

Integraal Tussenadvies NMIJ 2013 deel B

Inhoudelijke onderbouwingen en onderzoeksresultaten per
thema en maatregel

Rijkswaterstaat Midden-Nederland

6 februari 2014
Definitief rapport
9V6742.A0



Documenttitel Integraal Tussenadvies NMIJ 2013 deel B
Inhoudelijke onderbouwingen en
onderzoeksresultaten per thema en
maatregel
Verkorte documenttitel NMIJ Tussenadvies 2013 deel B
Status Definitief rapport
Datum 6 februari 2014
Projectnummer 9V6742.A0
Opdrachtgever Rijkswaterstaat Midden-Nederland
Referentie 9V6742.A0/R0187/501245/MJANS/Nijm

Auteur(s) ir. R.A.E. Knoben
Collegiale toets drs. F.G. Haarman 
Datum/paraaf 6 februari 2014
Vrijgegeven door drs. F.G. Haarman 
Datum/paraaf 6 februari 2014

INHOUDSOPGAVE

	Blz.	
1	INLEIDING	1
2	INHOUDELIJKE FUNDAMENTEN EN AFSTEMMINGEN	3
2.1	Project ANT als inhoudelijk fundament voor NMIJ	4
2.2	Sleutelfactoren in systeemfunctioneren	5
2.3	Kansrijke beïnvloedbare systeemknoppen en mogelijke maatregelen	5
2.4	Samenvatting Wetenschappelijke Eindadvies ANT 2013	6
2.5	Afstemming met andere projecten en initiatieven	9
2.6	Inhoudelijke toetsing bij Kennisforum	12
3	THEMA VERMINDERING SLIBGEHALTE	13
3.1	Onderzoeksmiddelen en activiteiten	13
3.2	Luwtemaatregelen	14
3.2.1	Doel	14
3.2.2	Theoretische effectiviteit	15
3.2.3	Veldexperiment luwtestructuur	16
3.2.4	Lessons learned over luwtemaatregelen	19
3.2.5	Locatiekeuze en vorm	20
3.2.6	Effecten op lokaal niveau: luwtestructuren in het Hoornse Hop	23
3.2.7	Effecten op lokaal niveau: Enkhuizerzand	29
3.2.8	Effectiviteit van luwtemaatregelen op systeemniveau	32
3.2.9	Aanlegstrategie en kosten	32
3.2.10	Synergie met veiligheid	35
3.2.11	Acceptatie van luwtemaatregelen	36
3.3	Verdiepingen	37
3.3.1	Doel	37
3.3.2	Effectiviteit voor vermindering slibgehalte	37
3.3.3	Ecologische effectiviteit	38
3.3.4	Locatiekeuze	39
3.3.5	Effecten op lokaal niveau: Marker Wadden	44
3.3.6	Kosten	46
3.3.7	Acceptatie	47
3.4	Afdekken	47
3.4.1	Doel	47
3.4.2	Effectiviteit voor vermindering slibgehalte	47
3.4.3	Locatiekeuze en omvang	48
3.4.4	Aanlegstrategie en kosten	48
3.4.5	Acceptatie	48
3.5	Experimenten in de Waterproeftuin voor vermindering slibgehalte	48
4	THEMA VERGROTEN HABITATDIVERSITEIT	51
4.1	Onderzoeksmiddelen en activiteiten	51
4.2	Grootschalig gebied met land-waterovergangen	52
4.2.1	Doel	52
4.2.2	Ecologische effectiviteit	52

4.2.3	Veldexperiment pilot Moeras	57
4.2.4	Locatiekeuze en vorm	59
4.2.5	Aanlegstrategie	61
4.2.6	Kosten	64
4.2.7	Acceptatie grootschalig moeras	67
4.3	Vooroever Lepelaarsplassen	68
4.3.1	Doel	68
4.3.2	Ecologische effectiviteit	68
4.3.3	Locatie en omvang	69
4.3.4	Aanlegstrategie en kosten	69
4.3.5	Acceptatie	70
4.4	Vergroten peildynamiek	70
4.5	Oeverdijken Noord-Holland	74
4.6	Experimenten in de Waterproeftuin voor thema habitatdiversiteit	77
4.6.1	Markermeermoeras	77
4.6.2	Rietontwikkeling op zinkstukken	79
4.6.3	Rifballen	80
4.6.4	Experiment Marker Kwelderwerken	81
5	THEMA ECOLOGISCHE VERBINDINGEN	85
5.1	Onderzoeksmiddelen en activiteiten	85
5.2	Versterking relatie binnendijs-buitendijs	85
5.3	Verbindingen voor vismigratie	86
5.3.1	Effectiviteit	86
5.3.2	Locaties voor verbetering vismigratie	88
5.3.3	Aanlegstrategie en kosten	91
5.3.4	Acceptatie	91
5.4	Semi-open verbinding	91
5.5	Experimenten in de Waterproeftuin voor ecologische verbindingen	91
5.5.1	Praktijkproef Optimalisatie vismigratie Oranjesluizen	91
5.5.2	Experiment Marker Stapstenen (Bureau Waardenburg c.s.)	93
6	VAN MAATREGELEN NAAR EFFECTEN OP SYSTEEMNIVEAU	95
6.1	Algemene visie	95
6.2	Maatregelpakket in uitgangssituatie onderzoeksprogramma	99
6.3	Combinatie van maatregelen en opschaling naar systeemniveau	99
6.4	Optimalisatie door fasering van maatregelen met accent op N2000 doelsoorten	102
6.5	Modellering van systeemeffecten	108
6.6	Ontwikkeling beoordelingskader	109
6.6.1	Aanleiding	109
6.6.2	Uitgangspunten en keuzes	109
6.6.3	Toepassing en presentatie	112
7	REFERENTIES	115

1 INLEIDING

Deze rapportage is een bijlage van het integrale tussenadvies dat het project Natuurlijk(er) Markermeer IJmeer (NMIJ) jaarlijks aan het eind van het jaar oplevert. Het bevat de inhoudelijke onderbouwing van het hoofdadvis en een samenvatting van de onderzoeksresultaten die tot op het moment van verschijnen (of maximaal 2 maanden daarvoor) beschikbaar zijn. Gegevens en informatie op groter detailniveau zijn samengebracht in zeven factsheets die weer een samenvatting zijn van onderliggende rapporten, verslagen etc. Dit document heeft het karakter van een groeidocument waarin de contouren van het eindadvies in de loop van de jaren steeds duidelijker zichtbaar en de onzekerheden kleiner worden. Het parallel lopende project Autonome Neerwaartse Trends (ANT) brengt in 2013 zijn eindadvies uit. ANT heeft de fundamentele oorzaken van de autonome neergaande trends onderzocht en deze met enkele behoorlijk sluitende verklaringen weten te onderbouwen [50]. De kernboodschap van het ANT eindadvies is geïntegreerd in het voorliggende advies. De samenvatting is integraal overgenomen in paragraaf 2.4.

Bij het verschijnen van het NMIJ tussenadvies 2013 zijn 7 verschillende experimenten in de zogenaamde Waterproeftuin in volle gang die de nodige onderzoeksvragen zullen beantwoorden. Van sommige experimenten zijn de resultaten uit het eerste meetjaar al beschikbaar, voor andere is de aanleg pas dit voorjaar gestart. Het veldexperiment pilot moeras bevindt zich in de uitvoeringsfase en de aanleg is bijna gereed. De eerste metingen zijn daar al verricht. De onzekerheidsmarges van de huidige conclusies zijn met de opgedane kennis alweer wat minder ruim geworden.

Alle inzichten en resultaten zijn beschreven in interne rapporten. Deze worden per maatregel in een factsheet samengevat. Deze factsheets vormen de basis voor deze nog meer samenvattende onderbouwing van het tussenadvies.

Opbouw en leeswijzer

De opbouw van dit rapport is vergelijkbaar met de opbouw van het tussenadvies 2012. Het rapport bestaat uit de inhoudelijke bespreking van de onderzoeksresultaten van de afzonderlijke maatregelen per thema. Deze resultaten zijn verkregen uit bureaustudies, veldexperimenten, modellering en monitoring. Experimenten in de Waterproeftuin, zijn ook bij de verschillende thema's ondergebracht. Na de bespreking van de afzonderlijke maatregelen maakt het rapport de stap naar opschaling van maatregelen naar effecten op systeemniveau.

Hoofdstuk 2 besteedt aandacht aan de inhoudelijke fundamenten en afstemmingen met ANT en andere relevante projecten. ANT legt de wetenschappelijk-theoretische basis en systeemvisie onder de onderzochte maatregelen. De volgende hoofdstukken werken per thema de onderzoeksresultaten per maatregel uit: 3: vermindering slibgehalte, 4: vergroten habitatdiversiteit, 5: ecologische verbindingen.

Hoofdstuk 7 beschrijft de onderlinge samenhang van maatregelen in maatregelpakketten of scenario's.

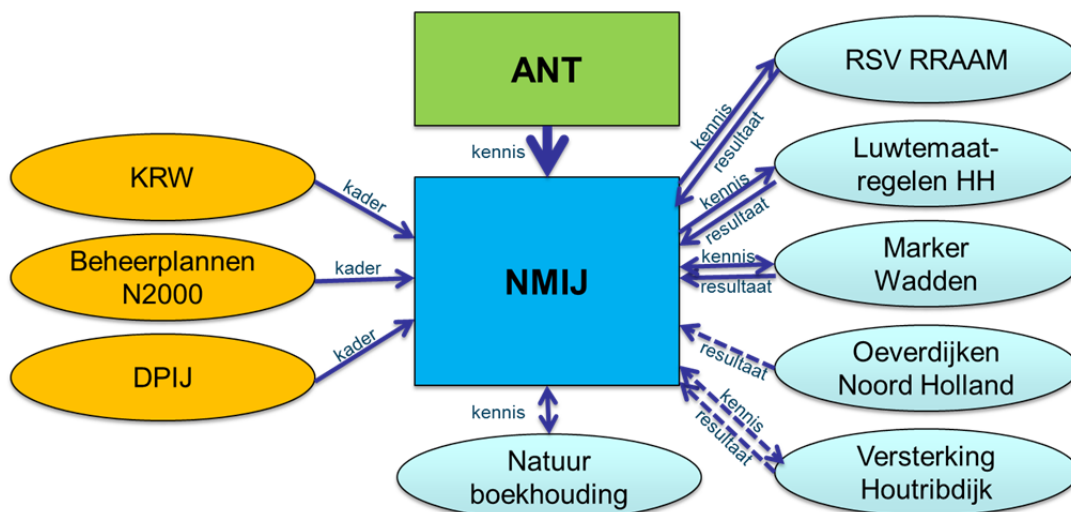
Referenties zijn tussen [] genummerd om de tekst leesbaar te houden.

2 INHOUDELIJKE FUNDAMENTEN EN AFSTEMMINGEN

Momenteel zijn twee onderzoeksprojecten en een studieprogramma in uitvoering waarin het Markermeer onderwerp van studie is. Het karakter van de studies en initiatieven is verschillend en ze zijn in wezen complementair:

- **NMIJ:** een praktijkgericht en deels experimenteel onderzoeksprogramma naar inrichtingsmaatregelen voor het Markermeer/IJmeer, gericht op het realiseren van het TBES (Toekomst Bestendig Ecologisch Systeem) met de dubbeldoelstelling van een robuust systeem en N2000 doelen.
- **ANT:** fundamenteel wetenschappelijk onderzoek gericht op de werking van het natuurlijke systeem en het opsporen van de oorzaken van de neergaande trend in ecologische kwaliteit. ANT (Autonome Neerwaartse Trend) richt zich op het hele IJsselmeergebied.
- **WMIJ (Werkmaatschappij Markermeer-IJmeer):** heeft bureaustudies verricht naar optimalisatie van ecologie, economie, financiering en communicatie bij het realiseren van TBES. WMIJ heeft zijn eindrapport in 2012 uitgebracht.
- **AMIJ (Ambtelijk overleg Markermeer IJmeer)** is het ambtelijk voorportaal van de Stuurgroep Markermeer-IJmeer en te beschouwen als de opvolger van WMIJ.
- **Marker Wadden** is een particulier initiatief van Natuurmonumenten dat de aanleg van een moeras/vogelparadijs in het Markermeer nastreeft.
- **MIRT Verkenning Luwtemaatregelen Hoornse Hop:** hierin wordt de ecologische effectiviteit en het maatschappelijk draagvlak onderzocht voor drie varianten van luwtemaatregelen in het Hoornse Hop. Deze studie heeft in november 2013 het conceptrapport afgerond.

Daarnaast is voor het opstellen van het tussenadvies gebruik gemaakt van andere bronnen en ontwikkelingen (zie fig. 2.1).



Figuur 2.1: Belangrijke bronnen voor het NMIJ tussenadvies 2013

Tussen projecten ANT en NMIJ bestaat de contractuele verplichting en afspraak om inhoudelijk de tussentijdse adviezen en eindadviezen af te stemmen.

2.1 Project ANT als inhoudelijk fundament voor NMIJ

ANT is een onderzoeksproject waarin het achterhalen van de werking van het natuurlijke systeem centraal staat, en waarin ieder jaar op basis van de beschikbare en nieuw verkregen kennis een advies over de oorzaken van de neerwaartse trend wordt gegeven. In hun scope verschillen ANT en NMIJ in twee belangrijke aspecten:

- ANT beperkt zich tot de N2000 soorten die sinds de jaren 80 sterk in aantal achteruit zijn gegaan, terwijl NMIJ zich richt op maatregelen die nodig zijn voor het bereiken van het TBES.
- ANT omvat het hele IJsselmeergebied inclusief randmeren, terwijl NMIJ zich beperkt tot het Markermeer-IJmeer.

Vanaf 2010 is in ANT onderzocht wat de belangrijkste mechanismen zijn die het functioneren van het water- en ecosysteem van het IJsselmeergebied bepalen. De relevante mechanismen zijn:

1. Lange-termijn gevolgen van de afsluiting en compartimentering van de Zuiderzee, gerelateerd aan vooral accumulatie en erosie/sedimentatieprocessen.
2. Afname van de voedselrijkdom van het water (oligotrofiëring) na een periode van eutrofiëring in de jaren vijftig, zestig en zeventig.
3. Klimaatverandering, resulterend in opwarming van het water in de zomer met gevolgen zoals lagere zuurstofspanning, relatief sterke opwarming in de winter met als gevolg een afname van ijsbedekking en vervroeging van het voorjaar.
4. Visserij en andere vormen van menselijk gebruik, zoals recreatie, zandwinning en het plaatsen van windmolens.

In het eerste jaar van het ANT-project lag de meeste nadruk op de systeemknoppen fysieke inrichting, waterbeheer, nutriënten en verbindingen. In het tweede jaar is daarnaast aandacht besteed aan visserij, regionale verschuivingen en exoten (verschuivingen mosselpopulaties). Afgelopen jaren lag de nadruk op de rol van nutriënten (zie 2.4) en visserij.

ANT heeft voor het Markermeer onder meer de volgende hypothesen onderzocht:

- Het Markermeer heeft een lage habitatdiversiteit (vooral het gebrek aan helder-ondiep water en gering areaal en slechte kwaliteit land-water overgangen) en is daarmee kwetsbaar.
- Afname van nutriëntengehaltes veroorzaakt via teruggang in voedselrijkdom (oligotrofiëring leidt tot afname hogere trofische niveaus) neergaande trends in vogelaantallen.
- Door herstel van het lichtregime door vermindering van het slibgehalte in de waterkolom kan er een verhoging van voedselrijkdom en natuurwaarden optreden.

ANT geeft in haar wetenschappelijk eindadvies aan wat het relatieve belang is van de sleutelfactoren die het fysisch en ecologisch functioneren van het watersysteem bepalen. Vanuit die kennis zijn kansrijke beïnvloedbare systeemknoppen geïdentificeerd. De maatregelen die bij deze systeemknoppen passen en door ANT worden geadviseerd sluiten goed aan bij de onderzochte TBES maatregelen binnen NMIJ. ANT bevestigt daarmee nut en noodzaak van de TBES maatregelen.

2.2 Sleutelfactoren in systeemfunctioneren

Het ANT wetenschappelijk tussenadvies 2010 [2] gaf een inschatting van het belang van de sleutelfactoren die ten grondslag liggen aan de neerwaarts trends en de meest veelbelovende stuurknoppen (maatregelen) die daaruit kunnen worden afgeleid.

In de oorspronkelijke situatie in het IJsselmeergebied (voor de afsluiting en inpoldering) waren de huidige compartimenten functionele onderdelen¹ van één watersysteem. Door de compartimentering is vooral in het Markermeer een heel uniform (diepte en bodemsamenstelling) watersysteem ontstaan. De negatieve trend (afname aantallen vogels sinds 1990) gaat - naast een complex aan nationale en internationale veranderingen - samen met een sterke vermindering van de voedselbeschikbaarheid voor vogels in het hele IJsselmeergebied. Volgens Noordhuis [16] is in alle deelsystemen van het IJsselmeergebied die afname van voedselrijkdom (vis, bodemfauna en waterplanten) waarschijnlijk een reactie op de landelijke teruggang in nutriënten als gevolg (inter)nationale maatregelen in het stroomgebied van de Rijn. De reactie op die teruggang is in elk deelsysteem van het IJsselmeergebied verschillend², zo zien we dat alle doelsoorten in het Markermeer zwaarder getroffen zijn dan in het IJsselmeer.

2.3 Kansrijke beïnvloedbare systeemknoppen en mogelijke maatregelen

ANT onderscheidt vier clusters van systeemknoppen (mogelijk oorzaken van verandering), namelijk 1) voedselrijkdom, 2) klimaat, 3) menselijk gebruik en 4) inrichting en beheer.

Onder de stuurknop 'fysieke inrichting' vallen de belangrijkste 'bouwstenen' voor de set van (TBES) maatregelen zoals luwtestructuren en geleidelijke land-water-overgangen. Het wetenschappelijk advies 2010 van ANT bevestigt dat de TBES maatregelen die in NMIJ met veldexperimenten onderzocht worden tot de belangrijke stuurknoppen van het systeem behoren.

NMIJ adviseerde in 2010 de volgende maatregelen, met daarbij een eerste aanzet tot het kwantificeren van de benodigde omvang:

Maatregelen die het water helder maken door het slib te reduceren dragen mogelijk bij aan (1) het vergroten van de productiviteit³ van het meer en (2) het beperken van de vermeende directe schade door slib aan mosselen en zoöplankton.

¹ Ketelmeer met rivierkenmerken, randmeren ondieptes, Markermeer kleiige ondieptes en IJsselmeer zandig met diepe geulen.

² In de jaren 1970-1980 namen nutriëntengehaltes sterk toe, de randmeren reageerden toen met een sterke afname in doorzicht ook anders dan het Markermeer [16].

³ De productiviteit van het ecosysteem is door afname van nutriëntengehaltes sinds 1980 verminderd. Maatregelen om de nutriëntengehaltes te verhogen zijn denkbaar. ANT adviseert hierover nog niet omdat het nut en noodzaak van deze controversiële maatregel (die mogelijk strijdig is met KRW doelen) nog niet vast staan. Het is niet effectief om nutriënten een lichtgelimiteerd systeem toe te voegen, daarom zijn eerst maatregelen nodig om het watersysteem met inrichtingsmaatregelen helder te maken. De noodzaak van aanvullende nutriënt gerelateerde maatregelen wordt in ANT onderzocht.

Slibreducerende maatregelen leiden ter plaatse van ondiep water tot de voor waterplanten gewenste heldere ondiepe waterzones.

Inrichting van het Markermeergebied door (1) het aanleggen van feitelijk ontbrekende habitats én (2) door nieuwe en bestaande habitats te verbinden leidt tot een robuuster en toekomstbestendiger ecosysteem. Daarbij is de verwachting dat verstoring ook een belangrijke rol speelt, daarmee kan alvast rekening worden gehouden bij bijvoorbeeld het ontwerp van de nieuwe natuur.

Met de kennis van 2012 was er al een nuancering te maken bij dat advies. De afgelopen jaren blijken al twee autonome trends in de monitoringsresultaten zichtbaar te zijn, namelijk de terugkeer/versterking waterplanten in ondiepe delen langs de Noord-Hollandse kust en de geconstateerde toename van de Quagga-mossel, met name in het IJmeer. Hiermee is de draagkracht van het systeem voor mossel etende en herbivore vogels grotendeels gedekt. De onzekerheid zit in de bestendigheid van deze trends.

De meest recente inzichten zijn in het eindadvies ANT verwerkt (zie 2.4).

2.4 Samenvatting Wetenschappelijke Eindadvies ANT 2013

(Integraal overgenomen van het concept Eindadvies d.d. 9-11-2013)

Bij het vaststellen van de Natura-2000 doelen is voor het IJsselmeer en het Markermeer/IJmeer besloten om geen herstelopgave te formuleren ondanks de autonome neerwaartse trends in vogelaantallen. Rijkswaterstaat heeft hier dus niet de taak op zich genomen om de autonome neerwaartse trends om te buigen. RWS heeft wel onderzoek toegezegd naar mogelijkheden om de neerwaartse trends te keren, en naar de kosten die daarmee gemoeid zijn. Dit onderzoek is in de jaren 2009-2013 uitgevoerd. Wel heeft de Raad van State tijdens dit onderzoek in 2012 een uitspraak gedaan die heeft geleid tot bijstelling (naar boven) van de instandhoudingsdoelen van enkele soorten visetende watervogels in het IJsselmeer.

De resultaten van de ANT-IJG studie (Autonome Neerwaartse Trends in het IJsselmeergebied) vormen de basis voor een advies over de haalbare en uitvoerbare Natura-2000 doelen. Het ministerie van EZ zal dit advies gebruiken bij de evaluatie en eventuele bijstelling van de instandhoudingsdoelen voor het IJssel- en Markermeer/IJmeer. Daarnaast zal het programma Natuurlijker Markermeer/IJmeer (NMIJ) uiterlijk in 2015 advies uitbrengen over de haalbaarheid en uitvoerbaarheid van een robuust, toekomstbestendig ecologisch systeem. Net als ANT heeft gedaan adviseert NMIJ jaarlijks over de voortgang van de kennisontwikkeling.

Analyse van internationale en nationale aspecten van vogeltrends geeft aan dat een deel van de neergaande trends in het aantal vogels in het IJsselmeergebied mede verbonden is met klimaatgestuurde verschuivingen van overwinteringsgebieden en veranderingen in de omvang van de internationale populaties. Een ander deel van de neergaande trends (met name enkele mosseleeters) is verbonden met een verbeterde draagkracht in andere gebieden (Randmeren). Verschillen in timing en omvang van veranderingen in aantallen geven echter aan dat de oorzaken van neergaande trends in de eerste plaats moeten worden gezocht in lokale processen.

Voedselrijkdom en nutriënten-kringloop bepalen de primaire productie in het systeem en worden gestuurd door concentraties in aanvoerend water en debieten van rivieren en gemalen.

Afname van primaire productie hoeft niet direct te resulteren in minder mosselen en vis, omdat slechts een deel van de primaire productie in (dit deel van) het voedselweb wordt gebruikt. Afname van de aanvoer van nutriënten blijkt echter (in het IJsselmeer) niet zo zeer de primaire productie te hebben doen afnemen als wel (in beide meren) te hebben geresulteerd in een aanpassing van de soortensamenstelling van het fytoplankton ten gunste van soorten die efficiënter zijn in het gebruik van fosfor. Daardoor bevatten deze algen ook minder fosfor en daarmee is de voedingswaarde van het fytoplankton voor zoöplankton en mosselen gedaald. Dit resulteert wel degelijk in een lagere productie van zoöplankton als voedsel voor vis en het heeft een zodanige afname van de voedingswaarde van mosselen tot gevolg gehad dat deze op de diepte waarop ze in deze meren voorkomen door de vogels nauwelijks meer rendabel kunnen worden benut. De sterke opkomst (met namen in het IJmeer) van de Quagga-mosselen kan, in contrast met de voorafgaande conditie van de nauw verwante Driehoeksmosselen, parallel aan de veranderingen bij het fytoplankton, deels worden verklaard met een efficiënter gebruik van fosfor. Het relatieve vleesgewicht van deze mosselen is echter niet hoger dan bij de overgebleven Driehoeksmosselen en door de lage fosforgehalten is de voedingswaarde voor vogels daarmee nog lager. De vogels hebben dan ook tot nu toe in aantal en verspreiding neutraal tot negatief op de invasie gereageerd. De resterende vogels concentreren zich in gebieden met toenemende waterplanten en daarmee geassocieerde ongewervelden zoals slakken en vlokreeftjes. Vogelsoorten die pas laat in het seizoen vanuit het noorden arriveren (Topper, Brilduiker), profiteren hier echter nog nauwelijks van.

Naast de primaire productie en de kwaliteit van fytoplankton als voedsel zijn ook andere mechanismen van belang voor de hogere trofische niveaus (mosselen, vis). Specifieke eigenschappen van slib (zoals verhoogde bezinknelheid van algen door binding aan slibdeeltjes) dragen in het Markermeer bij dezelfde hoeveelheid fosfor (maar een veel lagere aanvoer) bij aan lagere algenconcentraties in de waterkolom en een lagere productie van vis en mosselen dan in het IJsselmeer.

Voor de Spiering geldt dat de populatie omvang door een complex van factoren gestuurd wordt; behalve door voedsel ook door visserij, vogelpredatie en in mindere mate klimaat. De populatie is sterker afgenomen dan de totale visbiomassa. Sterke, abrupte en permanente afname van het aandeel grotere Spiering in 1988 valt samen met intensivering van de visserij waarbij in dat jaar voor het eerst een zeer groot deel van het paaibestand werd weggevisd. Visserij in een dergelijke omvang heeft vooral gevolgen voor de voedselbeschikbaarheid van viseters in het voorjaar (Visdief). Vanaf begin jaren negentig gaat ook de voedselkwaliteit voor Spiering een rol spelen, waardoor het reguleren van de visserij niet meer zal resulteren in (volledige) terugkeer naar de vroegere bestandsomvang. In sommige jaren spelen effecten van opwarming mee, in de vorm van massale zomersterfte van Spiering tijdens hittegolven. Een ander mogelijk klimaatteffect, te late beschikbaarheid van zoöplankton als voedsel voor jonge Spiering door vervroeging van de paai, heeft waarschijnlijk geen dominante rol gespeeld, aangezien in de eerste jaren waarin dit speelde (vanaf 1988) het aandeel 0+ Spiering in het bestand juist sterk toenam.

Recent is in de gebieden met hoge dichtheden van de Quaggamosselen door filtratie het doorzicht in het voorjaar sterk toegenomen en daardoor is de dichtheid van zoöplankton in deze gebieden (zuidelijk IJsselmeer, IJmeer) zeer laag, waardoor zowel verspreiding van Spiering als de vangbaarheid voor visetende vogels verder is veranderd. Gezien deze inzichten verdienen de populaties van de viseters bijzondere aandacht, in het bijzonder de soorten die niet diep duiken (Visdief, Zwarte Stern, Dwergmeeuw). Deze soorten hebben te kampen met een combinatie van een kleinere spieringpopulatie, recent verhoogd doorzicht (waardoor vis zich in dieper water terugtrekt en eerder gealarmeerd is) en ongunstige timing van de spieringvisserij ten opzichte van de periode waarin kuikens aanwezig zijn (Visdief).

Voedselrijkdom en klimaat zijn voor de beheerder moeilijk hanteerbare stuurknoppen, mede vanwege het internationale karakter. Het herverdelen van uit te malen nutriënten ten behoeve van het Markermeer heeft slechts beperkt effect door de versnelde bezinking van algen met slib. Versterking van neergaande trends door andere vormen van menselijk gebruik (zoals visserij en verstoring) kan gemakkelijker worden aangepakt. De mogelijkheden van beperking van de spieringvisserij en de gevolgen daarvan voor het voedselweb verdienen een nadere beschouwing. Stuurknoppen gerelateerd aan Inrichting & Beheer kunnen worden ingezet om te komen tot een systeem met meer weerstand tegen afname van voedselrijkdom (efficiënt gebruik van de resterende nutriënten) en tegen nadelige effecten van klimaatverandering via vergroting van de habitat- en soortdiversiteit. Daarbij kan worden gedacht aan het versterken van gradiënten in diepte en doorzicht, betere ontwikkeling van land-water overgangen (in combinatie met natuurlijker peil) en van de verbindingen met de omgeving (bijvoorbeeld voor vistrek). Positieve reacties van een aantal vogelsoorten op toename van waterplanten en de grotere diversiteit van de maaginhouden van deze vogels geven aan dat deze soorten met behulp van inrichting stuurbaar zijn. Dergelijk habitat biedt ook mogelijkheden voor sturing van een deel van de viseters via toename van vissoorten als Blankvoorn, Baars en Driedoornige Stekelbaars, in aanvulling op maatregelen gericht op Spiering. Bij beide groepen vogels zijn echter de soorten die pas laat in het jaar arriveren op deze manier slecht stuurbaar.

In paragraaf 5.5 van dit advies worden voorstellen gedaan voor realistische doelen voor de in het ANT onderzoek beschouwde vogelsoorten. Deze voorstellen zijn gebaseerd op schattingen van de draagkracht die met behulp van de bovenstaande maatregelen kan worden bereikt. Dergelijke schattingen kunnen worden gemaakt op basis van kennis over de voedselbehoefte van vogels en dichtheden en calorische waarde van hun prooien. Dit wordt in dit geval bemoeilijkt doordat de draagkracht voor mosseletende vogels niet meer door mosselen wordt bepaald, maar door andere prooitypen, waarvoor geen dichtheden bekend zijn. Draagkrachtschattingen voor de visetende vogels staan of vallen met een realistische bestandsschatting van Spiering, die evenmin beschikbaar is. Daarom zijn de schattingen gebaseerd op relatie tussen aantallen vogels en het areaal van specifiek habitat en op de relatie tussen aantallen viseters, de geïndexeerde omvang van het spieringbestand en schattingen van het effect van regulering van spieringvisserij. Op basis daarvan wordt enerzijds geconcludeerd dat de door de Raad van State verhoogde doelen voor viseters in het IJsselmeer in het algemeen niet realistisch zijn, anderzijds dat bij de mosseleters met name voor de Tafeleend verhoging van de doelen realistisch is (en in mindere mate voor Kuifeend) en bij de viseters met name voor de Fuut.

Bij Grote Zaagbek en Nonnetje zijn op grond van recente aantallen aanzienlijk hogere doelen mogelijk, maar deze draagkracht wordt alleen in strenge winters benut, waardoor niet op grond van vijfjarige gemiddelde aantallen kan worden “afgerekend”.

2.5 Afstemming met andere projecten en initiatieven

Dit is een cumulatief overzicht over de afstemmingen gedurende de looptijd van NMIJ.

Building with Nature

De Project Manager van NMIJ nam deel aan bijeenkomsten van de Community of Practice die vanuit Building with Nature is opgestart. De NMIJ trekker slib is betrokken bij Building with Nature initiatieven.

Oeverdijken Markermeerkust Noord-Holland

In 2010 is in opdracht van het Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier een studie uitgevoerd naar de alternatieve mogelijkheden van dijkverbetering langs de Noord-Hollandse kust van het Markermeer. Hieruit zijn oeverdijken als een goed alternatief voor traditionele dijkversterking naar voren gekomen. Deze maatregel komt daarom aan de orde in 4.5. De oeverdijken zijn inmiddels opgenomen als onderdeel van het voorkeursalternatief voor de dijkversterking Noord-Hollandse kust (een derde van de totale lengte). Tevens is door Deltares onderzocht of een golfbreker vóór de oeverdijk tot lagere kosten leidt [45].

Planstudie Rijkvispassages

Royal Haskoning heeft begin 2011 een planstudie afgerond naar de vispassages die als KRW maatregel in een aantal rijkswateren zijn gepland. Hierbij behoren ook de passages in de Houtribdijk en Afsluitdijk. NMIJ heeft de beschikking over alle stukken die in de planstudie rond deze twee knelpunten zijn opgesteld (zie ook H5).

