



Experimenteren in een waterproeftuin

Praktijkonderzoek naar natuurmaatregelen voor het Markermeer-IJmeer

Welke maatregelen zijn geschikt om een toekomstbestendig ecologisch systeem te bereiken in het Markermeer-IJmeer? Hoe en waar kunnen ze het best aangelegd worden? Deze vragen worden onderzocht in de waterproeftuin, de experimenteering van het project Natuurlijk(er) Markermeer-IJmeer (NMIJ), in negen veldexperimenten. Samen met modelstudies, bureaustudies en monitoring van bestaande situaties zullen deze veldexperimenten eind 2015 bijdragen aan een integraal eindadvies over natuurmaatregelen. Dit artikel richt zich specifiek op de veldexperimenten en geeft een tussentijdse stand van zaken aan.

Het onderzoeksprogramma NMIJ loopt van 2010 tot en met 2015 en heeft tot doel een integraal advies te geven over grootschalige natuurmaatregelen die nodig zijn om een toekomstbestendig ecologisch systeem (TBES) in het Markermeer-IJmeer te bereiken (Zwart, dit nummer). Het onderzoeksprogramma is tot stand gekomen in een groot aantal workshops en expertsessies (Rijkswaterstaat, 2009). Toen zijn diverse maatregelen geselecteerd die nader onderzocht zouden moeten worden. In zijn aard is NMIJ een praktijkgericht onderzoek, dat gebruik maakt van vier onderzoeksmiddelen: bureau- en literatuurstudies, modelstudies, monitoring aan bestaande situaties en veldexperimenten. Aan de hand van een aantal werkhypothesen en 120 onderzoeksvragen langs drie thematische lijnen bestudeert NMIJ hoe de toekomstbestendige eindsituatie het best gerealiseerd kan worden. Deze thema's zijn: verminderen slibgehalte, vergroten habitatdiversiteit en –dynamiek en verbinden ecosystemen.

Verminderen slibgehalte

Het Markermeer is een relatief ondiep meer (tot circa vier meter) dat onder sterke invloed staat van de wind. De grote strijklengte van het meer zorgt ervoor, dat al bij windkracht twee tot drie het slib dat op de bodem ligt opwerfelt en dat bij grotere windkracht de voormalige Zuiderzeebodem erodeert. Dit laatste proces wordt nog

gefaciliteerd door bioturbatie van bodemdierjes (macrofauna). Het slib dat in de waterkolom komt is voornamelijk anorganisch van aard en veroorzaakt troebelheid. Deze troebelheid beperkt de hoeveelheid licht in het water en op de waterbodem en belemmert de ontwikkeling van een waterplantenareaal dat bij een natuurlijk meer met een dergelijke diepteverdeling zou passen. De uitgangshypothese van NMIJ was dat de overwegend minerale aard van het geresuspendeerd slib de groei van de driehoeksmossel (*Dreissena polymorpha*) beperkt. Deze mossel is een filterfeeder die van algen leeft. De filtercapaciteit kan door het hoge slibgehalte van het water niet efficiënt ingezet worden. Inmiddels is uit het ANT-onderzoek (Autonome Neergaande Trends) gebleken dat nutriëntentekort een belangrijkere reden van de achteruitgang van de mosselen is dan het slibgehalte (Noordhuis, dit nummer). De focus van het thema 'verminderen slibgehalte' richt zich daarom meer op verbetering van het lichtklimaat voor waterplanten in de ondiepere randzones van het systeem door bijvoorbeeld de aanleg van luwtestructuren (dammen, golfbrekers) en verdiepingen, die als sink kunnen dienen voor het zwevend materiaal. Gelijkijdig met het streven naar een vermindering van het slibgehalte in delen van het meer, ontstaan ook overgangszones van helder naar troebel water. Deze overgangszones bieden visetende vogels de mogelijkheid te foerageren met voldoende zicht onder

ROEL KNOBEN

Ir. R.A.E. Knoben Royal HaskoningDHV, Postbus 80007, 5600 JZ Eindhoven
roel.knoben@rhdhv.com

Foto **Leon van den Berg**
Bemonstering vanaf de brug in de bassins van het experiment MarkerMeerMoeras van Radboud Universiteit Nijmegen en Centre for Wetland Ecology partners

water en omgekeerd bieden ze vis de mogelijkheid om zich te verschansen tegen predatie.

