% de juiste uitkomst geeft.

Referenties

- Haasnoot, M. en Van de Wolfshaar, K.E (2006) Habitat analyse in het kader van de Planstudie/MER voor Krammer, Volkerak en Zoommeer. WL report Q4015.
- Penning, W.E., Haasnoot, M., Kuijper, M. en Van Buren, R. (2006) Rekenregels voor macrofyten in meren ten behoeve van de KRW. WL | Delft Hydraulics rapport Q4058, Delft.
- Srivastava, J., Gupta, A. en Chandra, H. (2008) Managing water quality with aquatic macrophytes. Review on Environment, Science and Biotechnology 7, 255-266.
- <https://public.deltares.nl/display/HBTDB/Waterplanten++zoet+water>
- Van den Berg M.S., W. Joesse & H. Coops (2003) A statistical model predicting the occurrence and dynamics of submerged macrophytes in shallow lakes in the Netherlands. Hydrobiologia 506-509: 611-623.

Kennisregels habitatype Chara

Algemeen

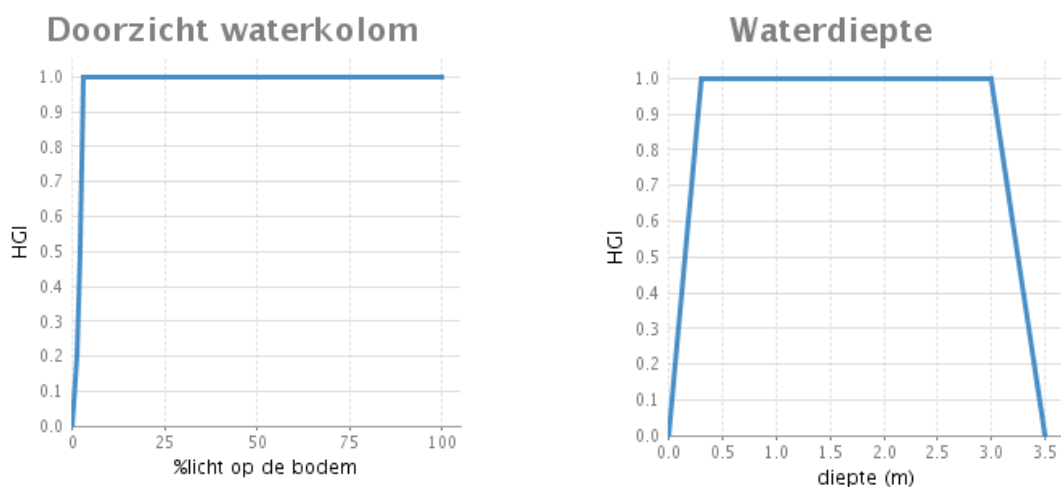
Kranswieren zijn de pioniers van minder voedselrijke, heldere wateren, waar ze dichte tapijten kunnen ontwikkelen die bestaan uit een of meerdere soorten kranswieren. De helft van de 40 kranswiersoorten in Europa komt voor in Nederland, waardoor Nederland van zeer groot belang is voor deze soorten. In de grote meren van het IJsselmeergebied komen in de ondiepe zone (0,5 - 2,5 m) kranswieren voor als de waterkwaliteit voldoende is en als er voldoende licht op de bodem doordringt.

Milieuvoorwaarden

Kranswieren hebben basische condities nodig ($\text{pH} > 6$), komen voor in wateren met uiteenlopende chemische samenstelling en groeien op diverse bodems (zand, klei, veen) (Nat et al., 1994). Het meest bepalende voor het voorkomen van kranswieren is het doorzicht in de waterkolom. Dit bepaalt de maximale groeidiepte waarop lichtbeperking gaat optreden. Als zodanig zijn kranswieren gevoelig voor verhoogde troebelheid en kunnen onder zulke omstandigheden verdrongen worden door andere waterplanten en draadwieren. Bij matig verminderd doorzicht kunnen kranswieren zich vaak goed handhaven doordat ze zelf de helderheid van water stimuleren. Uitgebreid onderzoek in het IJsselmeergebied heeft aangetoond dat de factoren doorzicht en diepte het grootste deel het voorkomen van Kranswieren verklaren (Van de Wolfshaar en Haasnoot, 2007).

Dosis-effect relaties

Bij deze studie is gebruik gemaakt van de relaties van kranswieren met doorzicht van de waterkolom en de waterdiepte. Voor het doorzicht is een relatieve maat aangegeven voor lichtdoordringing in het water, waarbij aangenomen is dat fotosynthese van waterplanten niet meer mogelijk is als de lichtreductie op de bodem lager is dan 3%. De rekenregel voor waterdiepte is afgeleid van de referentie-dieptegrens voor waterplanten voor de bepaling van de "begroeibare zone" (Van den Berg et al., 2003). De waterdiepte is watertype-specifiek.



Validatie

Deze rekenregels zijn getoetst aan de hand van meetgegevens in het Markermeer (Van de Wolfshaar en Haasnoot, 2007). Samengevat bleek hieruit dat het model in 81% de juiste resultaten weer gaf.

Referenties

- Nat, E. et al. (1994) Historisch en actueel verspreidingsbeeld van kranswieren in Nederland in samenhang met waterkwaliteitsfactoren.
- Van den Berg, M.S., M. Scheffer, E. van Nes & H. Coops (1999) Dynamics and stability of Chara sp. and Potamogeton pectinatus in a shallow lake changing in eutrophication level. *Hydrobiologia* 408/409: 335-342.
- Van den Berg M.S., W. Joosse & H. Coops (2003) A statistical model predicting the occurrence and dynamics of submerged macrophytes in shallow lakes in the Netherlands. *Hydrobiologia* 506-509: 611-623.
- Van de Wolfshaar, K.E. en M. Haasnoot (2007) Toetsing response curves Habitat. Pilot voor het Markermeer en de Voordelta. RWS-RIZA rapport.
<http://public.deltares.nl/display/HBTDB/H3140+-+Kranswierwateren>

Rekenregels Riet

Algemeen

Riet is een belangrijke soort in veel waterlichamen, naast dat het de oever helpt beschermen tegen onder andere erosie is voor veel diersoorten een geschikt tot vereist habitat. Diersoorten die riet als habitat hebben zijn onder andere de Noordse Woelmuis, Rietzanger, Roerdomp en Blauwborst. Het levert beschutting en voedsel.

Milieurandvoorwaarden

Riet groeit enkel in zoete wateren en het voorkomen ervan wordt bepaald door strijklengte, waterdiepte en peildynamiek. De waterdiepte is van invloed tot hoever riet waterwaarts kan groeien: dieper water betekend dat er langere stengels nodig zijn. Peildynamiek is van invloed op het vestigingsareaal van riet. Het gebied dat in de ruiperiode onder water staat (rond maart) zorgt ervoor dat daar geen riet kan kiemen en werkt ook gras in de hand. Peildynamiek bepaald zo, samen met de waterdiepte, de waterwaartse ontwikkeling van riet (Penning et al., 2006). Hoge gemiddelde strijklengtes zorgen voor beschadiging van het riet, waarbij te hoge gemiddelde strijklengtes riet dusdanig beschadigt dat riet op die plek niet voorkomt.

Kennisregels Driehoeksmossel

Algemeen

Driehoeksmosselen zijn een sleutelsoort in het Markermeer. Ze vormen een bron van voedsel voor watervogels zoals de Kuifeend *Aythya fuligula*, de Tafeleend *A. ferina*, de Topper *A. marila* en de Meerkoet *Fulica atra*. Daarnaast beïnvloeden ze de helderheid van het water doordat ze voor hun voedsel algen uit het water filteren.

Milieurandvoorwaarden

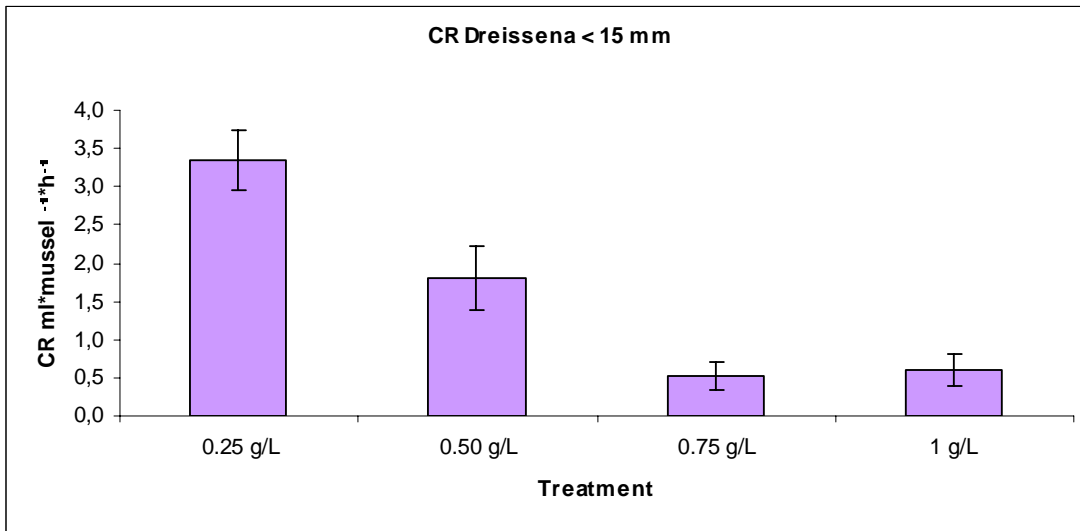
De milieuecondities die van belang zijn voor de driehoeksmossel zijn zoet water, bodemtype, waterdiepte, watertemperatuur en waterkwaliteit. Driehoeksmosselen vestigen zich op hard substraat zoals stenen en schelpen. Ze foerageren door algen te filteren uit het water. Hoge slibconcentraties in het water of op de bodem kunnen dit verhinderen en zorgen uiteindelijk voor verstikking. De diepte waarop mosselen voorkomen verschilt per gebied. Er zijn waarnemingen tot 50 meter diepte gedaan. De hoogste dichtheden vinden meestal plaats op een diepte tussen de 2 en 5 m. In ondieptes wordt de afwezigheid mogelijk veroorzaakt door de snelle temperatuurwisselingen, door predatiedruk door mosselen of door een hoge wintersterfte als gevolg van een lange periode met zuurstofloosheid bij ijsbedekking. Bij grotere dieptes (>5m) zijn temperatuur en zuurstofgehalte vaak limiterende factoren. De groei en reproductie van de driehoeksmosselen wordt beïnvloed door de watertemperatuur. In koude wateren (minder dan 15 °C) is de periode van groei kort en is de reproductie minimaal (Morton, 1969; Lewandowski, 1982; Strayer, 1991). Ook warme wateren hebben een negatief effect op de populatie-ontwikkeling (Walz, 1974). Sterftcijfers nemen toe bij watertemperaturen van > 26-32 °C (Strayer, 1991).

Dosiseffectrelaties

In deze studie zijn relaties voor waterdiepte, bodemtype, slibgehalte in de waterkolom, slibgehalte bodem fosfaatgehalte en schelpen op de bodem meegenomen. De gegevens over slibgehalten komen uit de studie van het slibmodel (Genseberger en Boderie, 2009). De overige gegevens zijn meetgegevens van RWS. De effectrelaties zijn vergeleken met meetgegevens. Uit een 'goodness of fit' analyse blijkt dat in 76% van de resultaten overeenkomen met de metingen (Van der Wolfshaar & Haasnoot 2007).

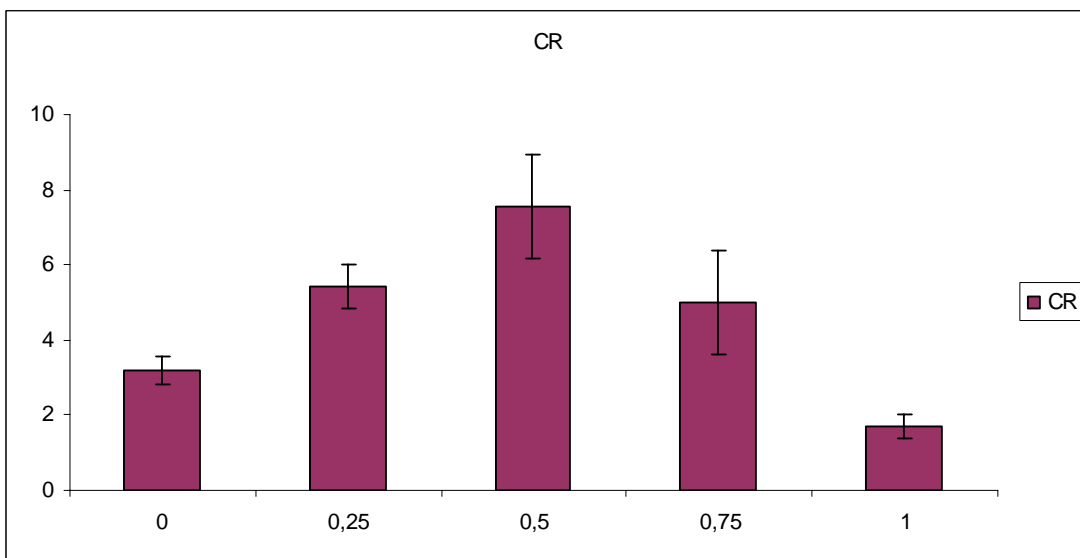
In deze studie is speciale aandacht besteed aan de relatie tussen filtratie van driehoeksmosselen en slibconcentraties, zoals die in het Markermeer voorkomen. In 2008 zijn er door Lara Pozzato, Miguel Dionisio Pires en Ellis Penning (Deltares) experimenten in het lab uitgevoerd naar mosselfiltratie van driehoeksmosselen onder verschillende anorganische slibconcentraties. Het slib was afkomstig uit het Markermeer. Behalve dat de mosselen blootgesteld werden aan slib is er ook een groenalg toegevoegd (1 concentratie, 3 mg C L⁻¹). Groenalgen zijn van hoge voedselkwaliteit. Duur van het experiment was 3 uur. Het oorspronkelijke idee achter dit experiment was om te kijken naar de kwaliteit en kwantiteit van de, door de mosselen uitgescheiden, pseudofaeces. Pseudofaeces zijn bolletjes met slijm die een mossel produceert om van ongewenste deeltjes af te komen. Hoewel de mate van filtratie als gevolg van slibconcentratie niet de aanleiding was van dit experiment is er mogelijk wel informatie uit dit experiment te halen over filtratie onder verschillende slibconcentraties. Daarbij kan gekeken worden naar zowel filtratie op het slib zelf als op de toegevoegde algen. Hieronder volgen de bevindingen.

Filtratie van driehoeksmosselen op slib neemt met toenemende slibconcentraties af (Figuur 1). Er lijkt een patroon in te zitten van een negatieve powerfunctie.



Figuur 1. filtratie (y-as, clearance rate, ml mussel⁻¹ h⁻¹) van driehoeksmosselen op verschillende slibconcentraties (x-as).

Het patroon van het filtratiegedrag op de groenalg ziet er heel anders uit (polynoom). Hier wordt de hoogste filtratie waargenomen bij 0.5 g/L slib. De laagste waarde ligt bij 1 g/L.



Figuur 2. filtratie (y-as, clearance rate, ml mussel⁻¹ h⁻¹) van driehoeksmosselen op de groenalg *Scenedesmus obliquus* bij verschillende slibconcentraties (x-as).

Op basis van een combinatie van bovenstaande figuren zou geconcludeerd kunnen worden dat een slibconcentratie van 1 g/L echt lastig is voor de mosselen. Bij deze concentratie is niet alleen de filtratie op slib zelf laag, maar ook die op de groenalg. Op den duur zou dit kunnen betekenen dat de mosselen weinig goed voedsel binnen krijgen (en teveel bezig zijn met het verwijderen van slib via pseudofaeces) waardoor ze niet goed groeien en misschien wel dood gaan. Harde data om dit te staven bestaan echter niet (oorspronkelijk voorgesteld in

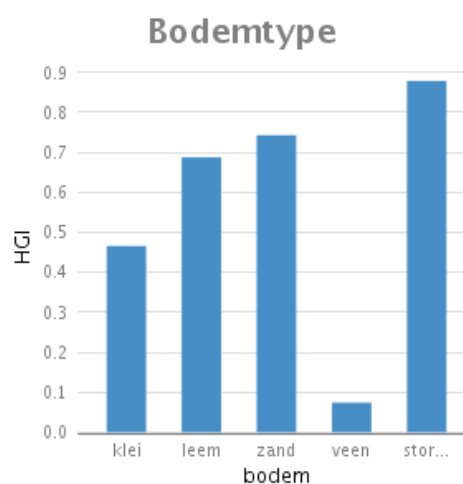
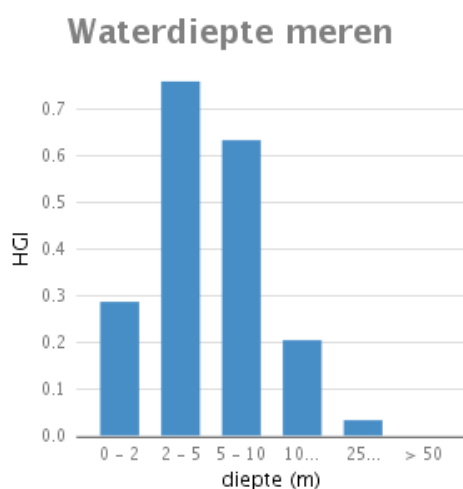
mosselvoorstel ANT IJsselmeer). Uit de hier gepresenteerde data kan alleen geconcludeerd worden dat een slibconcentratie van 1 g/L leidt tot een duidelijk lagere filtratie door de mosselen.