Deltaprogramma IJsselmeergebied (DPIJ)

Het Deltaprogramma IJsselmeergebied is één van de negen deelprogramma's van het nationale Deltaprogramma. De deelprogramma's ontwikkelen strategieën om de nationale opgaven op het gebied van waterveiligheid en zoetwater aan te pakken. Achtereenvolgens komen mogelijke strategieën (fase 2), kansrijke strategieën (fase 3) en adviezen over de voorkeursstrategie (fase 4) tot stand. In 2014 leidt dat op landelijk niveau tot vijf samenhangende Deltabeslissingen over veiligheid en watervoorziening. Inmiddels is fase 3 in 2013 afgerond en is duidelijk geworden waar de mogelijkheden en beperkingen liggen voor flexibilisering van het peilbeheer. Een eerste stap is uitwerkt in een voorstel. Kernpunten zijn, het eerder opzetten van het zomerpeil en eerder verder laten uitzakken tot het huidige winterpeil. (zie verder paragraaf 4.4). Binnen de gekozen strategie van flexibilisering zijn er tot 2030 slechts geringe aanpassingen in het peilregime te verwachten. In 2014 is de eerste beslissing over de voorkeursstrategie te verwachten (zie ook 4.4). Een nieuw peilbesluit is niet voor 2018 te verwachten.

Implementatie visvriendelijk sluisbeheer Afsluitdijk en Houtribdijk

Rijkswaterstaat Midden-Nederland onderzoekt momenteel welke mogelijkheden er zijn om de mogelijkheden voor vismigratie te verbeteren.

Het gaat om aanpassingen (zonder constructieve aanpassingen) in het schut- en spuuregime van de vier objecten in de Afsluitdijk en Houtribdijk. Volgens planning dienen de aanpassingen eind 2015 geïmplementeerd te zijn.

Coalitie Eco-corridor Noordzeekanaal

In 2011 is een project van Waternet en RWS Noord Dienst-Holland genaamd Eco-corridor Noordzeekanaal afgerond. Naar aanleiding daarvan is een coalitie van waterbeheerders en andere belanghebbenden rond het Noordzeekanaal (NZK) tot stand gekomen die de ecologische betekenis van de zoet-zout gradiënt in het NZK wil versterken. Eén van de voorbeeldprojecten is een proef om tot (meer) optimaal beheer van de Oranjesluizen voor trekvissen te komen.

De infrastructuur is aanwezig maar de sluisen kunnen voor trekvissen duidelijke optimaler worden beheerd, door:

- In de winter continue (beperkt) water af te voeren via Oranjesluizen.
- In de zomer continue (beperkt) water zoet water te laten "lekker" naar het NZK. Hierdoor ontstaat een veel meer continue zoetwater lokstroom voor de trekvis en wordt er dus meer trekvis het IJmeer en Markermeer "ingelokt". Dit is goed voor de visstand, de natuur (vis zelf en visetende vogels die doelsoort binnen Natura 2000) en de economische ontwikkeling van de sportvisserij.

Deze is medefinancier van een praktijkproef in de NMIJ Waterproeftuin tranche 2. De proef is halverwege de uitvoering (zie 5.4).

Marktvraag Ecologie

De Werkmaatschappij Markermeer-IJmeer heeft in 2012 een Marktvraag ecologie RRAAM gedaan naar alternatieven voor de Publiek Referentie Alternatief (PRA). Drie consortia hebben waardevolle ideeën aangedragen en verschillende alternatieven uitgewerkt, die voor het eindadvies van NMIJ bruikbaar kunnen zijn (zie 6.4).

Als eindresultaat heeft WMIJ drie mogelijke varianten van oplossingsrichtingen voor het bereiken van het TBES uitgewerkt. Deze zijn in dit tussenadvies opgenomen.

Vanuit NMIJ is een ecologisch-inhoudelijk reactie door de trekker ecologie geleverd.

Daarnaast hebben de projectmanager NMIJ en een kostendeskundige een audit uitgevoerd op het PRA en de alternatieven van de marktvraag.

Kostenraming maatregelen ANT-soorten

In opdracht van RWS IJG hebben specialisten vanuit NMIJ en ANT een kostenraming opgesteld voor maatregelen ten behoeve van ANT doelsoorten [Haarman et al, 2012]. Bij deze opgave is, op basis van de op dat moment meest actuele kennis, een expert inschatting gemaakt van minimaal noodzakelijk geachte maatregelen voor het behalen van de Natura2000 doelen in het Markermeer-IJmeer.

Marker Wadden

Begin 2012 heeft Natuurmonumenten het plan “Marker Wadden” gelanceerd. Het plan heeft twee doelstellingen:

- Een archipel van natuureilanden tussen Enkhuizen en Lelystad als beleefbare en spectaculaire natuur en tegelijkertijd (‘bovenwaterlandschap’).
- De aanleg van de archipel zodanig uit te voeren dat Marker Wadden het Markermeer van haar ecologische problemen verlost [48] (‘onderwaterlandschap’).

Natuurmonumenten stelt: Enorme hoeveelheden slib moeten van de Markermeerbodem worden verwijderd. Het slib moet worden verplaatst naar Marker Wadden. Transport per schip is veel te duur, voor transport via leidingen is de afstand te groot. De oplossing is het creëren van een onderwaterlandschap dat werkt als een slibvangend systeem waarbij slib met zo min mogelijk ‘hulp’ geconcentreerd wordt.’ Natuurmonumenten wil in 2014 de aanbesteding starten voor de aanleg van de eerste fase.

Het concept van de Marker Wadden is in twee varianten van het eindadvies van WMIJ opgenomen (zie 6.4). Een inhoudelijk bespreking van het Marker Wadden concept komt op verschillende plaatsen in dit tussenadvies aan bod, omdat er elementen van landwaterovergangen (4.2) en verdiepingen (3.3) in voorkomen.

De ontwikkeling is in 2013 verder gegaan en volgens planning vindt aanbesteding van de eerste fase van het Marker Wadden moeras in voorjaar 2014 plaats.

MIRT Verkenning Luwtemaatregelen Hoornse Hop

Sinds januari 2013 loopt een verkenning naar een voorkeursalternatief voor luwtestructuren in het Hoornse Hop [71]. Er zijn drie varianten uitgewerkt. Eén van deze varianten is ook integraal (op systeemniveau van het Markermeer) door NMIJ meegenomen. De tussentijdse resultaten komen in 3.2 aan bod.

Natuurboekhouding

De Provincie Flevoland is onlangs gestart met de ontwikkeling van een Natuurboekhouding voor het Markermeer-IJmeer. Dit moet een afwegingskader bieden voor rode en groene maatregelen.

Integrale versterking Houtribdijk

Voor de versterking van de Houtribdijk worden verschillende alternatieven uitgewerkt, waaronder een alternatief met een zachte (zandige) oever tussen Enkhuizen en Trintelhaven. Een dergelijke oever kan bijdragen aan de vergroting van de totale lengte aan geleidelijke land-waterovergangen.

Grondstromen

In deze studie van Rijkswaterstaat is binnen 3 pilots verkend wat de mogelijkheden zijn om de grondstromen van verschillende uitvoeringsprojecten met elkaar te combineren. De resultaten van de studie zijn op het moment van opstellen van het concept NMIJ Integraal Tussenadvies 2013 nog niet beschikbaar.

2.6 Inhoudelijke toetsing bij Kennisforum

In juni 2011 zijn binnen NMIJ hypothesen opgesteld over de maatregelen die in het Markermeer nodig zijn om het TBES te bereiken. Deze zijn met inhoudelijke specialisten van RWS en het kennisforum (Prof. Verhoeven (Universiteit Utrecht) en Prov. Erik Toorman (Universiteit Leuven)) besproken. Op het gebied van ecologie was de samenvattende conclusie van prof. J. Verhoeven dat de aard en de omvang van de voorgenomen maatregelen tot een zodanig significante vergroting van geschikte habitats leidt, dat dit tot een blijvende versterking moet leiden en het TBES in beeld moet brengen.

In juni 2013 zijn weer hypothesen opgesteld, die na bespreking met het kennisforum omgedoopt zijn tot een eerste 'synthese' van de combinatie van maatregelen, deels op nieuwe locaties gedacht.

3 THEMA VERMINDERING SLIBGEHALTE

Binnen dit thema onderzoekt NMIJ drie mogelijke maatregelen:

- *luwtemaatregelen (3.2);*
- *verdiepingen (3.3);*
- *afdekken (3.4).*

Daarnaast werkt NMIJ aan een verbetering van het voorspelbaar vermogen van het slibmodel van het Markermeer en is informatie vanuit het ANT onderzoeksprogramma over de bron van het slib van belang. Slibberekeningen voor één van de drie varianten in de MIRT Verkenning Luwtemaatregelen Hoornse Hop zijn hieronder ook als nieuwe kennis meegenomen. Dit geldt ook voor de slibberekeningen van een aantal configuraties van de Marker Wadden.

3.1 Onderzoeksmiddelen en activiteiten

Luwtemaatregelen

Voor de maatregel luwtestructuren zijn door NMIJ de volgende onderzoeksmiddelen ingezet en activiteiten uitgevoerd:

2010-2011

- Een initiële bureaustudie slib is opgesteld, waarin de theoretische en ervaringskennis over luwtestructuren is bijeengebracht [3].
- Met het 3D- slibmodel van het Markermeer [4] zijn de effecten van luwtestructuren op verschillende locaties en in verschillende configuraties in het meer bepaald [5], [6], [8]. Eén van de effectieve locaties is gekozen voor het veldexperiment luwtestructuur.
- Het veldexperiment luwtestructuur is aangelegd en gestart. De meetapparatuur voor de continueringen op 4 meetpalen voor het veldexperiment luwtestructuur is aangekocht en geïnstalleerd. De nulmetingen zijn uitgevoerd en zijn tijdens het experiment doorgelopen [10].
- De monitoring aan bestaande luwtestructuren (Hockeysticks, gronddepot Naviduct, Dam/luwtegebied voor Oostvaardersdijk) is uitgevoerd [9].

2012

- De monitoring luwtestructuur is afgerond en de structuur is verwijderd (september).
- De monitoringsresultaten en het effect van de luwtestructuur zijn geanalyseerd [62].
- De metingen zijn gebruikt om inzicht in deze factoren te vergroten en om het Delft 3D-slibmodel te valideren [36]. Dit model is vervolgens gebruikt voor de eerste scenarioberekeningen.
- Het inzicht in de kosten van verschillende luwtemaatregelen is verbeterd.

2013

- Drie scenario's van maatregelen zijn met het slibmodel [72] en HABITAT doorgerekend. In combinatie met andere maatregelen is ook een variant van de MIRT-verkenning Luwtemaatregelen Hoornse Hop meegenomen.

Verdiepingen

Voor de maatregel verdiepingen is in 2010 een initiële bureaustudie opgesteld en een modelstudie uitgevoerd. In 2011 is door Deltares een rapport opgesteld over de verdieping van de vaargeul Amsterdam-Lemmer [52]. In 2012 is een inventarisatie naar de mogelijke locaties en omvang van verdiepingen uitgevoerd [60].

In het Marker Wadden project spelen verdiepingen een centrale rol. In begin 2013 is een eerste studie verricht naar de aanslibbing in de geulen van Marker Wadden [70].

Daarnaast is bekeken hoe de geulen het best vormgegeven kunnen worden, zodat de aanslibbing maximaal is. Deze studie is uitgevoerd met een speciale versie van het Delft3D slibmodel. Hiervoor is het rooster verfijnd.

Verder is door Deltares een aanvullende notitie opgesteld over omgevingsfactoren van aanslibbing in de geulen van Marker Wadden [71]. Deze notitie gaat vooral in op processen die niet in het slibmodel zitten, maar die wel invloed hebben op de aanslibbing in de geulen, zoals dichtheidsstroming, uitzakken van geulwanden en het effect van water injectie baggeren.

Afdekken

In 2010 is een bureaustudie uitgevoerd naar de mogelijkheden van afdekken van de slibrijke bodem van het Markermeer. In de periode tot 2013 is geen verder onderzoek gedaan.

Binnen de Waterproeftuin is het experiment Markerkwelderwerken waar onder meer delen van de bodem met verschillende bodemsoorten wordt afgedekt.

3.2 Luwtmaatregelen

3.2.1 Doel

De primaire doelstelling van de maatregel luwtestructuren is het verlagen van het slibgehalte en daarmee verhoging van de helderheid in specifieke delen van het Markermeer. Het is niet de bedoeling te streven naar een compleet helder(der) Markermeer, maar veeleer van een versterking van gradiënten en ruimtelijke variatie in slibgehalte. Naast verlaging van het slibgehalte kan het reduceren van de waterdynamiek een belangrijk doel zijn.

Deze doelstelling staat echter niet op zichzelf. De vermindering van slibgehalte dient vooral ecologische doelstellingen, zoals doorzichtverbetering voor waterfauna en vogels en verlaging van de lichtextinctie voor waterplanten. De vegetatie heeft bij voorkeur een rijk gevarieerde en open ruimtelijke structuur, die ruimte biedt aan macrofauna en jonge vis. Het verminderen van de slibdynamiek voor mosselen om de draagkracht voor mosseletende vogels te vergroten is door de nieuwste fundamentele inzichten van ANT naar de achtergrond gedrongen. Het blijkt dat de mosselen (ook de Quagga-mossel) voedsel gelimiteerd zijn. Verminderen van het slibgehalte brengt daar nauwelijks verbetering in.

3.2.2 Theoretische effectiviteit

Vermindering slibgehalte

De grootte van het effect en de omvang van het gebied waarbinnen het effect wordt gehaald, hangen samen met de locatie, positionering en vormgeving van luwtestructuren en de hydrodynamische condities. Luwtestructuren kunnen slibgehalten in de directe omgeving op twee manieren beïnvloeden:

1. Door het creëren van **golfluwte** (als golfbreker). Dit vermindert het opnieuw opwerpen (resuspensie) van bodemmateriaal in het luwtegebied.
2. Door het creëren van **stromingsluwte** (geleidingsstructuur). Het transport van slibrijk water een dus aanvoer van slib van en naar het luwtegebied neemt af. Bij toepassing op grote schaal kan dit tevens het globale stromingspatroon en slibtransport van het gehele meer beïnvloeden.

Een luwtestructuur beïnvloedt beide processen vaak gelijktijdig, maar één van beide is dominant. De locatie van de luwtestructuur en de meteorologische condities (windrichting en –snelheid) bepaalt welk proces dominant is en aan welke zijde van de structuur golfluwte en stromingsluwte optreedt.

In de meeste delen van het Markermeer bepaalt resuspensie van slib door windgolven het slibgehalte en heeft het creëren van golfluwte het meeste effect. In golfluwe gebieden bepalen de aanvoer en afvoer van slibrijk water voornamelijk het slibgehalte.

Ecologische effectiviteit

De ecologische effectiviteit van luwe zones hangt samen met de mate van vermindering van het slibgehalte. Een lager slibgehalte in de waterkolom leidt tot een grotere lichtdoordringing in het water. Dit geeft meer ontwikkelingsmogelijkheden voor onderwatervegetatie, wat vervolgens leidt tot een groter voedselaanbod voor plantenetende vogels. Daarnaast vormt de vegetatie een habitat voor ongewervelden en een paai- en opgroeigebied voor vis. Een combinatie van meerdere luwtezones kan de robuustheid van het ecosysteem en de draagkracht voor benthos- en visetende vogels vergroten door alternatief voedsel te bieden naast soorten van het open water zoals spiering en mosselen. De afname van waterdynamiek verlaagt ook de mechanische belasting op waterplanten en vergroot de vestigingskansen.

Luwe zones hebben ook een functie als rust- en ruigebied voor watervogels, waaronder soorten met een instandhoudingsdoel (vogelrichtlijn). De versterking van een systeem van luwtezones kan de diversiteit van habitats en dus ook van de soortensamenstelling bevorderen. Hierdoor wordt het ecosysteem (en de vogels) minder afhankelijk van de aanwezigheid van een of twee sleutelsoorten zoals spiering of driehoeksmossel.

De aanvankelijke hypothese dat een verminderd slibgehalte in de waterkolom ook direct positief zou uitpakken voor de driehoeksmossel, is inmiddels door de ANT studie weerlegd. De mosselen worden niet zozeer door het slib als wel door het gebrek aan voedsel (algen) in hun groei beperkt.

3.2.3 Veldexperiment luwtestructuur

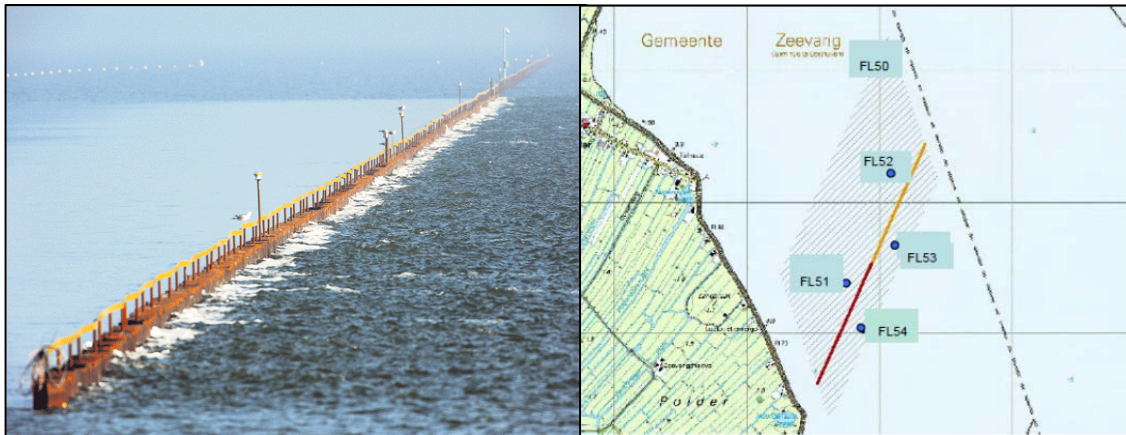
In het veldexperiment luwtestructuur is het relatieve belang onderzocht van golfhoogtereductie en stromingsgeleiding, de twee functies van een luwtestructuur. De monitoring bestond uit een combinatie van vaste monitoringspunten in de vorm van vier meetpalen en mobiele (calibratie)metingen.

Uit de metingen is gebleken dat de afname van het slibgehalte wordt veroorzaakt door een complex samenspel van stroming- en golfluwte. De afname is daarmee afhankelijk van windrichting en snelheid. Vooral aan de bodem overheerst het effect van golfluwte. In de waterkolom overheerst het effect van stromingsluwte. Een luwtestructuur aan de westelijke (Noord-Hollandse) kust buigt de stroming af aan de zuidzijde. Stroomsnelheden kunnen aan de zuidzijde tot orde 2x zo hoog worden ten opzichte van de situatie zonder structuur. Bij een langere periode van sterke wind ontstaat er een grotere circulatiestroom, die wordt afgebogen door de structuur. In dit geval ontstaat stromingsluwte aan de noordzijde van de structuur. Verandering van windrichting heeft daarop weinig invloed, terwijl de golfluwte wel direct daaraan gekoppeld is.

In de gebieden langs de Noord-Hollandse kust zorgen luwtestructuren zowel voor golfluwte als stromingsluwte. Door optimale positionering kan ook een redelijk secundair effect gehaald worden door het afleiden van transport van slibrijk water.

Golfgroei is een bepalende factor voor de grootte van het luwtegebied. Als het gebied aan de luwtezijde van de structuur groter is dan 2-3 km (gemeten vanuit de golf/windrichting) zorgen golven opnieuw voor opwerveling van bodemmateriaal. Het veldexperiment luwtestructuur toont aan dat de maatregel het meest effectief is als deze boven water uitsteekt. Zowel golven als stroming worden dan tegengehouden. Aangezien de luwtestructuren vooral voor golfluwte moeten zorgen, dienen deze bij voorkeur ca. 1 meter boven het wateroppervlak uit te steken. Structuren met een grote kruinbreedte (bijvoorbeeld eilanden) kunnen eenzelfde effect genereren bij een lagere kruinhoogte. Onderwaterstructuren hebben alleen zin wanneer deze relatief dicht tot het wateroppervlak reiken en een grote kruinbreedte hebben (bijvoorbeeld riffen). Er moet wel voorkomen worden dat teveel slibrijk water over de structuur heen stroomt en alsnog slib aanvoert.

Naast de metingen aan golven, stroming en troebelheid is in het veld gemeten wat de fysieke effecten van de structuur zijn op de erosie en sedimentatie. Veldwaarnemingen wijzen er in ieder geval op dat de luwtestructuur zijn werk doet als golfbreker (Figuur 3.1).



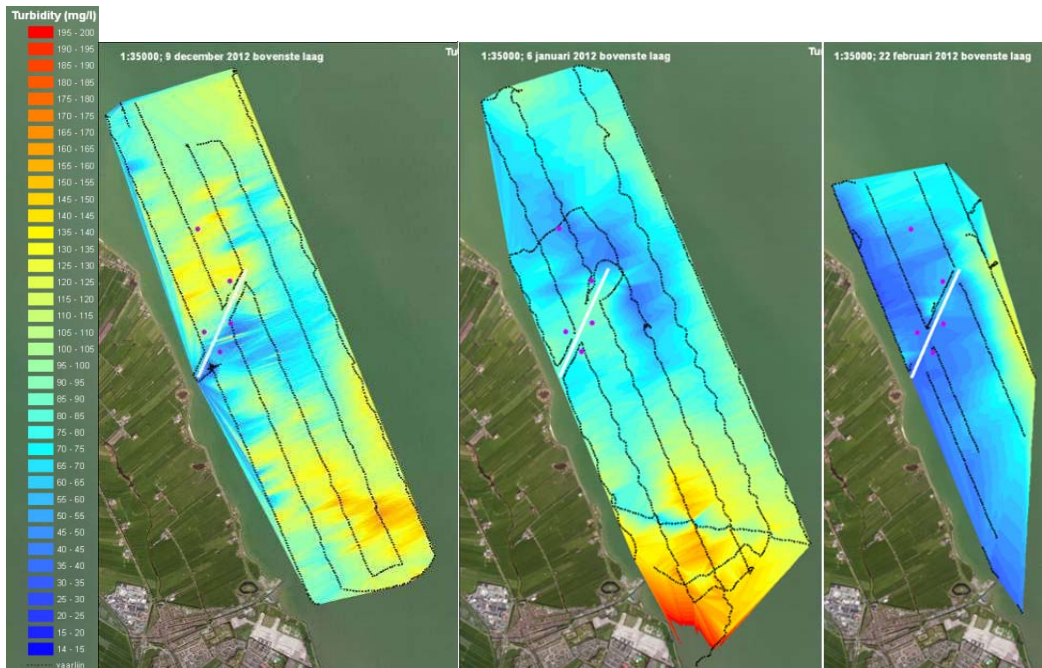
Figuur 3.1a: Links: Aanzicht gerealiseerde luwtestructuur met links de luwe zijde
Figuur 3.1b Rechts: Locatie van het veldexperiment luwtestructuur en de meetpalen (NB in de loop van het experiment is paal FL51 naar plaats FL54 verzet)

Modellering golf- en waterbeweging en slibgehalten

In 2012 heeft een validatie van het water- en slibmodel plaatsgevonden met behulp van de meetresultaten van het veldexperiment [36]. De modelstudie, uitgevoerd door Deltares, richtte zich voornamelijk op het voorspellen van de golven in het Markermeer. Een goede voorspelling van de golfdynamiek is nodig omdat de golven het bodemmateriaal in suspensie brengen van materiaal en daarmee een noodzakelijke voorwaarde zijn voor een goede voorspelling van het slibgehalte. Een eerste validatieslag gaf reden tot aanpassing van het modelinstrumentarium. Een belangrijke aanpassing is het gebruik van SWAN voor het voorspellen van golven. Uit de vervolvalidatie is gebleken dat dit aangepaste model goed in staat was om de golfdynamiek rond de luwtestructuur te voorspellen. Dit vernieuwde model is vervolgens gebruikt voor de modellering van verschillende scenario's van combinaties van maatregelen [58][59][72].

Invloed van windrichting

Enkele resultaten uit de veldmetingen [62] zijn afgebeeld in Figuur 3.2. Hierin is de troebelheidswaarde (als afgeleide maat voor het slibgehalte) in de bovenste laag tijdens enkele storm events (9 december 2011 en 6 januari 2012) en een situatie net na de aanwezigheid van ijs (22 februari 2012) weergegeven. Het blijkt dat bij wind uit het westen (9 december 2001) vooral luwte - en daardoor een lagere troebelheid - ontstaat aan de oostzijde van het scherm. Bij wind uit het noord(westen), zoals op 6 januari 2012, zorgt de structuur voor weinig luwte. De effecten zijn dus sterk afhankelijk van de windrichting op de dag vóór de meting en positionering van de structuur.



Figuur 3.2: Effect van luwtestructuur in het veldexperiment op de troebelheid (mg/l) bij verschillende weerssituaties (links 9/12 en midden 6/1: na storm event; rechts 22/2: na ijsbedekking)

Net na een situatie met ijsbedekking is de concentratie erg laag. Vanwege de rustige omstandigheden heeft het slib tijd gehad om uit te zakken. De troebelheid die nog aanwezig is kan worden gezien als een achtergrondconcentratie. Dit is de minimale concentratie die vrijwel altijd aanwezig zal zijn. De gemeten waarde van ongeveer 30 mg/l komt goed overeen met eerdere metingen van achtergrondconcentratie [61].

Invloed op samenstelling zwevend slib en sediment

Resultaten uit sedimentvallen laten geen duidelijk verschil zien in de samenstelling van het zwevend sediment (slib) voor en achter de luwtestructuur. Echter er is wel verschil te zien in samenstelling van het zwevend sediment tussen winter en zomer periode. In de winterperiode is de hoeveelheid organisch stof (gloeiverlies) duidelijk lager dan in de zomer (10% resp. 25-30%).

Het organisch stof gehalte van het ingevangen slib correleert negatief met de sedimentatiesnelheid (relatief hoge sedimentatie met laag organisch stof in de herfst en winter, relatief lage sedimentatie met hoog organisch stof in de zomer).

De samenstelling van het sediment op bodem verschilt niet tussen monsters genomen ten noorden en zuiden van de luwtestructuur. Wel valt op dat na een periode van ijs op enkele locaties een toename van fijn sediment (<16 mu) is waar te nemen. Dit is het fijne materiaal dat alleen tijdens zeer rustige perioden kan sedimenteren.

Sedimentatie

De bruto sedimentatie is door metingen met sedimentvallen bepaald tijdens het veldexperiment. Er is weinig verschil waar te nemen tussen de locaties ten noorden en zuiden van de luwtestructuur. Door de wisselende windrichtingen ligt de luwte afwisselend aan een andere kant van de structuur. Dit zorgt er voor dat de bruto sedimentatie ook aan beide zijden plaatsvindt. De resultaten laten wel zien dat de sedimentatie in de winter (stormperiode) hoger is dan in de zomer.

Ook de netto sedimentatie aan de bodem is gedurende het veldexperiment gemeten. Deze sedimentatie is echter beperkt tot enkele cm's per jaar in de directe omgeving van de structuur en laat dus vergelijkbare waarden zien als de modelresultaten. Aan de noordzijde is de sedimentatie sterker dan aan de zuidzijde.

Ecologische effecten

Gezien de korte duur van het veldexperiment luwtestructuur zijn er geen uitgebreide metingen aan ecologische effecten uitgevoerd. Alleen algen zijn gemeten omdat deze heel snel reageren op veranderende milieuomstandigheden.

De algenconcentratie (gemeten als chlorofyl) en de globale soorten samenstelling (gemeten met de flowcytometer) verschillen niet noemenswaardig aan beide zijden van het slibscherm [62]. De ANT studie heeft inmiddels aangetoond dat algenontwikkeling voedselgelimiteerd is en dat doorzichtverbetering ondergeschikt is.

Dit betekent ook dat er geen extra algengroei optreedt aan de luwe zijde van de structuur. Bij het aantakken van de luwtestructuur aan land, zoals in de modelberekeningen 2012 zijn gedaan, zou dit effect echter wel kunnen optreden, zeker als daarmee een uitslagpunt van de Noord-Hollandse boezem wordt ingesloten. Dit risico wordt nog nader onderzocht, maar gezien het geconstateerde voedselgebrek in het Markermeer in de ANT-studie lijkt de lozing van polderwater voorsnog geen probleem op te leveren.

3.2.4 Lessons learned over luwtmaatregelen

Het in 2011-2012 uitgevoerde experiment luwtestructuur heeft waardevolle informatie opgeleverd voor een beter begrip van de slibhuishouding in het Markermeer. Het uitvoeren van het experiment heeft tevens bijgedragen aan de maatschappelijke discussie rond nut en noodzaak van maatregelen in het Hoornse Hop. Op basis van de meetgegevens is het modelinstrumentarium waarmee stroming, golven en sedimenttransport worden beschreven aanzienlijk verbeterd en geschikt gemaakt om op willekeurige plaatsen in het Markermeer-IJmeer de effecten van maatregelen op de slibhuishouding te voorspellen. Belangrijke conclusies uit experiment en modellering zijn:

- Oriëntatie van luwtmaatregelen t.o.v. overheersende windrichting is van groot belang voor de effectiviteit; Zowel golven als stroming spelen daarbij een rol.
- Stroming is vooral van belang bij langdurige perioden met sterke wind uit een zelfde richting. De stromingsrichting aan de bodem kan substantieel afwijken van de windrichting en kan bovendien door de luwtestructuur worden beïnvloed.
- De beïnvloedinglengte van de structuur (gebied waarin het slibgehalte wordt verminderd) aan de lei(luwte)zijde is globaal in de zelfde orde van grootte als de lengte van de structuur.
- Maximale sedimentatie rond de structuur is lokaal in de orde van grootte van centimeters per jaar.
- Luwtestructuren zijn het meest effectief als deze over de gehele waterhoogte en als starre constructie worden uitgevoerd (maximale absorptie energie).
- Langere structuren dienen bij voorkeur ook openingen te bevatten om gradiënten in doorzicht en toegankelijkheid mogelijk te maken.

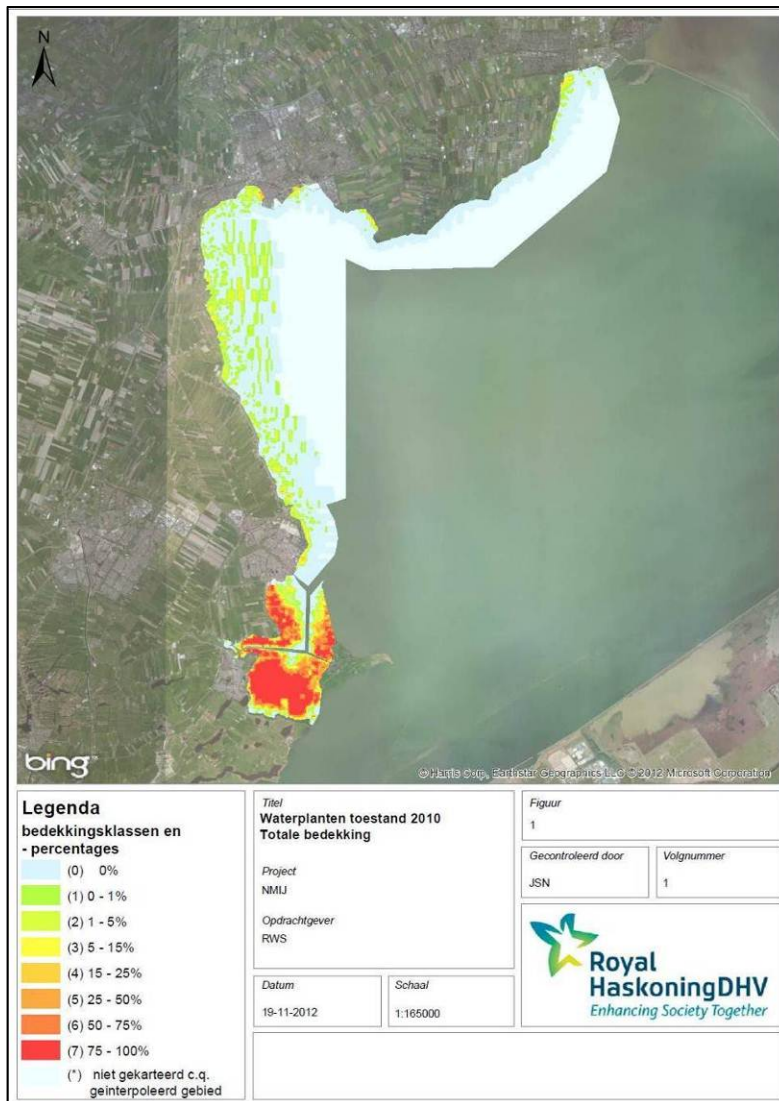
3.2.5 Locatiekeuze en vorm

Luwtestructuren kunnen in feite in alle ondiepe delen van het Markermeer effectief worden toegepast. Het is vooral een kwestie van optimaliseren tussen aanlegkosten en te bereiken effecten. De vermindering van het slibgehalte is enerzijds bedoeld om lokaal heldere zones voor de vergroting van de habitatdiversiteit te beschermen, te versterken of te creëren. Anderzijds is het van belang voor visetende vogels te streven naar gradiënten in slibgehalte.