Vergroten habitatdiversiteit en -dynamiek

Het Markermeer-IJmeersysteem is ontstaan door de aanleg van de Afsluitdijk en later de Houtribdijk. We noemen het weliswaar een meer, maar het systeem ontbeert habitattypen die bij een natuurlijk meer van een dergelijke omvang voorkomen, zoals een oeverzone met emergente vegetatie. De oevers zijn vrijwel overal hard (stortsteen) en steil. Geleidelijke land-waterovergangen, moerasstadia en overstromingsvlakten zijn afwezig. Daardoor ontbreekt de natuurlijke zonering in ve-

getatietypen. Er is onder water vrijwel geen structuur aanwezig. Hierdoor blijft de macrofaunagemeenschap beperkt tot enkele bodemsoorten. Ook visgemeenschappen van stagnante systemen hebben zones met helder water en verschillende vegetatietypen nodig voor paaien, foerageren en verblijf. Wil het Markermeer enigszins in de buurt komen van een robuust en toekomstbestendig meerecosysteem, dan is een rigoureuze, grootschalige maatregel of een pakket van maatregelen nodig.

Verbinden ecosystemen

De ecologische uitwisseling van het Markermeer met aangrenzende watersystemen en gebieden schiet tekort. Migrerende vis ondervindt barrières bij de Afsluitdijk en de verschillende sluis- en spuicomplexen tussen Markermeer en IJsselmeer en het Noordzeekanaal. Ook de uitwisseling met het achterland van de Flevopolders en Noord-Holland is sterk beperkt of onmogelijk. De aanpak van veel vismigratieknelpunten staan al op de planning in de maatregelprogramma's voor de Kaderrichtlijn Water. Behalve voor vis zijn er ook maatregelen mogelijk en nodig voor andere watergebonden soorten om de uitwisseling met het achterland te vergroten, zoals de meervleermuis (*Myotis dasycneme*) en otter (*Lutra lutra*).

Thematische veldexperimenten

Voor elke thema zijn een of meerdere veldexperimenten in uitvoering of afgerond. Rijkswaterstaat hecht als opdrachtgever van NMIJ veel waarde aan innovatieve toepassingen van derden zoals marktpartijen. Daarom kent het NMIJ project twee pilots (luwtestructuur en moeras) die zijn aanbesteed en een zogenaamde waterproeftuin. Initiatiefnemers konden daarvoor creatieve ideeën, onderzoeken of oplossingen op (semi)praktijkschaal indienen die een bijdrage kunnen leveren aan de doelstelling van NMIJ. De waterproeftuin kent een financie-

Tabel 1 overzicht van de veldexperimenten per thema

Thema	Veldexperiment	Onderzoekperiode	Initiatiefnemer
Vermindering slibgehalte	Pilot luwtestructuur	aug 2011 - sep 2012	Royal HaskoningDHV, Deltares
	GC-kunstrif	mrt 2013 - mei 2015	Boskalis, Anome, Witteveen+Bos
	Marker Kwelderwerken	jun 2013 - juni 2015	Bureau Waardenburg BV, en Aannemingsmij De Vries en Van der Wiel, Grontmij en BWZ ingenieurs
Vergroting habitatdiversiteit en -dynamiek	Pilot moeras	aug 2013 - aug 2015	Royal HaskoningDHV, Deltares
	Afzinken rietoevers	mei 2012 - mei 2015	Deltares, Projectbureau IJburg
	Rifballen	mei 2012 - nov 2014	Bureau Waardenburg BV
	MarkerMeerMoeras	Jun 2012 - dec 2014	Radbouduniversiteit (Centre for Wetland Ecology), NIOO, Alterra, Boskalis
Verbinden ecosystemen	Optimalisatie vismigratie Oranjesluizen	sep 2012 - mei 2013	Linkit Consult, Wanningen Water consult
	Marker Stapsteen	jun 2013 - juni 2015	Bureau Waardenburg BV, Aannemingsmij De Vries en Van der Wiel, Grontmij en BWZ ingenieurs



ringsfaciliteit, waarbij van de deelnemers ook een eigen bijdrage wordt verwacht. In totaal zijn zeven initiatieven gehonoreerd en aangelegd. Ze bevinden zich momenteel in de monitoringsfase. Figuur 1 geeft een beeld van de situering van alle experimenten. Tabel 1 geeft een overzicht van de thema's, de veldexperimenten en de initiatiefnemers. Elk experiment draagt bij aan de beantwoording van meerdere onderzoeksvragen binnen het thema. Zeven veldexperimenten worden hierna behandeld, de Marker Kwelderwerken en de Marker Stapsteen zijn beschreven in het kader.