Vertaling modeluitvoer van het Slibmodel naar HSI mosselen (filtratie)

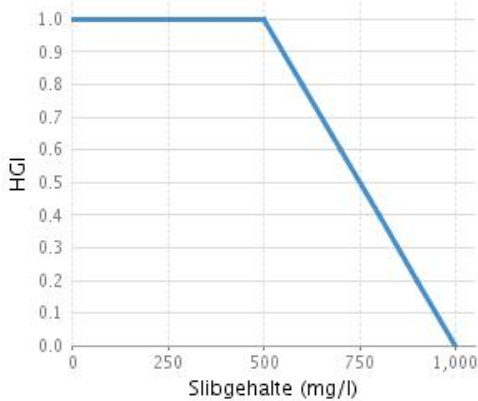
Maximale anorganisch slibconcentratie die in een jaar optreedt in de onderste laag van het model (nabij de bodem) (mg.l ⁻¹)	HSI
0	1
100	1
200	1
300	1
400	1
500	1
600	0.8
700	0.6
800	0.4
900	0.2
1000	0.0

Validatie

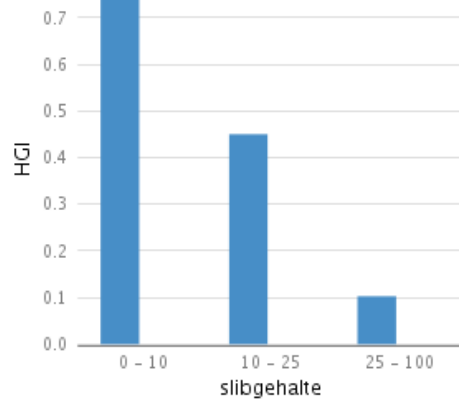
Deze dosis-effect relaties zijn gevalideerd voor het Markermeer, maar zonder de effectrelaties voor slibconcentraties. Voor de toevoeging van de effectrelaties voor slibconcentratie gaf het model in 75% van de bekeken punten het juiste antwoord.



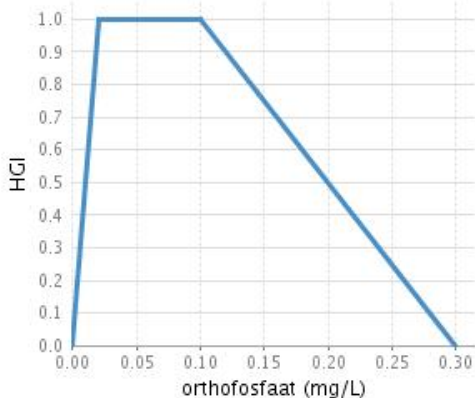
Slibgehalte water bij de bodem



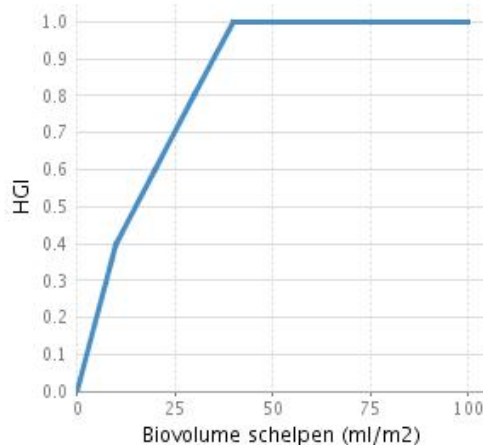
Slibgehalte bodem (%)



Gemiddeld orthofosfaatgehalte



Schelpen in bodem



Referenties

- Haasnoot, M. en Van de Wolfshaar, K.E.. Habitat analyse in het kader van de Planstudie/MER voor Krammer, Volkerak en Zoommeer. WL report Q4015. 2006
- Duel, H. en Specken B. Habitatmodel Driehoeksmossel en andere modellen voor het voorspellen van de populatie-omvang van de Driehoeksmossel Dreissena polymorpha in meren en rivieren. TNO-BSA werkdocument P94-026 1994
- Van der Lee, G., H. Duel, S. Groot, H. Aarts, R. Pouwels (2000). Kwaliteit van het HEP-instrumentarium voor toepassing in het IJsselmeergebied. WL | Delft Hydraulics, WL-rapport T2391
- Haasnoot, M. (2004) Memo validatie rekenregels Driehoeksmossel IJsselmeer.
- Van de Lee, G., H.F.P. van den Boogaard, W.E. Penning (2001). Achtergronddocument voor aanvulling van het habitatinstrument: 1. Flexibilisering invoer; 2. Onzekerheidsanalyse; 3. Validatie. WL rapport Q3433
- Noordhuis, R. & E.J. Houwing, 2003. Oorzaken en gevolgen van een vermoedelijke "crash" met betrekking tot waterkwaliteit, slibhuishouding en natuurwaarden. RIZA rapport 2003.016, Lelystad.
- Van de Wolfshaar, K.E., M. Haasnoot, 2007. Toetsing dosis-effect relaties HABITAT. Pilot voor het Markermeer en de Voordelta. WL-report Q4327.
- <https://public.deltares.nl/display/HBTDB/Driehoeksmossel+++Dreissena+polymorpha>

Benthosetende Watervogels

Algemeen voorkomen

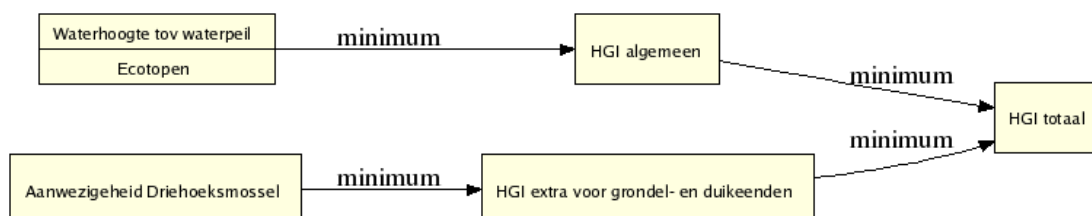
Benthosetende watervogels zijn vogels die hun eten op of in de bodem zoeken. Dit zijn voornamelijk watervogels maar terrestrische foeragerende vogels doen dit ook wel. Binnen de bodemfauna-etende vogels zijn er verschillende klassen van vogels van waar en waarop er gevoerageerd wordt.

Milieurandvoorwaarden

Voor benthos-etende vogels is de waterdiepte, het voorkomen van voedsel (Platteeuw en Noordhuis, 2005; Haasnoot et al., 2005) en in het meer terrestrische gedeelte het type ecotopen (Haasnoot en Van de Wolfshaar, 2006) bepalend voor de habitatgeschiktheid. Duikvogels, zoals de brilduiker of tafeleend, zoeken hun plek om te foerageren in diepere gedeelten van een waterlichaam dan bijvoorbeeld de kluut of de lepelaar. Verder is voor de vogels die foerageren langs de randen van een waterlichaam het type ecotoop van belang voor waar welke vogel voor kan komen. Verder bepaald het type voedsel dat voorkomt in en rond een waterlichaam welk soort vogel waar foerageert.

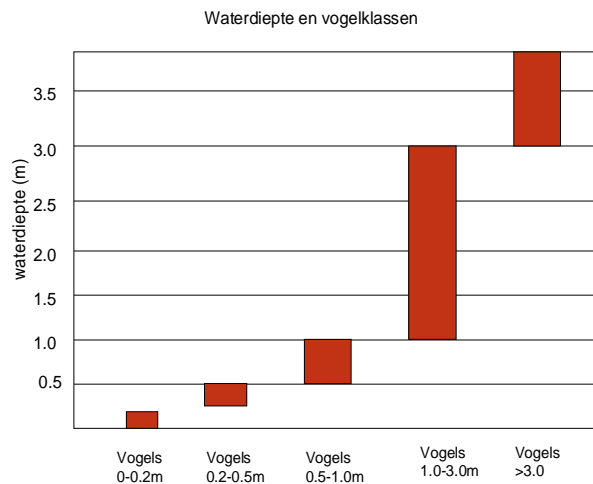
Dosiseffect relaties

Verskil in waterdiepte zorgt voor een scheiding in foerageergebied tussen verschillende soorten vogels (Platteeuw en Noordhuis, 2005; Haasnoot et al., 2005). Langs de randen van waterlichamen zijn ecotopen sturende variabelen voor het voorkomen van vogelsoorten (Haasnoot en Van de Wolfshaar, 2006). In deze studie is vooral gekeken naar waterhoogte en de aanwezigheid van driehoeksmossel omdat terrestrische ecotopen nauwelijks voorkomen op de gebruikte uitsnede van het Markermeer. Voor andere bodemfauna dan driehoeksmosselen is geen nadere specificatie gemaakt.



Validatie

De dosiseffect relaties zijn getoetst aan meetgegevens van het Markermeer. De modelresultaten beschrijven enkel de habitatgeschiktheid voor het foerageren op bodemfauna (Van de Wolfshaar en Haasnoot, 2007). De gebruikte dosiseffect relaties zijn van toepassing in Nederland en geven een geschiktheid in het algemeen voor bodemfauna-etende vogels en niet voor specifieke soorten. Voor specifieke soorten zijn eventueel additionele dosiseffect relaties nodig.



Referenties

Haasnoot, M. en K.E. van de Wolfshaar (ed). Habitat analyse in het kader van de Planstudie/MER voor Krammer, Volkerak en Zoommeer. WL report Q4015. 2006

Memo Platteeuw, M. en Noordhuis, R. RIZA 2005

Haasnoot, M., Kranenbarg, J. en van Buren, R. Seizoensgebonden peilen in het IJsselmeergebied. WL report Q3889. 2005

<https://public.deltares.nl/display/HBTDB/Algemeen+-+Bodemfauna-etende+vogels>

Rekenregels Waterplantetende vogels

Algemeen

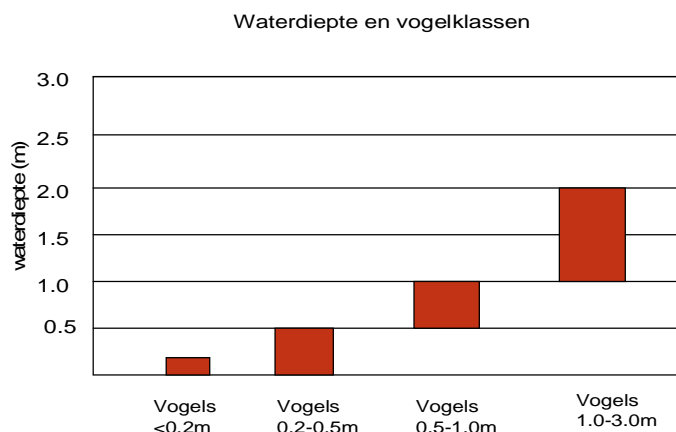
Deze groep omvat vogels rond de waterlijn op vegetatie foerageren, dit zijn met name eenden, ganzen en zwanen. Zwanen en duikeenden bereiken grotere diepten dan ganzen en eenden.

Milieurandvoorwaarden

De habitatgeschiktheid van waterplantetende vogels wordt beïnvloed door de waterdiepte en de aanwezigheid van waterplanten. Waterdiepte bepaald de bereikbaarheid van de waterplanten, waardoor er een scheiding optreedt in foerageergebied tussen dieper duikende vogelsoorten (duikeenden en zwanen) en minder diep duikende vogelsoorten (eenden en zwanen). Het al dan niet voorkomen van waterplanten bepaald in eerste instantie de mogelijke habitatomvang, de diepte de uiteindelijke habitatgeschiktheid per klasse vogel (diepduikend versus minder diepduikend).

Dosiseffectrelaties

In deze studie is het voorkomen van waterplantetende vogels beperkt omdat het voorkomen van waterplanten beperkt is door de waterdiepte, die vrij snel toeneemt in het Markermeer. Wanneer de waterdiepte zodanig is dat er gefoerageerd kan worden, dan bepaald de aanwezigheid van waterplanten of er daadwerkelijk gegeten kan worden. Wanneer de habitatgeschiktheid van waterplanten hoger is dan 0.6 dan wordt er vanuit gegaan dat er voldoende waterplanten aanwezig zijn waarop gefoerageerd kan worden.



Validatie

De dosiseffect relaties zijn gebaseerd op expert judgement van RIZA (Haasnoot et. al 2005). De relaties zijn alleen kwalitatief vergeleken met meetgegevens in het Markermeer, hierbij dient benadrukt te worden dat de modelresultaten alleen betrekking hebben op het leefgebied als voedsel gebied. Verder zijn de dosiseffect relaties bedoeld voor de berekening van de algemene geschiktheid voor plant etende vogels en geven geen resultaten voor specifieke soorten. Voor specifieke soorten zijn eventueel additionele dosiseffect relaties nodig.

Referenties

Haasnoot, M. en K.E. van de Wolfshaar (ed). Habitat analyse in het kader van de Planstudie/MER voor Krammer, Volkerak en Zoommeer. WL report Q4015. 2006
<https://public.deltares.nl/display/HBTDB/Algemeen+++Plant-etende+vogels>

Kennisregels ecotopen

Algemeen

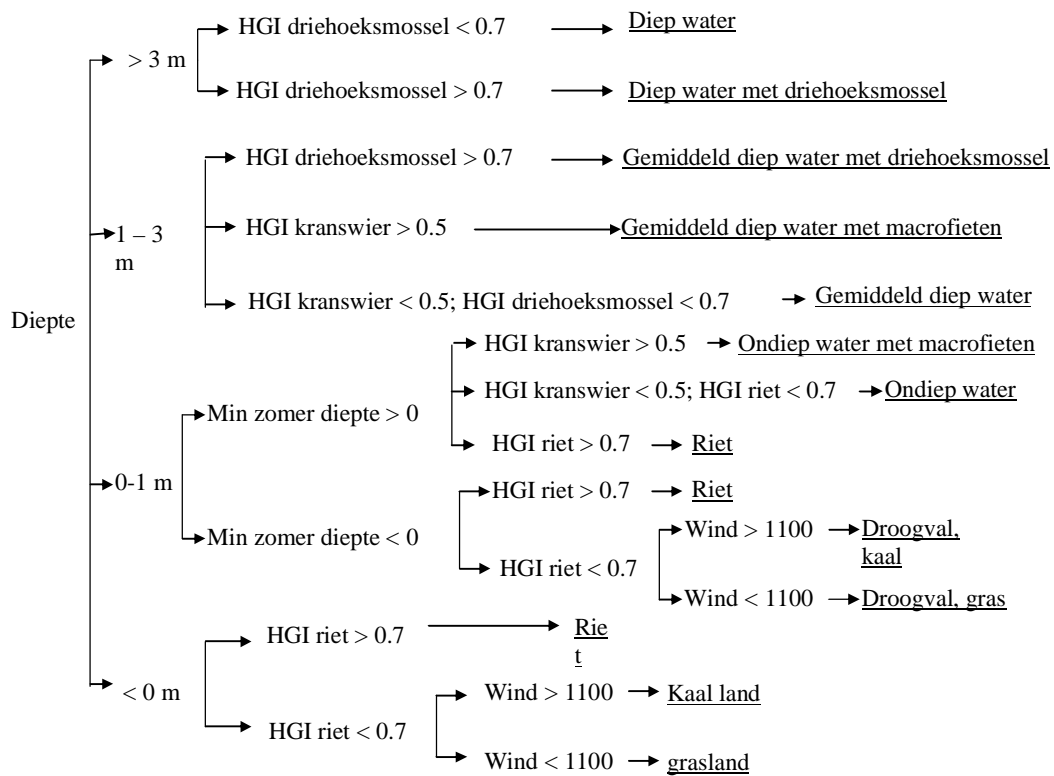
Ecotopen zijn een relatief homogene, ruimtelijke gebiedseenheid van biotische en abiotische kenmerken. Ecotopen bepalen de leefomgeving van organismen en als zodanig het voorkomen van soorten in een bepaald gebied.

Markermeer

In deze studie is aan de hand van een aantal gegevens, zoals waterdiepte en strijklengte, tezamen met expert judgement gekomen tot een beslisboom die het Markermeer onderverdeeld in verschillende ecotopen (zie figuur 3 beneden).

Validatie

Het model is niet gevalideerd, maar de expert judgement is voldoende bevonden om de rekenregels in deze studie te gebruiken.



Figuur 3. Schematische weergave kennisregels ecotopen. De rekenregels is een tabelclassificatie, waarbij meerder kaarten als invoer worden gebruikt.

B Slibmodel

Het slibmodel en de toepassing ervan op het Markermeer zijn uitgebreid beschreven in van Kessel ea (2009) en Vijverberg en Boderie (2008).

Het slibmodel is een ingeregeld en gevalideerd computermodel voor het Markermeer. Het model beschrijft dynamisch de stroming van water, waterpeilen, golven en slib in het water en in de bodem. Het model is gecalibreerd voor de periode augustus 2007 - april 2008 en gevalideerd voor de periode daarna tot september 2008. In deze periode zijn hoogfrequente meetgegevens voor twee meetpalen in het Markermeer beschikbaar. Onafhankelijke daarvan is het model gevalideerd aan de hand van remote sensing beelden voor het jaar 2006.

Tijdens de calibratie bleken met name de windaandrijving en de ruwheid van de bodem van groot belang. De verdeling van de windrichtingen van het KNMI station Berkhout blijkt representatief voor het midden van het Markermeer. Station Lelystad blijkt minder geschikt, aanbevolen wordt om een windmeter op meetpalen in het meer te installeren. Bodemruwheid werd afgeleid uit beschikbare veldmetingen en gegevens over het voorkomen van (mossel)schelpen. Het modelresultaat voor het percentage slib in de bodem komt goed overeen met de gemeten verdeling. Het is aan te bevelen om de actuele bodemruwheid in het veld te meten. Ook wordt aanbevolen om dynamische ruwheidsmodellering te onderzoeken om het model op dit punt voorspellend te maken.