Vooraf de ondiepe delen van het Markermeer en het IJmeer, waar het water ook nu al iets helderder is dan in het midden van het Markermeer, zijn kansrijke plaatsen voor luwtegebieden en luwtestructuren. De belangrijkste voorwaarden voor waterplanten worden gevormd door doorzicht en diepte, maar ook het substraat moet geschikt zijn en verstoring (recreatie, vogels) moet minimaal zijn.

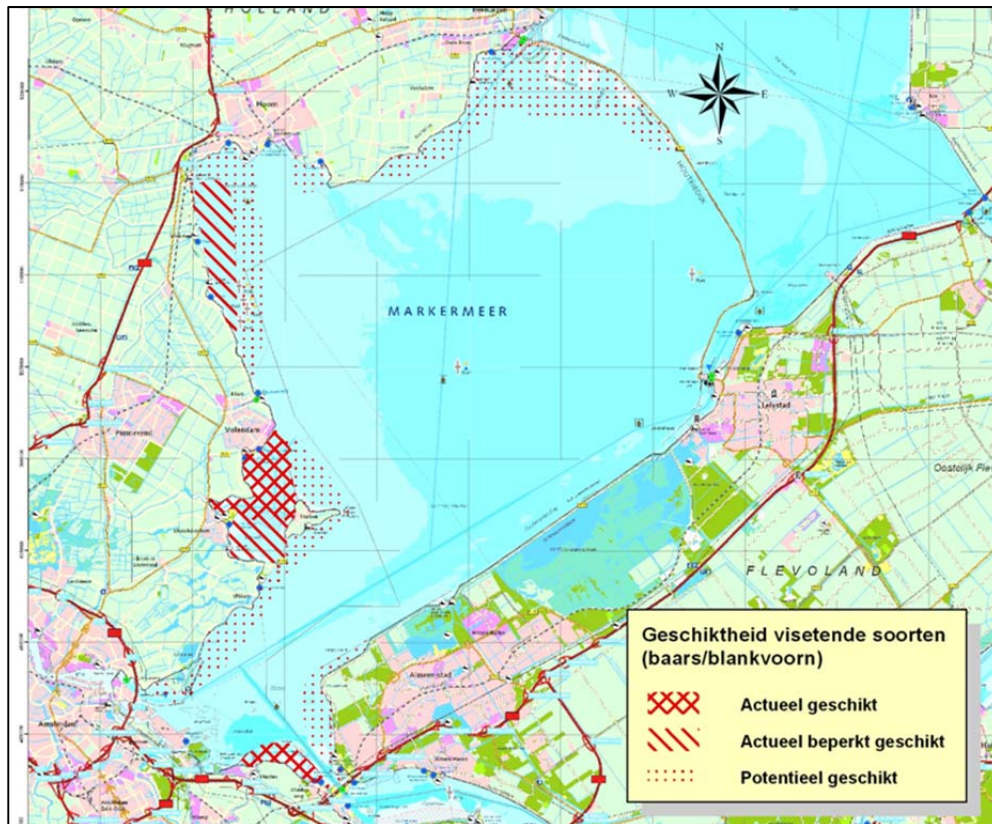
Figuur 3.3 laat zien dat langs de Noord-Hollandse kust al gebieden met waterplanten aanwezig zijn. De dichtheden (bedekkingspercentages) zijn echter nog laag. Deze zone wordt daarom aangemerkt als geschikt voor toepassing van luwtestructuren. In eerste instantie zijn mogelijke locaties langs de hele Noord-Hollandse kust onderzocht. In de periode 2010-2012 heeft de focus vooral gelegen op het Hoornse Hop als geschikte locatie voor luwtestructuren. Dit is ook de locatie waar het veldexperiment is uitgevoerd. Verder fungeert de Hoeckelingsdam al als luwtestructuur.

Deze dam wordt daarom ook meegenomen in de verdere analyse, net als het eventuele grootschalige moeras dat door zijn aanwezigheid in het gebied tussen het moeras en de Houtribdijk voor een luwe zone zal zorgen. Het nadeel van dit laatste luwtegebied is echter de relatief grote diepte van 4 m waardoor het niet een gebied zal zijn voor waterplantenontwikkeling.



Figuur 3.3: Actueel (2012) areaal waterplanten (Monitoring RWS)

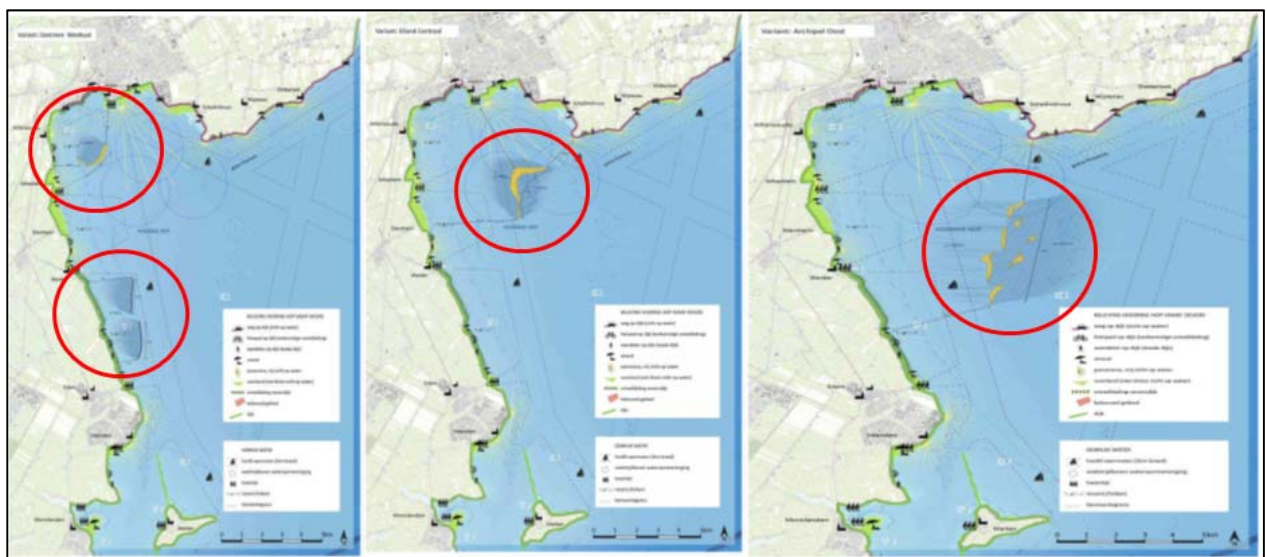
In Figuur 3.4 is aangegeven waar de condities geschikt zijn voor het creëren van luwte gebieden met een gewenste waterplantvegetatie ten behoeve van jonge vis. Daarbij wordt gestreefd naar een waterplantontwikkeling met een open structuur.



Figuur 3.4: Indicatie geschiktheid voor visetende vogelsoorten (met als prooi Baars/Blankvoorn)

Hoornse Hop

In de MIRT Verkenning zijn 3 verschillende alternatieven van luwtemaatregelen in het Hoornse Hop in meer detail bekeken [76]. De drie alternatieven staan in figuur 3.5.



Figuur 3.5: Alternatieven uit de MIRT Verkenning. vlnr. 1) Dammen West, 2) Eiland centraal en 3) Archipel Oost

1) Dammen West:

Dit alternatief is opgebouwd uit een tweetal dammen en een eilandje voor de westkust. Voor de kust van Warder en Edam bevinden zich twee licht gekromde dammen van 1,8 km. De afstand tot de kust is ongeveer 2 km. Het eiland ten noorden van Schardam is ongeveer 2 km lang en ligt 1,5 km tot 2,5 km uit de kust.

2) Eiland Centraal:

Dit alternatief omvat een langgerekt eiland, centraal gelegen in de baai voor Hoorn. De lengte van het eiland is ongeveer 3 km. Op het breedste deel is het eiland ca. 300 – 400 m breed. De zuidpunt loopt in een lange ca. 30 – 50 m brede rug uit. De dichtstbijzijnde afstand tot de kust bedraagt 1,8 km. Dit is vanaf de meest uitstekende punt van de dijk voorbij Schellinkhout (de Nek). De afstand tot de kust bij Hoorn bedraagt 3,5 tot 4,5 km, de afstand tot de kust tussen Scharwoude en Warder is 3,5 km.

3) Archipel Oost:

Deze bestaat uit een groep van 7 eilanden van verschillende vorm en formaat. De archipel in totaal is 5 km lang. De noordkant van de archipel ligt op 3 km van de meest zuidelijke punt voorbij Schellinkhout. De zuidkant van de archipel ligt op 3,5 km van de kust tussen Warder en Edam. Op deze afstand van het vaste land in een dergelijk groot water past het om te werken met eilanden in plaats van met dammen. Vandaar dat gekozen is voor een grote doch losse formatie eilanden. De eilanden liggen minimaal 300 m uit elkaar.

De effecten van deze drie alternatieven op de slibconcentraties, sedimentatie, stroomsnelheden, licht en doorzicht in het Hoornse Hop zijn met het water- en slibmodel doorgerekend (zie 3.2.6). Met de uitkomsten hiervan en de meest recente kennis uit ANT en NMIJ zijn de ecologische effecten op basis van expert judgement in kaart gebracht. Binnen de scenarioberekeningen op systeemniveau van NMIJ in 2013 is Dammen West in één scenario opgenomen (zie volgende paragrafen).

Enkhuizerzand

Tijdens het opstellen van de NMIJ Hypothese/eerste synthese 2013 is binnen NMIJ ook gekeken naar de locatie Enkhuizerzand als potentieel geschikte plek voor vegetatieontwikkeling. Dit in verband met de beperkte diepte en het zandige substraat. Momenteel wordt daar geen onderwatervegetatie aangetroffen omdat de golf- en waterbeweging vermoedelijk tot een te sterk dynamisch milieu leiden. Met luwtestructuren of golfbrekers zouden ook in dat gebied de vestigingsmogelijkheden voor waterplanten verbeterd kunnen worden.

Deze locatie is modelmatig onderzocht als aanvulling op het al lopende onderzoek van de luwtestructuren in het Hoornse Hop [76] omdat op die locatie het areaal waterplanten al gedurende enkele jaren autonoom toeneemt. De dichtheid blijft echter nog achter.

3.2.6 Effecten op lokaal niveau: luwtestructuren in het Hoornse Hop

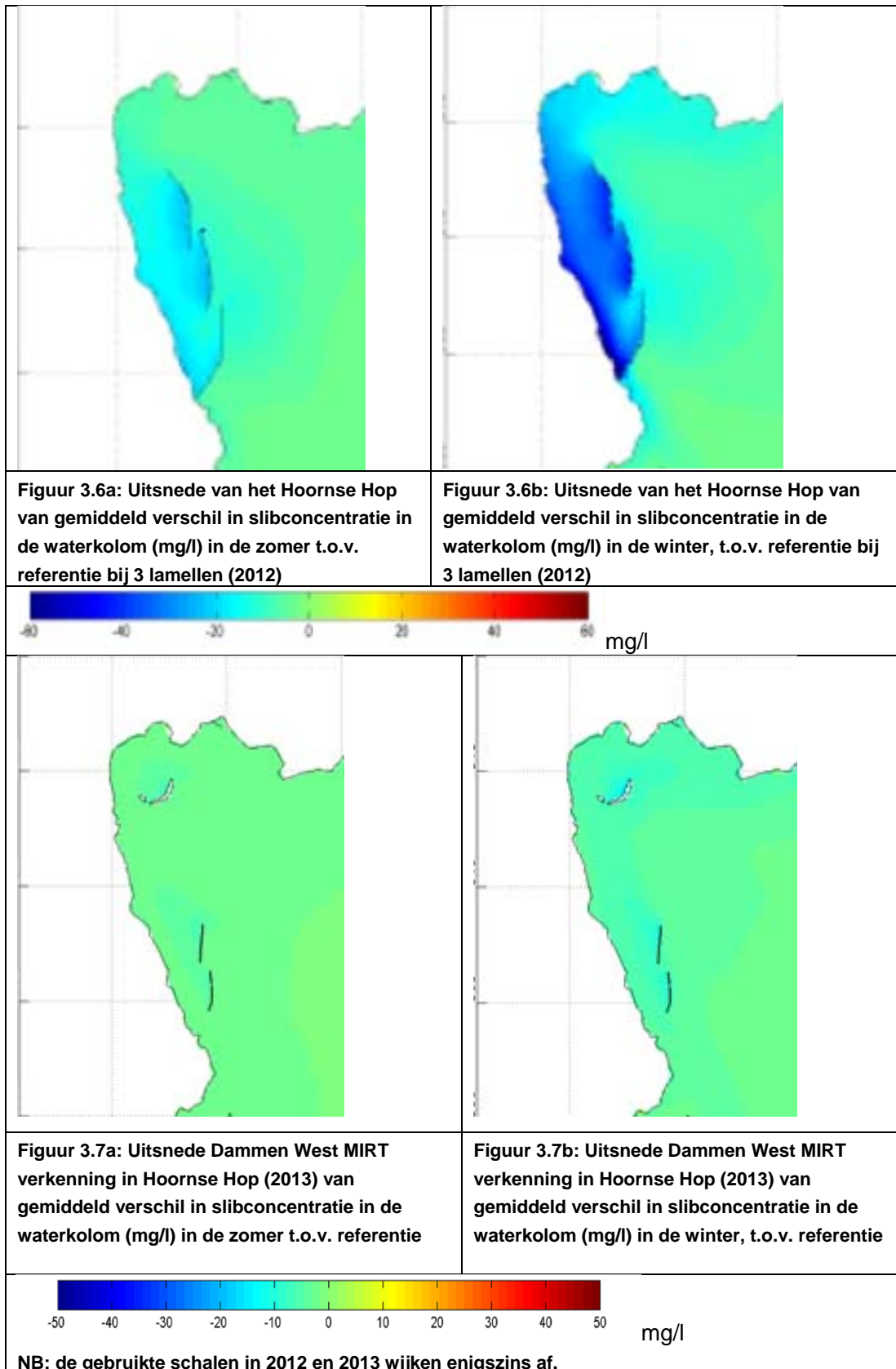
Slibconcentratie

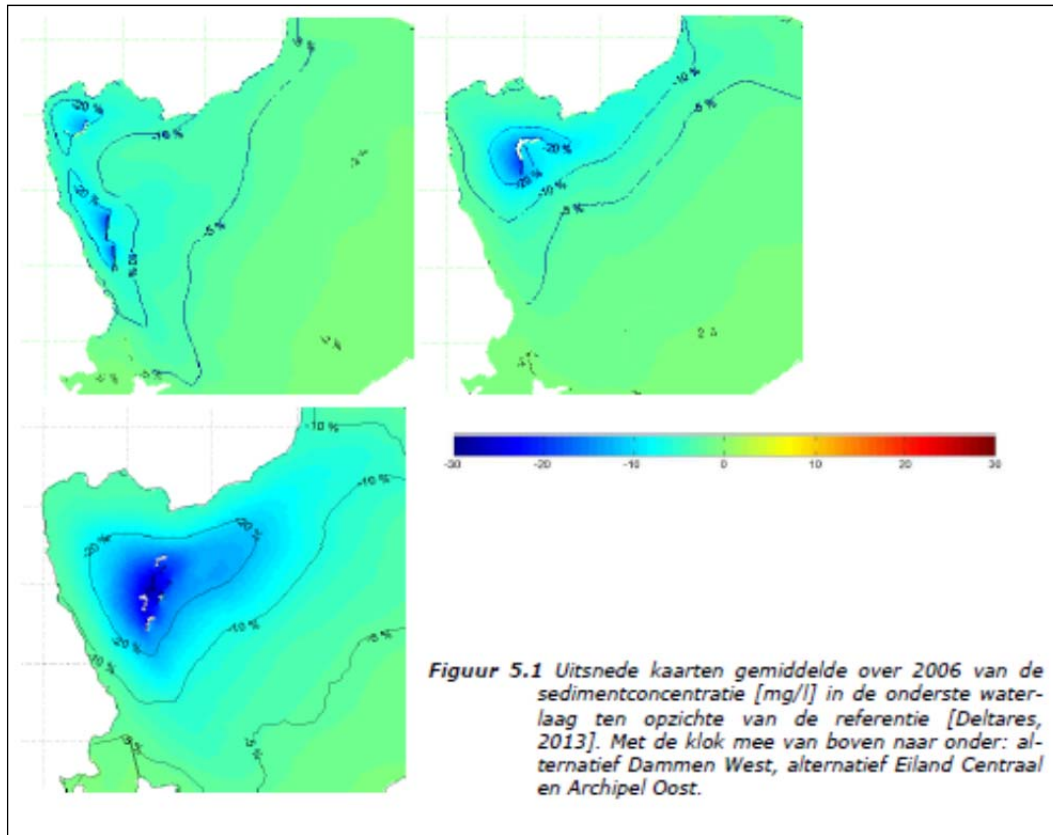
Het effect van luwtestructuren in het Hoornse Hop is in 2012 bepaald aan de hand van een modelscenario met drie “lamellen”. De slibconcentraties nemen volgens het model vooral achter deze luwte-structuren af met ongeveer 20 tot 40 mg/l. De effecten zijn weergegeven in Figuur 3.6a (zomer) en 3.6b (winter).

Vooral in de winter werkt het effect ook door in een grote zone langs de kust van het Hoornse Hop waarbij de concentraties afnemen met ongeveer 10 mg/l. De figuren geven het verschil in slibconcentratie (mg/l) in de waterkolom ten opzichte van de referentiesituatie (is huidige situatie zonder maatregelen). Een blauwe kleur geeft de verlaging aan van de slibconcentratie in het water. Groen is vrijwel ongewijzigd. Het effect in de winter is groter omdat de slibconcentraties in de winter ook hoger liggen door de gemiddeld sterkere wind. Een luvtestructuur kan bij voldoende lengte in dit geval dan een groter netto effect hebben.

In 2013 zijn nieuwe scenarioberekeningen uitgevoerd met het model. In deze scenario's is rekening gehouden met één van de varianten van de MIRT verkenning, namelijk 'Dammen West'. Deze variant wordt gekenmerkt door 3 structuren verspreid langs de Noord-Hollandse kust: twee dammen ter hoogte van Edam en een eiland dichtbij Hoorn. Figuur 3.7 laat de effecten zien op de gemiddelde slibconcentratie.

Een groot verschil met de structuren die in 2012 zijn doorgerekend is de dimensie. De structuren uit de MIRT verkenning zijn duidelijk kleiner, liggen verspreid van elkaar en zijn niet aangesloten op de kust. Dit heeft effect op de verlaging van de slibconcentratie. Figuur 3.7 laat zien dat de verlaging aan de bodem 5 tot 10 mg/l bedraagt in de winter. In de zomer is dit 5 mg/l of minder. Dit is een verschil met de effecten van de structuren uit de sommen van 2012. Het verschil wordt voornamelijk bepaald door het verschil in dimensie van de structuren en de aansluiting op de kust.



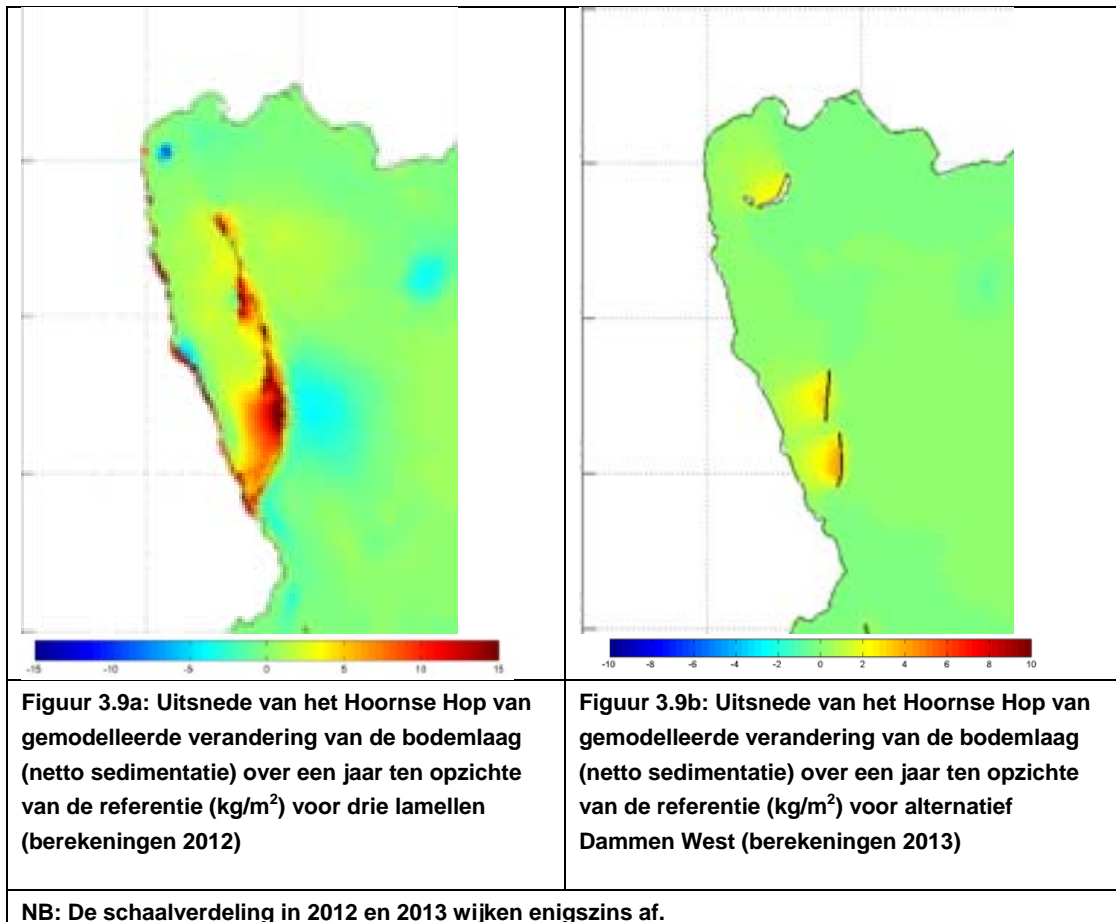


Figuur 3.8: Sedimentberekeningen voor drie alternatieven in de MIRT Verkenning Hoornse Hop [76]
NB: in het bijschrift van de figuur staat als eenheid mg/l, maar dit moet zijn percentage verschil

De onderlinge vergelijking van de drie alternatieven is in de MIRT Verkenning door Deltares uitgevoerd (zie fig. 3.8) en toont duidelijke verschillen.

Erosie en sedimentatie

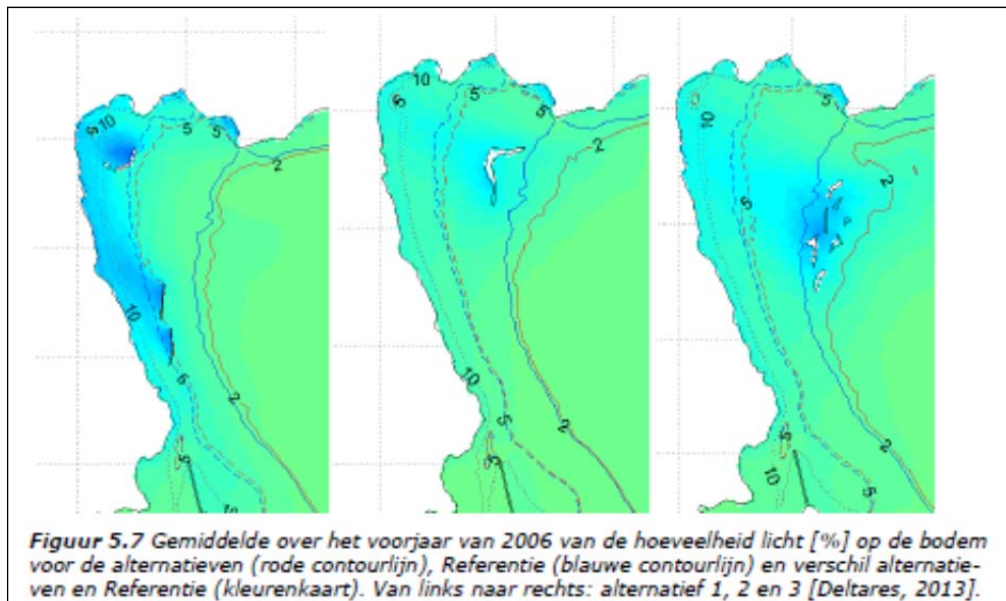
De modelberekeningen geven ook inzicht in de mate van sedimentatie rond luwtestructuren. In de scenarioberekeningen van NMIJ in 2013 is alleen het alternatief Dammen West meegenomen. Het scenario met alternatief Dammen West uit de MIRT verkenning laat minder netto sedimentatie zien (figuur 3.9b) dan de drie lamellen uit het scenario van 2012 (figuur 3.9a). Dit komt door dezelfde redenen als de mindere verlaging van het slibgehalte.



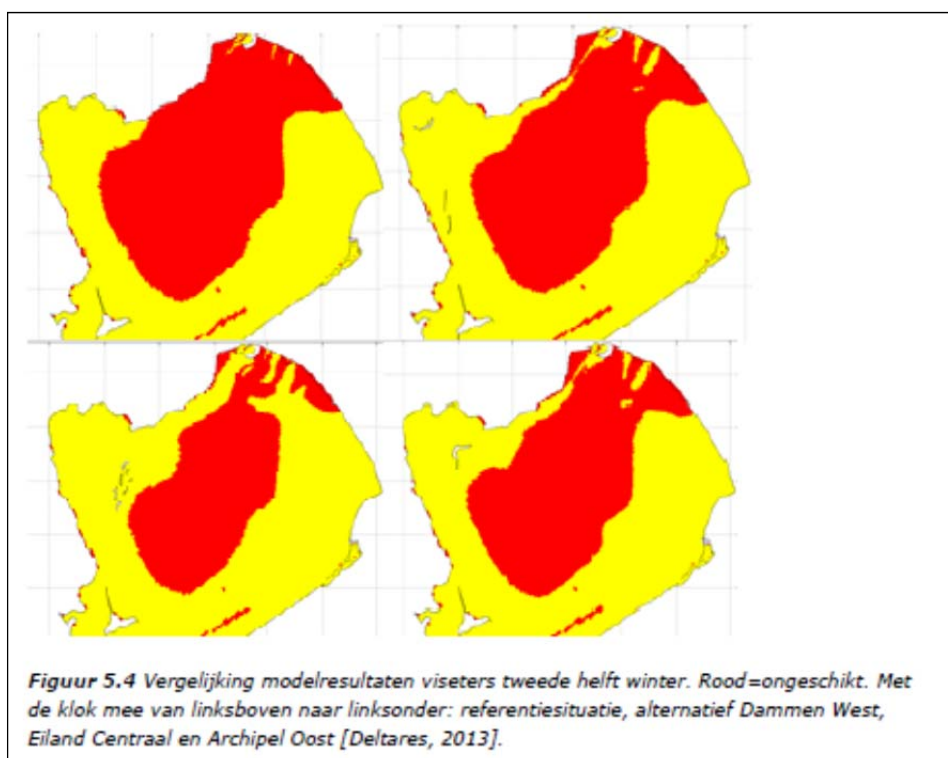
Ecologische ontwikkeling

Binnen het modelinstrumentarium van NMIJ worden de ecologische effecten van luwte maatregelen doorgerekend met het model HABITAT. Dit is een statisch, ruimtelijk bepaald model waarin dosis-respons- of habitatgeschiktheidsmodellen voor soorten en soortgroepen zijn ondergebracht. Tijdens de scenarioberekeningen is een aantal knelpunten naar voren gekomen, die ertoe leiden dat op deze plaats geen betrouwbare resultaten gepresenteerd kunnen worden. In paragraaf 6.5 komt dit uitgebreider aan de orde.

Binnen de MIRT verkenning zijn de effecten van de drie alternatieven op de slibconcentraties, sedimentatie, stroomsnelheden, licht (zie figuur 3.10) en doorzicht in de Hoornse Hop met het water- en slibmodel doorgerekend. Met de uitkomsten hiervan en de meest recente kennis uit ANT en NMIJ zijn de ecologische effecten op basis van expert judgement in kaart gebracht. Hierin is de berekende hoeveelheid doorzicht ruimtelijk doorvertaald naar geschiktheid voor mossetende en visetende vogelsoorten. (zie resp. figuren 3.10 en 3.11).



Figuur 3.10: Vergelijking van alternatieven MIRT Verkenning voor het aspect hoeveelheid licht op de bodem [76]



Figuur 3.11: Vergelijking van alternatieven MIRT Verkenning voor het aspect geschiktheid voor visetende vogels [76]

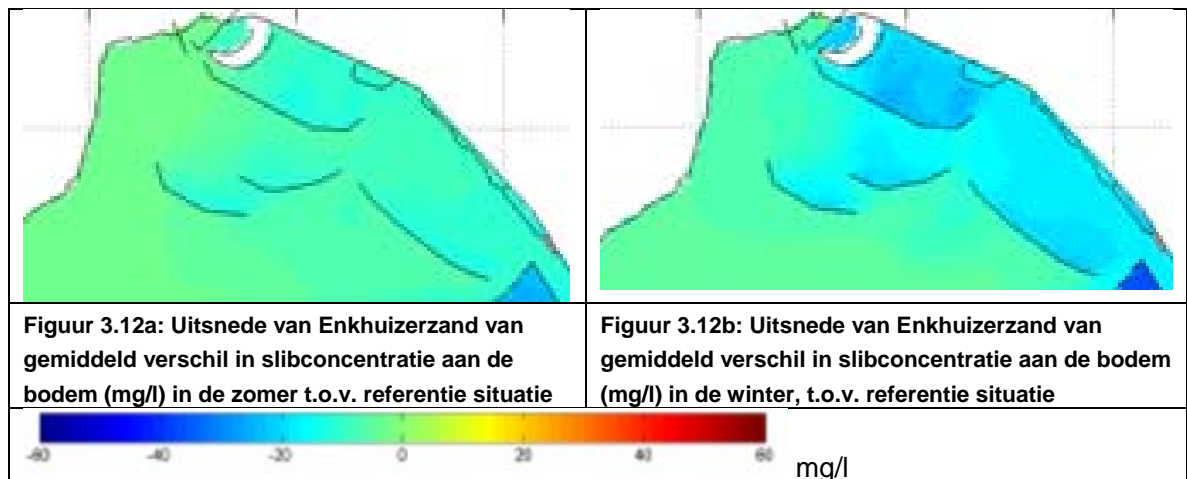
Kort samengevat laat de vergelijking van de alternatieven zien dat de effectiviteit verschilt per (doel)soortgroep. De Dammen West dragen het meest bij aan het beschermen en versterken van waterplanten, terwijl de Archipel Oost het meest bijdraagt aan het vergroten van de slibgradiënt.