Experimentele opzet en eerste resultaten

Pilot luwtestructuur

Het doel was om het effect op het slibgehalte te onderzoeken van een tijdelijke luwtestructuur. Dit loopt via 1) het breken van golven, waardoor minder opwerveling van bodemmateriaal optreedt, en 2) het afbuigen van de stroming die in het Markermeer onder invloed van wind aanwezig is en slib aanvoert. Het experiment bestond uit een stalen damwand van 1,8 km lang, die in een scherpe hoek ten opzichte van de Noord-Hollandse kust



Figuur 1 situering pilots en veldexperimenten in het Markermeer-IJmeer. Bron: Royal HaskoningDHV

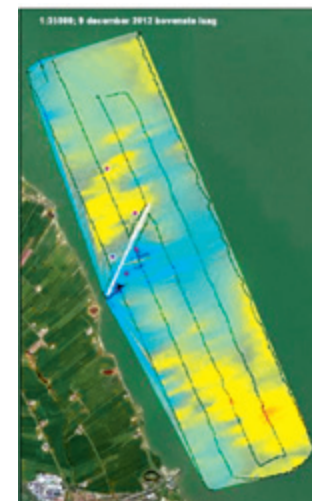
Figuur 2 de luwtestructuur op 29 september 2011. Op de voorgrond het hoge deel van de structuur, waarbij de golven aan de Markermeerzijde (rechts) hoger zijn dan aan de kustzijde (links), op de achtergrond het lage deel van de structuur, met eveneens een kleurverschil tussen beide zijden (Foto: Martin Mooij).

bij Warder was geplaatst (zie figuur 2). De helft van de structuur had een hoogte op waterpeil, de andere helft 30 cm daarboven. Rondom de structuur stond meetapparatuur voor windsnelheid en -richting, waterpeil en golfhoogte, stroomsnelheid en stromingsrichting, troebelheid en chlorofyl. Een jaar lang is hoogfrequent de dynamiek in deze variabelen gemeten. Zowel de effecten van golfdemping als van stromingsgeleiding konden worden aangetoond (Vijverberg *et al.*, 2012). Figuur 3 toont het effect van de luwtestructuur op de troebelheid bij een westenwind. Aan de linkerzijde van de structuur is de troebelheid hoger dan aan de rechterzijde. Het ruimtelijke luwte-effect kan afhankelijk van de windrichting aan beide zijden van de structuur ontstaan en is dus tijdafankelijk. Met de verzamelde metingen is een bestaand driedimensionaal model voor wind-, golf-, waterbeweging en slibconcentraties geïkt (Boderie *et al.*, 2012), waarmee nu voor het hele Markermeer luwte-effecten van maatregelen en effecten op het slibgehalte zijn te berekenen.

GC-kunstrif

Een innovatieve invulling van een luwtestructuur is een 'rif' van haken. Dit kunstrif heeft als doelstellingen

Figuur 3 de gemeten troebelheid (mg/l) rond de luwtestructuur op 9 december 2011 bij westenwind. De schuine witte lijn is de luwtestructuur. De zwarte lijn is de vaarbeweging van het meetschip. De troebelheid is ruimtelijk geïnterpoleerd. De schaal loopt van 15 (blauw) tot 200 (rood) mg/l (Boderie *et al.*, 2012)



het creëren van luwte en het bieden van substraat voor biota, zoals mosselen en vis. Het rif ligt 75 meter ten westen van de eerste golfbreker langs de Houtribdijk, is 75 meter lang, kent een metalen frame als basis en is gevuld met circa 50.000 haken (zie figuur 4). De haken (GC's genoemd) hebben de vorm van de ribben van een kubus en zijn gemaakt van *cradle-to-cradle* materiaal, met onder meer vlas en hennep. Aan het composietmateriaal is bauxiet toegevoegd om het te verzwaren. In de directe omgeving van het rif worden golven, waterpeil en troebelheid continu gemeten. Daarnaast wordt de biologische activiteit op en rond het rif gemonitord, zoals aangroei van mosselen en aanwezigheid van schuilende vis. De eerste metingen hebben aangetoond dat er een golfdempende werking van het rif uitgaat. Na aanleg werd de golfhoogte door het GC-rif bijna gehalveerd. Er is sprake van een behoorlijke zetting van de haken, waardoor de bovenkant niet meer boven het water uitsteekt. Ook met de kruin onder de waterlijn is de golfdemping nog steeds aanzienlijk en bij een halve golfhoogte onder de waterlijn nagenoeg gelijk aan de oorspronkelijke demping van 40%. Als door het opzetten van het waterpeil de waterdiepte boven de kruin toeneemt, neemt de

golfdemping af tot 20% à 30% (Wilms, in voorbereiding; zie figuur 5). Deze resultaten zijn nog niet definitief. In de tweede helft van 2014 wordt de ecologie gemonitord, de laatste ronde vindt plaats voor het verwijderen van het GC-rif in 2015.