Het slibmodel levert een realistische beschrijving van de dynamiek van het slib in het Markermeer en geeft voor een tijdsduur van enkele jaren een betrouwbare weergave van slibgehalten van het water en van de opwerveling, sedimentatie en vastlegging van slib; zowel voor de bestaande situatie als voor toekomstige situaties met extra inrichtingsmaatregelen. Het blijkt dat slibconcentraties in de huidige situatie sterk variëren in plaats en tijd. Inrichtingsmaatregelen kunnen deze variatie versterken.

Voor de robuustheid en toekomstbestendigheid van inrichtingsmaatregelen geeft het model wèl aanwijzingen, maar geen directe modelresultaten. Extra modelontwikkeling is nodig zijn voor het doorrekenen van deze langetermijnprocessen.

Een aantal inrichtingsmaatregelen is met het slibmodel geëvalueerd voor wat betreft de opwerveling en verspreiding van slib in bodem en in het water. Ten opzichte van de huidige situatie is eerst het effect van de autonome ontwikkeling bekeken, de aanleg van een oermoeras is daarbij de belangrijkste ontwikkeling. Vervolgens is voor de volgende inrichtingsmaatregelen het effect ten opzichte van de autonome ontwikkeling gekwantificeerd: een stervormige put in het midden van het Markermeer, een grote en een kleine dam bij het eiland Marken, dammen, eilanden, putten en combinatie van eilanden en putten die de Hoornse Hop luw maken.

Alle scenario's laten een verlaging van de gemiddelde slibconcentratie in de waterkolom en aan de bodem zien, voor zowel voor de winter, als voor de zomerperiode. Voor de Hoornse Hop geeft de combinatie van putten met eilanden de beste resultaten. Eilanden alleen zijn maar marginaal minder effectief. Voor het eiland Marken geldt dat de grote dam duidelijk meer effect heeft dan de kleine. De stervormige put werkt als slibvang en heeft een invloed op de dikte van de mobiele sliblaag. Kleinschalige maatregelen (arm Marken) hebben alleen een lokaal effect. Voor effecten op de schaal van het hele Markermeer moet aan (combinaties van) grootschalige maatregelen worden gedacht.

In deze bijlage staan de invoerkaarten die gebruikt zijn in de modellering. De slibinformatie is afkomstig van de modellering met het slibmodel. Daar waar de kaarten hetzelfde zijn als de huidige situatie zijn ze niet nogmaals gepresenteerd.

C Verslag van de workshop op 18 december 2008

Mondeling onderhoud te:	Lelystad, 13.00-16.30
Gesproken met	: IJsbrand Zwart, Ruurd Noordhuis, Joep de Leeuw, Eddy Lammens (tot 15.00), Pascal Boderie, Marjolijn Haasnoot, Miguel Dionisio Pires
Bedrijf	: Provincie Lelystad, RWS-IJG, IMARES, Deltares
Datum bespreking	: 18 december 2008
Onderwerp	: habitatstudie TBES maatregelen
Opgemaakt door	: Karen Meijer
Bijlage(n)	:
Kopie(en)	:
Projectnummer	: Q4732 – later 1200097.007

Doel van de workshop was het maken van afspraken over de aanpak voor de habitatstudie, de te onderzoeken soorten, de kennisregels en de modellering van de maatregelen.

De workshop begon met een aantal presentaties:

- IJsbrand Zwart – ontwikkelingsperspectief TMIJ
- Karen Meijer – aanpak van de studie en doel workshop
- Marjolijn Haasnoot – Habitat instrumentarium
- Miguel Dionisio Pires – Doelsoorten & kennisregels

De discussie ging met name over de mee te nemen soorten en de kennisregels hiervoor. De aanpak en de doelsoorten & kennisregels zijn beschreven in een memo². Op basis van de workshop zal dit memo geupdate worden. In dit verslag worden daarom niet alle soorten en maatregelen etc. herhaald.

Belangrijke punten die ter discussie kwamen:

- Rivierdonderpad – er zijn verschillende soorten rivierdonderpadden. Het is daarom van belang goed te kijken of bestaande kennisregels geschikt zijn voor de rivierdonderpad in het Markermeer. Omdat het een N2000 soort is, is het wel goed om de soort mee te nemen.
- De vereniging Sportvisserij NL (voorheen OVB) heeft profielen voor vissoorten gepubliceerd die mogelijk gebruikt kunnen worden voor het maken/verbeteren van kennisregels. Niet duidelijk hoe accuraat deze profielen zijn, voor sommige soorten is ook op andere plekken kennis beschikbaar.
- Kennisregels KRW verkennen meenemen (suggestie Eddy);
- Vissen die belangrijke voedselsoorten voor vogels zijn, als alternatief voor spiering zijn: pos, baars en blankvoorn. Spiering kan een grotere populatie ondersteunen en blijft belangrijk. Voor blankvoorn zijn rekenregels in Habitat beschikbaar.
- noordse woelmuis is een relevante soort om mee te nemen vanwege belang bij buitendijkse ontwikkeling. Kan echter niet de zoogdiersoort voor het oermoeras vervangen, omdat de noordse woelmuis vooral langs de Waterlandse kust zal voorkomen.

2. Het memo zelf is verwerkt in hoofdstuk 2 van dit rapport en niet als memo opgenomen.

- Ambassadeursoorten zijn gekozen als soorten die mogelijk in het oermoeras zouden kunnen voorkomen. Ruurd vindt geen van de soorten uit het lijstje relevant:
 - In plaats van de eland de otter of bever meenemen.
 - In plaats van de pijlstaart beter de slobbeend/wintertaling
- Als alternatief voor/aanvulling op de ambassadeur- en doelsoorten lijkt het zinvol om milieuzones op te nemen. Dat is beter geschikt om de variatie in het gebied weer te geven. Focus op doelsoorten geeft grote waarde aan rietgebieden terwijl je dat ook niet in je hele Markermeer wilt hebben.
- Aandacht besteden aan de relatie tussen foerageergebied en rustgebied. Twee referenties hiervoor zijn het rapport Ecology & Ruimte van Mennobart van Eerden en het proefschrift van Joep de Leeuw.
- Aanvullende relevante systeemkenmerken:
 - Temperatuur en O₂, beide belangrijk voor spiering en varieert met de diepte en zal wijzigen als gevolg van de TBES maatregelen.

Opsplitsing in deelgroepen:

Bespreking modellering TBES maatregelen

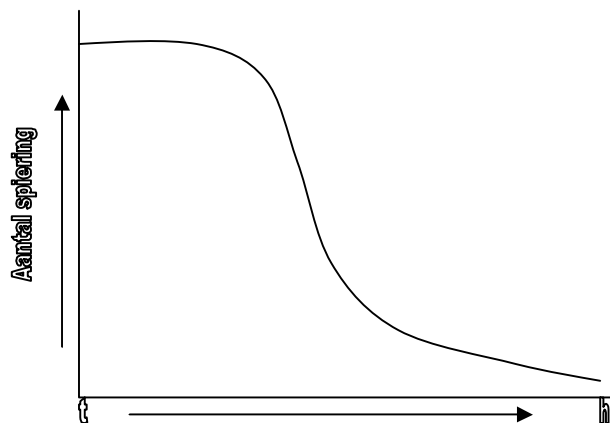
(IJsbrand Zwart, Marjolijn Haasnoot, Pascal Boderie, Karen Meijer)

- Veel benodigde gegevens voor de maatregelen zijn beschikbaar uit de invoer voor en de simulaties met het slibmodel:
 - Morfologie
 - Doorzicht (kennisregels in Habitat gebruiken doorzicht, en hiermee kan extinctie berekend worden)
 - Bodemtype (substraat)
 - Slibdeken
 - Zwevend stof
- We zullen het scenario 'alles uit de kast' gebruiken waarin alle maatregelen meegenomen zijn.
- Detail informatie over de ruimte tussen vooroever en vaste land en binnen het oermoeras zullen worden aangenomen.
- Temperatuur varieert ruimtelijk in het meer (dat komt door de dieptevariaties), het slibmodel kan ruimtelijke beelden van temperatuur leveren.
- Voor seizoensgebonden peil wordt het resultaat van het slibmodel aangepast voor de verandering in diepte. Wanneer er voldoende tijd is kunnen we in een extra slibmodelsimulatie onderzoeken of dat een redelijk resultaat geeft.
- In de toekomst zal het interessant zijn om Habitat dynamisch door te rekenen om de variaties over de jaren in het seizoensgebonden peilverloop mee te nemen.
- Voor de Natura2000 maatregelen zal meegenomen worden:
 - de in het BPRW genoemde heldere luwe zone worden meegenomen. Uitgezocht moet nog worden wat het BPRW hier precies over zegt.
 - De vispassage in de spuikoker indien dit relevant is voor de viskennisregels die nog ontwikkeld gaan worden (meer informatie is nodig, mogelijk beschikbaar bij Wouter Iedema, Carolien Breukers, Marcel Tosserams).

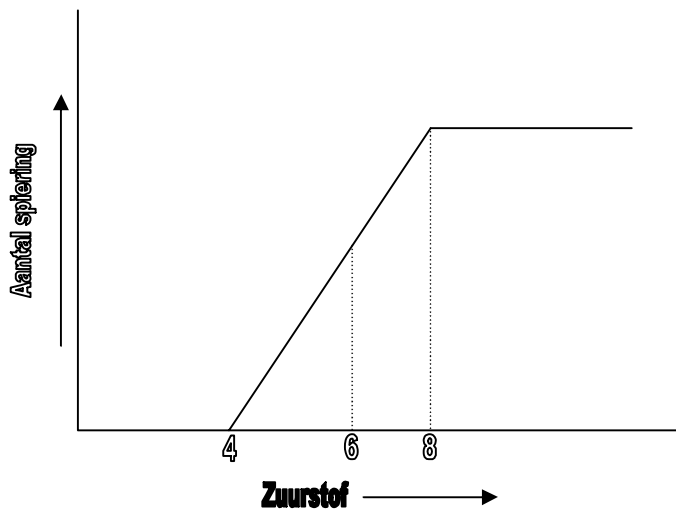
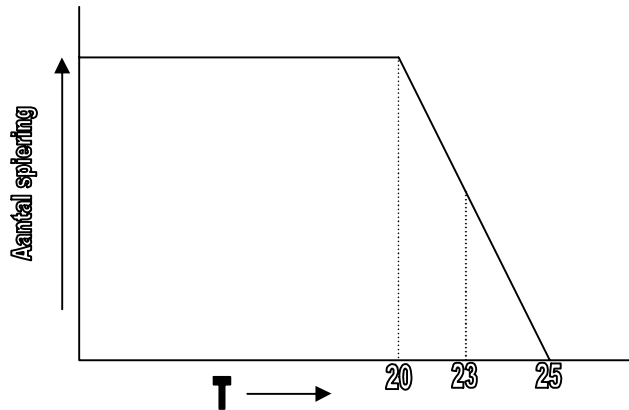
Bespreking van (wat nodig is voor de ontwikkeling van) kennisregels voor spiering en rivierdonderpad

(Ruurd Noordhuis, Joep de Leeuw, Miguel Dionisio Pires)

- Voor spiering zijn temperatuur, zuurstof, helderheid van het water en zooplankton belangrijke kennisregels. De vraag is of je helderheid vanuit spiering of vanuit de vogels moet bekijken: sommige vogelsoorten vangen enkel vis die net onder het oppervlak zit en weer anderen tot zo'n 30 cm onder het oppervlak.
- Wat helderheid betreft is de eerste aanname dat spiering:
 - Tussen 0 en 30 cm zicht aanwezig is
 - Tussen 40 - 60 cm onbekend
 - Bij meer dan 2 m zicht is er geen spiering aanwezig
- Eerste ideeën over de relatie tussen aantallen spiering en helderheid van het water staan in deze figuur (x-as: van troebel (t) naar helder (h)):



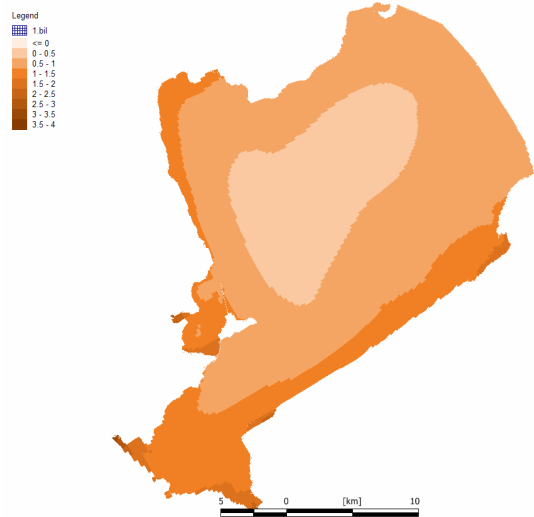
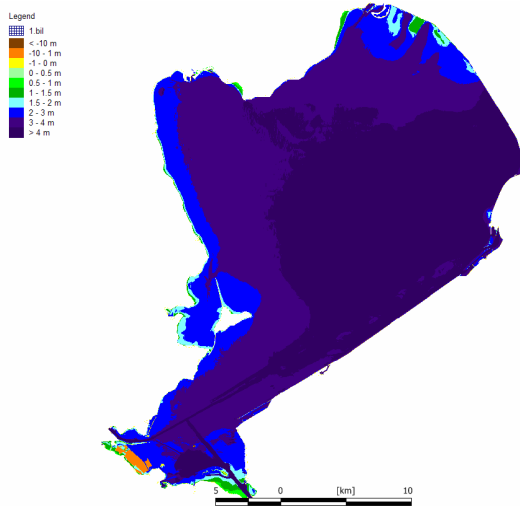
- Zooplankton (spieringvoedsel) is ook belangrijk. Spiering eet vooral grote watervlooien (Daphnia). De verwachting is dan ook dat naarmate er meer grote Daphnia's zijn er meer spiering voor zal komen.
- Hoewel temperatuur en zuurstof als belangrijke systeemvariabelen zijn genoemd is niet bekend hoe ze op spiering werken. Een zuurstofbehoefte voor spiering van minimaal 8 mg/L is niet betrouwbaar. Ook voor temperatuur zijn geen harde getallen bekend over dosis-effect relaties met spiering. Waarschijnlijk leidt een temperatuur hoger dan 23 graden gedurende 2-3 dagen tot sterfte. Joep en Ruurd denken dat de relatie tussen temperatuur en spiering en zuurstof en spiering mogelijk als volgt kan worden weergegeven:



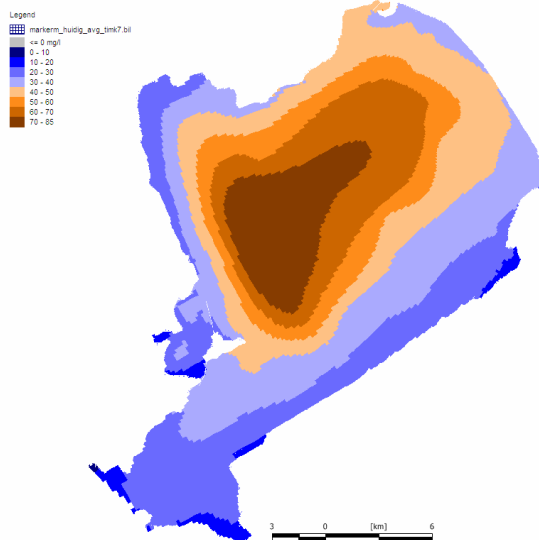
- De getallen op de x-as in beide figuren (dus voor temperatuur en zuurstof) kunnen ook anders uitvallen (dus misschien vindt 50% sterfte spiering niet plaats bij 23 °C of 6 mg/L zuurstof).
- Wat betreft de andere vissen die genoemd zijn (rivierdonderpad, pos, blankvoorn en baars) lijkt het volgens Joep en Ruurd binnen deze studie onmogelijk om daar kennisregels voor te ontwikkelen. Blankvoorn en baars komen in elk type water naast elkaar voor en bepalen elkaars succes (via competitie, predatie). Voor pos is het misschien nog wel interessant om te kijken of Sportvisserij NL daar profielen voor heeft ontwikkeld.
- Het enige waar Joep zich nog aan zou durven wagen is de relatie met waterplanten (werken positief op blankvoorn en baars, negatief op spiering en geen effect op pos).