Deze is vooral van belang voor visetende vogels. Het Eiland centraal kent een intermediaire positie met relatief en absoluut weinig ecologische winst.

3.2.7 Effecten op lokaal niveau: Enkhuizerzand

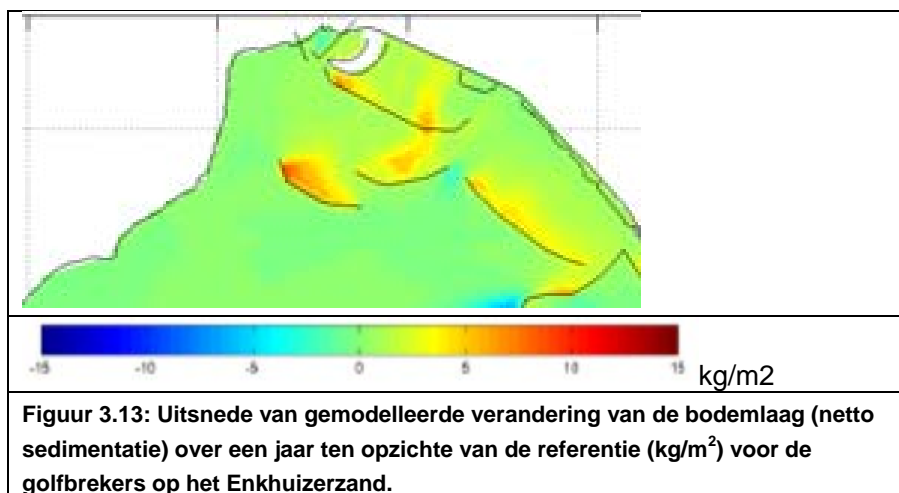
Slibconcentratie

Het effect van een aantal luwtestructuren of golfbrekers op het Enkhuizerzand is voor het eerst bepaald in de scenarioberekeningen van 2013. Figuur 3.12 laat ook deze effecten zien als verschilkaarten ten opzichte van de referentiesituatie voor zowel de zomer- als winterperiode. Hierbij moet wel worden opgemerkt dat de structuren alleen in scenario 3 zijn gesimuleerd, dus inclusief een groot oppervlak van de Marker Wadden. Voor de effecten op de slibdynamica, zullen beide maatregelen enige interactie hebben. De verlaging van de slibconcentratie aan de bodem in de zomer op het Enkhuizerzand is in de orde van 10 mg/l. In de winter is dat 10 tot 20 mg/l.



Erosie en sedimentatie

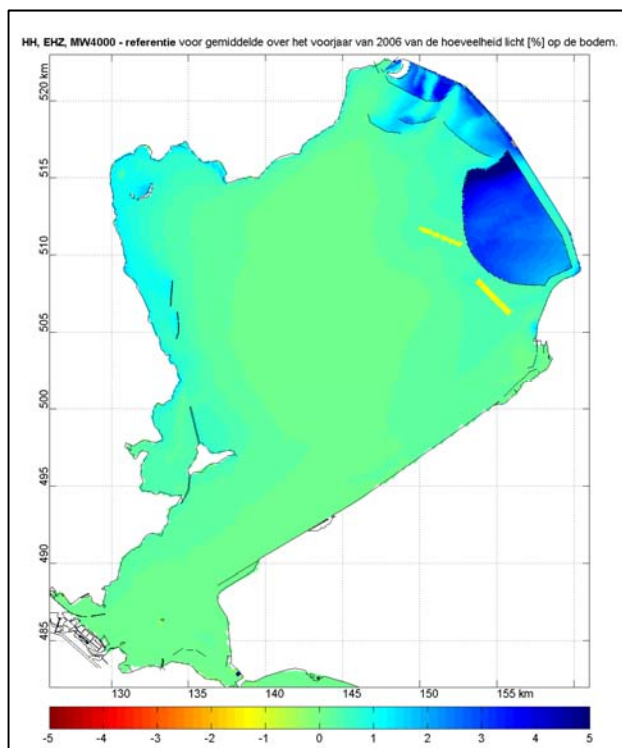
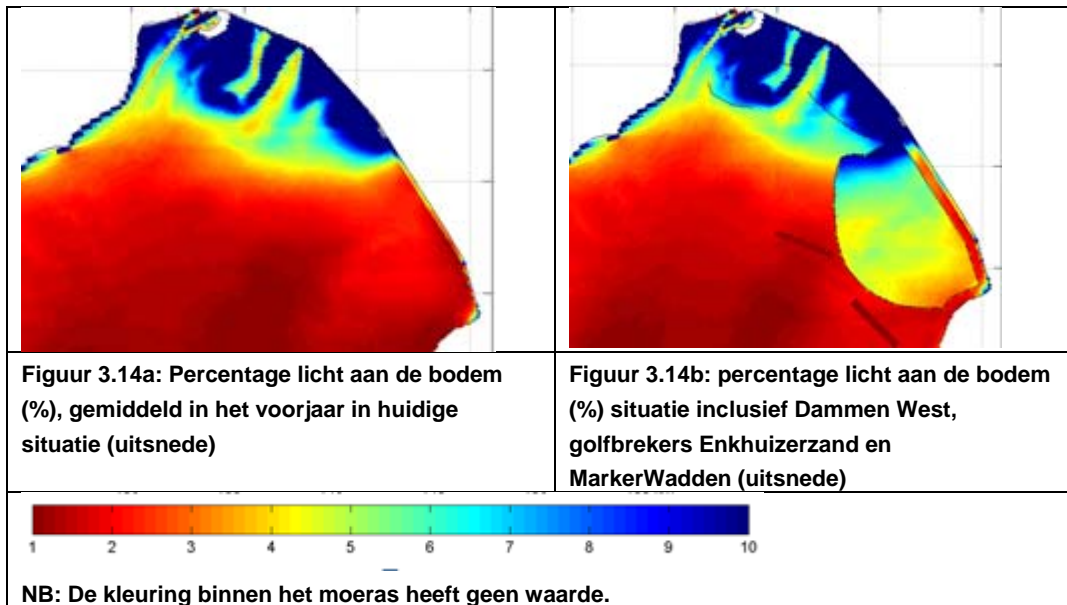
De sedimentatie van slib achter de luwtestructuren op het Enkhuizerzand is weergegeven in figuur 3.13. De sedimentatie is dezelfde orde als bij de structuren aan de westkust, echter van een mindere orde als bij de structuren die zijn doorgerekend in 2012.



Ecologische ontwikkeling

Zoals hierboven al is opgemerkt kon het HABITAT modelinstrument niet betrouwbaar ingezet worden voor het berekenen van de effecten van de golfbrekers op het Enkhuizerzand. De hypothese is dat niet zozeer het lichtklimaat maar de water- en golfdynamiek de beperkende factor is voor waterplantontwikkeling. De vegetatieontwikkeling achter de hockeysticks (ijsbrekers) langs de Houtribdijk vormen hiervoor een sterke aanwijzing. De luwe arealen zijn vrijwel volledig begroeid met waterplanten. Het substraat is evenals op het Enkhuizerzand zandig.

Een eerste benadering van de ecologische potenties bieden de kaarten van het percentage licht aan de bodem. Dit biedt informatie over de mogelijkheden voor waterplanten. Een beperking is gelegen in het feit dat het gaat om de gemodelleerde lichtuitdoving door slib. Algen zijn hierin niet meegenomen. Aangezien op de dit moment de algengroei voornamelijk voedsel gelimiteerd is, lijkt dit een redelijke benadering. In figuur 3.14a en b zijn de huidige situatie en situatie met maatregelen (Dammen West, Enkhuizerzand en Markermeermoeras in absolute waarden uitgezet. In Figuur 3.15 is het procentuele verschil uitgezet. Uit deze laatste figuur blijkt dat de golfbrekers op het Enkhuizerzand een verbetering in het lichtklimaat kunnen bieden en daarmee een geschikte locatie is om het areaal waterplanten te vergroten.



Figuur 3.15: Verschilsituatie in percentage licht aan de bodem (%) in het voorjaar, tussen referentie en maatregelen (Dammen West in het Hoornse Hop, Markermeermoeras en golfbrekers Enkhuizerzand)

3.2.8 Effectiviteit van luwtemaatregelen op systeemniveau

In 2012 zijn de eerste scenarioberekeningen voor het bepalen van de effecten van maatregelen op systeemniveau uitgevoerd [70]. Doorgerkend zijn twee startscenario's:

- Huidige situatie zonder maatregelen.
- Referentie situatie – huidige situatie inclusief beoogd moeras.

En twee maatregelscenario's:

- Luwtestructuur in drie delen (totaal 10 km) langs de Noord-Hollandse kust tot in het Hoornse Hop (zie 3.2.6).
- Luwtestructuur zoals hierboven genoemd inclusief vooroever Lepelaarplassen.

De hoofdconclusies van die berekeningen waren:

- De aanwezigheid van de vooroever Lepelaarplassen heeft verwaarloosbare invloed op het slibgehalte in het Markermeersysteem.
- Het effect van de aanwezigheid van het moeras (in langgerekte vorm voor de Houtribdijk) op de slibcirculatie is bepaald uit een vergelijking tussen modelscenario Huidige situatie en Referentie situatie. Deze vergelijking laat zien dat ten gevolge van de aanwezigheid van het moeras het slibgehalte in het midden van het meer toenemen met enkele mg/l. Dit is een direct gevolg van het afbuigen van de slibstroming die normaliter langs de Houtribdijk loopt. Deze wordt nu richting het centrum van het meer afgebogen.
- Voor de MIRT verkenning zijn bij de luwtestructuren in het Hoornse Hop slib en ecologie een hoofdonderdeel, maar niet het enige mee te wegen onderdeel.
- De luwtestructuren hebben een lokaal effect in het Hoornse Hop. De effecten van deze structuren voor het hele Markermeer zijn beperkt.

Voor de resultaten van 2013 zie hoofdstuk 6.

3.2.9 Aanlegstrategie en kosten

De kosten voor luwtestructuren in het Hoornse Hop zijn sterk afhankelijk van de wijze waarop deze worden uitgevoerd, zoals type materiaal en lengte. In september 2008 is door Ecorys een kostenraming opgesteld voor diverse maatregelen om de ecologie van het Markermeer-IJmeer te versterken. De Werkmaatschappij Markermeer-IJmeer (WMIJ) heeft in 2011 een optimalisatie van het Toekomst Bestendig Ecologisch Systeem uitgevoerd [51] waarin de daarvoor benodigde maatregelen zijn bijgesteld en opnieuw begroot [65].

In 2008 is uitgegaan van golfbekers met een totale lengte van 17 km. Deze lengte was bepaald op basis van een gewenste ligging volgens inzichten van de Provincies Noord-Holland en Flevoland. De lengte is bij de actualisatie in 2011 gereduceerd tot 12 km om openingen te creëren met als voornaamste doel de passeerbaarheid voor recreatievaart.

Uit de in 2012 uitgevoerde kostenraming van maatregelen ten behoeve van ANT-soorten [38] volgt dat de kosten van dammen als luwtestructuren sterk afhankelijk zijn van de herkomst van het materiaal.

Tabel 3.1: Investeringskosten van verschillende varianten luwtestructuren [65]

Variant	Beschrijving	Herkomst grondstof	Afmeting	Investeringskosten*
1	Dam van zand en afdekking met stortsteen	Zand uit VAL-concessie	Kruinbr. 3 m	3,1 mln. €/km +/- 25%
2	Dam van geotubes met slib en afdekking met stortsteen	Slib incl. winning en transport	Kruinbr. 3 m	2,8 mln. €/km +/- 25%
3	Dam van geotubes met slib en afdekking met stortsteen	Slib kosteloos aangeleverd op locatie	Kruinbr. 3 m	2,6 mln. €/km +/- 25%

* = Prijspeil 2012, inclusief BTW, indirecte en overige kosten.

Investeringskosten zijn daarbij recht evenredig met de lengte van de structuur. Ongemerkt dient te worden dat fabrikant van geotubes (ten Cate) aangeeft dat met geotubes gevuld met zand een maximale hoogte van 2,8 meter kan worden gehaald. Bij een grotere waterdiepte dienen de geotubes dus gestapeld te worden (2 onder, 1 boven). De geschiktheid van gebaggerd slib als vulmateriaal wordt door de fabrikant betwijfeld en is sterk afhankelijk van de korrelgrootteverdeling. Een meer definitieve kostenraming en aanlegstrategie hangt sterk samen met de locatie en exacte vormgeving, bijvoorbeeld dammen of juist grotere natuureilanden. Wanneer de structuur vooral een geleidingsfunctie dient te hebben kan echter ook een minder starre constructie worden toegepast, die minder kostbaar is.

Luwtemaatregelen Hoornse Hop

Bij de MIRT-verkenning van luwtemaatregelen in het Hoornse Hop wordt uitgegaan van verschillende varianten die zijn opgebouwd uit dammen en eilanden (figuur 3.16).

Tabel 4.1 Overzicht kenmerken alternatieven

Kenmerken	Alternatief Dammen West	Alternatief Eiland Centraal	Alternatief Archipel Oost
Maatregel	Twee breuksteen dammen en één eiland	Eén groot eiland	Zeven kleinere eilanden
Locatie & afstand tot de kust	Dammen voor de kust van Warder en Edam (afstand tot de kust is ca. 2 km). Eiland ten noorden Schardam (afstand tot de kust ca. 1,5 tot 2,5 km)	Centraal in de baai van Hoorn (afstand tot de kust ca. 1,8 km)	Noordkant archipel ca. 3 km vanaf de meest zuidelijke punt van Schellinkhout, zuidelijke punt ca. 3,5 km vanaf de kust tussen Warder en Edam.
Afmetingen	Dammen: ca. 1,8 km lang Eiland: ca. 2 km lang	ca. 3 km lang en ca. 300 - 400 m breed	Eilanden van verschillende vorm ca. 300 m uit elkaar. Totale afmeting archipel is ca. 5 km.
Constructie en vorm	Dammen: kern van zand met breuksteen bekleding Eiland: beschermd met breuksteen (1:3 tot 1:5 talud)	Zandig eiland met talud 1:20. Oostzijde beschermd met breuksteen(1:3 tot 1:5 talud)	Zandige eilanden variërend van 1 km tot 200 m lang met talud 1:20. Oostzijde beschermd met breuksteen(1:3 tot 1:5 talud)

Figuur 3.16: Overzicht van kenmerken van de drie alternatieven in de MIRT Verkenning [77]

De totale lengte van de dammen in de eerste variant is ca. 3,6 km. Hiermee komen de kosten per strekkende meter uit op ongeveer € 3200,-. Dit is in lijn met eerdere ramingen, zie ook de volgende paragraaf.

In het alternatief Eiland Centraal is ervan uitgegaan dat in de kern van het eiland ca. 3.000.000 m³ hergebruiksmateriaal afkomstig van bagger- en grondwerken (regulier onderhoudswerk) in de omgeving wordt toegepast. Daarnaast wordt ca. 3.000.000 m³ zand en ca. 25.500 m³ stortsteen (40-200kg) geleverd. Verder worden de noordelijke en westelijke oevers niet beschermd met een steenbestorting, maar uitgevoerd in zand ('zachte oevers'). Ook bij Archipel Oost worden de noordwestelijke oevers zacht uitgevoerd. Voor de aanleg van de eilanden is uitgegaan van de leverantie van ca. 7.550.000 m³ zand en ca. 49.000 m³ stortsteen (40-200kg).

Per alternatief zijn de investerings-, beheer- en onderhoudskosten met een 25% nauwkeurigheid in beeld gebracht. In de bedragen is rekening gehouden met BTW (figuur 3.17).

Alternatieven	Enmalige investeringskosten
Dammen West	
- aanleg dammen	Ca. € 11.432.000
- aanleg eilandje nabij Hoorn	Ca. € 27.688.000
Eiland Centraal	Ca. € 48.047.000
Archipel Oost	Ca. € 91.481.000

Figuur 3.17: Overzicht van kosten van de drie alternatieven in de MIRT Verkenning [77]

Luwtemaatregelen Enkhuizerzand

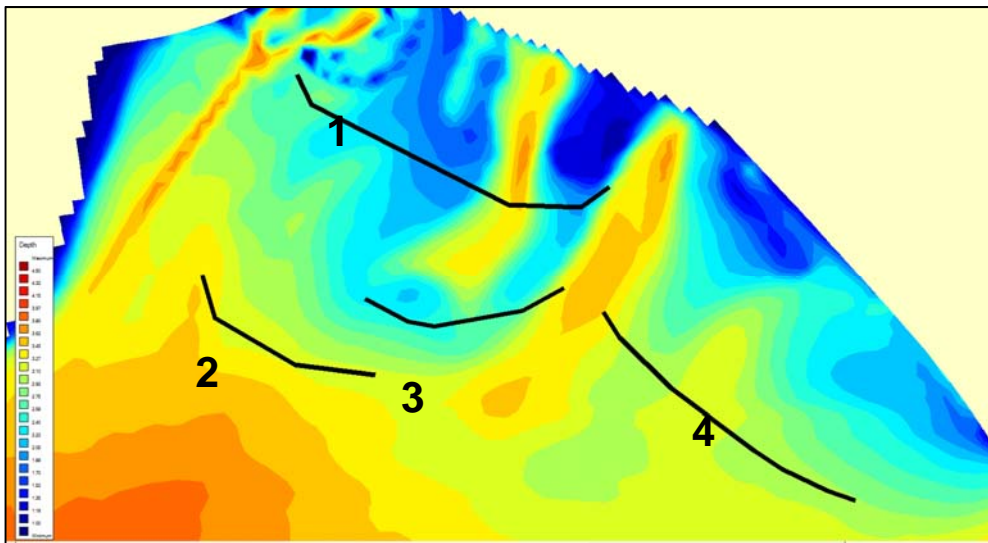
De luwtemaatregelen op en nabij het Enkhuizerzand zijn in eerdere fasen van NMIJ niet bekeken. Informatie over de aanlegstrategie en kosten is daarom beperkt.

In de scenarioberekeningen van dit jaar is de configuratie van structuren hydrodynamisch doorrekend, zoals weergegeven in onderstaande figuur. Deze configuratie is tot stand gekomen door het gebied dat geschikt wordt geacht voor waterplantontwikkeling op effectieve wijze te beschermen tegen een te grote waterdynamiek. Daarbij is rekening gehouden met het diepteverloop en de scheepvaart.

Tabel 3.2: Kenmerken van de doorgerekende luwtestructuren Enkhuizerzand

Structuur	Lengte (m)	Gemiddelde diepte (t.o.v. NAP)
1	4450	2.4 m
2	2700	3.2 m
3	2600	2.7 m
4	3950	3.1 m

De totale lengte aan luwtestructuren is ongeveer 14 km.



Figuur 3.18: Configuratie van luwtestructuren op het Enkhuizerzand die in 2013 zijn op effectiviteit zijn doorgerekend

Voor de luwtestructuren op het Enkhuizerzand bevindt de aanlegstrategie zich nog in de oriënterende fase. Er is dan ook nog niet gekeken naar mogelijke aanlegmethodes. Vooralsnog zijn alle opties open en kunnen de luwtestructuren bestaan uit zandeilanden, dammen met stortstenen, geotubes etc. Feit is wel dat de ondergrond op deze locatie stabiel is dan in de rest van het Markermeer. De ondergrond bestaat hier voornamelijk uit zand en ook de diepte is relatief beperkt. Vanwege de sedimentsamenstelling zal de ondergrond minder sterk consolideren, er is minder zettingsgevoelige klei aanwezig. Dit zal betekenen dat er minder initiële overhoogte hoeft worden aangebracht in vergelijking tot de overige locaties in het Markermeer.

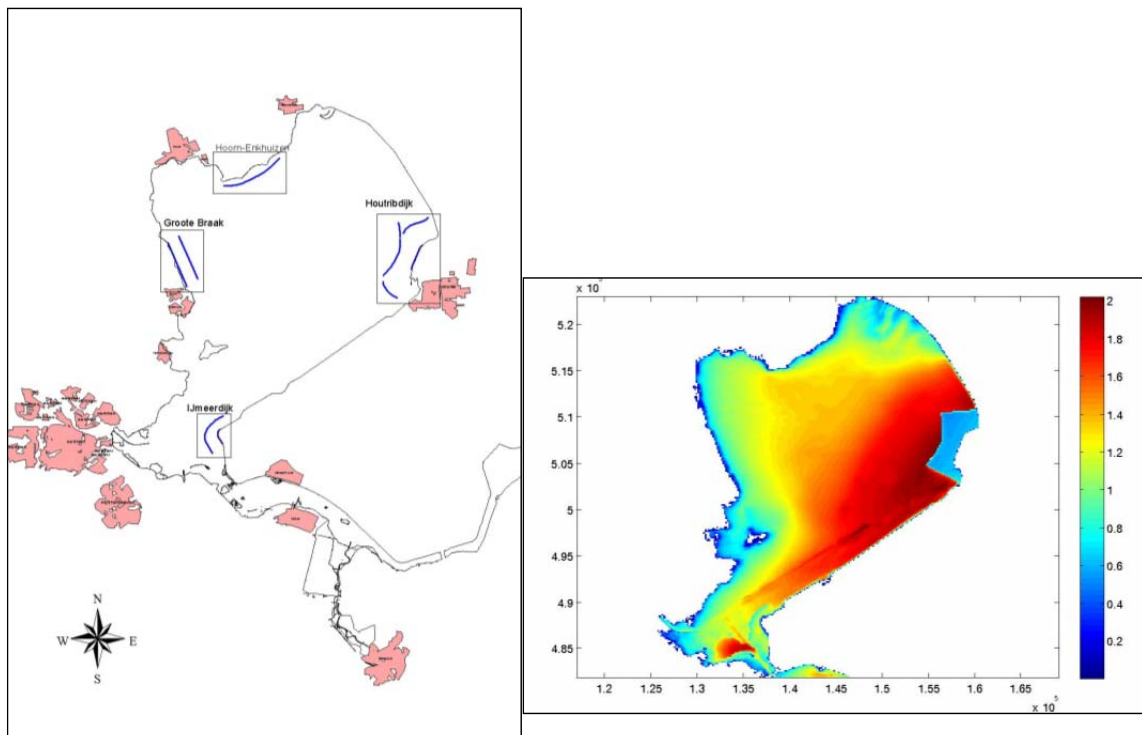
3.2.10 Synergie met veiligheid

De financiële haalbaarheid van luwtemaatregelen zou vergroot kunnen worden als de aanleg gecombineerd zou kunnen worden met veiligheidsmaatregelen. Voor deze maatregelen is doorgaans budget beschikbaar.

Berekeningen voor het Markermeer (Verheij, 2006) om de effecten van de aanleg van eilanden, ondiepten en vooroevers op de golfaanval op dijken te evalueren (zie figuur 3.19) tonen aan dat:

- Golfreducerende constructies een goed middel zijn om dijkverhoging te voorkomen of beperken. Afhankelijk van situering, afstand tot de dijk en hoogte van de golfreducerende constructie zijn verlagingen van de maatgevende belastingen van 0,5 tot wel 2 m te bereiken.
- Bij afstanden tot de dijk van meer dan 500 m de effectiviteit van golfreducerende constructies sterk afneemt. Maar als tussen de dijk en een op grotere afstand gelegen golfbreker een moeras aanwezig is, is de verlaging van de golfbelasting aanzienlijk. Er treedt nauwelijks verschil op in maatgevende condities (golfhoogten) voor de primaire dijk door de aanwezigheid van uitsluitend losse, golfreducerende constructies op een afstand van 1,5 à 2,5 km als deze niet gecombineerd is met een moeras, strand of andere aanvullende golfreducerende maatregelen.

Ook de maatregel oeverdijken is bedoeld om de dijkverhoging te voorkomen. Dit is in 2010 onderzocht (zie 4.5). In 2012 heeft Deltares onderzocht of daarbij nog winst te behalen valt als deze oeverdijk gecombineerd wordt met een luwtestructuur. De conclusie luidt dat combinatie van een luwtestructuur niet tot lagere kosten voor de oeverdijk leidt [45].



Figuur 3.19: Onderzochte locaties voor golfbrekers (links) en het effect van een golfbreker met achtergelegen ondiepte (0.4m) op de significante golfhoogte in meters (rechts)

3.2.11 Acceptatie van luwtmaatregelen

Bij het aanvragen van de vergunning en de realisatie van het veldexperiment luwtestructuur heeft NMIJ weerstand ondervonden van burgers en overheden. De weerstand zat in de volgende aspecten:

- Overlast door waterplanten. Dit geldt voor recreatievaart maar ook voor zwemmers aan de Noord-Hollandse kust: Dit bezwaar raakt aan het hoofddoel van de luwtestructuur: het verminderen van slibgehalte om lichtklimaat voor waterplanten te verbeteren.
- Blokkade van vaarroutes: Het beeld bestaat dat het Hoornse Hop wordt afgesloten met dammen. In het voorontwerp en de optimalisatie zal dan ook rekening gehouden moeten worden met de dominante vaarroutes tussen Hoorn en Edam/Marken. Ook verwacht men beperkingen voor wedstrijdzeilers en kitesurfers.
- Openheid landschap: bewoners langs de Noord-Hollandse kust, maar ook bezoekende toeristen hechten veel waarde aan de openheid van het Markermeer en onbepert weids uitzicht.

- Dichtslibben van havens: In sommige havens aan de Noord-Hollandse kust is dichtslibben een probleem. Men verwacht dat dit alleen maar groter wordt bij aanleg van een luwtestructuur en dat de aanslibbing wel een meter per jaar extra kan bedragen. De gemeten aanslibbing rond het veldexperiment luwtestructuur is echter maar in de orde van cm's per jaar. Bij het ontwerpen van de concrete structuur zal hier met een modelstudie aandacht voor moeten zijn.

In 2013 is de MIRT Verkenning Luwtemaatregelen Hoornse Hop uitgevoerd. Deze heeft zich gericht op het ontwikkelen van varianten en gesprekken met de omgeving over drie varianten van luwtestructuren in het Hoornse Hop. Op het moment van opstellen van dit tussenadvies heeft deze studie nog geen definitief rapport opgeleverd.

3.3 Verdiepingen

3.3.1 Doel

De primaire doelstelling van verdiepingen of putten is het verlagen van het slibgehalte en creëren van gradiënten in slibgehalte door het invangen van slib in specifieke delen van het Markermeer. Deze doelstelling staat echter niet op zichzelf. De vermindering van het slibgehalte dient vooral ecologische doelstellingen, zoals doorzichtverbetering ten behoeve van bijvoorbeeld waterfauna en vogels, verbetering van het lichtklimaat voor waterplanten en verminderen slibdynamiek ten gunste van mosselen. Een bijkomende doelstelling van verdiepingen zou kunnen zijn om in de zomer een vluchtplaats met koud water voor Spiering te bieden.

3.3.2 Effectiviteit voor vermindering slibgehalte

Het effect van verdiepingen of putten op het slibgehalte in de waterkolom is voornamelijk boven de put aanzienlijk, het effect buiten de randen van de put is beperkt. Om op de schaal van het Markermeer reductie van het slibgehalte door middel van putten te realiseren zijn zeer grote putten vereist, in de orde van 5-10% van het meeroppervlak. Dit blijkt uit modelstudies naar grote putten en uit remote sensing beelden boven de vaargeul in het Markermeer [3].

De snelheid waarmee een verdieping opvult wordt bepaald door drie bijdragen aan het opvulproces nl. (1) natuurlijke aanslibbing vanuit de waterkolom, (2) dichtheidsstroming en (3) zettingsvloeiing en afkalven van het talud. Als gevolg van een sterke afname van erosie met de diepte neemt de netto aanslibbing over een vrij kort dieptetraject sterk toe. Slib dat in de put wordt ingevangen en beneden de erosiedrempel komt, kan er niet meer uit ontsnappen. Bij welke diepte deze 'aanslibgrens' ligt hangt af van de vorm en ligging van de put af.

Uit een inventarisatie van onderzoeken naar putten en slibvang [60] blijken de volgende punten:

- De effectiviteit van invangen van slib is het grootst als de lengte en breedte min of meer gelijk zijn en de diepte groter is dan 6-7 meter (aanslibbing maximaal 2 meter per jaar). Deze bevinding wordt ondersteund door modelberekeningen.
- Langwerpige verdiepingen vangen minder effectief slib in vanwege de stroomaantrekkende werking van zo'n put indien deze parallel aan de stroming ligt zoals de VAL (verhoging stroomsnelheid). Bij een langwerpige vormgeving zal de put meer dan 10 m diep moeten zijn om effectief slib in te vangen.
- De sedimentatiesnelheid wordt geschat op 1,5 – 2 meter per jaar indien de put voldoende diept wordt aangelegd (> 6 a 7 m –NAP). De dichtheid van het gesedimenteerde materiaal is echter laag.
- Het gebruik van een slibvang (putten) om het slibgehalte in het Markermeer op systeemniveau te verminderen zien we niet als effectieve maatregel. De putten hebben vooral een lokaal effect (vermindering met 30 – 40 mg/l boven de putten).
- Een oriëntatie met een lengterichting loodrecht op de stromingsrichting is effectiever dan verdiepingen parallel aan de stroomrichting (deze laatste hebben een stroomaantrekkende werking).

Daarnaast moet met de volgende punten rekening worden gehouden:

- Indien een verdieping wordt gebruikt om zoveel mogelijk materiaal in te vangen om dat vervolgens weer te gebruiken voor landaanwinning, is het voordelig om de rand zo lang mogelijk te maken opdat dichtheidsstromen een groot gebied hebben om in te stromen.
- Indien een verdieping wordt gebruikt om het bovenliggende water helderder te maken dan moet voorkomen worden dat dichtheidsstromen de putten te snel opvullen. Materiaal uit de waterkolom moet in de put kunnen bezinken, alleen als materiaal uit de waterkolom wordt weggehaald ontstaat een heldere zone.

3.3.3 Ecologische effectiviteit

Verdiepingen hebben zowel positieve als negatieve ecologische effecten.

Boven de verdieping wordt het water helderder, met een uitstralend effect tot maximaal 2-3 km vanaf de verdieping [3] [66]. Als de algengroei in het Markermeer licht gelimiteerd is kunnen na verdieping eventueel meer algen gaan groeien, maar het is ook mogelijk dat juist zoöplankton toeneemt doordat deze filterfeeders minder last hebben van slib, waardoor juist graas op fytoplankton toeneemt [67]. Zichtjagers op vis kunnen eventueel profiteren van de nieuwe ontstane gradiënten. In diepe putten (dieper dan ongeveer 8-10 m, maar mede afhankelijk van de grootte van de put) treedt gedurende een deel van de zomer temperatuurstratificatie op.

Dat is een verandering van de oorspronkelijk homogene habitat, waarbij de onderste waterlaag niet meer mee gemengd wordt en de temperatuur en het zuurstofgehalte onder een abrupte "spronglaag" aanzienlijk lager wordt. Hierdoor wordt de bodemfauna t.o.v. de oorspronkelijke toestand sterk verarmd en is de onderste waterlaag ("hypolimnion") niet alleen qua zuurstof, maar ook qua voedsel in de zomer ongeschikt voor de meeste vis. In de winter, wanneer eventuele stratificatie wordt opgeheven, vormen diepe putten vaak juist een geschikt overwinteringshabitat voor vis. Vooral in het vroege voorjaar zijn diepe putten daarom ook in trek als foerageergebied voor visetende vogels [64].

Putten met een zodanig grote oppervlakte/diepte verhouding dat geen of minder vaak stratificatie optreedt, zijn mogelijk ook in de zomer aantrekkelijk voor koudeminnende vis zoals spiering.