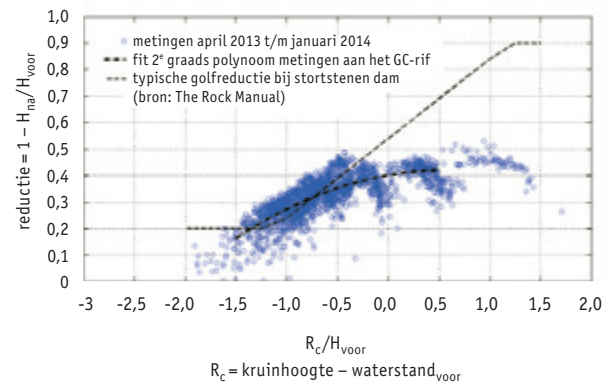
Pilot moeras

Eind 2013 is een moeras aangelegd van 10 ha groot. Het ligt op 200 meter van de Houtribdijk, bij een waterdiepte van gemiddeld 4 meter. Voornaamste doelstelling is het opdoen van praktijkervaring met de aanleg. Daarnaast wordt ook gedurende twee jaar het eerste stadium van de ecologische ontwikkeling van het moeras gemonitord. Het moeras kent een hydraulisch gesloten compartiment van 2 ha en een open compartiment van 8 ha dat door twee openingen van 30 meter breed in verbinding staat met het Markermeer. In het gesloten compartiment kan het waterpeil gereguleerd worden. De buitenrand van het moeras is op innovatieve wijze geconstrueerd met geocontainers en geotubes, gevuld met zand. Deze zijn voorzien van een bekleding van stortsteen. De binnenrand tussen de compartimenten kent geen stenen bekleding. De compartimenten zijn mecha-

Figuur 4 aanzicht van het GC-kunstrif direct na aanleg in maart 2013. Op de achtergrond een bestaande golfbreker en de Houtribdijk.



Figuur 5 golfreductie door het GC-kunstrif. Op de X-as staat de kruinhoogte – waterstand vóór het rif, gedeeld door de golfhoogte vóór het rif. Op de Y-as staat de reductie als $1 - \text{golfhoogte na het rif} / \text{golfhoogte vóór het rif}$ (Wilms, in voorbereiding).

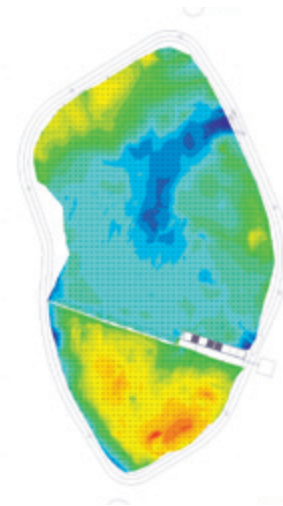
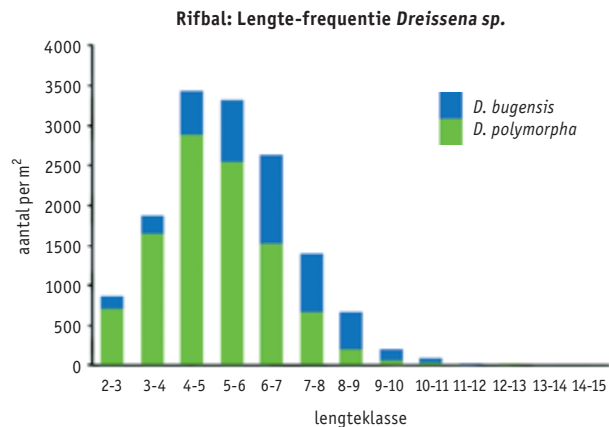


nisch met een grijpkraan, en niet zoals gebruikelijk hydraulisch, gevuld met holoceen materiaal, dat gebaggerd is uit de vaarweg Amsterdam-Lemmer in de omgeving van Muiden. De bodem van het open compartiment heeft een ontwerpdiepte van -0,40 tot -0,80 m NAP (bij een winterpeil van -0,40 m en zomerpeil van -0,20 m). De eerste dieptepeiling in december 2013 toont het verschil tussen de compartimenten (zie figuur 6). Binnen het open compartiment zijn 8 proefvakken van stalen damwanden van 10x10 m aangebracht om verschillende materialen en methoden van vullen te onderzoeken. De onderzoeksresultaten zullen ten dienste staan van het project Marker Wadden (Posthoorn, dit nummer). Het monitoringplan is sterk gericht op de zetting van het materiaal en de ecologische ontwikkeling van vegetatie, macrofauna en vis, maar ook op effecten van de aanleg op de omgeving. De resultaten worden in 2015 verwacht.