D Invoerkaarten

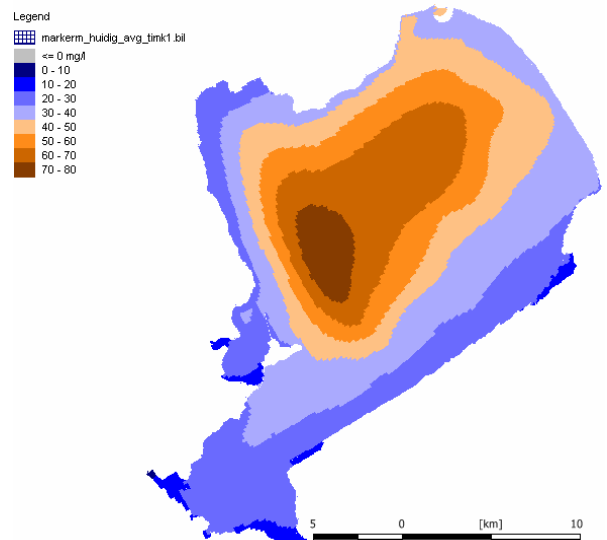
Huidige situatie



diepte (m)



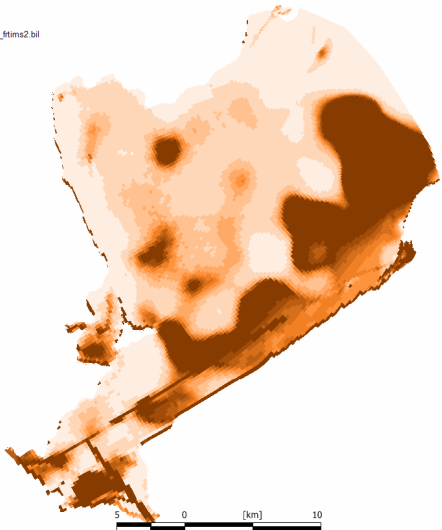
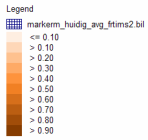
doorzicht (m)



slibgehalte water bij de bodem (mg/l)

slibgehalte water (mg/l)

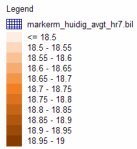
Huidige situatie



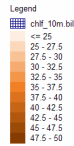
slibfractie bodem (-)



bodemtype, 1= klei, 2= zand, 3 = leem, 4= veen, 5 = stortsteen

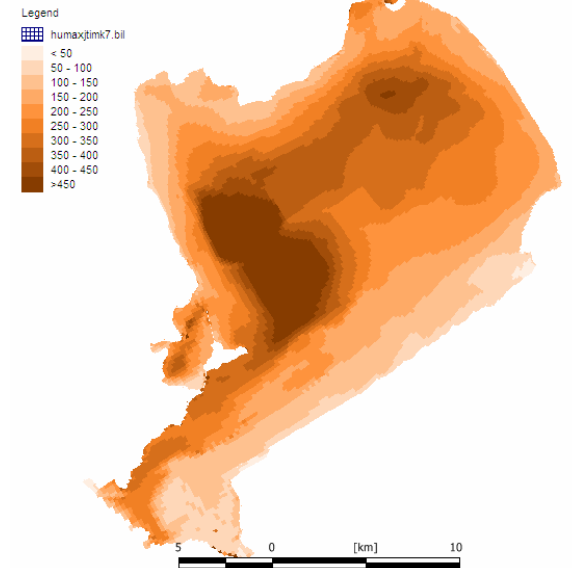


temperatuur (C)



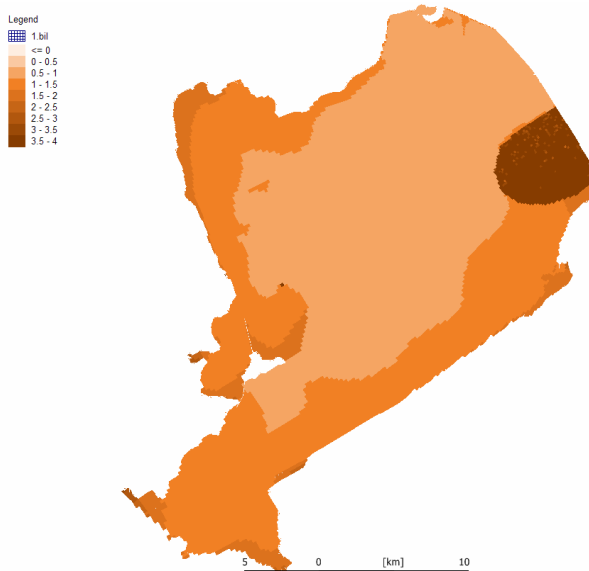
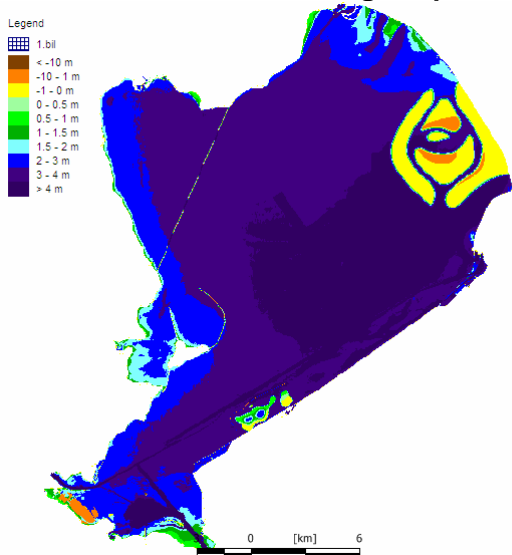
chlorophyll (mg/l)

Huidige situatie

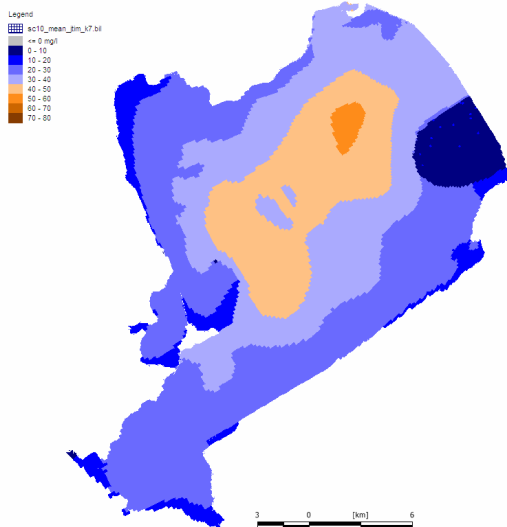


maximale slibgehalte in het water bij de bodem

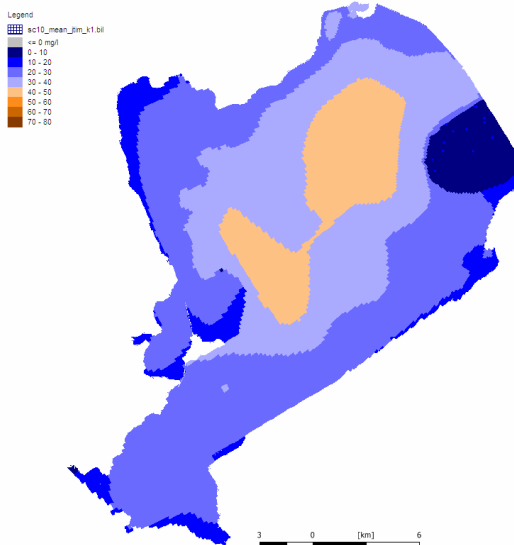
Invoerkaarten TBES maatregelenpakket 1



diepte



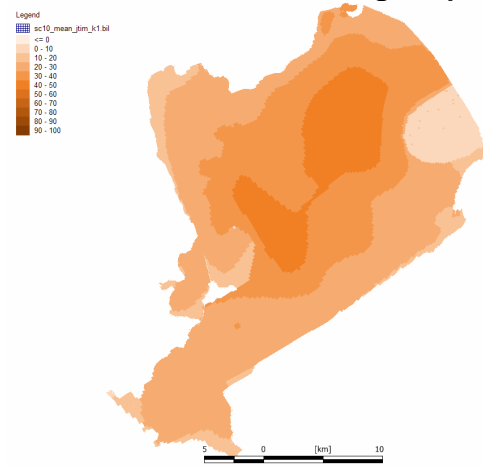
doorzicht



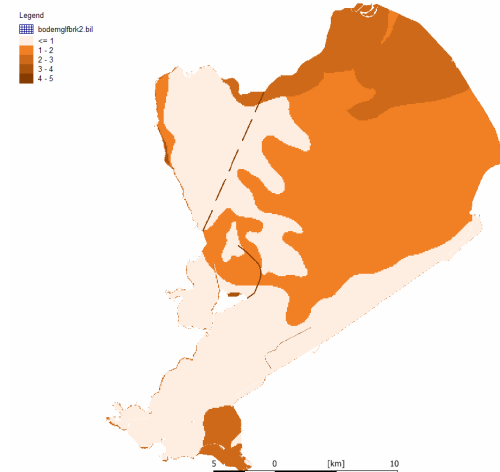
slibgehalte bij de bodem

slibgehalte water

Invoerkaarten TBES maatregelenpakket 1

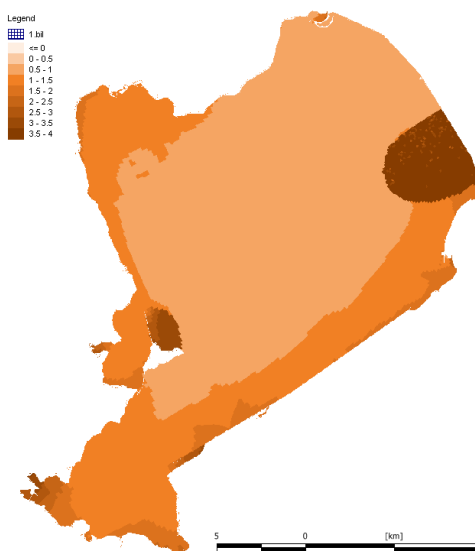
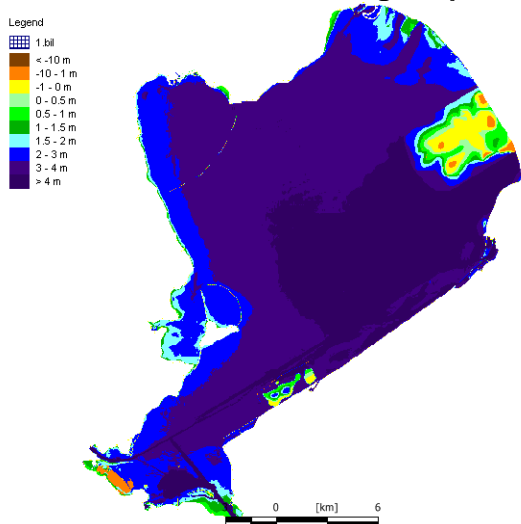


slibfractie bodem

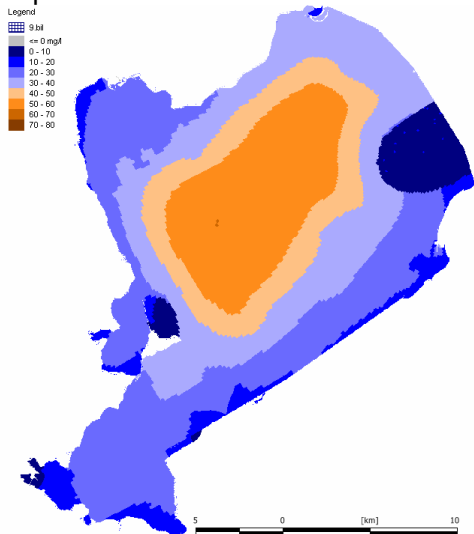


bodemtype

Invoerkaarten TBES maatregelenpakket 2

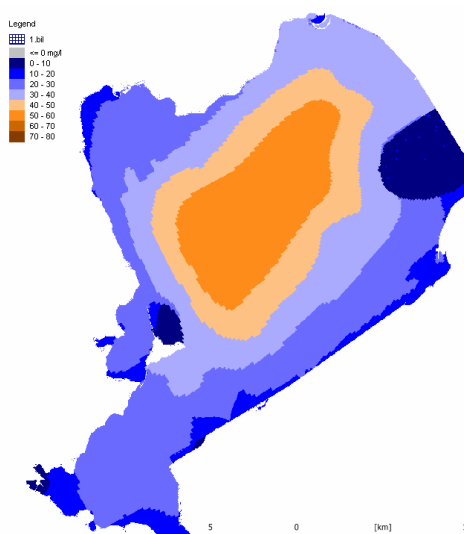


diepte



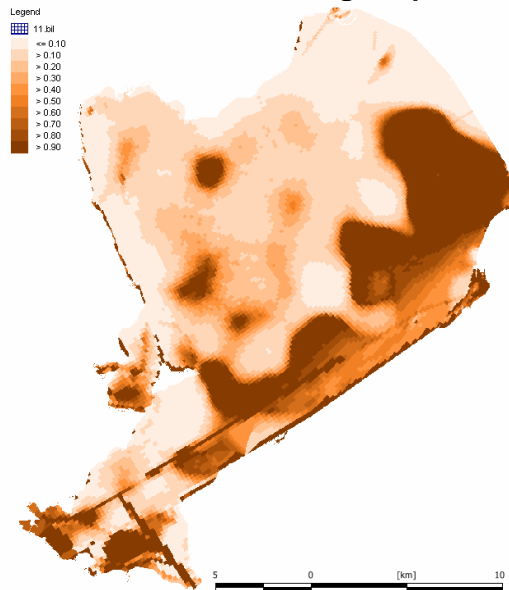
slibgehalte bij de bodem

doorzicht

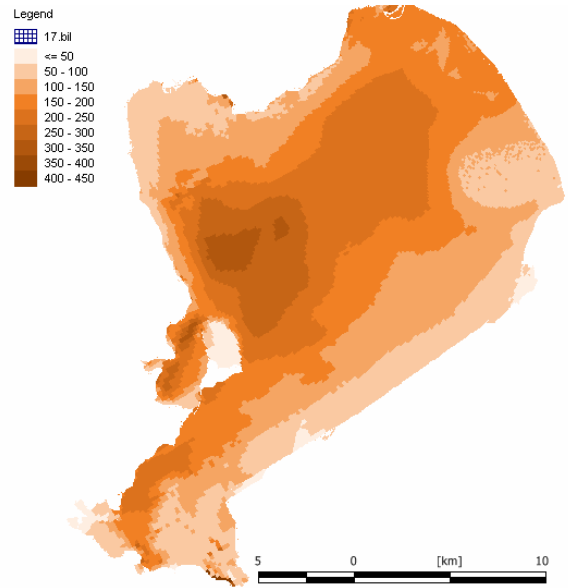


slibgehalte water

Invoerkaarten TBES maatregelenpakket 2

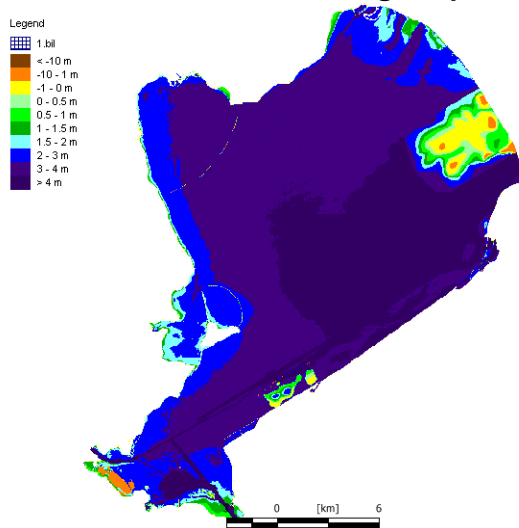


slibfractie bodem

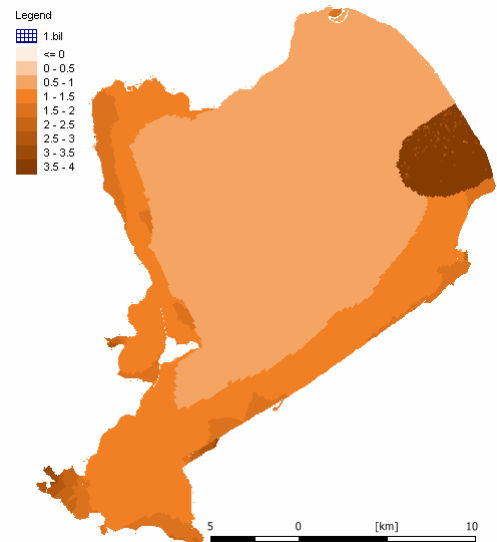


maximale slibgehalte (mg/l) watergehalte bij de bodem

Invoerkaarten TBES maatregelenpakket 3

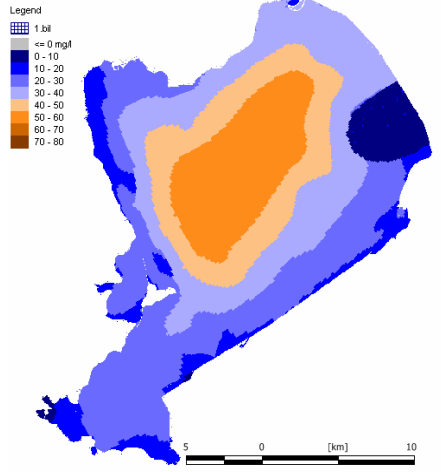
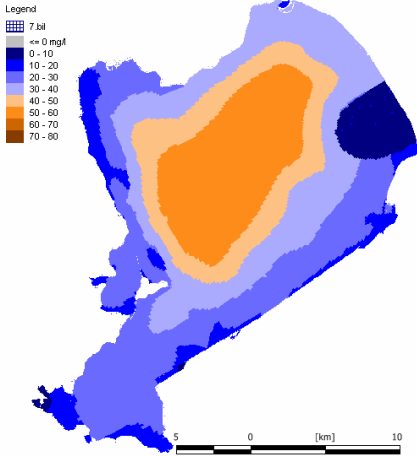


diepte

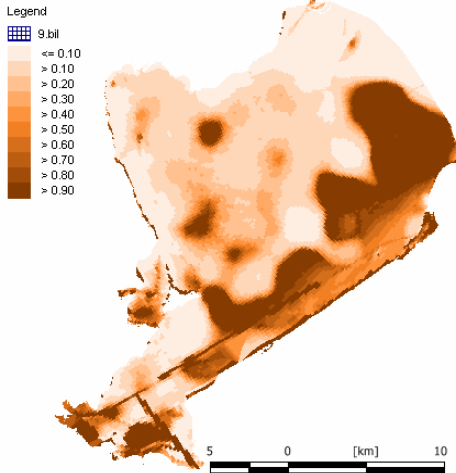


doorzicht

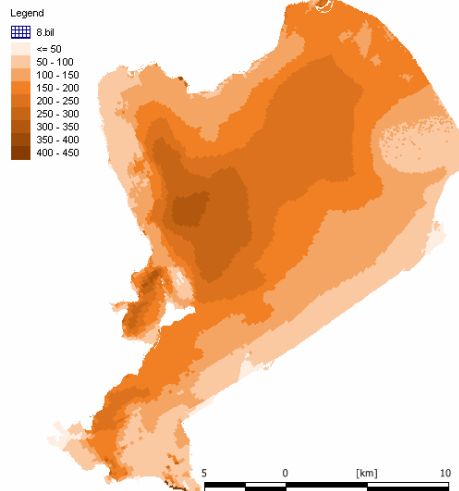
Invoerkaarten TBES maatregelenpakket 3



slibgehalte water bij de bodem



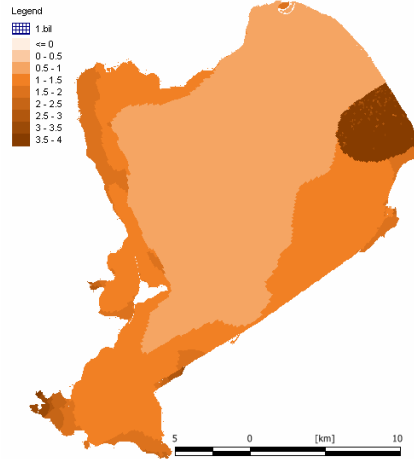
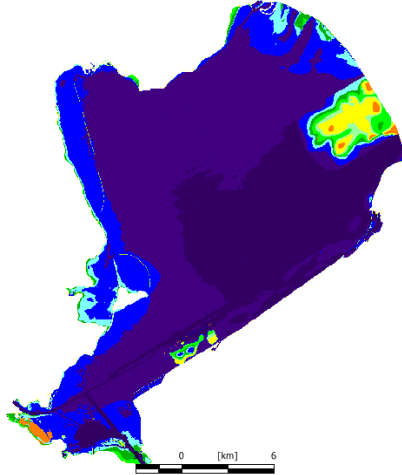
slibgehalte water