De randen van putten, waar het water wel koeler is maar het zuurstofgehalte niet te laag, kunnen specifieke natuurwaarden herbergen in de vorm van verhoogde dichtheden van macrofauna of (bij gering omgevingsdiepte) bepaalde waterplanten (cf. specifiek voorkomen van Sterkranswier en Smalle Waterweegbree op de randen van de vaargeul in het Veluwemeer).

Samenvattend: het meest relevante negatieve effect van de aanleg van nieuwe diepe putten lijkt een verlies van bodemfauna (en planten bij beperkte startdiepte), meest relevante positieve effecten de eventuele overwinteringsfunctie voor vis en de daaraan verbonden foerageerfunctie voor visetende vogels in het vroege voorjaar. Overigens blijkt uit de continuumetingen van de meetpalen dat ook bij de huidige diepten in het centrale deel van de het Markermeer microstratificatie optreedt gedurende een tot drie dagen bij windstil weer.

3.3.4 Locatiekeuze

Het NMIJ onderzoek laat zien dat verdiepingen uit oogpunt van verlaging van het slibgehalte effectief kunnen zijn in combinatie met andere natuurmaatregelen. Dit zijn bijvoorbeeld de volgende locaties:

- a. inlaatopeningen grootschalig moeras;
- b. openingen in luwtestructuur (bijvoorbeeld bij Hoornse Hop);
- c. inlaatopening Vooroever Lepelaarplassen.

In deze combinaties zijn de verdiepingen gericht op het verlagen van de slibbelasting ter plaatse, met een beperkte uitstraling naar de omgeving (slibgradiënt). Door de experts is aangegeven dat het areaal met een slibgradiënt niet mag afnemen en dat door aanleg van de beoogde maatregelen voldoende overgangen ontstaan op systeemniveau.

Locatie, positionering en vorm van de verdieping moeten passen in het ontwerp van de luwtestructuur of grootschalig moeras. Zo'n verdieping kan dan bijvoorbeeld in de 'aanvoerroute' van slibrijk water naar een luw gebied liggen. De slibvangst zorgt er dan voor dat de aanslibbing in het doelgebied (de luwte) vermindert. De kosteneffectiviteit en de effectiviteit op grote schaal (dus vermindering van slib in het hele meer) kan juist groter zijn bij de aanleg van een enkele zeer grote verdieping.

Daarnaast kan voor een enkele locatie worden gekozen waar een zeer grote verdieping wordt aangebracht, bijvoorbeeld een deel van de vaargeul Amsterdam Lemmer. Hierbij kan de effectiviteit voor slibvangst echter minder groot zijn vanwege de oriëntatie van de verdieping, stroomaantrekking en instabiliteit van de randen waardoor de verdieping snel ondieper wordt. De keuze van de locatie is uiteindelijk vooral gebaseerd op de beoogde effecten (effectiviteit slibvangst, ecologische criteria en hydrologische effecten), gewenste kosten en gewenst gebruik.

Ecologische criteria voor locatiekeuze

Diepe putten vormen geen natuurlijk habitat in een systeem als dat van het Markermeer. De putten dienen dus vooral ter versterking of ondersteuning van bestaande habitats, gradiënten en soorten. Op basis van ecologische criteria kan een kaart van gebieden gemaakt worden van meer of minder bezwaarlijke locaties voor verdiepingen.

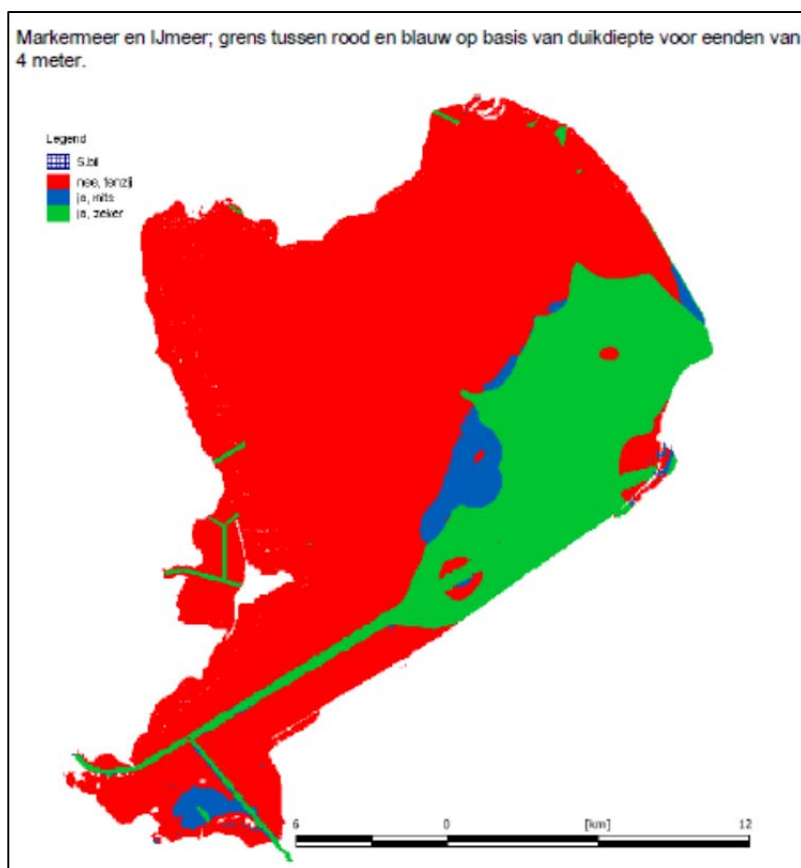
Een dergelijke kaart is gemaakt om de mogelijke nadelige effecten van zandwinning voor Natura2000 soorten te verkennen (figuur 3.20) [7].

De gekozen criteria zijn: potentie voor waterplanten, potenties voor mosselen en potenties voor vogels. Dit leidt tot een indeling in 3 (kleur)klassen:

Groen: geen potenties voor planten en mosselen, dus verdieping mogelijk.

Blauw: geen potenties voor planten, wel voor mosselen, maar op te grote diepte voor vogels. Dit betekent potenties voor verdiepingen, mits.

Rood: potenties voor waterplanten of mosselen binnen bereik van duikende vogels, dus geen mogelijkheden voor verdiepingen, dus nee, tenzij.



Figuur 3.20: Gebieden met ecologische bezwaarlijkheid voor verdiepingen (naar [7]). Opgemerkt moet worden dat in het smalle, groene deel van de vaargeul al zandwinning is gerealiseerd en geen verdere concessies te verwachten zijn

Hydrologische neveneffecten verdiepingen

Het aanbrengen van verdiepingen in het Markermeer (met een diepte van > 10-15 m), brengt hydrologische effecten met zich mee wanneer de Holocene deklaag wordt doorsneden. Dit komt omdat onder het IJsselmeer en Markermeer een flinke hydraulische weerstand aanwezig is. Deze weerstand wordt veroorzaakt door Zuiderzeeafzettingen in de ondergrond, maar ook door afzettingen van slib. Bestudering van de stijghoogteverdeling in het gebied benadrukt deze weerstand. Het stijghoogteverschil tussen het watervoerende pakket onder het Markermeer en het peil van het meer kan lokaal namelijk oplopen tot enkele meters.

Door Deltares is in 2010 een studie uitgevoerd met de titel "Veranderingen in het grondwatersysteem van het Markermeergebied". Met deze studie zijn de peilgegevens rondom het markermeer geanalyseerd waaruit blijkt dat het Markermeer vrijwel overal een infiltrerende werking heeft.

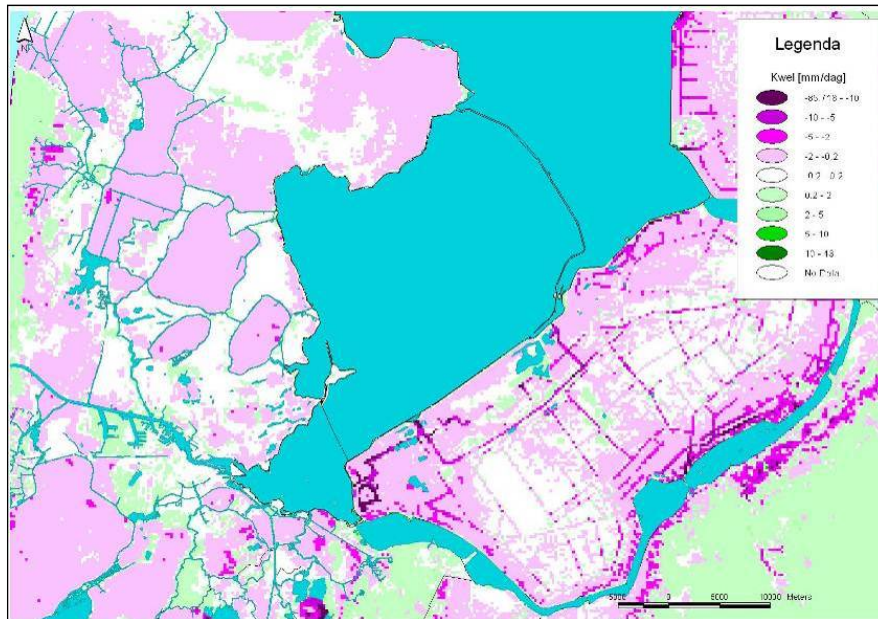
Uit de resultaten blijkt dat een verdieping een niet te verwaarlozen effect heeft op de stijghoogteverdeling in het watervoerende pakket met mogelijk regionale consequenties. Dit laatste is sterk afhankelijk van de tijd die nodig is voor het verticale 'open deel' van de verdieping weer vol te laten lopen met sediment waardoor weerstand wordt opgebouwd.

Om op hoofdlijnen inzicht te krijgen in de omvang van de hydrologische effecten van het graven van een verdieping en de regionale verschillen (welke gebieden zijn kwetsbaarder dan anderen) is met behulp van gegevens van het Nederlands Hydrologisch instrumentarium een beknopte hydrologische analyse uitgevoerd.

Kwel

Het doorsnijden van de deklaag in het Markermeer heeft tot gevolg dat de infiltratie naar het eerste watervoerend pakket toeneemt en dit leidt mogelijk tot een toename van de kwel in binnendijs gebied. Dit is onder meer afhankelijk van de afstand van de put tot het vasteland, de weerstand van de Holocene deklaag, het doorlatend vermogen van het watervoerend pakket en de peilverschillen.

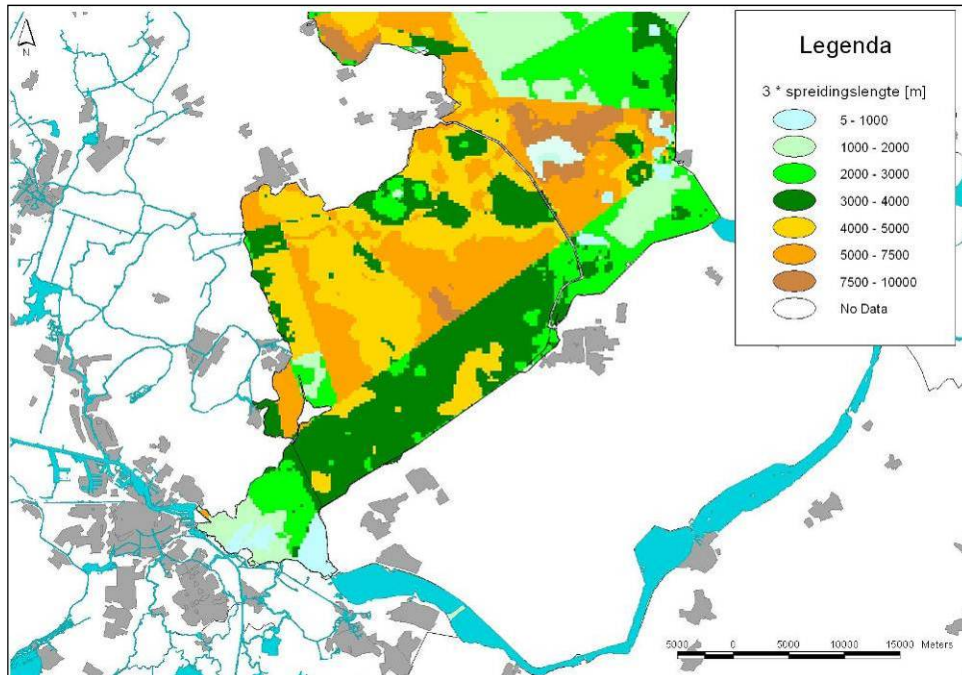
De mate van kwel en wegzijging voor het gebied is regionaal in beeld gebracht met het NHI-model (zie figuur 3.21). De kwelintensiteit voor de gebieden grenzend aan het Markermeer in Flevoland is over het algemeen groter dan aan de Noord-Hollandse zijde.



Figuur 3.21: Kwel en wegzijging NHI-model, januari 2011

Hydrologische analyse: Spreidingslengte in het Markermeer

Om op hoofdlijnen zicht te krijgen op de ruimtelijke doorwerking van de hydrologische ingrepen is de spreidingslengte bepaald in het Markermeer gebied. De spreidingslengte is een maat voor de afstand waarover grondwaterstandsverlaging merkbaar is (demping). Met behulp van de kaarten van het NHI is de spreidingslengte berekend. Een vuistregel leert [68] dat een hydrologische ingreep op een afstand van 3 keer de spreidingslengte nagenoeg is uitgewerkt (slechts 5% van de maatregel komt nog terug in een effect op de grondwaterstand). In figuur 3.22 is het resultaat van deze bewerking gepresenteerd.



Figuur 3.22: Inschatting van de maximale uitstraling van een hydrologische ingreep in het Markermeer (gebaseerd op 3 * de spreidingslengte)

De figuur laat zien dat afhankelijk van de locatie in het Markermeer de maximale uitstraling varieert tussen de 1000 en 7500 m. Wanneer bijvoorbeeld de verdieping aan de zuidoostzijde van het Markermeer gemaakt zou worden (tegen Flevoland aan) is de maximale uitstraling geschat op 3000 – 4000 m (groene vlak). Wanneer de verdieping in de oranje zones gegraven zou worden is de maximale uitstraling groter (5000 tot 7500 m).

Samenvattend betekent het resultaat van deze snelle analyse dat voor de zones in het Markermeer met een kleinere spreidingslengte (groene zones) de hydrologische uitstralingseffecten naar de omgeving minder ver zullen reiken dan in de zones met een grotere spreidingslengte (geel – oranje zones).

De kaart laat ook zien dat bij aanzienlijke verdiepingen van de vaargeul Amsterdam- IJmeer (VAL), effecten in de nabijgelegen polder te verwachten zijn.

3.3.5 Effecten op lokaal niveau: Marker Wadden

Natuurmonumenten wil een belangrijke bijdrage leveren aan herstel en ontwikkeling van het ecosysteem van het Markermeer. Daartoe heeft zij het concept van Marker Wadden geïnitieerd. Marker Wadden is een programma waarbinnen een combinatie van maatregelen boven en onder water een substantiële kwaliteitsverbetering van het ecosysteem dient te bewerkstelligen. Dit programma zal gefaseerd worden gerealiseerd, waarbij de verwachting is dat de eerste 10 jaar (de looptijd van het bestemmingsplan Marker Wadden) een oppervlakte van orde-grootte 1500 hectare natuur kan worden gerealiseerd. In het eindbeeld (2050) is sprake van een oppervlakte van 10.000 hectare. (water, wadden en moeras). De heldere randen, gradiënt in slib, land-waterzones van formaat en versterkte ecologische verbindingen zijn bepalend voor een verbetering van het ecosysteem. De maatregelen van Marker Wadden zijn in hun onderlinge samenhang effectief en doeltreffend om de beoogde systeemverbetering tot stand te brengen.

Marker Wadden bestaat uit een bovenwater- en onderwaterlandschap. Het onderwaterlandschap bestaat uit zandwinputten en een geulenstelsel waarin slib wordt ingevangen. Met de bouwstoffen uit de zandwinput en het slibgeulenstelsel worden vervolgens het bovenwaterlandschap in de vorm van natuureilanden 'gebouwd'.

Dit bovenwaterlandschap bestaat uit slikplaten, rietvelden, vloedbossen en stranden en zal met een rif tegen golfslag worden beschermd. Aan de diepere Lelystadse zijde komt vooral voedselrijk moeras. Aan de kant van het ondiepere Enkhuizerzand komen ondiepe watervlaktes met waterplantenvegetaties en hier en daar zand- en schelpenbanken.

De Marker Wadden zijn (in het huidige ontwerp) meer naar het centrum van het Markermeer gesitueerd. De argumenten daarvoor zijn:

- Er ontstaat luwte tussen moeras en Houribdijk.
- De geulen rond deze locatie dienen voldoende slib in te vangen om het moeras mee te vullen.
- De natuurwaarde van de bodem ter plaatse is zeer beperkt.

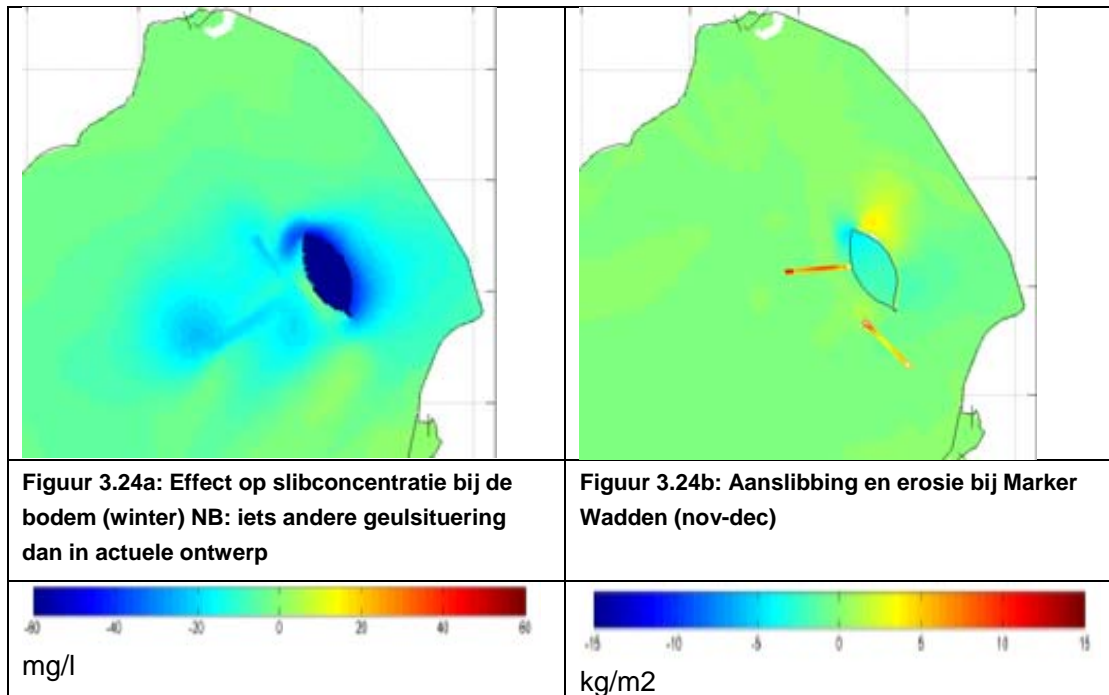


Figuur 3.23: Uitsnede van meest waarschijnlijke situering Marker Wadden (geel is eindbeeld moeras, groen daarbinnen fase 1) met twee diepe geulen (zwarte strepen)

Met het gevalideerde 3-D slibmodel zijn verschillende configuraties van het onderwaterlandschap voor de Marker Wadden doorgerekend. Het doel van deze studie [70] was om te bepalen hoe het onderwaterlandschap het beste vormgegeven kan worden, zodanig dat de slibvang maximaal is en om te bepalen hoeveel slib er wordt ingevangen.

Figuren 3.24a en b laten enkele resultaten van de studie zien, zowel van aanslibbing als effect van slibgehalte in de waterkolom. Uit de studie volgen de volgende resultaten:

- De geulen in het onderwaterlandschap werken het meest effectief voor slibvangst als ze loodrecht op de stroming zijn georiënteerd. Indien de geulen parallel aan de overheersende stroming worden geplaatst (over het algemeen is dat noordoost naar zuidwest) dan treedt er channeling (stroomsnelheidsverhoging) op. Hierdoor werken de geulen minder effectief voor slibvangst.
- Tussen het moeras en de Houtribdijk ontstaat een luwer gebied met aanslibbing.
- Bij de randen van het bovenwaterlandschap treedt verhoogde stroomsnelheid op. Als gevolg hiervan zal enige erosie optreden.
- Marker Wadden geeft een verlaging van de slibconcentratie tot ongeveer halverwege het Markermeer. Verlaging is ongeveer 10, lokaal 15 mg/l, gemiddeld in winter. Tussen Marker Wadden en de Houtribdijk wordt dit vooral veroorzaakt door golfwuite. In het centrale deel van meer wordt dit voornamelijk veroorzaakt door de verdiepingen, waarin een deel van het slib bezinkt.
- Aanvullende analyses laten zien dat door dichtheidsstroming de hoeveelheid slib dat in de geulen terecht komt kan toenemen. Studies uit de VAL laten zien dat ook het uitzakken van geulwanden kan leiden tot een toename van de sedimentatie.



3.3.6 Kosten

Kostentechnisch zijn putten het meest interessant als ze aangelegd worden in de buurt van een locatie waar de grond (zand, klei) nodig is. Een belangrijk aandachtspunt bij de locatiekeuze is het voorkomen van negatieve effecten in verband met de kweldruk tot de omliggende polders.

Putten die een integraal onderdeel van een ontwerp vormen en een functie hebben in het mitigeren van nadelige effecten zoals aanslibbing zullen op diepte moeten worden gehouden waardoor er beheerkosten zijn.

Zandwinning in het Markermeer is relatief duur vanwege de aanwezigheid van een dikke holocene laag. Alleen als zand in de buurt nodig is loont het winnen van zand uit het Markermeer. De realisatie van de verbetering van Vaarweg Amsterdam Lemmer is gekoppeld aan zandwinconcessies waarbij winning geschiedt wanneer zand nodig is door concessiehouder. Door de verminderde zandbehoefte treedt de laatste jaren vertraging op [32]. Voor VAL4 (in IJmeer) is geconstateerd dat er geen winbaar zand aanwezig is en het materiaal wel voor een moeras toe te passen zou zijn. Voor de vaargeul in de buurt van Lelystad is de winning al grotendeel gerealiseerd.

Het RWS project Grondstromen zal begin 2014 over het kosten aspecten van het vulmateriaal voor het moeras meer informatie opleveren.

3.3.7 Acceptatie

Putten zijn onzichtbaar en acceptatie zou feitelijk geen grote rol moeten spelen. Toch is er maatschappelijke weerstand (bv. bij Stichting Antislib Platform Gooimeer).

Volgens de ontgrondingsvergunning mag een put na zandwinning niet “open” blijven liggen maar moet deze tot -10m worden afgevuld. De motivatie hiervoor is mede gebaseerd op waterkwaliteit en ecologie (thermische stratificatie en zuurstofloosheid). Inmiddels is bij regionale waterbeheerders en STOWA het besef doorgebroken dat diepe putten ook positieve kanten hebben en tot helderder water leiden bij eenzelfde fosfaatbelasting.

3.4 Afdekken

3.4.1 Doel

Het doel van de maatregel afdekken is:

- Het aanpakken van de bron van de hoge slibgehalten in het water. Afdekken kan een lange termijnmaatregel zijn om de vermeende bron van slib (de continue erosie van de kleibodem) aan te pakken. Afdekken van de sliblaag voorkomt resuspensie van het afgedekte slib.
- Een tweede doel is het verbeteren van de habitatgeschiktheid voor mosselen. Door afdekken met hard substraat verbetert het vestigingsklimaat voor mosselen. Daarvan profiteren indirect weer benthosetende watervogels.

3.4.2 Effectiviteit voor vermindering slibgehalte

Het primaire doel van de maatregel afdekken is het verkleinen van de bron van de hoge slibgehalten in het water. De vermeende bron van slib is de continue erosie van de kleibodem in delen van het Markermeer. Onderzoek binnen ANT laat zien dat de erodeerbaarheid van het slib door bioturbatie vergroot wordt [40]. Het blijkt dat wormen belangrijk bijdragen aan de erodeerbaarheid van de onderlaag en het ontstaan van de slappe bovenlaag. Dit betekent dat het verwijderen van de slappe toplaag slechts een tijdelijk effect zal hebben. Als gevolg van kolonisatie door wormen zal weer een nieuwe laag ontstaan. In ANT verband wordt hier nog verder naar gekeken.

Theoretisch gezien is de effectiviteit van de maatregel hoog, als we aannemen dat de bron van slib in het hele meer gelijktijdig is te bestrijden. Praktisch gezien kan dat echter niet: het systeem is zo groot dat tijdens het proces van afdekken windgedreven stroming voor verspreiding van slib zal zorgen zodat de aangebrachte afdeklaag opnieuw bedekt wordt.

Het aanbrengen van deklaag verandert de ecologische habitat. Sommige organismen zullen verdwijnen en voor andere soorten komt er nieuw habitat voor in de plaats. Waarschijnlijk heeft het afdekken van slibrijke gebieden met zandig materiaal een netto positief effect op de ecologische habitat, vooral voor mosselen.

De recente toename van de Quagga-mossel werpt een ander blik op de noodzaak van het vergroten van het areaal hard substraat voor mosselen. Kennelijk is het substraat niet de belangrijkste beperking voor dit soort mosselen. ANT suggereert dat eerder de gewijzigde soortensamenstelling van de algen een rol speelt bij de achteruitgang van de mossel.

3.4.3 Locatiekeuze en omvang

De algemene langjarige trend ten aanzien van de globale slibdynamiek in het Markermeer kan geschetst worden als een netto erosie van de ondiepere delen aan de Noord-Hollandse kant van het meer en een netto sedimentatie aan de Flevolandse zijde. Vanuit dit perspectief leent de Noord-Hollandse zijde zich vooral voor afdekken. Het is niet duidelijk hoe groot zo'n af te dekken gebied moet zijn om een significant effect te hebben. Deze vraag is echter erg theoretisch omdat afdekken op deze schaal (kosten)technisch niet mogelijk is.

Omvang

Omdat afdekken in theorie wel effectief kan zijn, is de maatregel mogelijk zinvol in kleinere gebieden van het meer. We denken daarbij aan luwtes die voor wat betreft de aanvoer van slib gescheiden zijn/worden van het slibrijkere delen van het watersysteem. Afdekken kan in zulke gebieden de aanwezige bron van slib vastleggen en de lokale habitat verbeteren. Concreet kan afdekken met zand helpen om aanwezig slib achter een luwtestructuur vast te leggen. Essentieel is dan dat de aanvoer van slib gelijktijdig wordt bestreden. Afdekken is dus alleen te overwegen in combinatie met andere maatregelen zoals luwtestructuren en verdiepingen.

3.4.4 Aanlegstrategie en kosten

De meest voor de hand liggende methode van afdekken van de bodem is bezanden. Bezanden is kostbaar en kan waarschijnlijk alleen maar kleinschalig worden toegepast. Afdekken van slib is door de schaalgrootte van het Markermeer technisch en financieel onuitvoerbaar.

Naast bezanden zijn er mogelijk alternatieve methoden met bezinkmatten (afzinken rietmoeras, bezinkmatten en plantenmatten). In de WMIJ uitvraag heeft het consortium Kransmeer voorstellen voor het gebruik van kunstmatige materialen om op lokale schaal de bodem af te dekken en de plantengroei te simuleren en uitbreiding van de vegetatie te stimuleren [47].

3.4.5 Acceptatie

De maatregel lijkt niet controversieel, maar feitelijk is momenteel onbekend hoe het brede publiek en belangenorganisaties tegenover deze maatregel staan.

3.5 Experimenten in de Waterproeftuin voor vermindering slibgehalte

Initiatief en doel

De uitvoering van een experiment van het consortium Boskalis/Anome/Witteveen+Bos met een rif van haakjes is aan het eind van 2012 gestart en medio 2015 afgerond. Doel van het rif is om de functies van luwtewerking, slibvang en het creëren van habitats integraal te combineren. Ook dient het rif om ervaring met deze innovatieve constructies op te doen. De locatiekeuze is geoptimaliseerd alsmede de opbouw van de constructie, het productieproces van de haakjes en de opzet van de monitoring. Het rif is vlak bij een zogenaamde hockeystick (golfbreker) aan de Houtribdijk gesitueerd.

Opbouw van het experiment

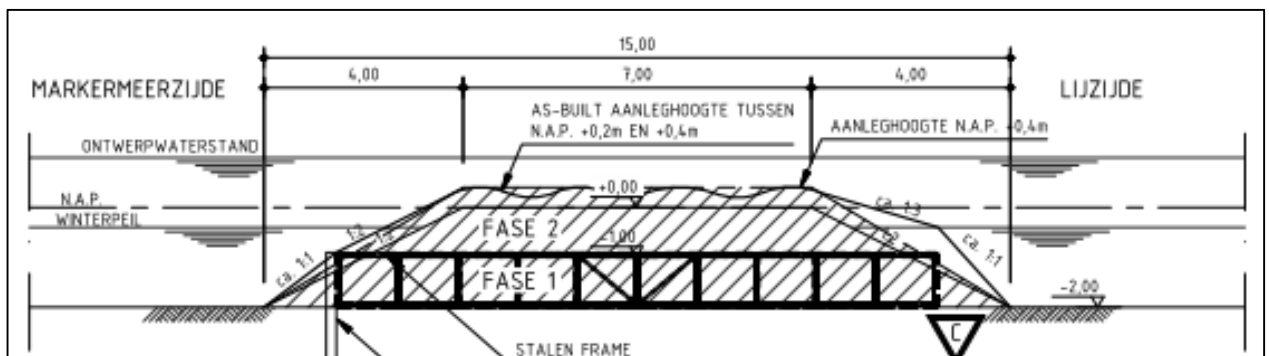
De haakjes bestaan uit een c2c-biocompositieit, dat bestaat uit vlas, hennep en jute, aangevuld met bauxiet voor verzwaring. Het composiet is niet afbreekbaar omdat het experiment na afloop verwijderd wordt.

Het experiment gebruikt 3 meetpalen van NMIJ voor continumetingen aan golven en troebelheid. Verder wordt er uitgebreid gemonitord aan ecologische parameters: mosselen, waterplanten, vis en vogels.



Figuur 3.25a: Haakjes in stalen constructie

Figuur 3.25b: Detail haakjes



Figuur 3.26: Constructietekening van rif van haakjes

De constructie bestaat uit een stalen kooi die gevuld is met haakjes. Daaroverheen zijn haakjes gestort om tot de ontwerphoogte boven waterpeil te komen. Ten slotte is er een stalen net aangebracht om te voorkomen dat vogels in de constructie beklemd komen te zitten.



Figuur 3.27: Situering rif van haakjes bij een 'hockeystick' aan de Houtribdijk, ten noord westen van Trintelhaven

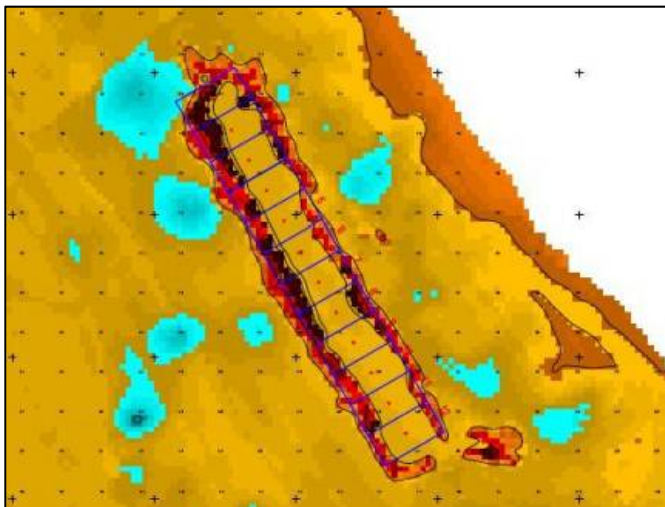
Voorlopige resultaten:

Ontwerp en aanleg:

- Een half jaar na de aanleg is gebleken dat een deel van de haakjes van de structuur is afgeschoven en naast het rif ligt (figuur 3.28). Er zijn geen losse haakjes aangetroffen.
- Het materiaal neemt water op en wordt zacht. Dit is een reversibel proces, maar op de verbindingpunten kunnen haken afbreken.
- De constructie is kwetsbaar op de overgangen van de stalen kooi.
- De constructie vertoont daarmee meer zetting dan vooraf gedacht, waardoor de ontwerphoogte niet meer gehaald wordt.