Rifballen

Rifballen zijn gegoten betonnen structuren in de vorm van een holle klok met openingen van ongeveer 10 cm doorsnede (figuur 7). De ballen dienen in eerste instantie als aanhechtingsplaats voor mosselen en schuil-

plaats voor kleine vis, maar zouden mogelijk ook onderwater luwte in de stroming kunnen veroorzaken als ze in grotere aantallen bij elkaar liggen. Op slibrijke plaatsen, waar mosselen normaal gesproken geen geschikte vestigingsplaats vinden, kan mosselbroed zich wel aan het harde oppervlak van de rifballen hechten. Het experiment is begin 2012 aangelegd en bestaat uit een achthoekig proefvlak van 40x40 m op vier meter diepte waarin 76 ballen te water zijn gelaten. De locatie ligt dichtbij de Houtribdijk. De monitoring richt zich vooral op biota: mosselen, vis en waterplanten in het proefvlak. Een vergelijkbaar referentievak wordt op dezelfde parameters bemonsterd. In het eerst jaar heeft zich al meteen broed van mosselen aan de ballen gehecht. In het najaar van 2013 bleek het broed flink gegroeid te zijn. Opvallend is dat op de rifballen het aandeel driehoeksmosselen (71%) veel hoger is dan het aandeel quaggamosselen (figuur 8), terwijl laatstgenoemden wel de meerderheid uitmaken (67%) in het referentievak. In de zomer van 2013 is met videomonitoring vastgelegd dat de rifballen frequent worden gebruikt door vis (o.a. baars (*Perca fluviatilis*) om te schuilen en te foerageren (Bak et al., in voorbereiding).



Figuur 6 dieptepeiling direct na aanleg pilot moeras in december 2013. Onder: gesloten compartiment, boven: open compartiment met erosiegeul en in rechterbenedenhoek de tweede opening. Het lichtblauwe vlak is ongeveer winterpeil (-0,40 m NAP), dus plas-dras. Het hoogste punt in het gesloten compartiment is 1,30 m NAP. Donkerblauw is erosiegeul in het open compartiment (de Graaf, 2014)

Figuur 7 een rifbal wordt te water gelaten.

Figuur 8 frequentieverdeling van gemiddelde lengte (in cm) van mosselbroed van driehoeksmossel (*D. polymorpha*) en quaggamossel (*D. bugensis*) dat in november 2013 is aangetroffen op 10 rifballen (Bak et al., in voorbereiding)

Afzinken rietoevers

Dit experiment behelst het construeren van zinkstukken (rijsmatten) beplant met riet die worden afgezonken op een harde oever. Zo'n rijsmat kan dienen als land-water-overgang op de randen van geulen binnen een moeras,

waar door erosiekrachten geen spontane begroeiing kan ontstaan. De constructie bestaat uit een vlechtwerk van wiepen (rol van rijshout) waarop een voedingslaag met teelaarde is aangebracht. Een laag van twee centimeter blijkt te voldoen. Riet is in drie vormen aangebracht, als

Marker Kwelderwerken en Marker Stapsteen

De Marker Kwelderwerken zijn aangelegd in juni-juli 2013 langs de Noord-Hollandse kust bij Wardeer. Het bestaat uit compartimenten van rijshouten dammen, aangelegd volgens het eeuwenoude concept van de kwelderwerken, bekend van de Waddenkust. De compartimenten zijn deels gevuld met slib en zand tot verschillende waterdieptes (0-1,20 m bij zomerpeil). Enkele compartimenten zijn beplant met riet en mattenbies. Onderzocht wordt of met rijshouten dammen slib kan worden vastgelegd. Tevens wordt onderzocht of vegetatieontwikkeling, verlanding en leefgebieden voor vis en vogels gestimuleerd kunnen worden.

De vegetatiemonitoring wordt deels uitgevoerd met behulp van luchtfoto's. De opname van eind september 2013 (zie figuur 9) laat een duidelijk verschil zien tussen het met riet aangeplante vak in zand (linksonder) en in slib (rechtsonder). Zowel de bedekking als de lengte van de rietvegetatie is in het slibvak hoger dan in het zandvak (Wielakker, in voorbereiding).

In 2014 gaat de monitoring van vegetatie, macrofauna-, vis en vogels door.

Marker Stapsteen, ook voor de kust bij Wardeer, onderzoekt twee mogelijkheden voor ecologische verbindingen tussen het Markermeer en het achterland.

Het eerste experiment richt zich op het creëren van visschuilplaatsen en vogelbroedplaatsen dicht onder kust. Daartoe zijn drie drijvende 'eilanden' aangelegd van 25 meter lengte. De bovenkant is speciaal ingericht als broedlocatie voor visdieren. Onderwater zijn 150 driedimensionale structuren bevestigd die dienen als schuilplaatsen voor de vis. Met sonar wordt onderzocht of de structuren als zodanig gebruikt worden en volgens sonarbeelden van september 2013 is dat het geval. Uit het gedrag en de lengte is geconcludeerd dat het waarschijnlijk baars (*Perca fluviatilis*) betreft. Aanvullende monitoring met een schepnet heeft uitgewezen dat één van de scholen van honderden vissen die zich naast de Marker Stapsteen bevond uit alver (*Alburnus alburnus*) bestond.