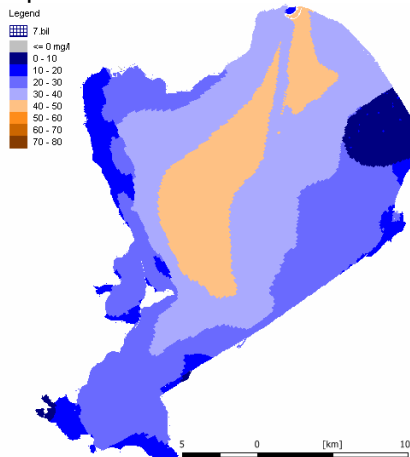
slibfractie bodem

maximale slijbgehalte (mg/l) watergehalte bij de bodem

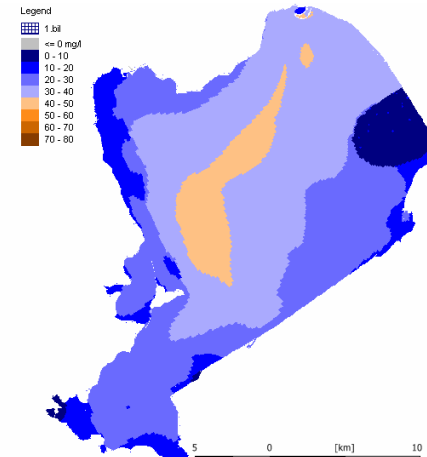
Invoerkaarten TBES maatregelenpakket 4



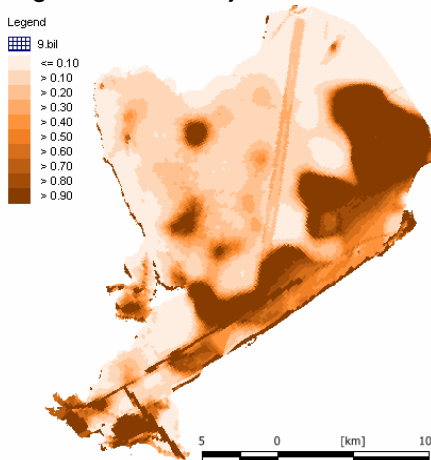
diepte



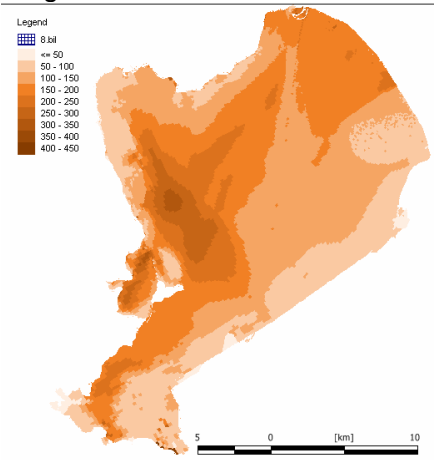
doorzicht



slibgehalte water bij de bodem



slibgehalte waterkolom



slibfractie bodem

maximale slibgehalte (mg/l) water bij de bodem

E Resultaten

Deze bijlage presenteert tabellen met areaalveranderingen (km²) en figuren van de habitatgeschiktheid en figuren van de verandering in de habitatgeschiktheid. In de linkerkolom staat de habitatgeschiktheid (0-1) in acht klassen verdeeld: 0 is ongeschikt en 1 is geschikt. De tweede kolom geeft het areaal aan dat een habitatgeschiktheid heeft dat binnen die klasse valt voor de huidige situatie (km²). De resterende kolommen geven per scenario de areaalverandering (+ is toename, - is afname) opzichte van de huidige situatie voor de betreffende geschiktheidklasse.

Bijvoorbeeld: in de huidige situatie het is areaal voor waterplanten met een habitatgeschiktheid tussen de 0.9 en 1 (een heel goede geschiktheid) 7,3 km². Bij scenario 'TBES 1+ huidig peil' neemt dit toe met 3.2 km². Voor de figuren waarin de verandering van de habitatgeschiktheid (verschilkaarten) staat weergegeven is een habitatgeschiktheid van 0.7 als grens genomen, d.w.z. dat kleine verbeteringen niet als verschil worden aangemerkt.

NB. Kleine veranderingen in arealen kunnen zijn ontstaan doordat er verschillende invoerkaarten zijn gebruikt bij de scenario's als gevolg van veranderingen in het slibmodel. In het referentiescenario is de haak bij Enkhuizen niet meegenomen en bij de scenario's wel. Als gevolg hiervan neemt in dit gebiedje de habitatgeschiktheid in de verschillende scenario's ten onrechte af.

	areaal (km ²)	areaalverandering ten opzichte van de huidige situatie (km ²)					
		huidige situatie	TBES 1 + huidig peil	TBES 1+ SPIJ	TBES 2 + SPIJ	TBES 2+ huidig peil	TBES 3 + SPIJ

Habitatgeschiktheid

Waterplanten

0	511.1	-71.2	-62.1	-50	-57.9	-47.9	-50.1
0-0.2	116.1	28.2	24	12.9	16.5	5.1	7.8
0.2-0.4	20.5	17.8	17.3	10.1	11	11.7	11.3
0.4-0.6	17.8	11.5	10.3	10.3	10.5	14.1	14.2
0.6-0.7	11.1	4.5	3.8	3.5	4.3	3.7	3.6
0.7-0.8	7.3	3	1.7	2.2	3.2	2.3	2.2
0.8-0.9	5.4	3	2.4	5.4	5.8	5.5	5.5
0.9-1	7.3	3.2	2.6	5.6	6.7	5.5	5.3

Habitatgeschiktheid

Habitattype kranswieren

0	418.4	-10.8	-1.3	-18.2	-30	-18.1	-12.6
0-0.2	199.3	-16.4	-20.4	-13.6	-6.7	-16.5	-21
0.2-0.4	24.2	6.5	5.7	4.9	5.1	8.3	8
0.4-0.6	11	4.7	3.7	4.3	5.4	4.3	4.2
0.6-0.7	3	1	0.8	1.4	1.5	1.4	1.7
0.7-0.8	2.8	0.7	0.4	1.4	1.2	1.4	1.3
0.8-0.9	2.7	0.3	0.5	1.5	1.2	1.3	1
0.9-1	35	14	10.7	18.3	22.2	17.8	17.5

	areaal (km ²)	areaalverandering ten opzichte van de huidige situatie (km ²)					
	huidige situatie	TBES 1 + huidig peil	TBES 1+ SPIJ	TBES 2 + SPIJ	TBES 2+ huidig peil	TBES 3 + SPIJ	TBES 4 + SPIJ

Habitatgeschiktheid

Driehoeksmosselen

0	0.7	33.3	30.9	15.9	16.5	15.9	15.9
0-0.2	5.8	290.4	292.7	0.3	-0.3	-0.2	8
0.2-0.4	30	-10.8	-12.7	0.6	2.5	0.7	0.5
0.4-0.6	116.3	89.3	89.7	-6.4	-6.7	-4.6	-8.8
0.6-0.7	218.7	-214.2	-214.1	-1	-1.1	-1.1	-1
0.7-0.8	302	-182.1	-180.7	-1.4	-2.9	-2.9	-6.8
0.8-0.9	11.1	-6.2	-6	-0.2	-0.3	-0.2	-0.2
0.9-1	0	0	0	0	0	0	0

Habitatgeschiktheid

Spiering

0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0
0-0.2	0.6	15.1	15.1	21.5	21.5	15.9	15.9
0.2-0.4	10.3	12.5	12.5	11.3	11.3	19	21.1
0.4-0.6	57.2	95.4	95.4	74.7	74.7	83.5	83.7
0.6-0.7	51.8	15.4	15.4	-3.5	-3.5	-11.2	4.4
0.7-0.8	54.7	74.2	74.2	15.4	15.4	2.9	17.9
0.8-0.9	69.9	14.2	14.2	30.2	30.2	25.5	26.1
0.9-1	442.0	-245.0	-245.0	-167.9	-167.9	-153.9	-187.3

Waterplantetende vogels

geen waterplanten	670.4	-10.3	-7.2	-14.8	-18.3	-14.8	-14.1
ganzen	0	0	0	0	0	0	0
grondeleende, ganzen, zwanen	0.1	1.4	1.2	2.5	3.1	2.5	2.5
zwanen	2.9	2.8	2.4	7.5	8.2	7.5	7.5
duikeenden	23	6.1	3.7	4.8	7.1	4.8	4.1

Bodemfauna etende vogels

geen bodemfauna etende vogels	12.9	44	41.8	16	16.5	16.1	36.2
<i>met driehoeksmosselen</i>							
steltlopers, bergeend, grondeleenden	0	0	0	0	0	0	0
bergeend grondeleenden	0	0	0	0	0	0	0
duikeenden, meerkoet, 0.5-1m	0	0	0	0	0	0	0
duikeenden, meerkoet, 1-3 m	95.7	-27.4	-30.8	-6.3	-2.5	-7	-10.8
duikeenden, 3 - 5 m	217.4	-160.8	-155.9	4.7	-0.7	3.9	3.9

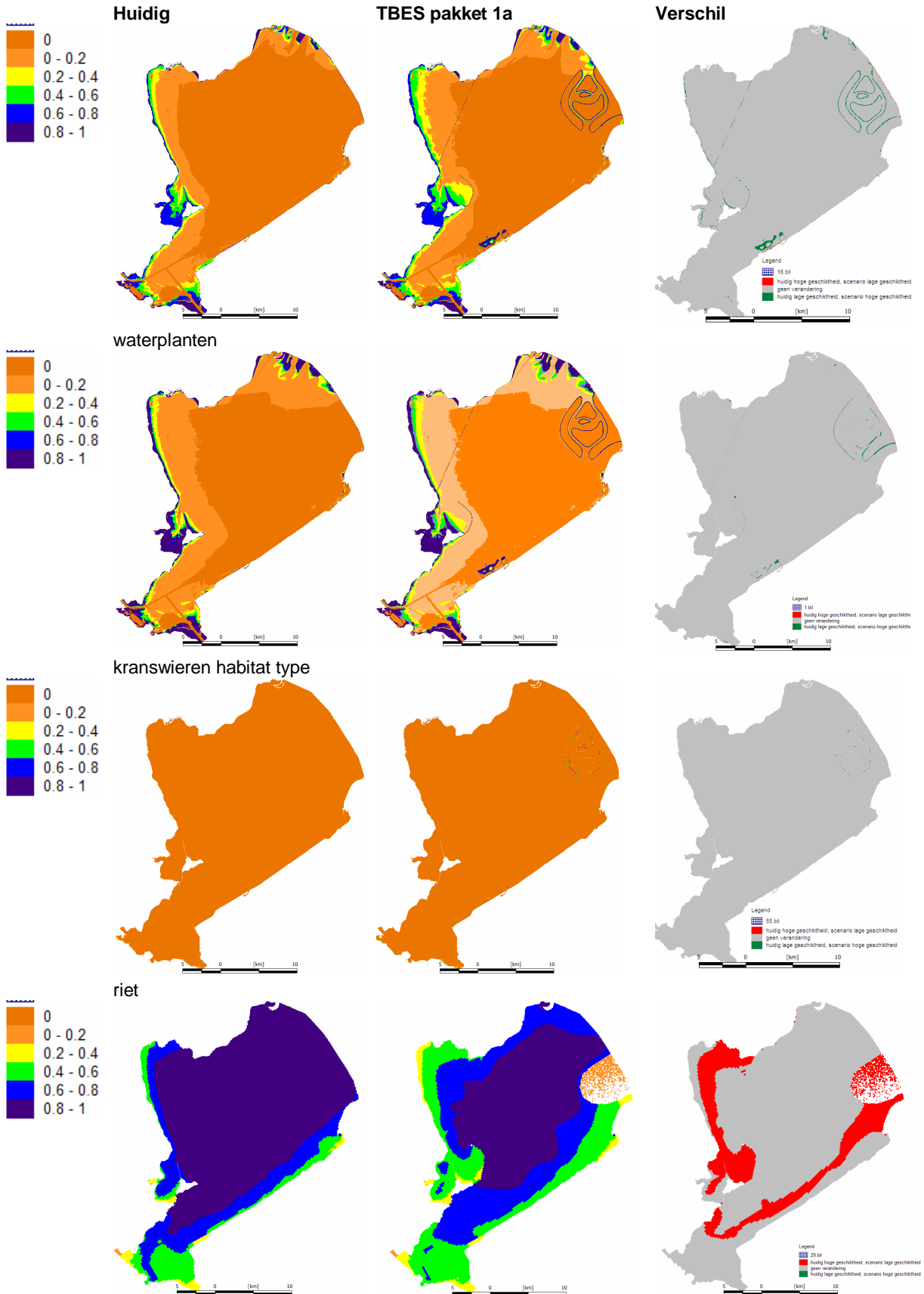
	areaal (km ²)	areaalverandering ten opzichte van de huidige situatie (km ²)					
	huidige situatie	TBES 1 + huidig peil	TBES 1+ SPIJ	TBES 2 + SPIJ	TBES 2+ huidig peil	TBES 3 + SPIJ	TBES 4 + SPIJ
<i>zonder driehoeksmosselen/andere bodemfauna</i>							
steltlopers 0 - 20 cm	0	1	3.1	2.1	2.1	2.1	2.1
berg/grondel eend 20 - 50 cm	0	1.4	1.4	3.2	3.2	3.2	3.2
duikeend/meerkoet 50 - 100 cm	2.1	2.6	2.3	8.1	8.7	8	8
duikeend meerkoet 100 - 300 cm	49.4	34.9	28.5	14.9	20.7	15.4	16
duikeenden 300 - 500 cm	306.9	104	109.5	-35	-40.3	-34.1	-50.9