Metingen

- De eerste indicatieve meetresultaten laten zien dat de golfdoorlatendheid kleiner is dan vooraf gedacht (zie figuur 3.28). Het rif functioneert als golfbreker en creëert luwte.
- De ecologische monitoringsresultaten zijn nog niet gerapporteerd.



Figuur 3.28: Diepte meting rond het rif van haakjes (langwerpige structuur) waarop afschuiving van deel van rif (rode vlek rechtsonder) is te zien. Blauw zijn lokaal diepere plaatsen

4 THEMA VERGROTEN HABITATDIVERSITEIT

Binnen dit thema onderzoekt NMIJ drie mogelijke maatregelen:

- *Grootschalig gebied met land-water overgangen (Markermeermoeras) (4.1).*
- *Vooroever Lepelaarsplassen (4.2).*
- *Heldere, ondiepe zones. Deze is geïntegreerd met luwtestructuren (3.1).*

Aanvullend zijn binnen dit thema de volgende maatregelen relevant:

- *Het vergroten van de peildynamiek. NMIJ tapt hier af van het Deltaprogramma IJsselmeergebied (DPIJ) (4.3).*
- *Als externe maatregel buiten NMIJ zijn de oeverdijken meegenomen (4.4).*

4.1 Onderzoeksmiddelen en activiteiten

Voor het Thema habitatdiversiteit zijn tot en met 2012 de volgende onderzoeksmiddelen ingezet:

- Bureaustudie modellering (oer)moeras [1].
- Initiële bureaustudie habitatdiversiteit [25] en update [24].
- De monitoring van ecologische ontwikkeling van de land-waterovergangen op bestaande structuren is uitgevoerd, namelijk de Natuureilanden IJsselmonding, het gronddepot Naviduct en de moerasoevers/platen in het Eemmeer [11][12].
- Er is in 2011 een (herhalings)onderzoek uitgevoerd naar de ecologische ontwikkeling in het water rond de golfbrekers langs de Houtribdijk (zgn. hockeysticks) en een meer recent aangelegde dam aan de Oostvaardersdijk, ter hoogte van de Oostvaardersplassen [12].
- In een aantal verschillende moerasituaties in Nederland is in 2012 de macrofauna kwantitatief bemonsterd om inzicht te verwerven in hun potentiële rol als voedsel voor vogels, aanvullend op mosselen [18].
- Het waterproeftuin experiment Markermeermoeras is aanbesteed en bevindt zich in de ontwerpfase.

In 2013 zijn de volgende activiteiten uitgevoerd:

- De pilot moeras bevindt zich in de aanlegfase en de innovatieve rand van geocontainers en geotubes zijn geplaatst. Het vulproces is in volle gang.
- De monitoring rond de pilot moeras is gestart.
- Het waterproeftuinexperiment Markermeermoeras (tranche 2) heeft de eerste resultaten opgeleverd.
- De waterproeftuinexperimenten Markerstapstenen en Markerkwelderwerken zijn aangelegd en gemonitord in de nulsituatie (tranche 3).
- Het waterproeftuinexperiment Biostabilisatie door eco-engineers is uitgewerkt, maar nog gestart omdat de beoogde locatie niet geschikt was (tranche 3).

4.2 Grootschalig gebied met land-waterovergangen

4.2.1 Doel

Het doel van een grootschalig gebied met land-waterovergangen, verder genoemd moeras, te creëren om de habitatdiversiteit te vergroten met de volgende subdoelen:

- Creëren van geleidelijke land- waterovergangen. Het huidige oppervlak land- waterovergangen in het Markermeer is momenteel zeer beperkt door de harde en steile randen in combinatie met een vast peil waardoor de habitatdiversiteit laag is.
- Toevoeging van nieuwe natuurwaarden. Moeraszones bieden geschikte habitats als voortplantingsgebied voor allerlei soorten vissen en als rust-, broed- of voedselgebied voor moeras- en rietvogels. Daarnaast kan een moeras rust-, rui- en broedgelegenheid bieden voor watervogels.
- Versterking van de ecologische draagkracht. De toegankelijkheid van voedselgebieden in het open water voor vissen en watervogels wordt beter door in de nabijheid daarvan ook rustgebieden te creëren. De diversiteit van visgemeenschap van het open water wordt hoger doordat soorten die in geïnundeerd rietland/waterplanten paaïen of opgroeien worden toegevoegd.
- Stabiliseren en versterken van bestaande natuurwaarden. Een moeras biedt naast broedvogels ook kansen voor overwinteraars en trekvogels in het gebied (N2000). Het biedt voedsel aan planteneters en in mindere mate ook vis- en benthoseters (bijvoorbeeld: mosselen, slakken, muggenlarven). Het open water in het moeras en de luwte achter het moeras bieden rustgebieden voor vogels die in het open water van het meer foerageren.
- Versterken van de ruimtelijke diversiteit. Door de schaal geeft een moeras kansen voor soorten die door kleinschaliger natuurontwikkeling langs de kusten van het oude land niet bediend kunnen worden.

4.2.2 Ecologische effectiviteit

Voor de moeraszone zijn geen specifieke doelsoorten in de formele Natura2000 doelen benoemd omdat dit element volledig ontbrak in het Markermeer in de tijd dat de doelen werden gekwantificeerd en vastgesteld. Hoewel het realiseren van geleidelijke land-waterovergangen niet direct noodzakelijk zijn voor het behalen van de N2000 doelen dragen zij er wel aan bij en zorgen zij voor een robuustere situatie, die ook na uitvoering van de voorgenomen ruimtelijke ontwikkelingen voldoende veerkracht levert. Ook dragen zij bij aan landelijke natuurdoelen voor moerassoorten, die elders lastig te bereiken zijn. Elk toegevoegd areaal draagt bij aan het completer maken van het meerecosysteem. Alle soorten die daar gebruik van kunnen maken vormen een aanvulling op de huidige soortenstand. Als de land-waterovergang in de vorm van een moeras worden aangelegd, dan bepaalt de omvang voor welke soorten ruimte ontstaat en wordt in die zin meer begrensd door ambities dan door absolute doelen bepaald.

Een moeraszone draagt bij aan de volgende functies en processen:

- habitat voor benthos, submerse en emergente vegetatie;
- verblijf- en paaïplaats voor vis;
- foerageer-, broed- en rustplaats voor vogels;
- input van organisch materiaal en nutriënten in meersysteem;
- invangen slib.

Een belangrijke randvoorwaarde voor een goed functionerende moeraszone is een zekere dynamiek in het waterpeil. Momenteel is de fluctuatie zeer gering en alleen kortdurend, als gevolg van windgeïnduceerde opstuwung.

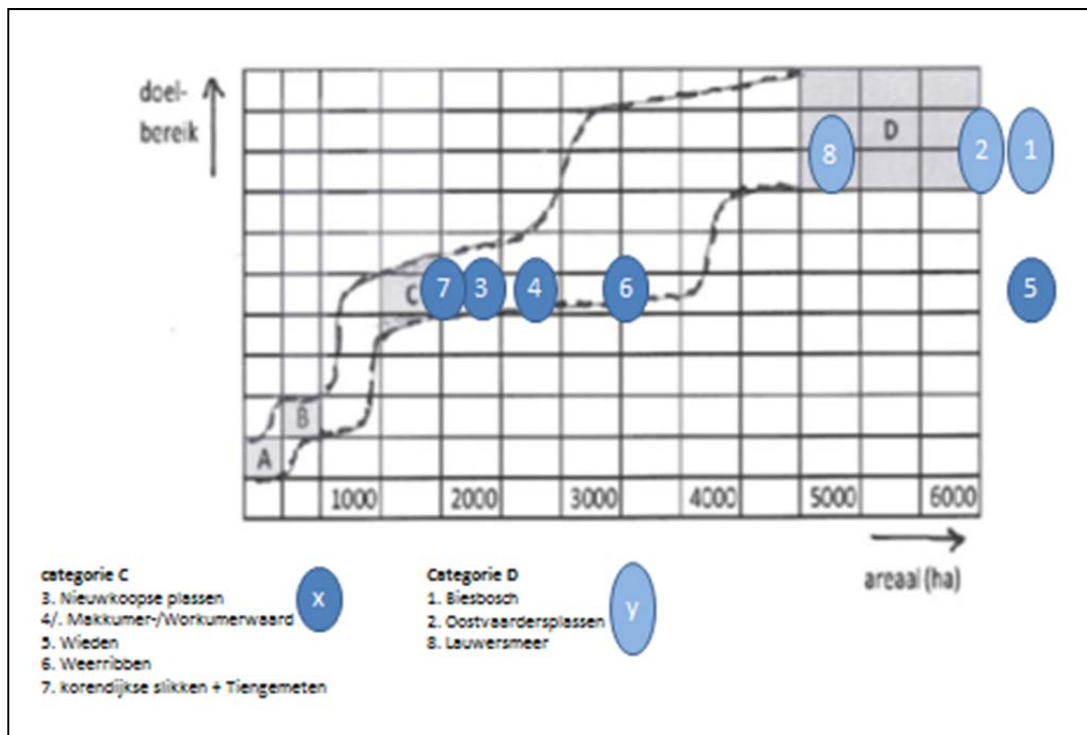
De effectiviteit van de maatregel moeras als grootschalige land-waterovergang wordt door experts als zeer hoog geschat. Het voegt namelijk een aantal biotopen en -habitats toe die momenteel in het Markermeer totaal ontbreken en die bijdragen aan het TBES. Daarnaast hebben de Oostvaardersplassen geleerd dat, alleen al door hun grote omvang, een grootschalig moeras in het Markermeer een grote uitstralende werking naar andere gebieden zal hebben. Een belangrijk aspect voor het realiseren van het moeras is het vergroten van de dynamiek van het peilregime ten opzichte van de huidige situatie, omdat de effectiviteit van de maatregel daar sterk van afhankelijk is. Bij de zorgvuldige dimensionering van het ontwerp, moet feitelijk al een toekomstig peilverloop bekend zijn.

Tabel 4.1: Te verwachten aandeel faunasoorten van '(oer)moeras' in relatie tot areaal en in afhankelijkheid van aandeel plasdras (mede afhankelijk van peilfluctuatie)

	Areaal (oer-)moeras met water (ha)	Aandeel plasdras of met flinke peilfluctuatie	Slikken	Aandeel faunasoorten		Voorbeeld
A	15-50	Aanwezig	Niet of beperkt	Tot 25%	Doorsnee soorten	
B	200 – 500	> 10%	> 5%	Tot 50%	Migratiefunctie voor moerassoorten	Makkumerwaard
C	- 1500	1/3 (400 - 500 ha)	>10%	Tot 75%	Kans op arend, lepelaar als broedvogel; voortplanting otter	Korendijkse slikken+Tiengemetten, Nieuwkoopse plassen, Weerribben
D	4500 - 6000	1200 tot 2000 ha	>10%	75-100%	Uitbreiding C plus kernpopulaties voor riet-zangvogels, rallen; minder risico van incidenten	Oostvaardersplassen, Lauwersmeer

In 2012 is onderzoek verricht naar de beschikbaarheid van macrofauna in ondiepe moeraszones als voedsel voor vogels en vissen. Het vermoeden is dat rietzomen, ondieptes, kreekranden en moeraszones niet alleen leiden tot meer diversiteit in habitats voor vissen en vogels, maar ook kunnen dienen als een alternatieve bron van voedsel.

Het onderzoek maakt duidelijk dat inderdaad substantiële dichtheden, aantallen en biomassa van verschillende soortgroepen, zoals slakken, vlokreeften en wantsen in verschillende moerasvegetaties zijn aangetroffen [18]. Dit betekent dat het moeras ook bijdraagt aan de draagkracht van vooral mossetende vogels en jonge vis.



Figuur 4.1: Ruwe inschatting van relatie tussen doelbereik van gebied met land-waterovergangen (categorie A t/m D) in relatie tot areaal (De bandbreedte geeft de invloed van peilfluctuatie/aandeel plasdras weer. In de figuur zijn bestaande moerassituaties in Nederland ingetekend.) Categorie C situaties zijn donkerblauw, categorie D: licht blauw)

Naar verwachting draagt het moeras op zich niet significant bij aan vermindering van het slibgehalte. Wel kan het moeras zo worden uitgevoerd dat er een luwe zone tussen moeras en Houtribdijk ontstaat. Nog niet is onderzocht of het moeras netto sediment kan invangen. Bovendien draagt het moeras bij aan het thema 'ecologische verbindingen', omdat er een enorme stepping stone of liever een robuuste moerascorridor wordt gecreëerd. Deze bestaat niet alleen uit moeras, maar biedt ook enorme vergroting oeverlengte en variatie van natuurlijke oevers in de grote ruimte aan water tussen IJsselmeer, Noordwest-Overijssel en Flevoland. Het is een stepping stone op de landelijke vogeltrekroute tussen Lauwersmeer en Zeeland.

Bouwstenen moeras

Een grootschalig gebied met geleidelijke land-waterovergangen kan opgebouwd worden uit verschillende bouwstenen. Een bouwsteen kenmerkt zich door een omschrijving van de milieuomstandigheden en een aantal soorten die daar typisch bij horen, zoals een plas-draszone (zie figuur 4.2). Een bouwsteen heeft ook een minimumomvang en een optimale omvang, die gekoppeld zijn aan populatiegroottes die in de literatuur beschreven zijn. Alle bouwstenen van het grootschalige moeras zijn inmiddels beschreven. Het moeras kan nu samengesteld worden uit een variabel aantal of combinaties van bouwstenen, ofwel modulaire opbouw. Daarmee is meteen duidelijk wat de potentieel gerealiseerde populatiegroottes van soorten zijn. Mocht om financiële of andere redenen een gekozen ontwerp te groot zijn dan kan het aantal van één of meerdere bouwstenen in het ontwerp worden verminderd.

Hoe groter het moeras, hoe meer kans op populaties van water- en moerassoorten die permanent stand houden. Al bij een oppervlak van 15 ha komen meerdere water- en moerassoorten voor. Het gaat dan om een 'gemiddeld aantal voortplantende faunadoelsoorten' [14] Pas bij een oppervlak van 1250 ha natuurdoeltype klei-moeras kunnen tot 75% van de faunasoorten aanwezig zijn waarvan een deel met kernpopulaties. In het natuurdoeltype klei-oermoeras is het aandeel plasdras (moeras) bepaald op ongeveer een derde (400 ha). Voor de bouwsteen plasdras is daarom 400 ha gekozen als minimale maat. Een belangrijke voorwaarde is dat plasdras grenst aan open water of wordt doorsneden door geulen in verband met de oeverzones.

Door het samenstellen van bouwstenen (plasdras, oeverzone, geul, slik, enz.) kan bijvoorbeeld in fasen gewerkt worden naar een oppervlak van 4.500 ha moeras. Dat hoeft niet allemaal moeras te zijn, maar betreft ook ondiep water en andere ecotopen. Plasdras is echter wel op te vatten als de belangrijkste bouwsteen van het moeras. Een moeras met aandeel plasdras van 1200 tot 2000 ha (3 tot 4 bouwstenen) kan als absolute ondergrens worden beschouwd. Het wordt doorsneden door geulen en grenst aan ondiep water met enkele slikken. Afhankelijk van de gekozen vorm wordt een areaal aan ondiep water en andere ecotopen geïntegreerd. In die situatie zijn kernpopulaties mogelijk van belangrijke moerassoorten. Zij hebben de plasdras situatie = 1/3 deel nodig van klei-oermoeras (met een totaal oppervlak oplopend tot 5.000 a 6.000 ha) [14].

Bouwsteen plasdras



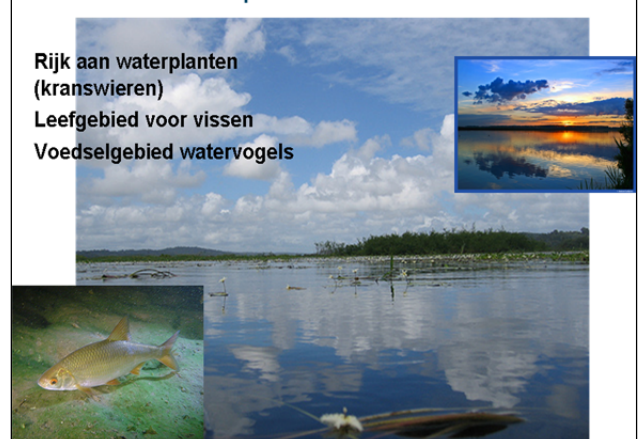
Bouwsteen geul of kreek



Bouwsteen oeverzone



Bouwsteen ondiep water



Bouwsteen slik of plaat



Bouwsteen: hoogwatervrij (eiland)



Figuur 4.2: Karakterisering van de bouwstenen van het moeras

Marker Wadden

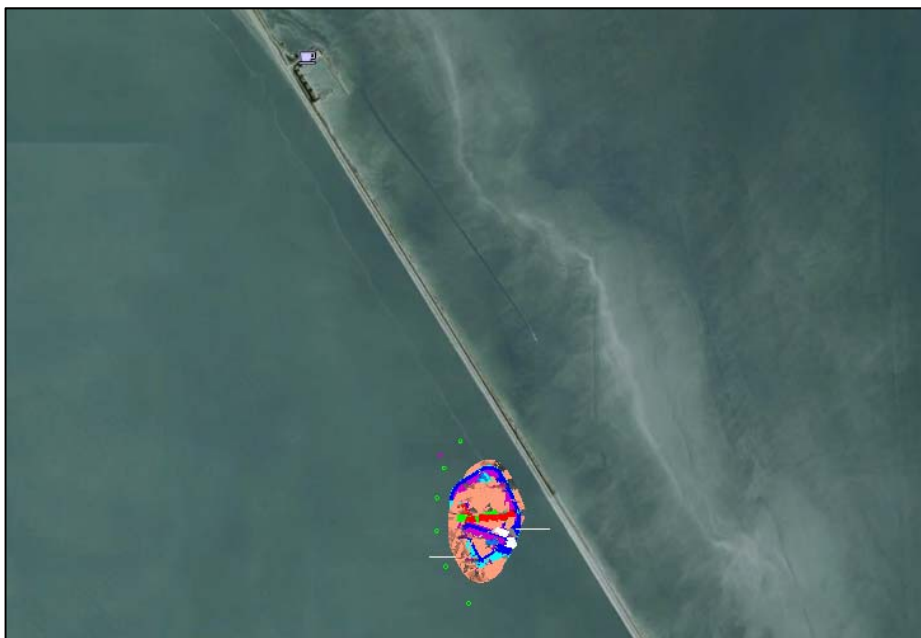
Het Marker Wadden plan bevat een 'bovenwaterlandschap' dat in zijn eindbeeld bestaat uit een archipel van eilanden dat bovengenoemde bouwstenen in meer of mindere mate omvat.

4.2.3 Veldexperiment pilot Moeras

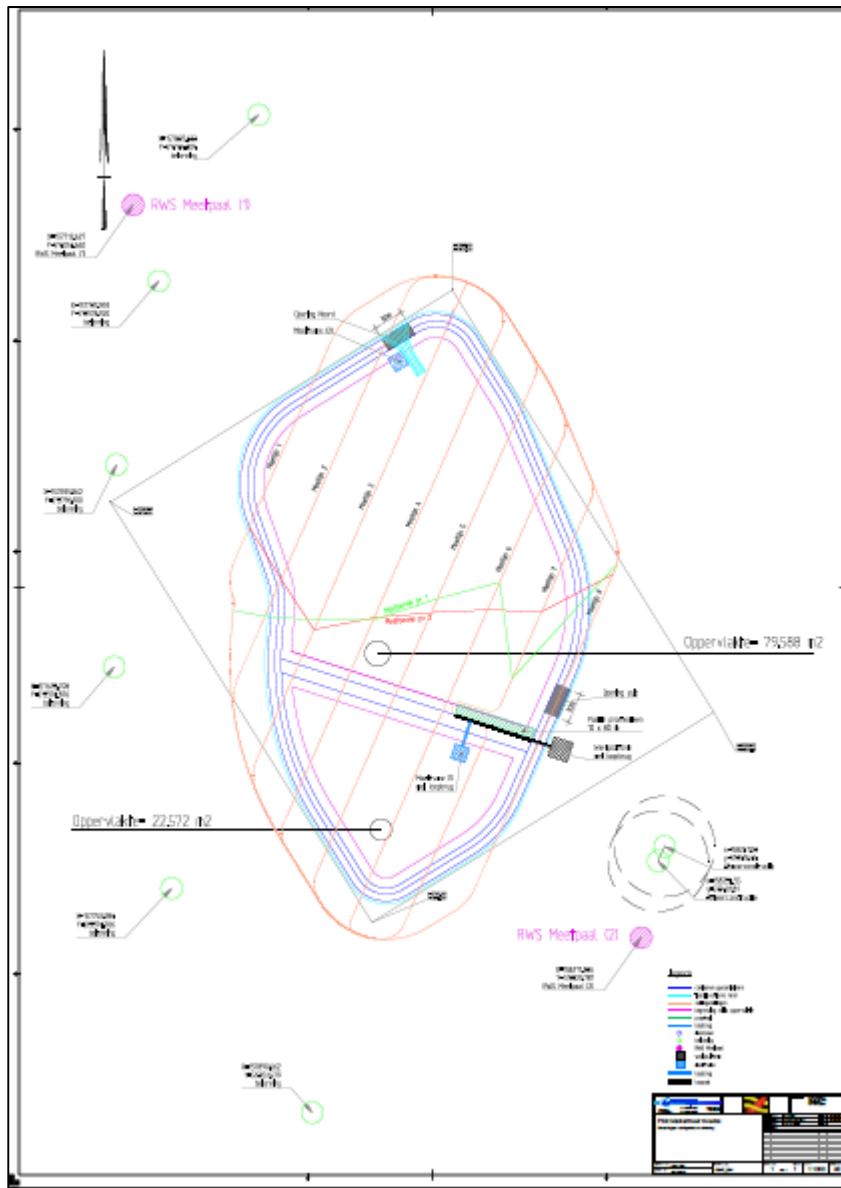
Binnen NMIJ is de realisatie van een veldexperiment of pilot moeras voorzien. Het doel van het veldexperiment is om een aantal onderzoeksvragen over vooral de aanlegstrategie en (in beperktere mate) de ecologische ontwikkeling in een experimentele opstelling te beantwoorden. De pilot moeras kan onderdeel vormen van het eindbeeld Markermeermoeras en/of de Marker Wadden.

De monitoring van het experiment richt zich voornamelijk op:

- Zetting van de lokale ondergrond en het vulmateriaal (mechanisch aangebracht bodemmateriaal uit het Markermeer).
- Erosie bij gebruik van verschillende vormen van verdediging.
- Invang van slib in het open compartiment.
- Vegetatieontwikkeling: peilregime en vraat door ganzen zijn belangrijke succes- resp. faalfactoren.
- Peilregime: hiervoor is een afgesloten compartiment voorzien in het veldexperiment waarbij het peilregime optimaal in de hand gehouden kan worden. De resultaten kunnen worden vergeleken met het areaal dat is blootgesteld aan het Markermeer peilregime door een opening in de verdedigingsring.



Figuur 4.3: Situering plot moeras aan de Houtribdijk. Links boven ligt Trintelhaven



Opbouw

Het moeras bestaat uit 2 grote compartimenten. Het zuidelijke compartiment is 2,3 ha groot en afgesloten van het Markermeer, het noordelijke is 8 ha en heeft 2 openingen in de buitenrand zodat er een open verbinding met Markermeer is. De buitenrand wordt op innovatieve wijze uitgevoerd en bestaat uit gestapelde geocontainers (2 + 1) en geotubes (bovenop). Bij de scheidingsrand zijn 8 kleine compartimenten van damwanden aangebracht voor zettingsexperimenten, waaronder 3 voor de Marker Wadden.

De geocontainers – en tubes zijn met zand gevuld in verband met benodigde stevigheid. De vulling van het gesloten compartiment geschiedt mechanisch met transportband en grijpers met holocene materiaal uit VAL4. Het open compartiment wordt initieel gevuld met onderlossers en later afgevuld met grijpers.

Enkele eerste ervaringen bij de aanleg:

- De rand is niet tot de beoogde ontwerphoogte gekomen door grotere zetting van de containers en/of wegzakken in de bodem.
- Het bedachte systeem voor zettingsmetingen met behulp van slangen onder de pilot is niet operationeel geworden door aanlegproblemen. De zetting wordt nu op traditionele wijze met zakkens uitgevoerd.
- Twee meetpalen met instrumenten voor golfdynamiek, waterhoogte en troebelheid zijn geïnstalleerd en voeren continumetingen uit.
- Het toegepaste vulmateriaal vloeit gemakkelijk uit waardoor het aan brengen van verhang nog niet mogelijk is.

De aanleg is naar verwachting medio december 2013 gereed.

4.2.4 Locatiekeuze en vorm

Het Markermeermoeras bestaat in zijn uiteindelijke vorm uit grote arealen van verschillende habitattypen, met een dominant accent op de halfnatte (plas/dras) typen. De omvang van het geheel bepaalt voor welke soorten er ruimte ontstaat en wordt in die zin meer begrensd door ambities dan door absolute doelen bepaald.

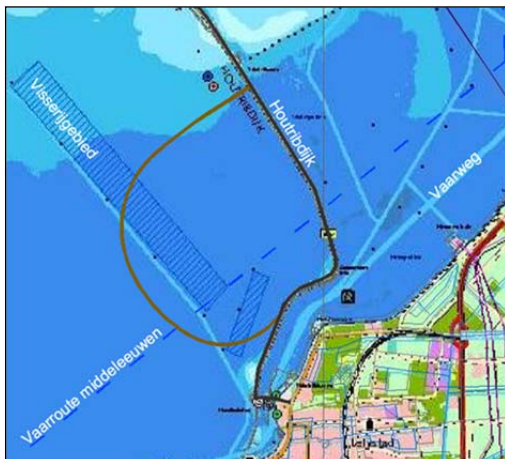
In de beeldvorming is het moeras de afgelopen jaren telkens in een ongeveer ronde, compacte vorm afgebeeld. Dit heeft als voordeel dat de omtrek van beschermde ring het kortst is. Het oppervlak ten opzichte van de rand is echter het kleinst en beperkt (straal: 3,5 km; omtrek: 22 km, opp.: 3800 ha.). Een ander nadeel is dat het lastiger is gefaseerd uit te voeren.

Het grootschalige moeras en dus ook de pilot kan worden aangelegd in het Markermeer nabij de Houtribdijk in de buurt van Trintelhaven. Het oorspronkelijk wensbeeld voor het moeras staat weergegeven in figuur 4.5a. De volgende argumenten zijn voor deze locatiekeuze aangedragen:

- Locatie is geschikt als tussenstation (stepping stone) tussen andere waardevolle natuurgebieden (dit argument geldt vooral voor het grootschalige moeras); momenteel is de natuurwaarde laag.
- De noordoost hoek van het Markermeer heeft de meeste waterstandvariaties (dynamiek). Veel dynamiek is gewenst voor het in stand houden van het moeras en het creëren van de gewenste leefomgeving voor flora en fauna.
- Locatie nabij Houtribdijk en Lelystad is gewenst door omgeving, deze locatie is al sinds lange tijd het uitgangspunt.
- Er ontstaat een positief effect op het slibgehalte (afdekking en mogelijke beïnvloeding circulatie waardoor een slibgradiënt wordt gecreëerd).
- In het toekomstbeeld van TMIJ is ook gericht op deze locatie, o.a. omdat op deze locatie nog geen ingreep gepland stond terwijl deze maatregel in combinatie met de overige maatregelen in het Markermeer zou kunnen bijdragen aan de algehele ecologische verbetering van het systeem.

Een alternatief is een langwerpig ontwerp van een beschermingsdam ongeveer parallel aan de Houtribdijk, vanaf de kromming bij Lelystad ongeveer Trintelhaven met moeraszoom aan de binnenzijde (zie figuur 4.5b). Dit heeft als extra voordelen:

- Bij een korte lengte van de beschermingsdam zijn veel meer oppervlak en oeverlengte te realiseren.
De Houtribdijk fungeert als bescherming aan de achterkant; wel zal er een kerngebied van een zekere (nader te bepalen) breedte moeten zijn om de verstoring van buiten (dijk en recreatievaar) te beperken.
- Ook ontstaat er een grote luwe, open water zone tussen Houtribdijk en moeras; dit kan bijdrage aan sedimentatie van slib binnen het moeras.
- Eenvoudiger compartimenten gemaakt kunnen worden voor gefaseerde vulling.
- het aspect van stepping stone wordt bijna opgewaardeerd tot een robuuste ecologische verbindingszone.
- Een beschermingsdam parallel aan de Houtribdijk kan op langere termijn een bijdrage leveren aan het terugbrengen van de instandhoudingskosten van de Houtribdijk door het reduceren van de golfbelasting hierop vanaf het Markermeer. Het ruimtelijk onderzoek laat zien dat een oppervlak van 4500 ha beter in de hoek van de Houtribdijk te realiseren is zonder conflict met één van de andere functies zoals (historische) vaarroutes of visgronden (figuur 4.5a).



Figuur 4.5a: (Oorspronkelijk) Wensbeeld moeras aan Houtribdijk met mogelijk conflicterende functies



Figuur 4.5b: Alternatieve vormgeving

De minimale omvang van het moeras (1200-2000 ha) is een aanzienlijke ingreep in het landschap, waar deze ook plaatsvindt en in welke vorm deze dan ook aangelegd wordt.

Marker Wadden

De locatie van de Marker Wadden is in dezelfde (noordoostelijke) hoek van het Markermeer gedacht als binnen NMIJ. Het Marker Wadden concept past goed binnen het concept van het Markermeermoeras, voor wat betreft eindbeeld en situering.



Figuur 4.6: Artists impression van eindbeeld Marker Wadden

4.2.5 Aanlegstrategie

Markermeermoeras

Voor het bepalen van de beste aanlegstrategie voor het moeras is binnen NMIJ in eerste instantie het idee van een grootschalig moeras van 4500 ha aan de Houtribdijk als uitgangspunt genomen, het zogenaamde 'Markermeermoeras'.

Dit bestaat uit een verdedigingsstructuur (zand met bescherming) ongeveer parallel aan de dijk. In het tussengebied worden in fasen stukken moeras aangelegd door een (tijdelijke) kering aan te leggen en op te vullen tot het gewenste niveau. Telkens wanneer een partij geschikte grond beschikbaar komt kan er een module toegevoegd worden, zodat na een tijd een archipelachtige structuur ontstaat. Na voldoende consolidatie kan het materiaal van de interne kering weer voor een nieuwe module gebruikt worden. De interne kering kan (deels) verwijderd worden.

Het is het meest voordelig om het moeras op te bouwen met grond (klei en slib) die uit de bovenste laag van de bodem van het Markermeer betrokken wordt. Een vraag die onder meer in de NMIJ pilot moeras beantwoord moet worden is of deze grond, nadat deze opgespoten is, van zichzelf uit voldoende mogelijkheden biedt om spontane ontwikkeling van riet mogelijk te maken of dat hier nog aanvullende handelingen voor nodig zijn.

In totaal is voor de realisatie van het moeras (uitgaande van 4.500 ha, vooral plasdras) in de orde van 200 miljoen m³ ophoogmateriaal nodig.