Het tweede experiment bestaat uit een hevelconstructie door de dijk die een lokstroom met polderwater in de richting van het Markermeer opwekt. Het idee is dat glasaal door die constructie naar de polder kan migreren. Om dit te meten is aan de Markermeerzijde een glasaaldetector aangebracht, een tank waarin alle intrekende glasaal wordt verzameld. Tijdens de monitoring in 2013 is echter geen migratie van glasaal waargenomen. In 2014 wordt de biologische monitoring voortgezet.

De Marker Kwelderwerken en de Marker Stapsteen zijn initiatieven van Bureau Waardenburg BV, aannemer De Vries en Van der Wiel, Grontmij en BWZ ingenieurs.

Figuur 9 Luchtfoto Marker Kwelderwerken. Links: zandvakken (9 vakken van 15x15 meter), rechts: slibvakken. De onderste rij vakken zijn gevuld tot aan de waterlijn, middelste rij tot 0,50 m waterdiepte, bovenste rij tot 1,20 m waterdiepte. Het vak uiterst linksonder en uiterst rechtsonder is half juli 2013 aangeplant met riet (Wielakker, in voorbereiding).



rietwortelstok, nieuw gekweekt rietstekje en als gestoken rietplant uit de omgeving.

De aanleg is in 2012 gestart, maar kende een aantal uitvoeringsproblemen (Van der Wal & Coops, 2014). De proef had last van vraat door vogels waardoor het riet zich niet goed kan ontwikkelen. Ook bleek dat de golven te krachtig waren op de eerste proeflocatie en dat grond met rietplantjes wegspoelde van sommige constructies. Voor het vervolg van de proef is gekozen voor een minder geëxponeerde locatie in het Hannesgat bij de monding van het Amsterdam-Rijnkanaal. Daar verloopt de ontwikkeling beter. Na deze doorstart zal de ecologische monitoring in 2014 verdergaan. Naast de ontwikkeling van de groei van het riet zal ook gekeken worden naar fysische parameters zoals golfsterkte.

MarkerMeerMoeras

Dit experiment onderzoekt in een proefopstelling op semi-praktijkschaal factoren die van invloed zijn op de ontwikkeling van moerasvegetatie: peilregime, substraat en aanplant versus spontane ontwikkeling van riet. De proefopstelling bestaat uit vier bassins van 5x15 m waar continu water uit het Markermeer doorheen wordt gepompt. Twee bassins zijn gevuld met Markermeerslib (bovenste 0,4 m) en twee bassins met dieper (0,4 -1 m) gewonnen kleimateriaal. En er worden twee peilregimes gebruikt: plasdras (0-0,05 m water) of ondiep (0,5 m) water. Binnen elk bassin zijn vlakken van 2x2 m onderscheiden, afwisselend voor aangeplant of spontaan ontwikkeld riet. De waterkwaliteit, samenstelling van bodemvocht, vegetatieontwikkeling en macrofauna-ontwikkeling worden uitgebreid gemonitord. Het experiment heeft al belangrijke resultaten geboekt (Van den Berg, 2013). De fysisch-chemische samenstelling van de bodem komt tot uitdrukking in de verwachte ontwikkeling van de vegetatie. De ontwikkeling van



aangeplant riet op klei verloopt beter dan op slib, vermoedelijk omdat hoge ammoniumgehalten in het slib ongunstige kiemomstandigheden veroorzaken. De plasdras situatie blijkt veel gunstiger te zijn voor de ontwikkeling van aangeplant riet dan constant ondiep water (zie figuur 10). Spontane ontwikkeling van riet gaat langzaam. Kolonisatie van de niet beplante proefvlak-

Figuur 10 vegetatieontwikkeling in de bassins van experiment MarkerMeerMoeras in 2012 en 2013. Verticaal staan drie tijdstippen van opname in 2012 en 2013. Van links naar rechts zijn de bassins met de behandelingen: slib/plasdras, klei/plasdras, slib/ondiep water en klei/ondiep water (van den Berg, 2013).

Aantal	Totaal 12 weken (24 meetdagen)			Stroomopwaarts (2 meetweken, 2 meetdagen/week)		Stroomafwaarts (10 meetweken, 2 meetdagen/week)	
	Vissoort	Totaal generaal	Vispassages totaal	Aanbod totaal	Vispassages NO+ZO	Aanbod NO+NW	Vispassages NW+ZW
aal (glas-)	3	3				3	
aal (schier-)	236	159	77	3	8	156	69
aal (rode)	93	37	56		8	37	48
alver	42	41	1	24	1	17	
baars	46.877	45.249	1.628	702	59	44.547	1.569
blankvoorn	1.067	1.002	65	24	13	978	52
bot	47	8	39		15	8	24
brasem	151	145	6	4	2	141	4
driedoornige stekelbaars	14	14				14	
hybride	1	1				1	
knorrepos	1		1				1
kolblei	3		3		3		
pos	1.786	1.638	148	9	19	1.629	129
roofblei	1	1				1	
ruisvoorn	1	1				1	
snoekbaars	3.405	2.645	760	69	210	2.576	550
spiering	51	51				51	
sprot	2.887	2.680	207	1	10	2.679	197
tong	1		1				1
winde	126	126		2		124	
zwartbekgrondel	391	285	106	5	7	280	99
Totaal	57.183	54.085	3.098	843	355	53.242	2.743
wolhandkrab	846	314	532	1	50	313	482