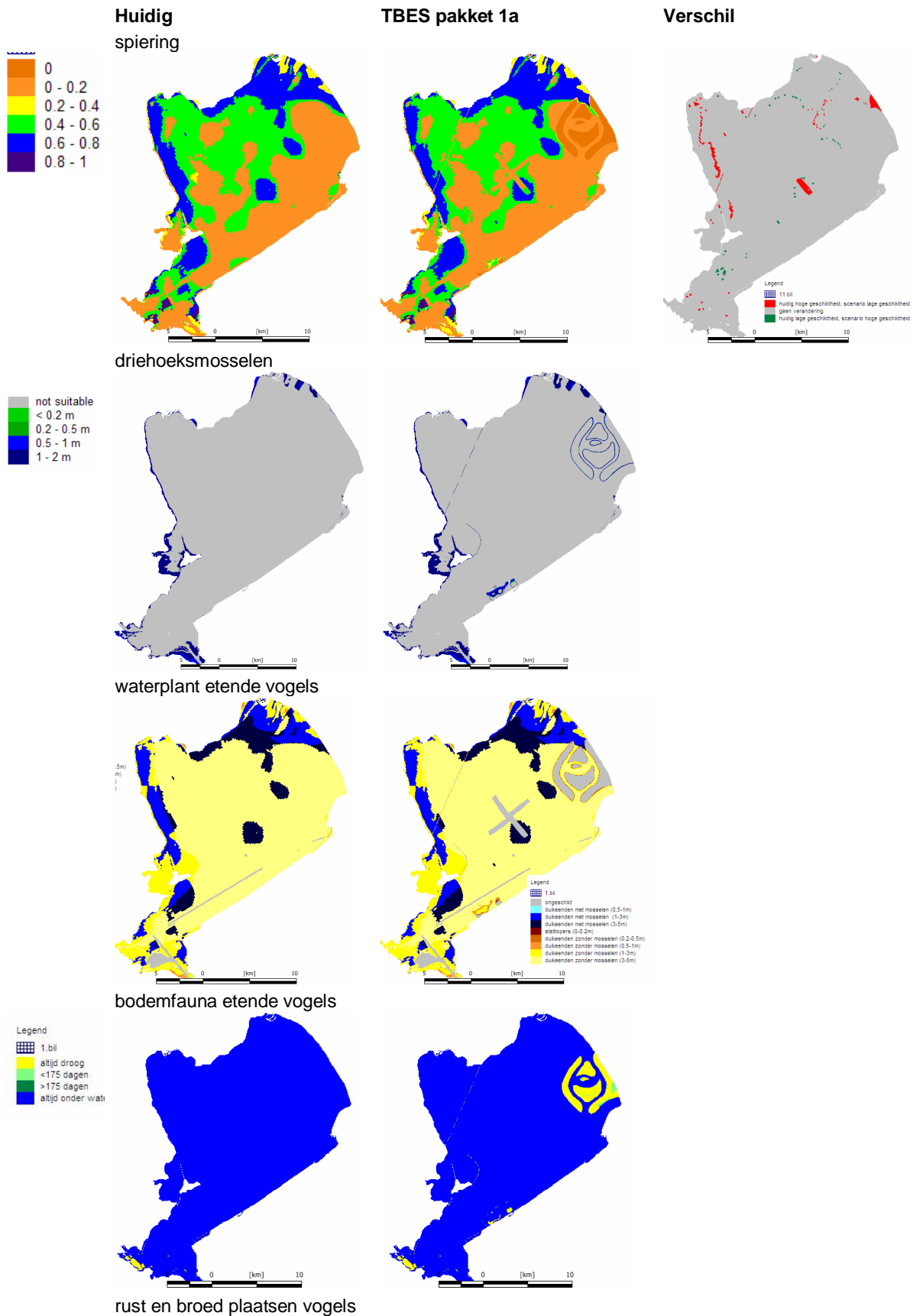
Rust- en broedplaatsen voor vogels

altijd droog	4.8	31.6	26.5	2.3	13.9	2.3	2.3
minder dan 175 dagen onder water	0.0	2.2	8.1	14.1	0.3	14.1	14.1
meer dan 175 dagen onder water	0.0	0.7	0.0	0.0	1.7	0.0	0.0
altijd onder water	691.6	-34.5	-34.6	-16.3	-16.0	-16.3	-16.3

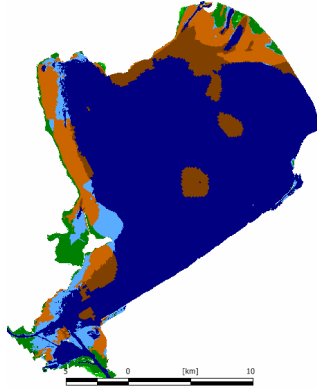
Ecotopen

diep water	474.5	42.05	35.97	-34.5	-40.4	-33.7	-30.3
diep water met driehoeksmosselen	59.7	4.01	-0.81	4.7	-0.6	4	4
matig diep water met driehoeksmosselen	72.8	3.61	6.90	-6.4	-2.6	-7.1	-10.9
matig diep water met waterplanten	33.7	-8.95	-6.30	14.6	17	13.5	13
matig diep water	40.9	-2.14	2.18	-0.2	3.8	1.5	2.5
ondiep water met waterplanten	2.1	-4.48	-3.59	10.1	10.6	10.8	10.8
ondiep water	0	-0.04	-3.70	0	0	0	0
riet	0	-0.04	-3.70	10.2	0.4	10.2	10.2
grasland/bos	0.6	-33.39	-28.27	6.2	16.3	6.2	6.2
droogvallende grond (kaal of grasland)	0	-0.11	-2.40	2.3	0.2	2.3	2.3



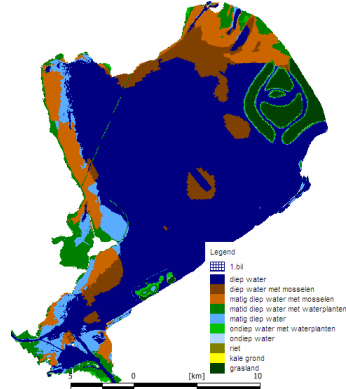


Huidig



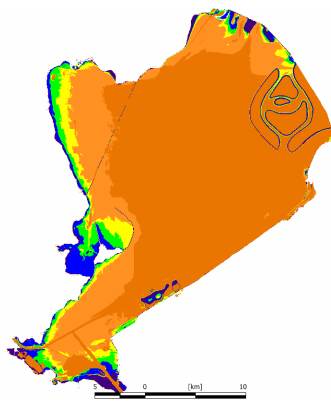
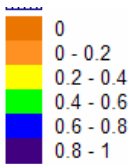
ecotopen

TBES pakket 1a

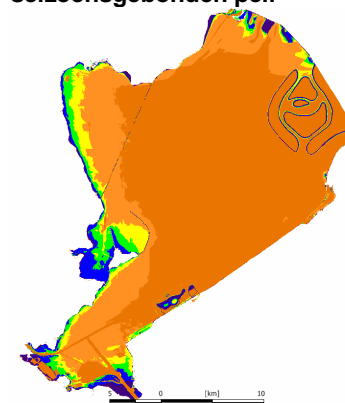


Vershil

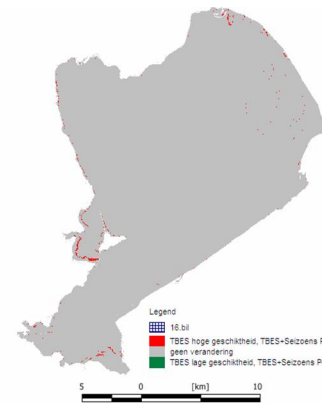
TBES



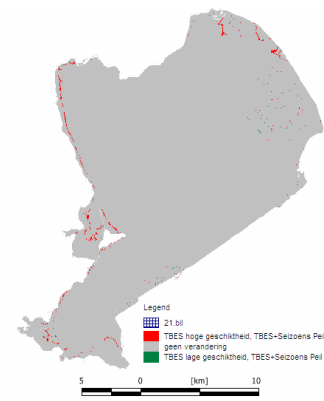
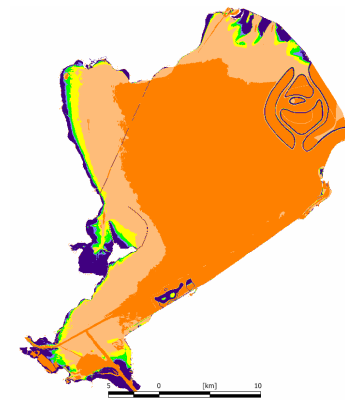
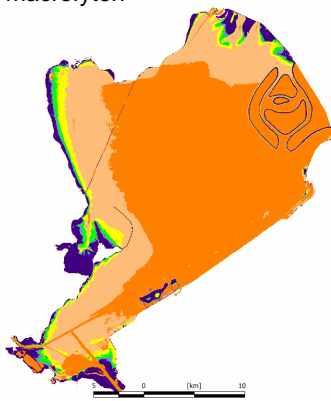
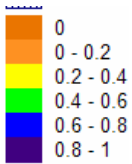
TBES 1b met
seizoensgebonden peil



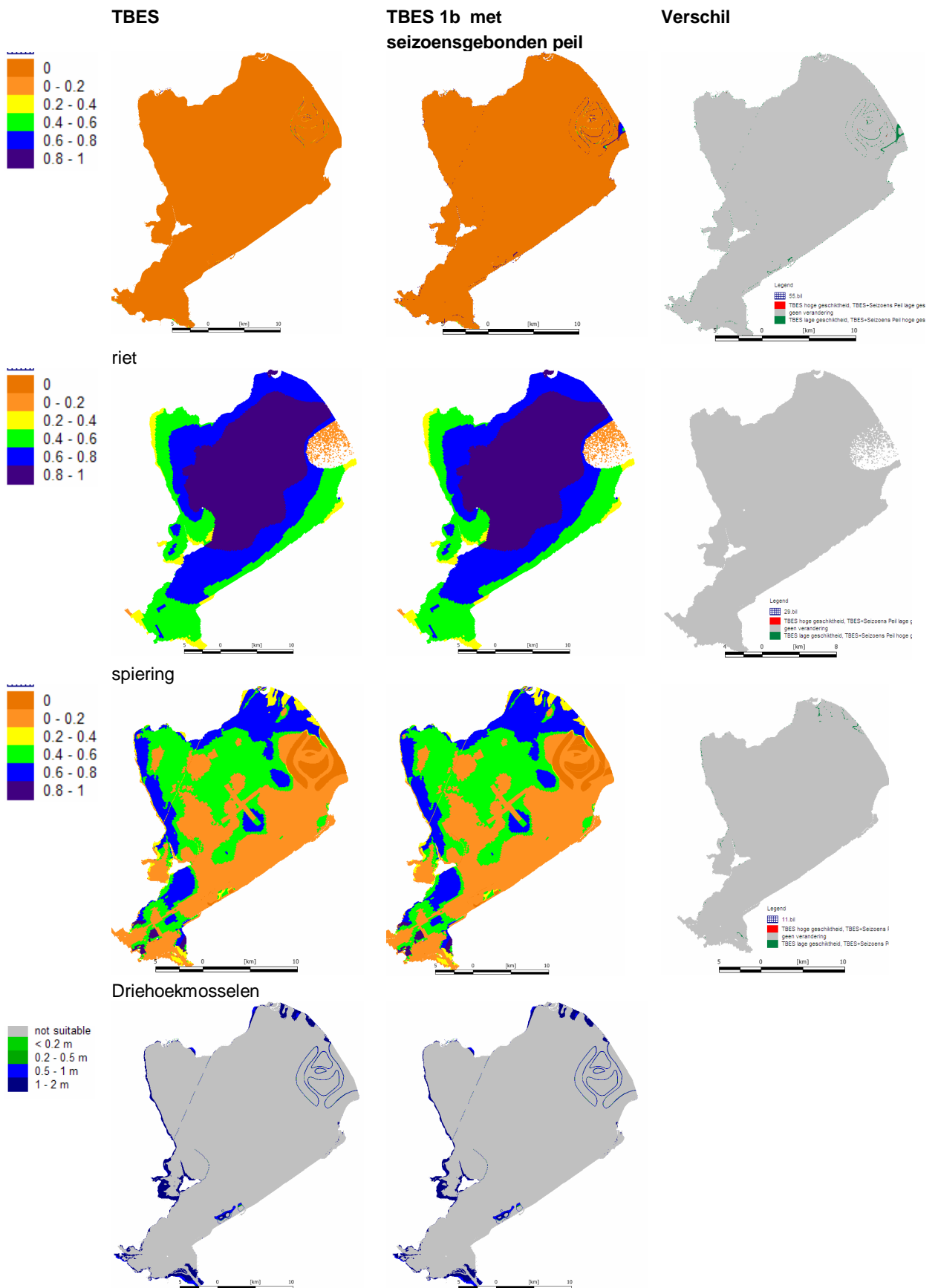
Vershil



macrofyten



kranswieren habitatype

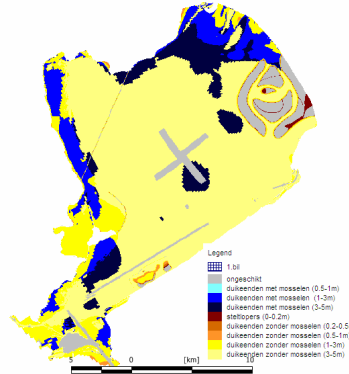
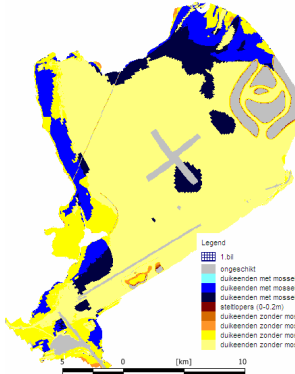


TBES

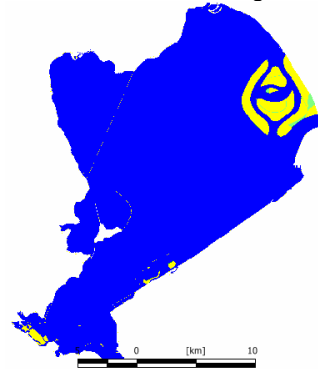
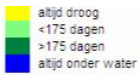
TBES 1b met seizoensgebonden peil

Vershil

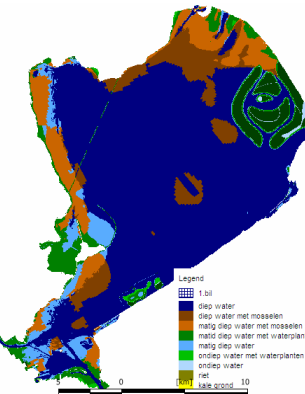
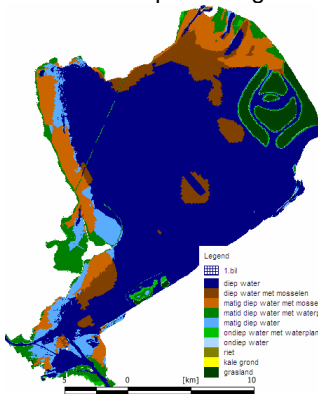
waterplant etende vogels