De hoeveelheid benodigd ophoogmateriaal hangt sterk af van de inklinking van de bodem en de consolidatie van het opgebrachte materiaal. Ter vergelijking: voor de tweede maasvlakte wordt in totaal 375 miljoen m³ aan materiaal opgebracht. De hoeveelheid benodigd ophoogmateriaal hangt sterk af van de inklinking van de bodem en de consolidatie van het opgebrachte materiaal.

Het uitgangspunt van het Markermeermoeras is dat dit moeras in fases aangelegd wordt met zogenaamd afvalmateriaal. Met afvalmateriaal wordt hier bedoeld het materiaal dat overblijft als op verschillende locaties in het Markermeer zand wordt gewonnen voor andere grootschalige bouwprojecten. Feitelijk zal dit materiaal bestaan uit het holocene sedimentpakket dat in de hele regio het winbare zand bedekt. Op deze wijze ontstaat een win-win situatie waarbij tijdens andere projecten gemakkelijker zand kan worden gewonnen omdat het bovenliggende sediment (dat normaal gesproken onbruikbaar is) afgezet kan worden in het moeras.

Omdat telkens op verschillende locaties en sterk variërend in de tijd zand zal worden gewonnen voor infrastructuur projecten, is ook het aanbod van materiaal voor het Markermeermoeras wisselend. Deze aanpak leent zich beter voor mechanisch baggeren.

Dit holocene materiaal bestaat voor een groot deel uit klei, afgewisseld met wat zanderige lagen en veen. Als gevolg van de baggerwerkzaamheden zal de sterkte van dit materiaal sterk verminderen. Hoe sterk, hangt af van de baggermethode. Bij mechanisch baggeren blijft de structuur van het materiaal nog enigszins intact, bij hydraulisch baggeren is de structuur totaal verdwenen.

Vanuit het oogpunt van ecologie is het van belang dat realisatie van nieuwe moeras-ecotopen (uitgaande van een modulaire opbouw binnen een ring) zodanig geschiedt dat geen verstoring optreedt in het reeds “aangeslagen” moeras.

Marker Wadden

In de visie van initiatiefnemer Natuurmonumenten krijgt de aannemer veel vrijheid in het ontwerp en wijze van uitvoering van Marker Wadden. Het ligt in de bedoeling om de aanbesteding voor fase 1 in 2014 volgens deze aanlegstrategie te starten.

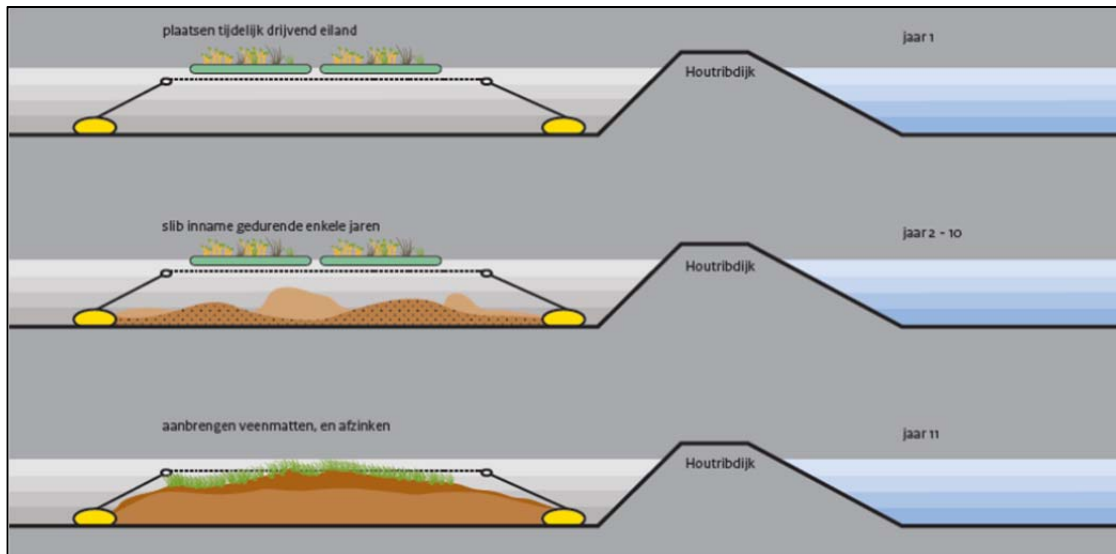
De aanlegstrategieën voor het Markermeermoeras en de Marker Wadden verschillen op twee belangrijke punten: de wijze van beschikbaar krijgen van het vulmateriaal en de wijze van vulling van het moeras.

Zowel in het Markermeermoeras als de Marker Wadden wordt hetzelfde holocene materiaal gebruikt. Marker Wadden gaat echter uit van hydraulisch gebaggerd materiaal (of in ieder geval materiaal met veel water en zonder enige structuur) terwijl er bij het Markermeermoeras wordt uitgegaan van een aanleg met mechanisch gebaggerd materiaal. Reden voor dit verschil is dat bij de Marker Wadden geulen worden aangelegd die moeten zorgen voor invang van slib uit de waterkolom. De inhoud van deze geulen dient als bouw materiaal voor de Marker Wadden.

Consortium Kransmeer

In het voorjaar van 2012 heeft WMIJ een aantal partijen gevraagd om een alternatieve visie te geven op de maatregelen die nodig zijn voor het TBES.

Het Consortium Kransmeer [47] heeft een ontwerp voor een moeras gemaakt met veenmatten, slibdepots en drijvende eilanden. Hieronder is een schematisch plaatje de plannen weergegeven.



Figuur 4.7: Innovatieve aanlegstrategie van consortium Kransmeer [47]

Kenmerken van het 'Kransmeer' moeras:

- Het moeras wordt opgebouwd met slibdepots, bestaande uit een in ronding gelegde geotube gevuld met zand en een kunststof scherm met drijvers waarbinnen slib wordt aangebracht. Eén slibdepot is ca. 1,4 ha groot.
- Boven het slibdepot worden één of meerdere drijvende eilanden aangebracht die zorgen voor luwte onder en achter de eilanden.
- De drijvende eilanden worden ca. 5 keer hergebruikt voor de aanleg van andere slibdepots. Het materiaal bestaat uit tempex, omhuld met een geodoek, hierop wordt een grondlaag aangebracht waarop beplanting kan groeien.
- Na voldoende vulling van de slibdepots wordt deze afgedekt met grond (klei).
- Op een deel van het ontstane moeras worden veenmatten toegepast (matten met weinig materiaal) waarin riet is gestekt.
- Het slib voor vulling van het moeras wordt gewonnen in te realiseren (zandwin)putten, uit onderhoud van de vaarroutes en van locaties waar helder water wordt beoogd.
- Het vullen van het moeras vindt deels aanbod gestuurd plaats, en met het oog op het stabiliseren van het slib is er gerekend met totaal 60 jaar doorlooptijd (variant 4500 ha).

Lessen uit andere situaties

Aanlegstrategie, ontwerpen en 'lessons learned' kunnen worden ontleend aan de aanleg van de eilanden [29][30] en bijvoorbeeld ook aan de aanleg van de Kreupel in het IJsselmeer waar natte natuur is aangelegd waarbij golfbrekers een belangrijke rol vervullen [31]. Binnen het moeras is ongelijkmatige zetting/consolidatie van het opgebrachte pakket interessant voor de ontwikkeling van natuurlijke variatie als daarmee de gewenste ecotoopverdeling intact blijft.

Uit de evaluatie van de Oostvaardersplassen [28], de eigen monitoring aan de Natuureilanden IJsselmonding in 2010 en 2011 [12][13] en gesprekken met deskundigen (o.a. Centre for Wetland Ecology), is al een aantal belangrijke succes- en faalfactoren voor de aanleg van een rietmoeras naar voren gekomen. Een kritische succesfactor is het aanslaan van riet en het ontstaan van waterriet. Vraat van ontluikend riet door ganzen is een erkend risico waarmee bij de aanleg rekening moet worden gehouden. Ook het peilregime is van groot belang. Een belangrijke risicofactor is dat het moeras te droog blijft en in dat geval op het gehele areaal wilgenbos ontstaat dat niet beheerd of beheerst kan worden. Bij de natuureilanden IJsselmonding blijkt dat het wilgenbos veel succesvoller is dan de ontwikkeling van de rietgordel. Dit heeft Staatsbosbeheer genoopt om grootschalig en met groot materieel de bosvorming terug te zetten. Echter binnen 1 groeiseizoen is al waarneembaar dat de wilgen daarmee niet verdwenen zijn en weer opkomen.

4.2.6 Kosten

De omvang van een grootschalig moeras in het Markermeer wordt voor een belangrijk deel bepaald door de (gewenste) ecologische effectiviteit en de beschikbare financiële middelen.

Uit het onderzoek volgt dat een oppervlak voor een moeras in het Markermeer met een oppervlak van minder dan circa 1500 ha geen grote meerwaarde heeft voor het systeem. Soorten die dan tot ontwikkeling kunnen komen zijn al goed vertegenwoordigd. Bij een groter oppervlak nemen de kansen voor een bredere (en gewenste) soortensamenstelling beduidend toe. Vanuit een ecologische optiek geldt feitelijk 'hoe groter hoe beter'.

De kosteneffectiviteit zal bij een nog groter moeras echter wel weer afnemen wanneer ecologische doelen zijn bereikt. Vooralnog is onduidelijk bij welk oppervlak (welke kosten) dit punt wordt bereikt. Wel is duidelijk dat de omvang van het moeras voor een belangrijk deel wordt bepaald door de beschikbare financiële middelen.

Kosten Markermeermoeras

In de audit Optimalisatierapport WMIJ zijn voor drie varianten van het moeras de eerder opgestelde kostenramingen onderzocht en geactualiseerd [65].

De belangrijkste kenmerken van de beschouwde varianten zijn:

- Het moeras heeft een ronde vorm en is circa 4.500 ha groot en kent een buitenrand van 26 km.). De rand bestaat uit geotubes van 4 meter hoogte die worden gevuld met (kosteloos ter beschikking gesteld) slib en afgewerkt met stortsteen. Het moeras bestaat uit één compartiment waarin 200 miljoen m³ specie wordt verwerkt.
- Het slib voor de vulling van het moeras wordt gewonnen op zandwinlocaties elders in het Markermeer.
- Van het oppervlak wordt 25% boven waterniveau aangelegd = land.
- Het vullen van het moeras vindt aanbod gestuurd plaats. De doorlooptijd bedraagt in totaal 50 jaar.

Inzichten vanuit NMIJ gaan uit van een langwerpige vorm van het grootschalig moeras, enigszins evenwijdig aan de Houtribdijk, in plaats van een ronde vorm. Voordeel van een langwerpige vorm is dat fasering makkelijker in compartimenten is uit te voeren, waarbij ook minder verstoring van gereedgekomen gedeelten optreedt en dat tussen het moeras en de Houtribdijk een uitgebreide luwe zone kan worden gecreëerd. Tevens kan bij juiste uitvoering mogelijk synergie worden bereikt met de op handen zijnde versterking van de Houtribdijk. De totale lengte van de buitenrand kan in dat geval ook worden teruggebracht tot circa 15 km.

De kosten van het moeras wordt grotendeel bepaald door de kosten van grondverzet. Transport per schip is kostbaar en eigenlijk alleen interessant als slib (als bijproduct van zandwinning) kosteloos kan worden afgezet ter plaatse van het moeras (variant 3). Een andere mogelijkheid wordt gevormd door het hydraulisch baggeren van slib in de directe omgeving (<5 km) van het moeras, waarna het per pijp direct op de juiste locatie wordt geplaatst (variant 2). Dit levert de nodige besparingen op ten opzichte van de mechanische varianten waarbij betaald moet worden voor winning, transport en verwerking.

Tabel 4.2: Vergelijking kosten voor Markermeermoeras bij verschillende herkomst en transportwijze van het materiaal

Variant	Beschrijving	Herkomst grondstof	Afmeting	Investeringskosten*
1	Grootschalig moeras met buitenrand van zand en afdekking met stortsteen (buitenzijde). Interne keringen (zand) en opbouw moeras met slib	50% slib mechanisch, incl. winning, transport (schip) en plaatsing. 50 % slib hydraulisch (pijp)	Opp.: 4500 ha Inhoud: 200 mln. m ³	1124 mln. € +/- 25%
2	Grootschalig moeras met buitenrand van zand en afdekking met stortsteen (buitenzijde). Interne keringen (zand) en opbouw moeras met slib	100% slib hydraulisch baggeren uit directe omgeving en verpompen	Opp.: 4500 ha Inhoud: 200 mln. m ³	896 mln. € +/- 25%
3	Grootschalig moeras met buitenrand van zand en afdekking met stortsteen (buitenzijde). Interne keringen (zand) en opbouw moeras met slib	100% slib kosteloos aangeboden bij rand moeras	Opp.: 4500 ha Inhoud: 200 mln. m ³	412 mln. € +/- 25%

* = Prijspeil 2012, inclusief BTW, indirecte en overige kosten.

De investeringskosten kennen een uitermate grote bandbreedte met kosten die kunnen oplopen tot meer dan een miljard euro. Bij de zeer optimistische inschatting dat al het materiaal aan de rand van het moeras beschikbaar wordt gesteld, worden kosten berekend die lager uitkomen dan de raming van Ecorys (waarin een aantal posten niet zijn meegenomen).

Dit impliceert dat de aanleg over een langere periode in de tijd uitgespreid moet worden.

De financiering van de aanleg komt naar verwachting alleen maar rond, als daarin een deel uit private participatie komt, gekoppeld aan bijvoorbeeld zandwinning of samenloop met maatregelen voor veiligheid, zoals die voor de Houtribdijk op stapel staan.

Marker Wadden

Voor de aanleg van de eerste fase van de Marker Wadden is een bedrag geraamd van M€ 75. Hiervan is momenteel M€ 45 binnen (Postcode loterij, Ministeries EZ/MinlenM), maar er lopen nog gesprekken met andere financiers (provincies/Europa/private sector, etc.). Het contract wordt op de markt gezet op basis van de beschikbare financieringsbudget. Het contract biedt de mogelijkheid om nieuw verworven budget door de huidige aannemer om te zetten in aanvullend areaal Marker Wadden. Op basis van de lessen van de eerste resultaten wordt hierover met aannemer onderhandeld. Natuurmonumenten gaat uit van realisatie van een eerste fase van de Marker Wadden met een oppervlakte aan moerasgebied van circa 500 ha. De uiteindelijke omvang zal veel groter zijn.

Beheer en onderhoudskosten vormen onderdeel van de begroting van M€ 75. Het streven is om de kosten zo laag mogelijk te houden, de natuur is gebaat bij enige vorm van dynamiek.

Moeras Consortium Kransmeer

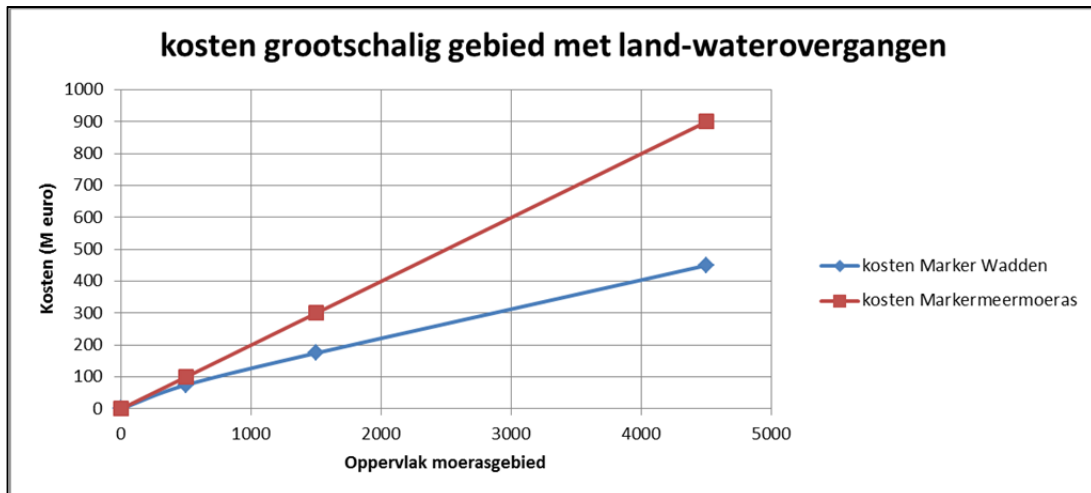
Daarnaast is in het kader van de WMIJ uitvraag door het Consortium Kransmeer ook een grootschalig moeras aan de Houtribdijk voorgesteld. Het grootschalige moeras is voorzien in het noord westelijk deel van het Markermeer nabij de Houtribdijk. Het moeras zal worden opgebouwd met een groot aantal slibdepots, drijvende eilanden en veenmatten. Voor het aanleggen van een moerasgebied van circa 4500 ha zijn kosten begroot van circa 3.400 M€, waarmee deze aanlegmethodiek veel duurder uitpakt dat de hiervoor behandelde.

Bandbreedte in de kostenraming

Voor de kostenraming van maatregelen zijn er in beginsel twee mogelijkheden:

1. Uitgaan van een ontwerp en op basis daarvan een bedrijfseconomische raming opstellen; leidt tot vaak ruime begroting omdat risico's in de raming worden meegenomen.
2. Uitgaan van een vast budget dat beschikbaar is, en de markt een zo groot mogelijke maatregel laten realiseren. Kan leiden tot een optimistische raming omdat risico's zoveel mogelijk worden vermeden.

Het verschil in aanlegstrategie en omgang met risico's tussen Markermeermoeras (volgens mogelijkheid 1) en Marker Wadden (volgens mogelijkheid 2) resulteert ook in een andere kostenraming. Als indicatie geeft onderstaande figuur weer wat de kosten zijn voor beide type moerassen, afhankelijk van de oppervlakte van het moeras.



Figuur 4.8: Kosten grootschalig gebied met land-waterovergangen volgens de aanlegstrategie van het Markermeer moeras en de Marker Wadden

4.2.7 Acceptatie grootschalig moeras

Het moeras heeft een ‘eigen plek’ in diverse visies met uiteenlopende status. In de kustvisie van Lelystad (nog niet aangenomen door de raad) neemt een moerasontwikkeling een belangrijke plaats in. De locatie van de pilot valt binnen de projectie van het moeras zoals opgenomen in de kustvisie.

In een visie van onder meer Natuur en Milieu Flevoland, Natuurmonumenten en Staatsbosbeheer op het ‘Nationaal Waterpark IJmeer en Markermeer’ is ook sprake van de ontwikkeling van een moeras. Ook deze ontwikkeling is geprojecteerd op de beoogde locatie van de pilot.

Het idee van een moeras als invulling van grootschalige land-waterovergangen heeft brede (ambtelijke) steun bij RWS, Staatsbosbeheer, gemeenten, natuurorganisaties en provincies. Dit blijkt uit de rapportages die hierover verschenen zijn [26][27]. Het wordt vooral gezien als een enorme impuls voor natuurverbetering door creëren van nieuwe natuur. Voor de gemeente Lelystad is het ook een aantrekkelijk recreatief object (maar met beperkte toegang) op relatief korte afstand van de bewoning.

Fasering van de aanleg en een modulaire opbouw lijkt dan ook noodzakelijk. Vanuit het formeel-juridische spoor van de NB-wet valt er wel ‘tegenwind’ te verwachten, bijvoorbeeld overlast of verstoring van bestaande natuur door de aanleg.

Vanuit de hoek van burgers vallen echter wel vragen en bezwaren te verwachten als gevolg van vermeende last van steekmuggen, tijgermuggen en malaria. NMIJ heeft hierover contact gehad met een muggenexpert [54] en in de tussentijd is door Alterra een ‘Leidraad Overlast door steekmuggen en knutten’ gepubliceerd [53].

Beide tonen aan dat het risico van overlast door muggen op de woonomgeving van Lelystad in de betrokken situatie te verwaarlozen is. Het is alleen zaak door middel van goede communicatie hierover, de burger te informeren met een bijvoorbeeld een goed toegankelijke brochure.

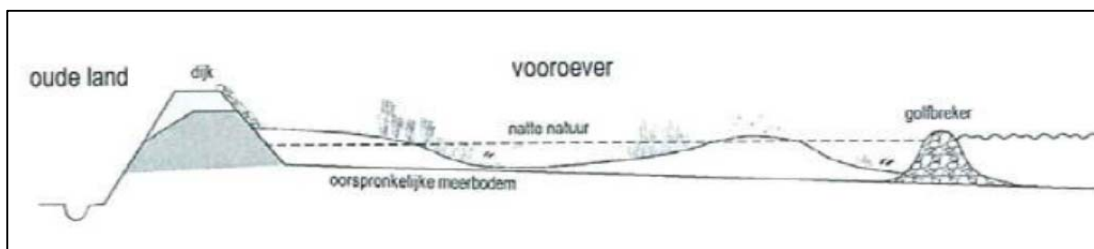
Uit het oogpunt van kosten en duurzaamheid is het gewenst het moeras te koppelen aan andere doelen binnen het Markermeer, zoals het verbeteren van de veiligheid en eventuele buitendijkse ontwikkelingen.

Marker Wadden

Het plan Marker Wadden is in 2012 door Natuurmonumenten via een groot pr-offensief ge-positioneerd en heeft sterk bijgedragen helpt aan draagvlak voor een moeras in het Markermeer. De eerste financiering kwam uit de postcodeloterij en heeft daardoor een breed publiek bereikt. De insteek van Natuurmonumenten is om samen met kennisinstituten, bedrijfsleven en overheid Marker Wadden op te nemen in de Topsector water-portefeuille. Met Building with Nature (Topsector Water-Deltatechnologie) is een samenwerking aangegaan om het ontwerp te optimaliseren en om via monitoring tijdens de aanleg al modificaties door te voeren.

4.3 Vooroever Lepelaarsplassen

De vooroever Lepelaarsplassen is een gebied nabij de Lepelaarsplassen waarin door de aanleg van een golfbreker (met openingen) een vooroever ontstaat. Het gebied binnen de vooroever is door ophoging ondiep en kent een natuurlijke land-water overgang, gekenmerkt door slikkige platen met een flauw talud en met ondiepe zones waarin rietlanden ontstaan.



Figuur 4.9: Principe van een vooroever

4.3.1 Doel

Het voornaamste doel is gelegen in het vergroten van de habitatdiversiteit (onder meer voor N2000 doelsoorten) aan de oostzijde van het Markermeer en het versterken van de ecologische relatie tussen de binnendijs gelegen Lepelaarsplassen voor een aantal N2000 soorten. Daarnaast kan de vooroever fungeren als een stepping stone en daarmee ecologische verbinding versterken tussen NW Overijssel en de Vechtsplassen.

4.3.2 Ecologische effectiviteit

Vergroting van de habitatdiversiteit met slikkige platen en ondiepe rietlanden en eutrofe moeraszones die functioneren als habitat voor Lepelaar, Blauwborst, Beardman etc. zijn te verwachten. De vooroever biedt een vergroting van het habitat voor doelsoorten van Natura 2000-gebied Markermeer (duikeenden, viseters, herbivoren) en die van N2000 gebied Lepelaarsplassen (o.a. Aalscholver, Lepelaar). De vooroever functioneert tevens als rustgebied/pleisterplaats voor watervogels.

Aan de andere kant ligt de vooroever zo afgezonderd in het Markermeer, dat de bijdrage aan het gehele systeem (het TBES) op dit moment als betrekkelijk laag wordt ingeschat.

Ook gaat er geen significant effect op de slibhuishouding (zie 3.2.5). Wel past de vooroever in de ecologische verbinding tussen natte natuurgebieden in Noord-west Overijssel en de Vechtplassen. Als het Markermeermoeras wordt gerealiseerd, kan de nadruk van de doelstelling voor de vooroever op de slikkige platen liggen omdat dan voldoende moerashabitat aanwezig is.

4.3.3 Locatie en omvang

Het zoekgebied voor de ligging is aan de oostzijde van het Markermeer bij de dijk van de Flevopolders, juist ten noorden van gemaal De Blocq van Kuffler. Daar is de bodem slibrijk, relatief diep en de oevers voorzien van stortsteen waardoor deze kust relatief lage natuurwaarde heeft. Belangrijke dimensies zijn: 1) de afstand tot de huidige oevers, zodanig dat de strijklengte beperkt is en een golfluwe zone met helderder water ontstaat (maximaal 2 km) [57] en 2) de oeverlengte, die bij voorkeur zo groot mogelijk moet zijn.

Een ander belangrijk ontwerpaspect is de manier waarop de uitwisseling met het Markermeer plaatsvindt. Dit is een optimalisatievraagstuk tussen het risico van eutrofiëringaspecten en zuurstofhuishouding bij eenzijdig opening en een zekere isolatie, en een grotere slibinput en risico van vertroebeling bij tweezijdige verbinding. Zonder uitgebreide berekeningen kiezen we nu voor eenzijdige opening.

De monitoring aan de dam/golfbreker voor de Oostvaardersplassen in 2011 laat zien dat bij een tweezijdige opening aan die zijde van het Markermeer tot een zachte slibbodem leidt, waar geen waterplanten groeien en geen geschikt substraat voor mosselen ontstaat. Anderzijds toont de Pampushaven dat een eenzijdige opening ook tot slibophoping kan leiden.

Een combinatie met een diepe put bij de ingang zou kunnen voorkomen dat de zone te slibrijk wordt. Verondieping kan nodig zijn om de gewenste diepteverdeling te bereiken. Bij de situering en ontwerp moet rekening gehouden worden met de mogelijkheid van vismigratie die bij het gemaal De Blocq van Kuffeler eventueel te realiseren is (5.3).

4.3.4 Aanlegstrategie en kosten

Binnen NMIJ is volgens planning nog niet aan de vooroever gerekend. Uitgangspunt is nog 1000 ha. In het Optimalisatierapport TBES wordt wel een ontwerp en een kostenberekening gepresenteerd. Deze is door Royal Haskoning in 2012 geaudit [65]. De reductie van het oppervlak van 1000 naar 300 ha is een resultaat van een workshop die in het kader van de optimalisatie van TBES is uitgevoerd.

De belangrijkste kenmerken van die vooroever zijn:

- De vooroever is totaal 5 km lang en 2 km breed (= 1000 ha).
- De golfbreker voor de oever bestaat uit een kern van zand, afgewerkt met stortsteen, heeft een kruin van 1 m breed en taluds van 1:3.
- De waterdiepte is aangenomen op 4,3 m.
- Voor de opbouw van de vooroever is gerekend met volledige vulling van de gemiddelde waterdiepte over het totale oppervlak.
- De bovenste 0,5 meter van de vooroever bestaat uit zand, de rest uit slib.
- De vooroever wordt voor ca. 50% boven de waterspiegel aangelegd.

Tabel 4.3: Kenmerken en kosten van vooroever Lepelaarsplassen

Variant	Beschrijving	Herkomst grondstof	Afmeting	Investeringskosten*
1	Golfbreker van zand, afgedekt met stortsteen. Achterliggende ophoging van slib met zandige toplaag	Zand inclusief transport tegen gangbare marktprijs. Slib hydraulisch gebaggerd binnen 5 km	Golfbreker: 5 km Opp.: 1000 ha	254 mln. € +/- 25%
2	Golfbreker van zand, afgedekt met stortsteen. Achterliggende ophoging van slib met zandige toplaag	Zand uit bestaande concessie. Slib hydraulisch gebaggerd binnen 5 km	Golfbreker: 5 km Opp.: 1000 ha	205 mln. € +/- 25%

* = Prijspeil 2012, inclusief BTW, indirecte en overige kosten.

Indien wordt uitgegaan van een vooroever met golfbreker van 300 ha worden de bedragen vooralsnog recht evenredig verlaagd. Voor de varianten 1 en 2 worden dan respectievelijk 76 en 61 miljoen euro geraamd. Deze varianten zijn in dat geval 2 tot 27 % duurder dan de door Ecorys berekende kosten.

Marktvraag ecologie

In de WMIJ optimalisatiestudie is een grootte van 300 ha voorzien. In het eindrapport is ook de variant met stepping stones in de vorm van kunstmatige rieteilanden van het consortium Kransmeer opgenomen [47].

4.3.5 Acceptatie

De vooroever Lepelaarsplassen trekt in vergelijking met het moeras en de luwe zones aan de Noord-Hollandse kust relatief weinig aandacht van het maatschappelijke veld omdat er weinig recreatie en bewoning in de directe nabijheid is. Alleen de gemeente Almere heeft wel grote belangstelling voor deze maatregel als gedachte compensatie voor buitendijkse woningbouw. Wel ligt de oever vrij dicht bij de vaargeul Amsterdam-Lemmer en mag daar geen hinder veroorzaken.

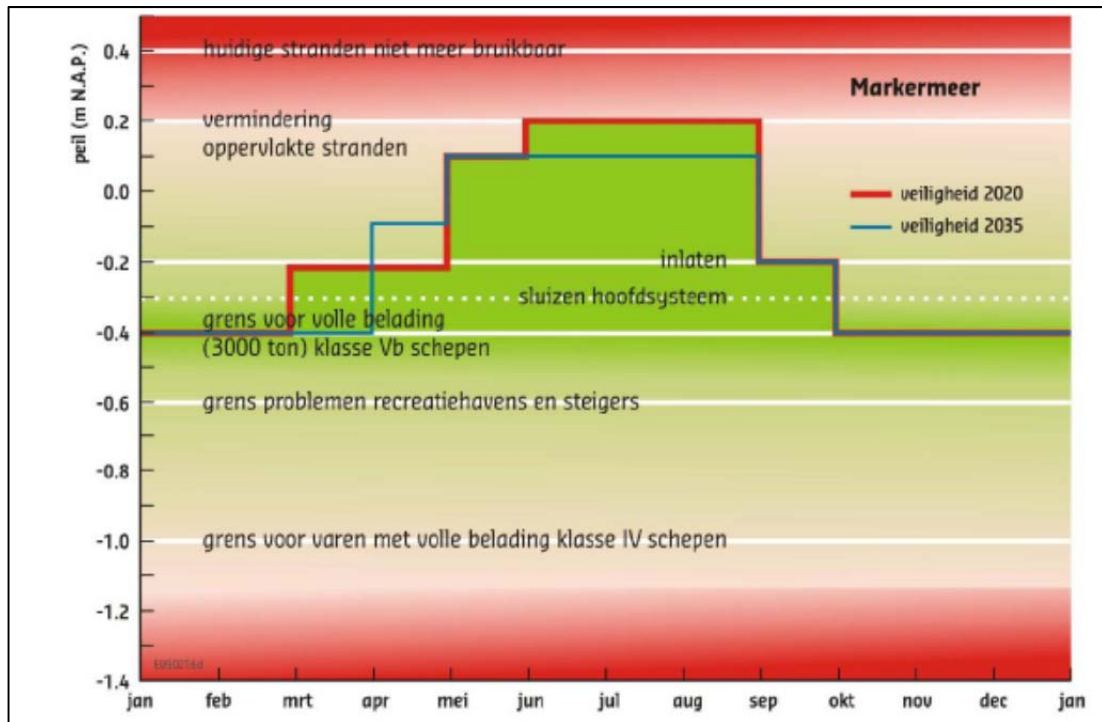
Als een vooroever bijdraagt aan een hoger veiligheidsniveau of verminderde inspanning om veiligheid te garanderen, dan kan dat op draagvlak rekenen. Er ligt echter geen opgave op gebied van veiligheid.

4.4 Vergroten peildynamiek

Voor de ecologische effectiviteit van geleidelijke land-waterovergangen is de juiste peildynamiek een van de belangrijkste succesfactoren. De peilfluctuaties zorgen voor goede condities voor het vestigen van vegetatie en het voorkomen van ondiepten en slikken.

De dynamiek als gevolg van windopwaaiing alléén is - hoewel gunstig en ook nodig - onvoldoende voor de gewenste dynamiek. Met natuurlijke peilvariatie wordt bedoeld: in de zomer laag, in de winter hoog, de grondwaterstand is volgend. Daarnaast is een afwisseling van droge en natte jaren gewenst.