Tabel 2 vangstgegevens najaar 2013 in vispassages en aanbodfuiken bij de Oranjesluizen. De afkortingen van de windrichtingen zijn de situering van de fuien ten opzichte van de sluzen (Hofman, 2014).

ken vindt eerder plaats door ruderaal soorten. De ontwikkeling van macrofauna is niet verschillend tussen slib en klei, maar volgt voornamelijk de ontwikkeling van de vegetatie. De relatief beperkte schaal van de bassins is waarschijnlijk de reden dat er geen vraat door vogels optreedt.

Optimalisatie vismigratie Oranjesluizen

De Oranjesluizen bij Schellingwoude vormen de verbinding of beter barrière tussen het Noordzeekanaal en IJ en het Markermeer-IJmeer. De proef onderzoekt met

welk beheerregime de vismigratie door twee bestaande vispassages bij deze sluzen verbeterd kan worden. Het huidige beheer bestaat uit het dichthouden van de vispassages tenzij het peil aan beide zijden gelijk is. Dan gaan ze open. De proef onderzoekt of het beheer omgekeerd kan worden: open, tenzij dat niet meer kan. De begrenzing van dit tijdvenster wordt gevormd door enerzijds het te overbruggen peilverschil en anderzijds de indringing van zout water uit het Noordzeekanaal naar het IJmeer. De migratieproef bestaat uit het monitoren met fuien van de vismigratie door de passages en van het

visaanbod vóór de passages en sluizen. Bij de voorjaars-trek in stroomopwaartse richting (van Noordzeekanaal naar IJmeer) krijgt de glasaal extra aandacht door toepassing van glasaalnetten aan de fuiken. Bij de najaars-trek in stroomafwaartse richting gaat de aandacht uit naar schieraal. De fuiken in de vispassages vangen op twee visdagen per week gedurende drie maanden alle passerende vis. De monitoring heeft plaatsgevonden in het najaar 2012 en in voor- en najaar van 2013. De lengteverdeling en aantallen worden per soort vastgelegd. Tabel 2 toont de najaarsvangst van 2013 (Hofman, 2014). In totaal 18 vissoorten, waaronder schieraal en rode aal (*Anguilla anguilla*) blijken gebruik te maken van de passages. In de voorjaarsopname van 2013 is gebleken dat de stroomsnelheid binnen de vispassages te hoog is voor stroomopwaartse trek van glasaal (*Anguilla anguilla*) en driedoornige stekelbaars (*Gasterosteus aculeatus*). Voor de voorjaarsbemonstering van 2014 wordt met fysieke obstakels in de passage geprobeerd om de stroomsnelheid te verlagen (Van den Wijngaard, 2014). Schieraal en veel andere vissoorten blijken de passages goed te kunnen gebruiken. Ook blijken verschillende exoten gebruik te maken van de passages en op te rukken, vooral zwartbekgrondel (*Neogobius melanostomus*) en wolhandkrab (*Eriocheir sinensis*). Uit een eerdere monitoringsperiode is gebleken dat soorten van het zoute water zoals bot (*Platichthys flesus*), schol (*Pleuronectes platessa*) en haring (*Clupea harengus*) de sluizen bij IJmuiden passeren en zich door het Noordzeekanaal verspreiden tot aan de grens met het zoete IJmeerwater.

Conclusies

Hoewel van sommige experimenten, zoals de Marker Kwelderwerken en Marker Stapsteen, het GC-kunstrif en Afzinken rietoevers, de resultaten nog beperkt zijn, kan toch al een eerste indruk gegeven worden.

Voor het thema vermindering slibgehalte heeft de pilot luwtestructuur inzicht gegeven in het belang van geleiding en golfdemping bij het creëren van luwte. De pilot heeft een geïjkt slibmodel opgeleverd waarmee de effecten op het slibgehalte van scenario's met natuurmaatregelen voorspeld kunnen worden. Het GC-kunstrif blijkt een golfdempende werking te hebben, afhankelijk van de kruinhoogte ten opzichte van het waterpeil.