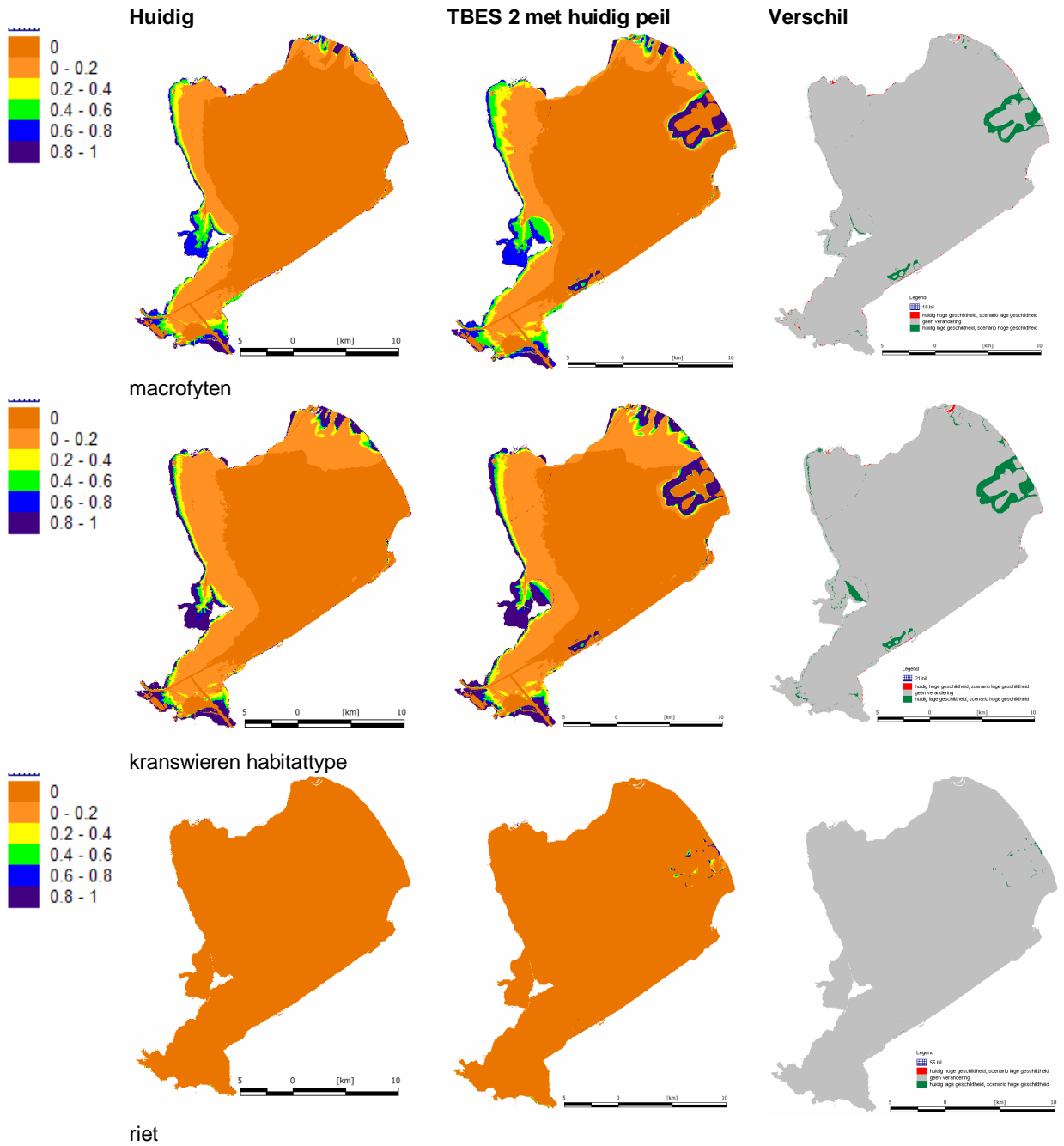
bodemfauna etende vogels

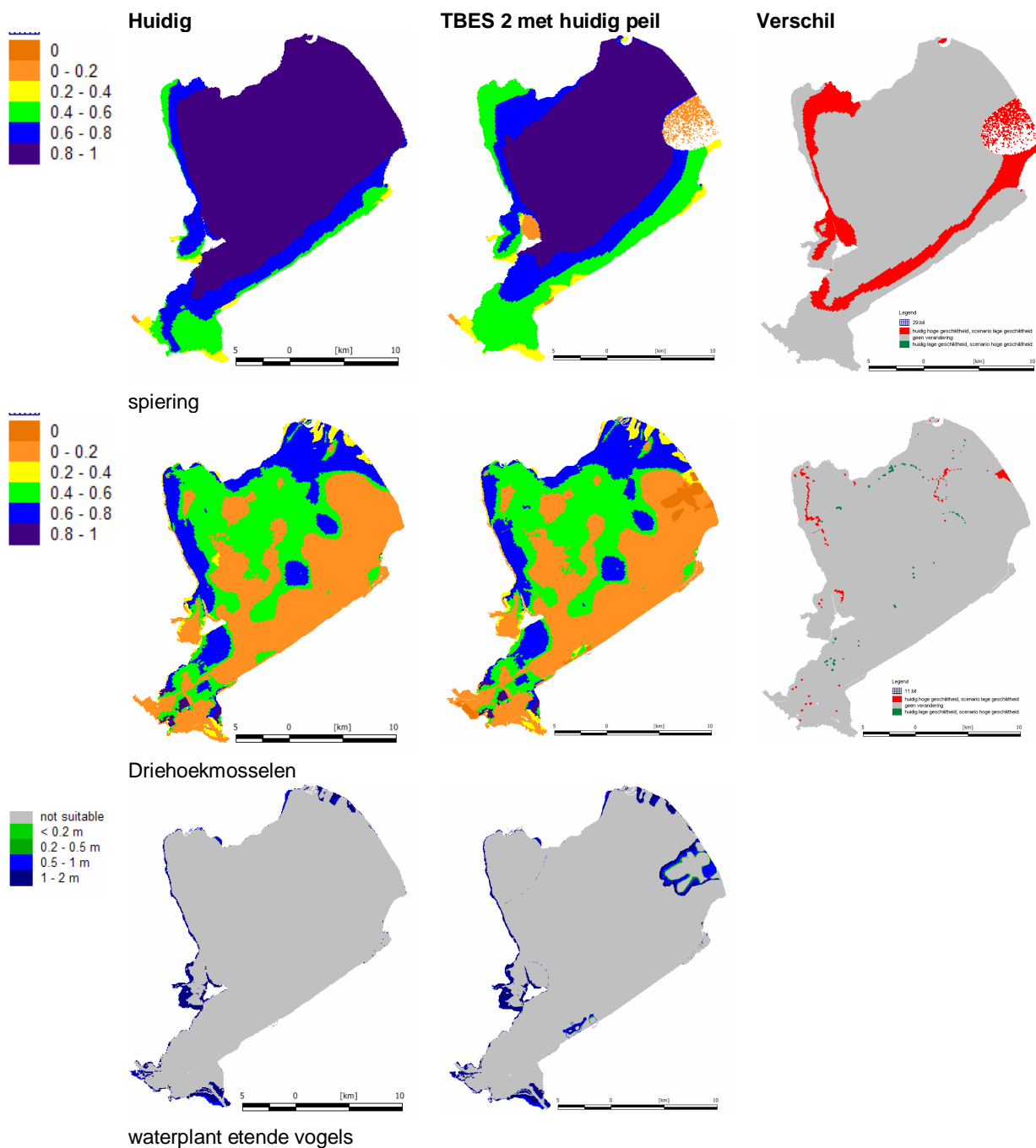


rust- en broedplaats vogels

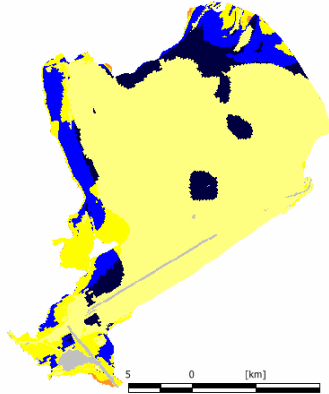


ecotopen

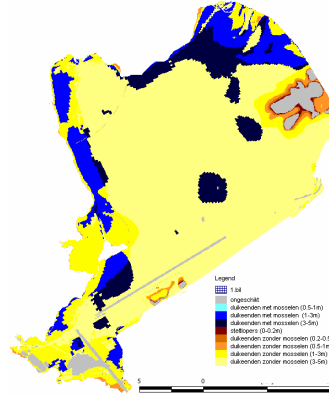




Huidig



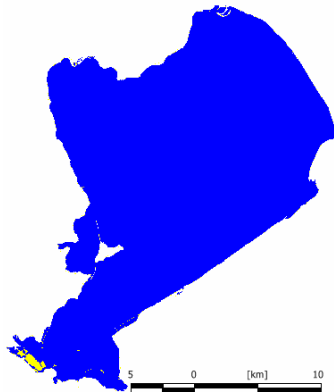
TBES 2 met huidig peil



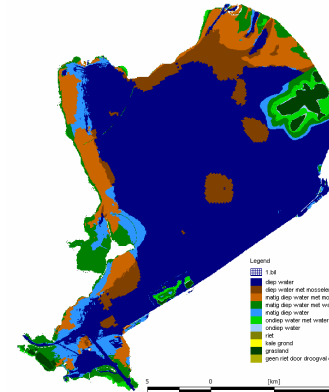
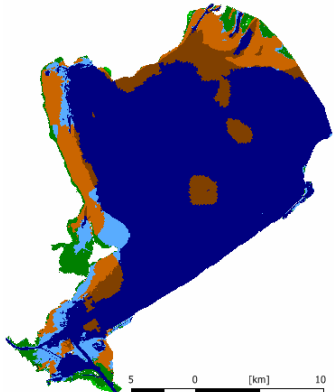
Vershil