De verschillende experimenten voor vergroting van de habitatdiversiteit bieden perspectief voor mosselen (rifballen), riet (vooral op slib en klei en plasdras) en wellicht sommige vissoorten. De pilot moeras heeft al veel praktijkervaringen over de aanlegstrategie opgeleverd. Binnen het thema ecologische verbindingen heeft de optimalisatieproef bij de Oranjesluizen al aangetoond dat er goede mogelijkheden zijn voor verbetering door aanpassingen in het beheerregime. De aangepaste vispassage in de Oranjesluizen wordt door veel vissoorten, waaronder schieraal, gebruikt. De proef kan niet aantonen of dit meer is dan daarvoor. Fysieke aanpassingen zijn nodig om de stroomsnelheid voor glasaal te verlagen en stroomopwaartse trek door de vispassage mogelijk te maken. De experimentele vispassage in de Marker Stapsteen wordt nog niet gebruikt door glasaal, zoals bedoeld.

De veldexperimenten zijn in drie hoofdthema's ondergebracht, maar onafhankelijk van elkaar door initiatiefnemers ingediend. Er valt nog synergievoordeel te behalen door de monitoringsmethoden en karakterisering van de materialen beter op elkaar af te stemmen, waardoor meer inzicht verkregen kan worden in de opschikbaarheid van de conclusies van de verschillende experimenten. Het integraal eindadvies van NMIJ zal eind 2015 verschijnen met een uitwerking van de omvang, situering, effectiviteit, aanlegstrategie en kosten van deze natuurmaatregelen. De resultaten van de pilots en veld-

experimenten in de waterproeftuin spelen een cruciale rol in de onderbouwing van het advies naast de resultaten van bureau- en modelstudies. De experimenten worden volgens contract na afloop van de monitoringsperiode verwijderd, ook al zijn ze veelbelovend. Alleen de pilot moeras zal niet opgeruimd worden. Deze zal onderdeel gaan uitmaken van een groter moeras, waarvan een gefaseerde uitvoering het meest voor de hand ligt. De aanleg van de eerste fase van de Marker Wadden, die op korte termijn is voorzien, zal nu al kunnen profiteren van de leerervaringen van de pilot moeras.

Dank

Het onderzoekprogramma NMIJ wordt gecoördineerd door Royal HaskoningDHV (managing contractor) in samenwerking met Deltares. Dit artikel kwam tot stand op basis van voortgangsrapportages en hulp van de initiatiefnemers. Onze dank gaat uit naar Arjenne Bak, Karin Dideren, Tom Wilms, Pascal Boderie, Menno Genseberger, Lies de Graaf, Karel van den Wijngaard, Caroline Hofman, Leon van den Berg en Thomas Vijverberg. Speciale dank gaat uit naar onze onlangs overleden collega Ronald Buskens als belangrijke inspirator voor het schetsontwerp van de pilot moeras.

Referenties

Bak, A., K. Dideren & W. Lengkeek, in voorbereiding. Onderwater natuurrijf van rifballen. Tussenrapportage monitoring 2013. Culemborg. Bureau Waardenburg bv.

Berg, L. van den, 2013. Voortgangsrapportage MarkerMeerMoeras. Nijmegen. Radboud Universiteit.

Boderie, P., A. Smale & C. Thiange, 2012. Validation suspended sediment model Markermeer - Version II & application to silt screen. Delft. Deltares.

Graaf, L. de, 2014. Monitoringsdossier. Lelystad. Gebroeders Van der Lee.

Hofman, C., 2014. Onderzoek vismigratie Oranjesluizen in Amsterdam - Najaar 2013. Amsterdam. Hofman Aquamarien.

Noordhuis, R., dit nummer. Waterkwaliteit en ecologische veranderingen in het Markermeer-IJmeer. Landschap 2014/1: 13-22.

Posthoorn, R., dit nummer. Marker Wadden. Herstel van een onherstelbaar veranderd ecosysteem. Landschap 2014/1:31-35.

Rijkswaterstaat, 2009. Onderzoeksprogramma Natuurlijk(er) Markermeer-IJmeer (NMIJ). Lelystad.

Vijverberg, T., R. Knoben & P. Boderie, 2012. Resultaten Veldexperimenten Luwtestructuur - Invulling kennisleemten en beantwoording onderzoeksvragen. Nijmegen. Royal HaskoningDHV.

Wal, M. van der & H. Coops, 2014. Veldexperiment Afzinken rietoevers. Resultaten van de monitoring in 2012 en 2013. Deltares. Conceptrapport.

Wielakker, D., in voorbereiding. Marker Kwelderwerken. Tussenrapportage monitoring 2013. Culemborg. Bureau Waardenburg bv.

Wijngaard, K. van den, 2014. Proef optimalisatie vismigratie Oranjesluizen. Tussenrapportage najaar 2013. Amsterdam. Linkit Consult & Wanningen Water Consult.

Wilms, T., in voorbereiding. Voortgangsrapportage GC kunstrijf. Deventer. Witteveen+Bos.

Zwart, IJ. & W. Iedema, dit nummer. Naar een Blauw Hart voor de Randstad. Landschap 2014/1: 5-9.