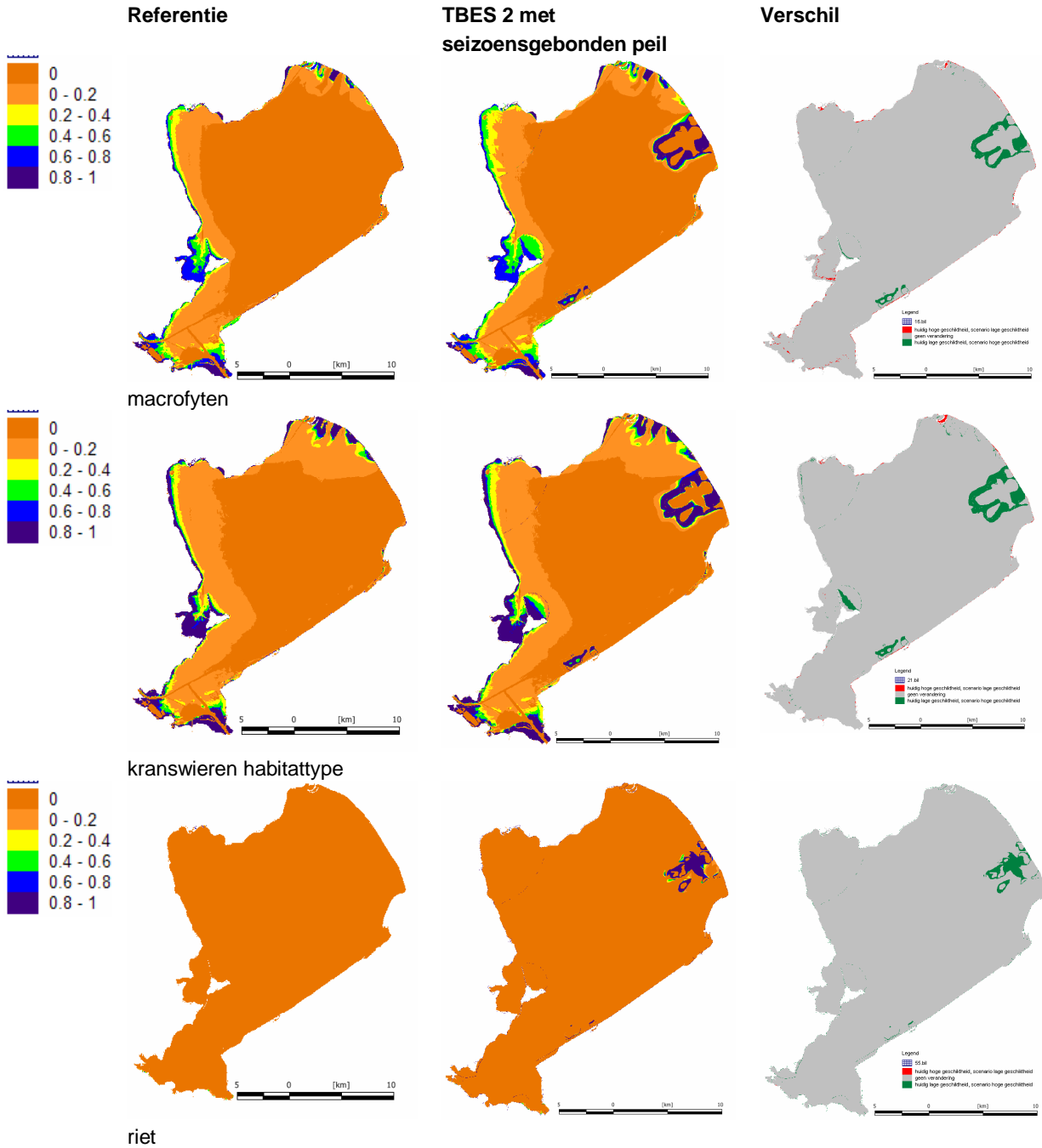
bodemfauna etende vogels

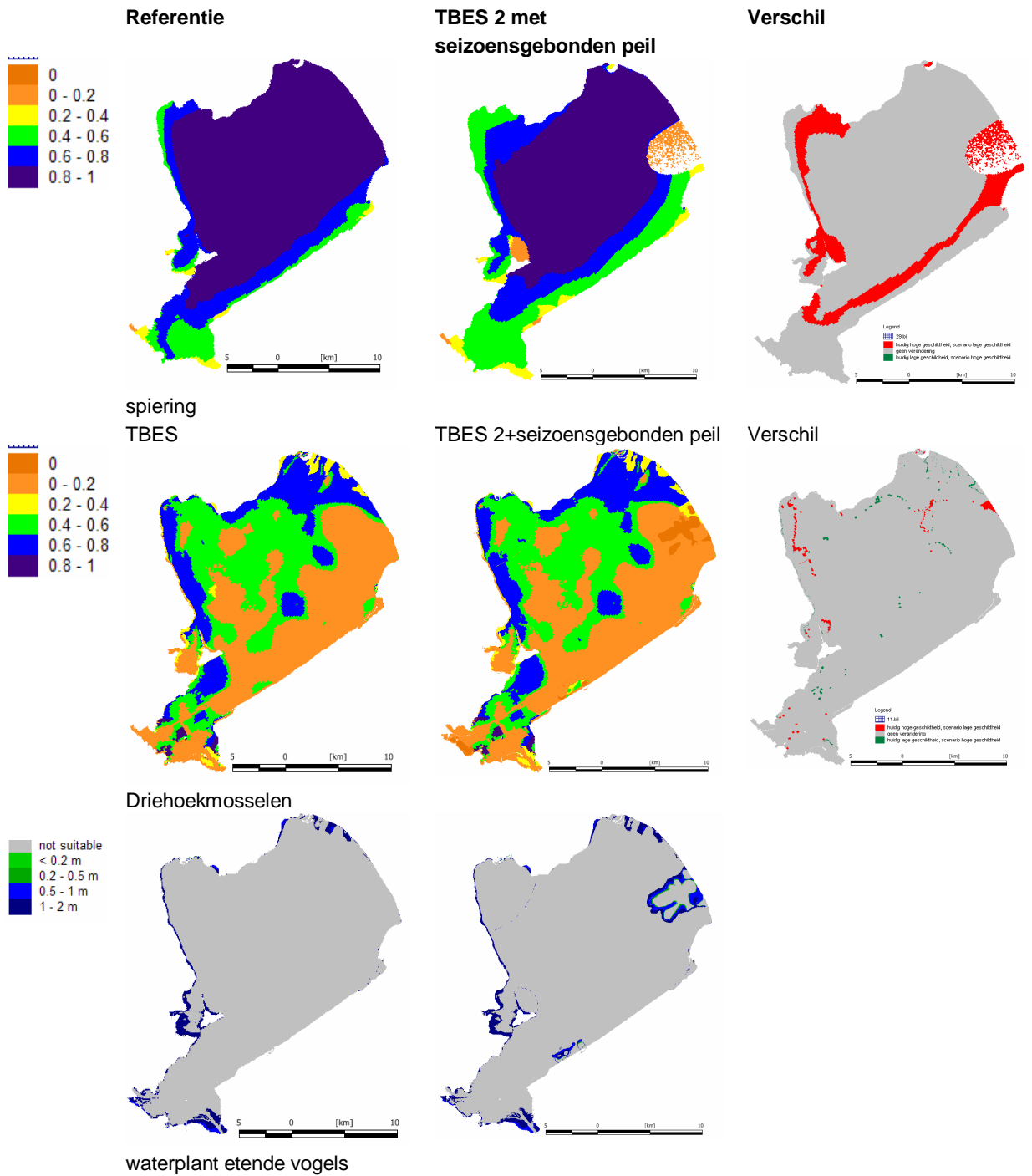


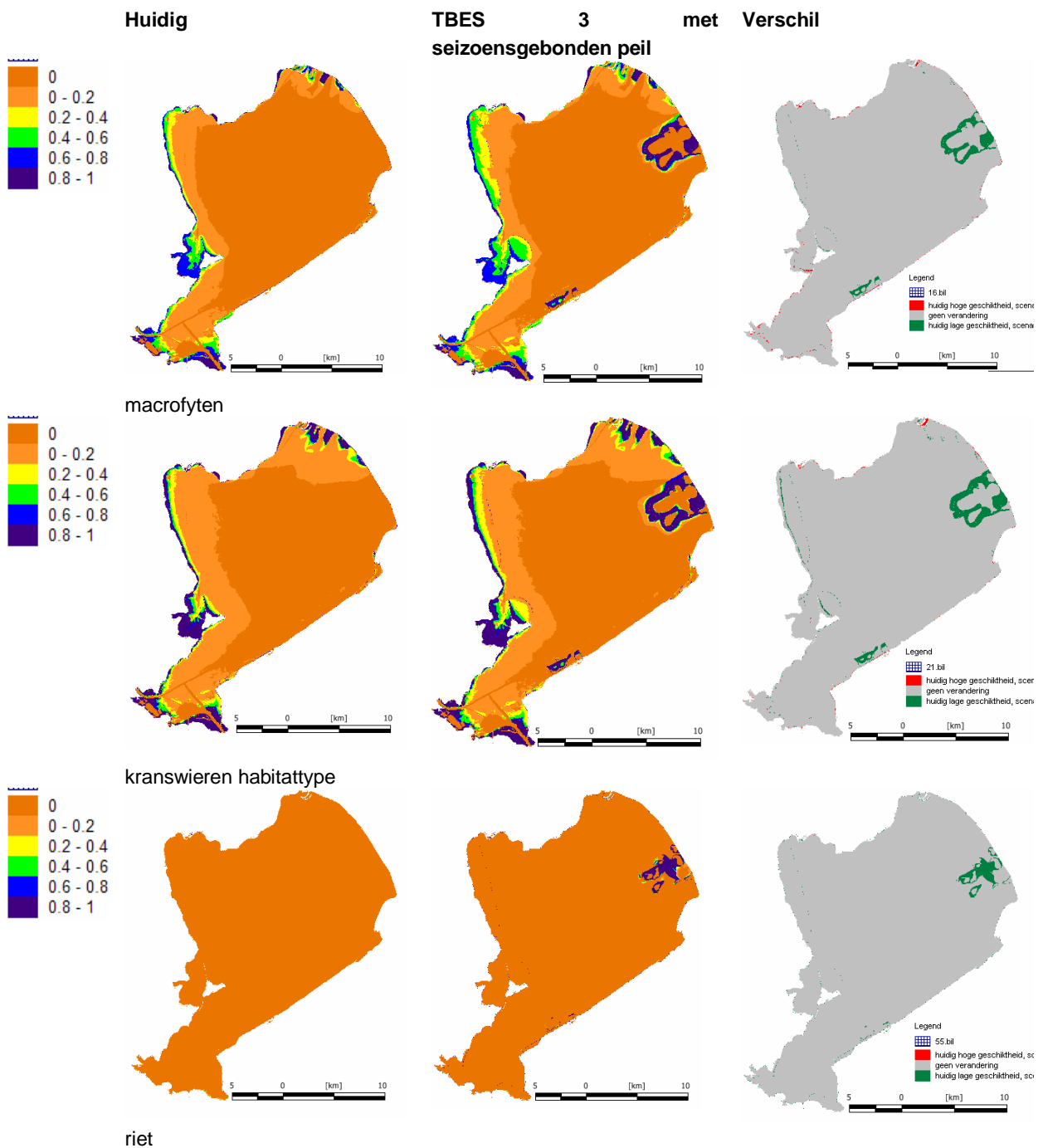
rust- en broedplaats vogels

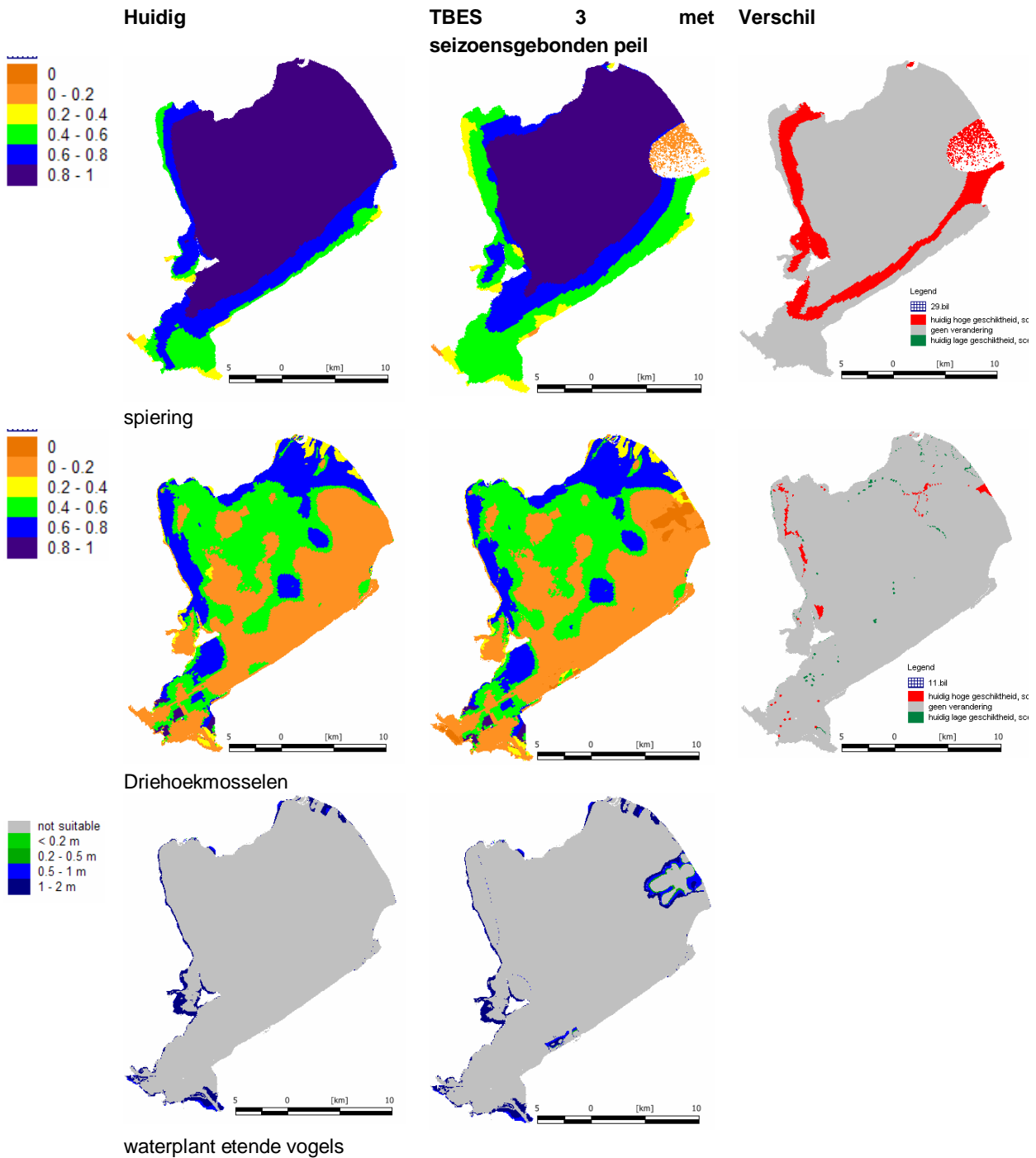


ecotopen

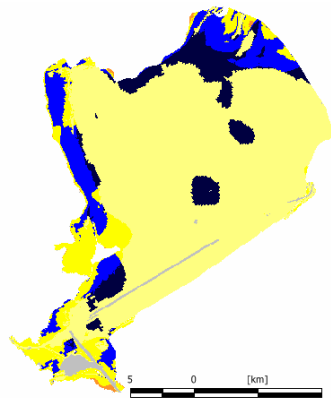




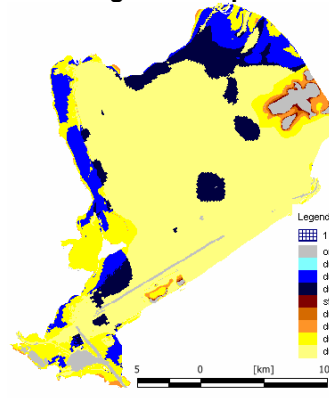




Huidig



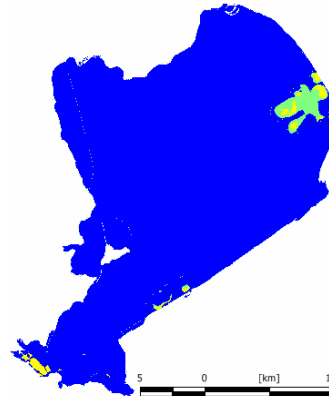
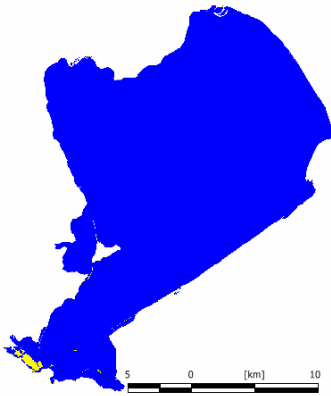
TBES 3 met Verschil
seizoensgebonden peil



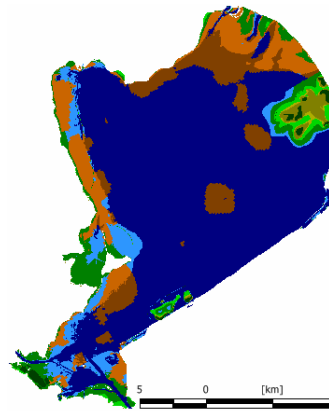
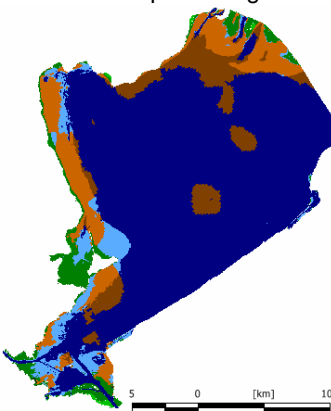
- Legend
- 1 bil
 - ongeschild
 - duikenden met mosselen (0.5-1m)
 - duikenden met mosselen (1-3m)
 - duikenden met mosselen (3-5m)
 - steltlopers (0-0.2m)
 - duikenden zonder mosselen (0.2-0.5m)
 - duikenden zonder mosselen (0.5-1m)
 - duikenden zonder mosselen (1-3m)
 - duikenden zonder mosselen (3-5m)

bodemfauna etende vogels

- altijd droog
- < 175 dagen
- > 175 dagen
- altijd onder water

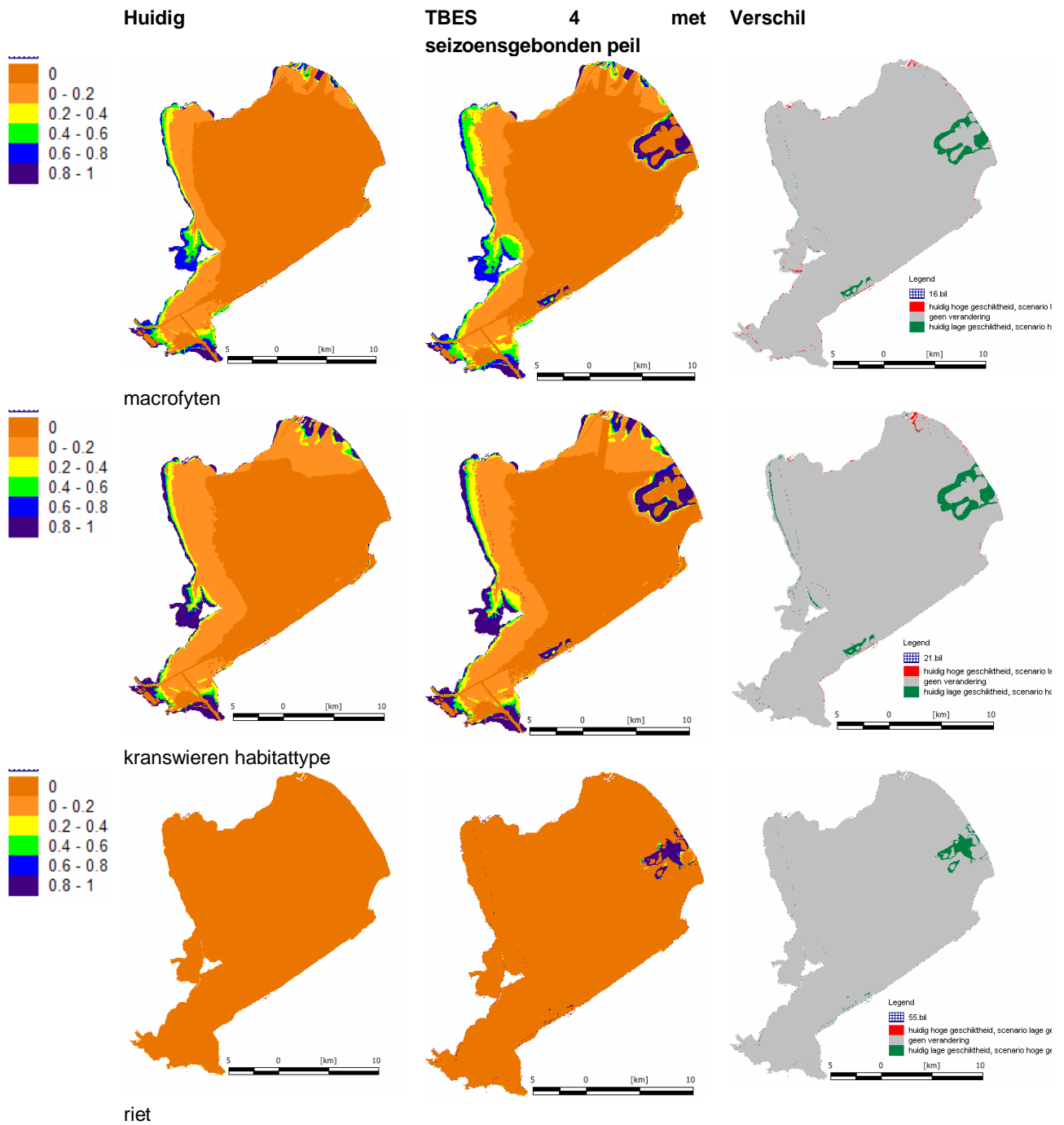


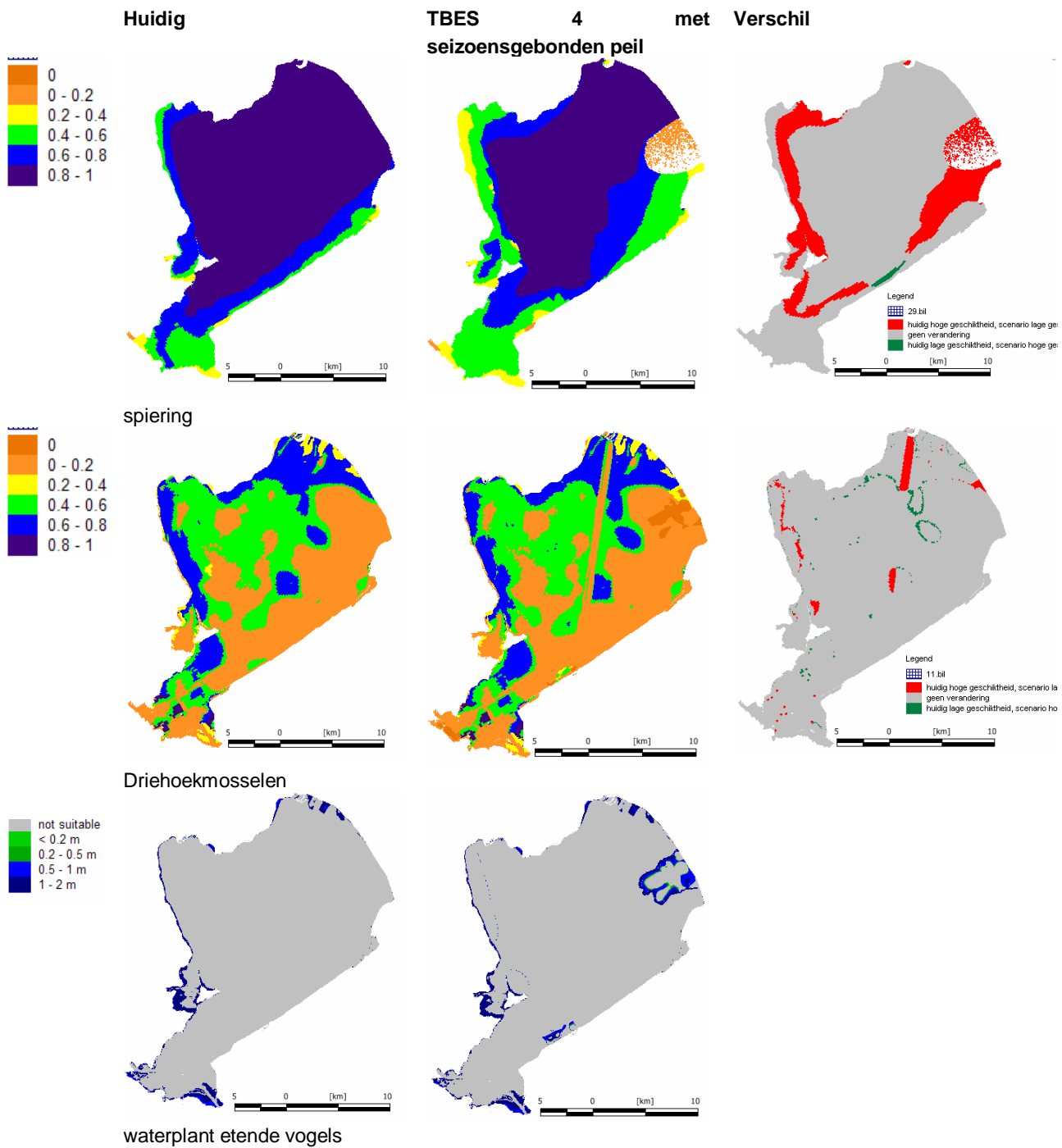
rust- en broedplaats vogels



- Legend
- 1 bil
 - diep water
 - diep water met mosselen
 - matig diep water met mosselen
 - matig diep water met waterplanten
 - matig diep water
 - ondiep water met waterplanten
 - ondiep water
 - riet
 - kale grond
 - grasland
 - geen riet door droogval

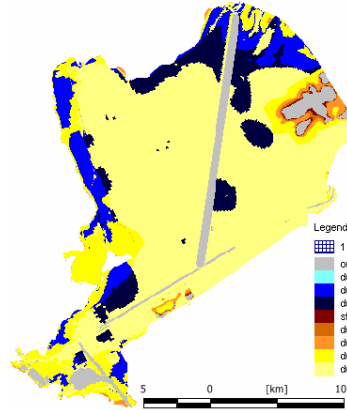
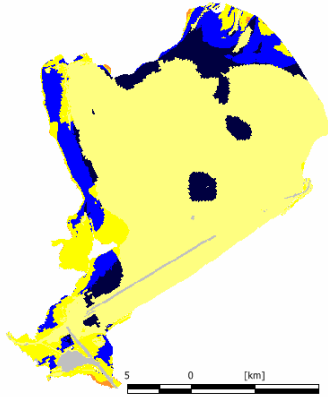
ecotopen





Huidig

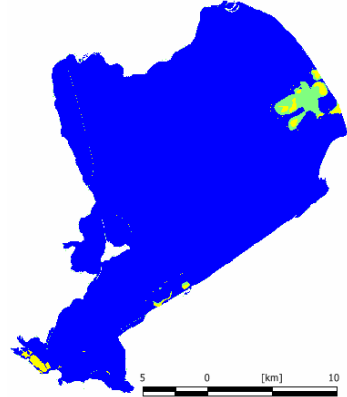
TBES 4 met Verschil
seizoensgebonden peil



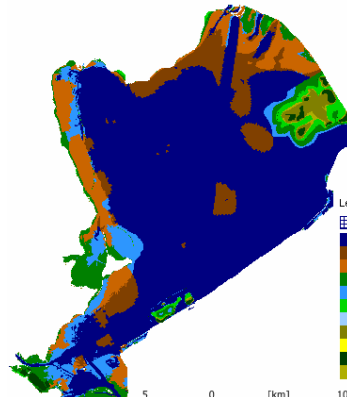
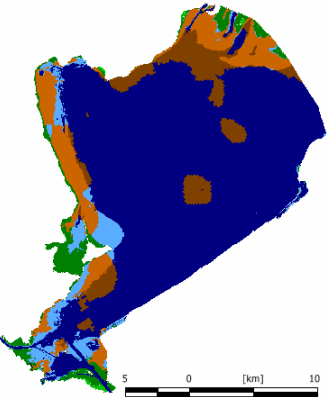
- Legend
- 1 bil
 - ongeslacht
 - duikeenden met mosselen (0.5-1m)
 - duikeenden met mosselen (1-3m)
 - duikeenden met mosselen (3-5m)
 - steltlopers (0-0.2m)
 - duikeenden zonder mosselen (0.2-0.5m)
 - duikeenden zonder mosselen (0.5-1m)
 - duikeenden zonder mosselen (1-3m)
 - duikeenden zonder mosselen (3-5m)

- altijd droog
- <175 dagen
- >175 dagen
- altijd onder water

bodemfauna etende vogels



rust- en broedplaats vogels



- Legend
- 1 bil
 - diep water
 - diep water met mosselen
 - matig diep water met mosselen
 - matig diep water met waterplanten
 - ondiep water met waterplanten
 - ondiep water
 - riet
 - kale grond
 - grasland
 - geen niet door droogval

ecotopen