Andere sectoren en gebruiksfuncties stellen echter grenzen aan de omvang van de dynamiek (fig. 4.10).



Figuur 4.10: Een aantal peilniveaus waarboven of waaronder belemmeringen optreden voor functies (excl. grondwatereffecten en hinder recreatievaart door waterplanten)

Momenteel loopt het Deltaprogramma IJsselmeergebied (DPIJ) waarin de mogelijkheden voor een nieuw peilregime in vervolg op de aanbevelingen van de Commissie Veerman verkend worden. In mei 2012 is het resultaat van fase 2 gepubliceerd [37] en in juni 2013 het resultaat van fase 3 [79][80]. Een van de conclusies uit fase 2 is dat op korte termijn goede mogelijkheden bestaan om de zoetwatervoorraad van IJsselmeer en Markermeer te verdubbelen door het peilregime te optimaliseren.

Een verviervoudiging van de voorraad is mogelijk door flexibiliseren. Bij deze ingrepen blijft het winterpeil gelijk, maar mag het zomerpeil resp. 20 en 20-40 cm uitzakken. Dit houdt in beginsel een ecologische verbetering in voor het peilverloop in het Markermeer, althans als de hoeveelheid land-waterovergangen substantieel kan worden vergroot.

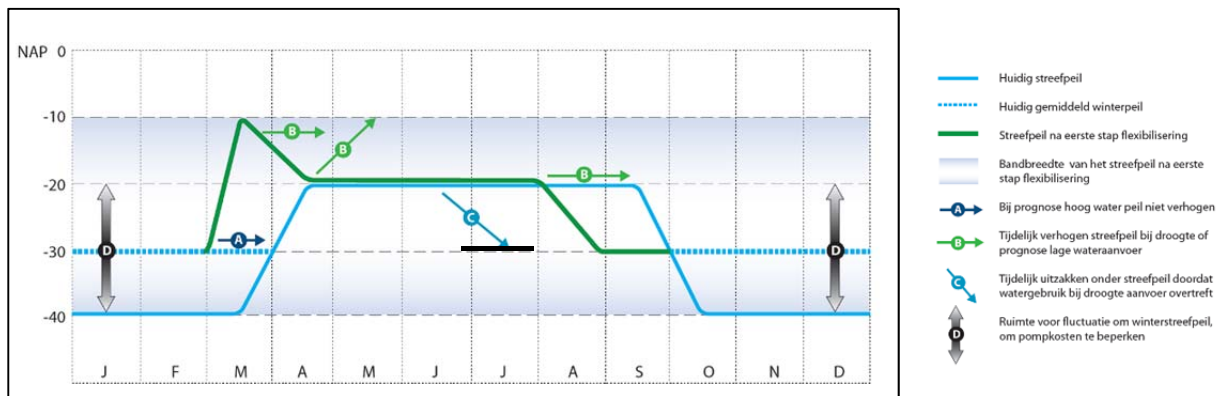
Eerste stap flexibel peilbeheer

In fase 3 van DPIJ is duidelijk geworden waar op dit moment de mogelijkheden en beperkingen liggen voor flexibilisering van het peilbeheer. Op basis daarvan is door DPIJ een mogelijke eerste stap in de flexibilisering van het peilbeheer uitgewerkt, die kan worden gerealiseerd binnen de bestaande inrichting [79]. Dit peilbeheer kan worden ingevoerd wanneer de eerste pompen in de Afsluitdijk zijn geïnstalleerd (tussen 2017 en 2020). Voor de invoering ervan is een nieuw peilbesluit nodig.

De eerste stap in flexibilisering van het peilbeheer zorgt voor een structureel grotere beschikbare zoetwatervoorraad, versterkt de natuur in de oeverzone en voorkomt onnodige pompkosten.

Met de eerste stap kan de komende decennia in de behoefte aan zoetwater worden voorzien, zeker als in het regionale watersysteem en bij de watergebruikers stappen worden gemaakt om het watergebruik te beperken (de flexibiliteitsstudie van de waterschappen beschrijft hiervoor de mogelijkheden). Omdat het aspect natuur meteen is meegenomen in het ontwerp, zal invoering van dit peilbeheer waarschijnlijk niet stuiten op problemen met de natuurwetgeving. Dit laatste zal nog getoetst worden, net zoals getoetst zal worden of dit peilbeheer geen extra eisen aan de veiligheid stelt.

Onderstaande figuur geeft het voorstel weer voor het IJsselmeer. Voor het Markermeer en de Veluwerandmeren wijkt het voorstel iets af. Dit komt aan de orde na de toelichting voor het IJsselmeer.



Figuur 4.11: Voorstellen voor eerste stap flexibel peilbeheer in IJsselmeergebied [79]

Flexibilisering van het peil bestaat uit twee componenten. Ten eerste komt er meer variatie in het streefpeil door het jaar heen. Ten tweede komen er meer mogelijkheden om, inspelend op de actuele situatie, gericht af te wijken van het streefpeil. Hierdoor ontstaan er ook meer verschillen in het peilverloop tussen de jaren. Ook bij flexibel peilbeheer blijft natuurlijk gelden dat de weersomstandigheden ervoor kunnen zorgen dat de feitelijke waterstand sterk kan afwijken van het peil dat de beheerder nastreeft.

Toelichting IJsselmeer

In de figuur geeft de blauwe lijn het huidige streefpeil weer. De gestippelde blauwe lijn geeft aan dat in de praktijk het gemiddelde winterpeil boven het winterstreefpeil ligt. De groene lijn geeft het nieuwe streefpeil weer, dat meer variatie door het jaar heen kent. De pijlen geven aan hoe bewust afgeweken kan worden van het nieuwe streefpeil. De blauw gekleurde zone, tenslotte, geeft de totale bandbreedte aan waarbinnen de streefpeilen kunnen fluctueren.

De groene lijn kijkt op meerdere punten af van het huidige streefpeil:

- Het gemiddelde winterpeil zal niet stijgen. Het precieze peilbeheer in de winter zal nader worden uitgewerkt. Daarbij wordt rekening gehouden met de waterveiligheid, de gevolgen voor de omliggende watersystemen en de pompkosten die moeten worden gemaakt (zowel bij de Afsluitdijk als bij de gemalen die water uit de regionale systemen afvoeren).
- Aan het eind van de winter wordt het peil opgezet tot -10 cm NAP, om vervolgens terug te zakken tot het zomerstreefpeil.
Deze opzet is gunstig voor de natuur in de oeverzone, zoals ook uit de visie van de maatschappelijke organisaties naar voren komt. Uit de regioprocessen is naar voren gekomen dat deze opzet niet tot problemen in de omgeving leidt.
- Het zomerpeil wordt gehandhaafd van april t/m juli. Vervolgens daalt het in augustus naar het winterniveau. Dit vroege uitzakken is gunstig voor de rietontwikkeling (visie maatschappelijke organisaties), terwijl op droogvallende ondiepe platen vogels kunnen foerageren. Omdat de peildaling maar 10 cm is, heeft het uitzakken in het IJsselmeer weinig gevolgen voor de recreatievaart.

In de meeste jaren kan worden gestuurd op het nieuwe streefpeil. Bij specifieke omstandigheden wordt hier echter bewust van afgeweken (op basis van heldere criteria). Dit is aangegeven met de pijlen in de figuur:

- A. Veiligheid: Bij voorspelde hoge rivierafvoer of storm wordt het peil niet vroegtijdig verhoogd. De veiligheid is harde randvoorwaarde. Er wordt verwacht dat de peilopzet aan het eind van de winter mogelijk is wanneer rekening wordt gehouden met de voorspelde rivierafvoer en doordat er pompcapaciteit beschikbaar is. Als dit niet waar blijkt te zijn, moet dit voorstel op dit punt worden aangepast.
- B. Zoetwatervoorziening. Bij droogte of voorspelde zeer lage aanvoer van rivierwater wordt het peil langer op -10 cm NAP gehouden (of daarop weer teruggebracht) om de buffervoorraad zoetwater zo groot mogelijk te laten zijn. Bij late droogte kan ervoor gekozen worden niet uit te zakken aan het eind van de zomer.
- C. Waterverbruik. Als het verbruik van water groter is dan de aanvoer kan het waterpeil uitzakken tot -30 cm NAP. Als het peil verder dreigt uit te zakken wordt de aanvoer van water vanuit de meren naar de omgeving beperkt. Het uitzakken tot -30 cm NAP zal de komende decennia slechts in extreem droge jaren voorkomen.
- D. Waterafvoer en pompkosten. In de winter kan het energiegebruik van pompen worden geminimaliseerd door, wanneer mogelijk, te spuien tot -40 cm NAP. Verder hoeven de pompen mogelijk niet meteen te worden ingezet als het water boven het streefpeil komt. Berekeningen zullen moeten aantonen hoever het water mag stijgen voor de pompen worden ingeschakeld, zonder dat de veiligheid in geding komt. Bij voorspelde hoge rivierafvoer kunnen eventueel de pompen worden ingezet om het waterpeil tot -40 cm NAP te laten dalen, om zo meer buffercapaciteit te hebben om de rivierafvoer op te vangen. Dit is invulling van het principe "spuien als het kan, pompen als het moet".

Toelichting Markermeer en Veluwerandmeren.

Uit de gebiedsprocessen is duidelijk geworden dat peilverhoging tot boven het huidige zomerstreefpeil lokaal tot wateroverlast kan leiden. In de Veluwerandmeren wordt het peil aan het eind van de winter daarom niet verder verhoogd dan het daar nu geldende zomerstreefpeil van -5 cm NAP.

Zowel de Veluwerandmeren als de aan het Markermeer gekoppelde Gooi-Eemmeer hebben grote ondiepe gebieden en kennen veel recreatievaart.

Daling van het waterpeil onder het huidige zomerstreefpeil levert daar forse beperkingen op. In deze meren wordt er daarom door DPIJ nu voor gekozen om het streefpeil pas rond 1 oktober te laten dalen, net als dat nu gebeurt.

In de Veluwerandmeren zal ook gedurende droge periodes het peil op niveau gehouden worden. De bijdrage van deze meren aan de zoetwatervoorziening is zo klein, dat het geen zin heeft ze hiervoor in te zetten. In het Markermeer kan het peil in extreem droge zomers wel dalen tot -30 cm NAP. In deze extreme situatie (die maar incidenteel zullen voorkomen) worden de beperkingen voor de recreatievaart geaccepteerd.

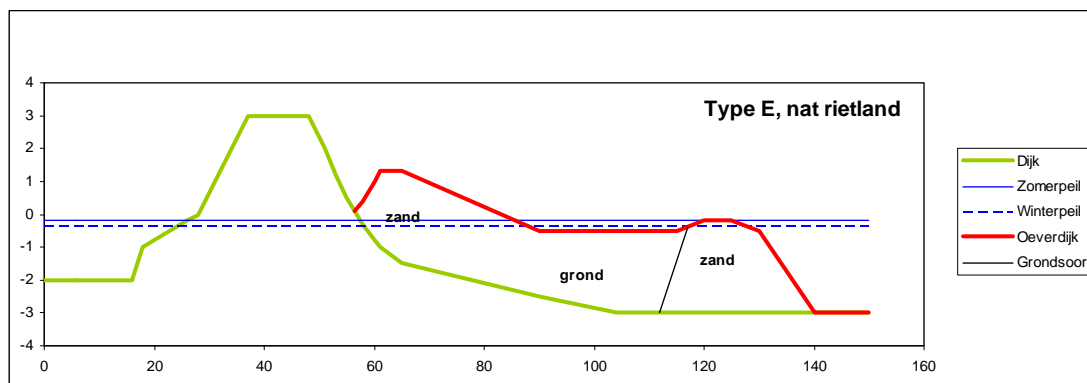
Vanuit het oogpunt van optimale ontwikkeling van het toekomstige moeras, kan het optreden van extreme situaties (gedeeltelijke droogval) gezien worden als een belangrijke randvoorwaarde. Een dergelijke extreme situatie zou bij voorkeur een enkele keer in de 5-10 jaar moeten voorkomen. Bij langdurig uitblijven van extreem droge zomers, zou er ruimte moeten komen om het uitzakken vroeger plaats te laten vinden. Een droogvalsituatie op korte termijn voor de Oostvaardersplassen voorzien om de ontwikkeling van de moerasvegetatie weer te stimuleren.

4.5 Oeverdijken Noord-Holland

Oeverdijken langs de Noord-Hollandse kust zijn niet in het oorspronkelijke NMIJ onderzoeksprogramma als te onderzoeken maatregel opgenomen. Parallel aan het eerste jaar van NMIJ heeft in 2010 echter in opdracht van Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier een studie gelopen naar de mogelijkheden en effectiviteit van deze maatregel [15]. Gezien de ecologische functie die deze maatregel heeft is deze toch geselecteerd als waardevol voor de eerste fase van de uitvoering van TBES maatregelen. De informatie daarover is daarom hier in hetzelfde format als de overige maatregelen opgenomen.

Locatie en vorm

Een groot gedeelte van de dijken tussen Hoorn en Amsterdam is afgekeurd in verband met een te geringe stabiliteit van de waterkering. Het versterken van deze Markermeerdijken op een conventionele wijze blijkt vele malen duurder uit te vallen dan oorspronkelijk was voorzien. Een oeverdijk vormt een alternatieve oplossing en onderscheidt zich van een conventionele dijk doordat deze minder hoog is en een veel groter (buitendijks) oppervlak in beslag neemt waar ruimte wordt geboden aan dynamische (morfologische en ecologische) processen. In december 2010 is besloten dat de oeverdijk als extra alternatief wordt meegenomen in het lopende planproces (MER).



Figuur 4.12: Schematische dwarsdoorsnede oeverdijk

Door de aanleg van een oeverdijk kunnen vele LNC-waarden op en rond de bestaande dijk worden behouden of zelfs versterkt. Een en ander is wel afhankelijk van een passende inrichting, waarbij rekening wordt gehouden met verschillende gebruiksfuncties (kades, havens, mondingen van waterlopen e.d.) en versnippering moet worden voorkomen. Direct voor de oude dorps- en stadskernen wordt de aanleg van een oeverdijk vanuit cultuurhistorisch oogpunt onwenselijk geacht. In de nabije omgeving van woonkernen kan de oeverdijk ook worden ingericht als recreatiestrand. In een meer landelijke omgeving is een ecologische inrichting passender. Indien alle grond voor de oeverdijk vanaf het water kan worden aangevoerd, is de maatschappelijke verstoring door de dijkverbetering bij deze variant beperkt, en veelal minder dan bij een conventionele dijkverbetering.

Deze ecologische variant van de oeverdijk is in principe over een groot gedeelte (circa 25 km) van de Noord-Hollandse kust toepasbaar. Bij de inpassingsmogelijkheden dient echter nog verder te worden onderzocht of de ecologische variant van de oeverdijk ook maatschappelijk overal het beste scoort. Dit kan betekenen dat de ecologische variant bijvoorbeeld alleen wordt aangelegd op locaties waar momenteel de grootste ecologische potenties aanwezig zijn en de deze variant bovendien de meest kosteneffectieve vorm van dijkversterking is (circa 12 km). In het huidige voorkeursalternatief is gekozen voor 1/3 van de lengte.

Ook in het project Integrale versterking Houtribdijk is de uitvoeringsvorm van een oeverdijk onderwerp van studie.

Ecologische effectiviteit

De aanleg van een oeverdijk op de bestaande land-waterovergang kan directe gevolgen hebben voor daar aanwezige natuurwaarden (rivieronderpad, watervogels door verminderde voedselbeschikbaarheid van mosselen en visetende vogels via het verlies van waterplanten (Fonteinkruiden) als opgroeihabitat vormt voor jonge Baars en Blankvoorn. Gezien de omvang worden deze effecten over het geheel genomen niet als significant negatief beoordeeld. Bovendien is een belangrijk deel daarvan te mitigeren.

Door de aanleg van een oeverdijk volgens een ecologisch ontwerp ontstaat in de meeste gevallen een duidelijke meerwaarde. Hierdoor ontstaan goede kansen voor lokale oevergebonden natuurwaarden (Noordse Woelmuis, Waterspitsmuis en Ringslang). De kansen zijn vooral aanwezig op secties in de nabijheid van de EHS. Omdat aanleg van de oeverdijk de mogelijkheid biedt binnendijkse waarden buitendijks aan te vullen, te versterken en te verbinden (aanvulling EHS) ontstaan tevens uitgelezen kansen voor aanvullingen met bijv. vis- en faunapassages zoals maatregelen langs trekroutes van Meervleermuis (Natura 2000 doel) of passages van de dijkgebonden infrastructuur (weg, fietspad, sloot). Anderzijds zijn er kansen voor een meer geleidelijke land-water overgang met paaigebieden voor vis uit het open water (nat grasland met tijdelijke inundaties, open water tussen riet).

Hierdoor draagt de oeverdijk bij aan twee systeempijlers van het TBES: land-water overgangen en verbinding binnendijks-buitendijks, en in ruime zin aan versterking van de ruimtelijke diversiteit van het Markermeer-IJmeer.

Combinatie met luwtestructuur

In 2012 is door Deltares onderzocht of de aanleg van een luwtestructuur invloed kan hebben op de afmetingen van de oeverdijk met behoud van dezelfde veiligheidseisen [45].

Het gaat hierbij om het vaststellen van de meerwaarde van luwtestructuren voor het ontwerp van de oeverdijk: wat zijn de kosten van het aanbrengen van de luwtestructuren en tot welke kostenreductie kunnen deze luwtestructuren leiden voor de aanleg van de oeverdijk.

Een analyse van het golfhoogtereducerende effect door een luwtestructuur heeft laten zien dat het golfreducerende effect voor de beoogde luwtestructuren maximaal orde 30% bedraagt (op een locatie aan de teen van de dijk midden achter de luwtestructuur). De daadwerkelijke gemiddelde golfhoogtereductie achter de gehele luwtestructuur is circa 15%.

Op basis van het huidige ontwerp van de oeverdijk voor de Noord-Hollandse kust wordt gesteld dat deze nauwelijks gevoelig is voor verandering in de maatgevende golfbelasting. Dit maakt dat een afname van de golfhoogte slechts zeer beperkte invloed heeft op de aanlegkosten van de oeverdijk.

Gegeven deze beperkte invloed en de potentiële toename van onderhoudskosten als gevolg van de aanleg van een luwtestructuur wordt de kostenreductie verwaarloosd. De verwachte aanlegkosten van een luwtestructuur zijn zeer veel groter dan de te verwachten maximale reductie van de aanlegkosten van de oeverdijk.

Deltares concludeert dan ook dat de aanleg van een luwtestructuur niet tot een kostenreductie van de oeverdijk leidt. Bij het aanleggen van luwtestructuren kan daarnaast het risico optreden van (lichte) erosie van de oeverdijk door aanleg van de luwtestructuur en daarmee een toename van de aanleg- en onderhoudskosten van de oeverdijk.

4.6 Experimenten in de Waterproeftuin voor thema habitatdiversiteit

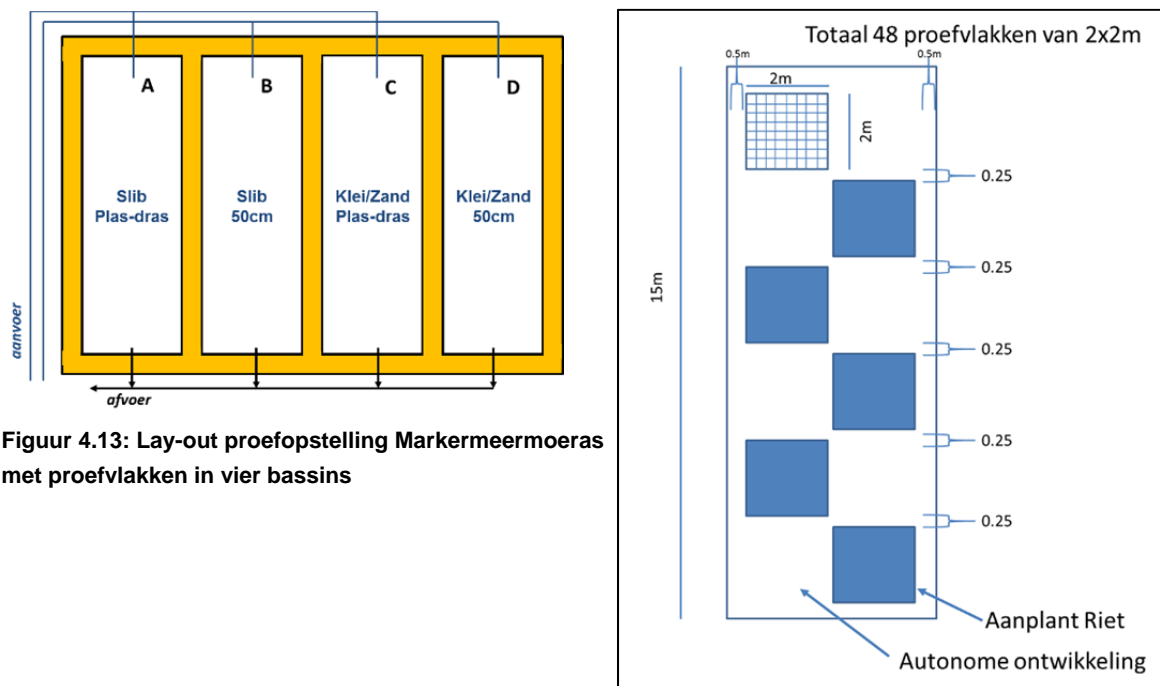
4.6.1 Markermeermoeras

Initiatief en doel

Door het consortium Radboud Universiteit/CWE/Alterra/Boskalis is een experiment in uitvoering dat zich richt op de relatie tussen peildynamiek en het aanslaan van riet en de ontwikkeling van macrofauna. Het experiment is gestart in 2012 en zal tot eind 2014 doorlopen.

Opbouw van het experiment

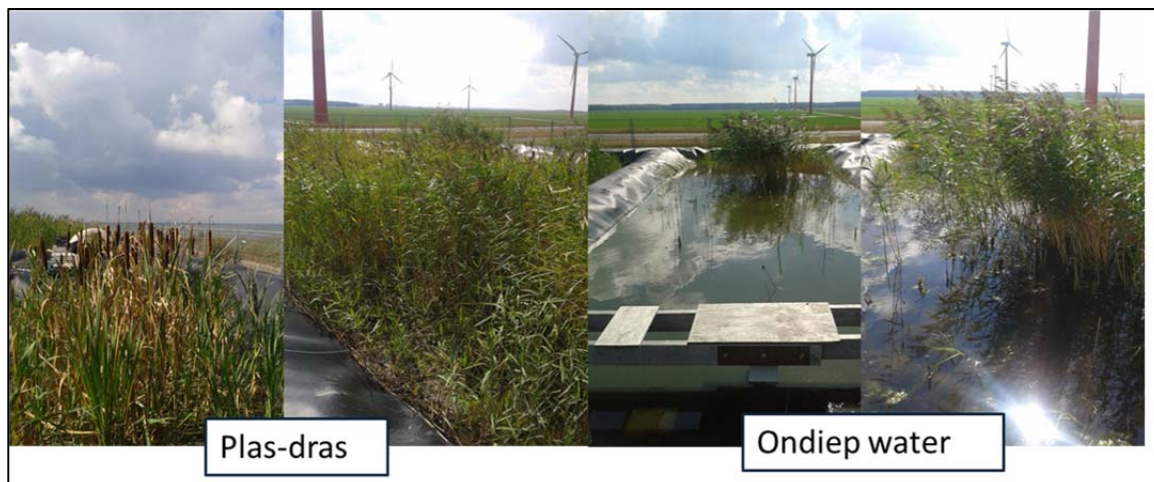
In een proefopzet met bakken van 2x2 meter in 4 grote bassins worden alternerend wel of geen stekken aangebracht en verspreid over een regime met ondiep water of plas-dras situatie. Het water wordt vanuit de Pampushaven in de opstelling gebracht.



Figuur 4.13: Lay-out proefopstelling Markermeermoeras met proefvlakken in vier bassins

De behandelingen bestaat uit:

- 2 typen substraat:
 - slib = bovenste 30 cm van sediment Markermeer;
 - klei/zandige mix = substraat daaronder (tot 4m diep).
- 2 waterniveaus:
 - plas-dras = 0-5 cm water, met mogelijk langdurige droogval;
 - 50cm water.
- 2 biologische startfasen:
 - autonome ontwikkeling = spontane ontwikkeling vegetatie;
 - aanplant van riet = aanplant met wortelstokken.

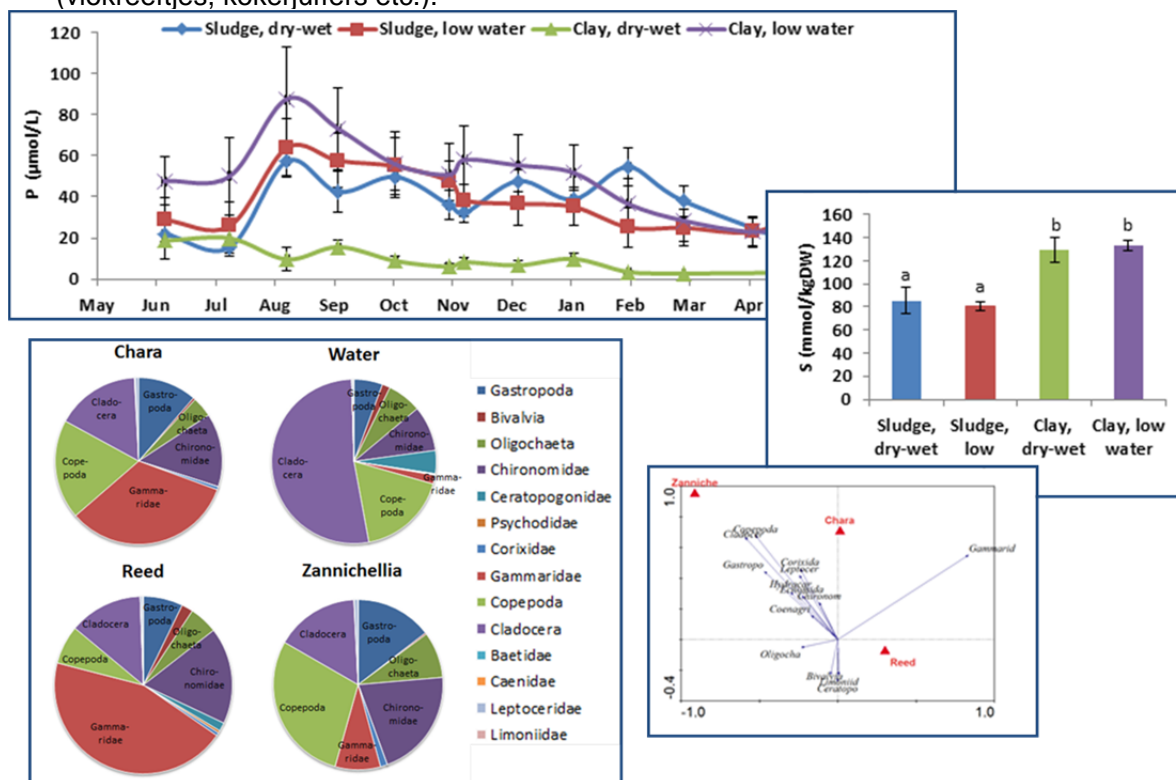


Figuur 4.14: Beeld van proefbassin Markermeermoeras in augustus 2013

Voorlopige resultaten

Het meetjaar 2013 heeft samengevat de volgende resultaten opgeleverd:

- Vegetatie ontwikkeling op klei/zand verloopt sneller en levert meer soorten en veel hogere bedekkingspercentages op:
 - onderwatervegetatie succesvol (kranswieren etc.);
 - kieming van riet alleen in plas-dras situatie.
- Biogeochemisch risico: door nalevering van fosfaat uit de bodem is bij vast peil een kantelpunt geconstateerd: dit kan leiden tot vegetatie of (draad)algenontwikkeling.
- Macrofauna ontwikkeling is succesvol en sterk afhankelijk van vegetatie (vlokreeftjes, kokerjuffers etc.).



Figuur 4.15: Impressie van meetresultaten experiment Markermeermoeras voor geochemie, macrofauna en vegetatie

De resultaten maken een verdere voorspelling over moerasontwikkeling op deze twee substraten mogelijk, incl. betekenis voor ecologische doelen. In het meetjaar 2014 worden mogelijk enkele instellingen gewijzigd.

4.6.2 Rietontwikkeling op zinkstukken

Initiatief en doel

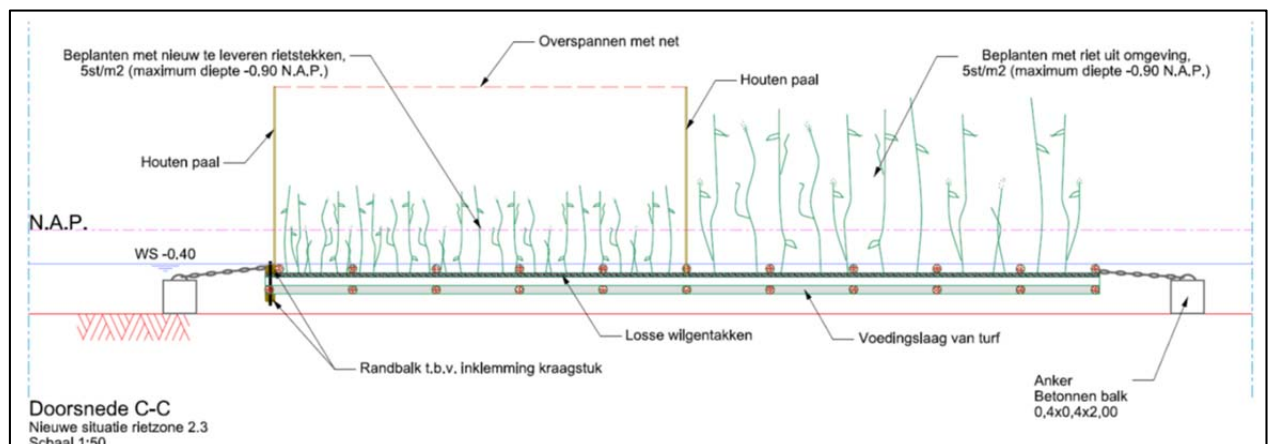
Dit experiment is een initiatief van Deltares en behelst het construeren en beplanten van zinkstukken met riet en gecontroleerd laten afzinken op een harde, stenen oever. Een dergelijk element kan dienen als land-waterovergang op plaatsen waar de golfexpositie niet te groot is maar wel kans op erosie bestaat. Dit kan bijvoorbeeld in geulen binnen het moeras het geval zijn.



Figuur 4.16: Beoogde toepassing van rietstukken in geulen binnen een moeras

Opbouw van het experiment

Het experiment is voortgekomen uit ervaringen met drijvende zinkstukken bij de sluisen van Lelystad in 2010. De aanleg van het huidige waterproeftuin experiment is in 2012 gestart langs de oevers van het Amsterdam-Rijnkanaal, maar niet goed volgens bestek uitgevoerd. Ook na herstel bleek dat de golfdynamiek door scheepvaart op die locatie te groot was. Na herstel is het experiment in 2013 weer doorgestart op de locatie in het Hannesgat en zal doorlopen tot eind 2014.



Figuur 4.17: Ontwerptekening afzinken rietoever



Figuur 4.18: locatie van experiment afzinken rietoevers in Hannesgat bij uitmonding Amsterdam-Rijnkanaal in IJ

Voorlopige resultaten

De eerste resultaten van het experiment zijn:

- Het principe werkt alleen op locaties met een niet te zware golfwerking.
- Riet groeit goed op een drijvende rijsmat met een voedingslaag.
- Vraat van meerkoeten frustreert het experiment en maakt exclusures noodzakelijk.
- Volgens de uitvoerders er is uitzicht op een kosteneffectieve toepassing van het principe.

4.6.3 Rifballen

Initiatief en doel

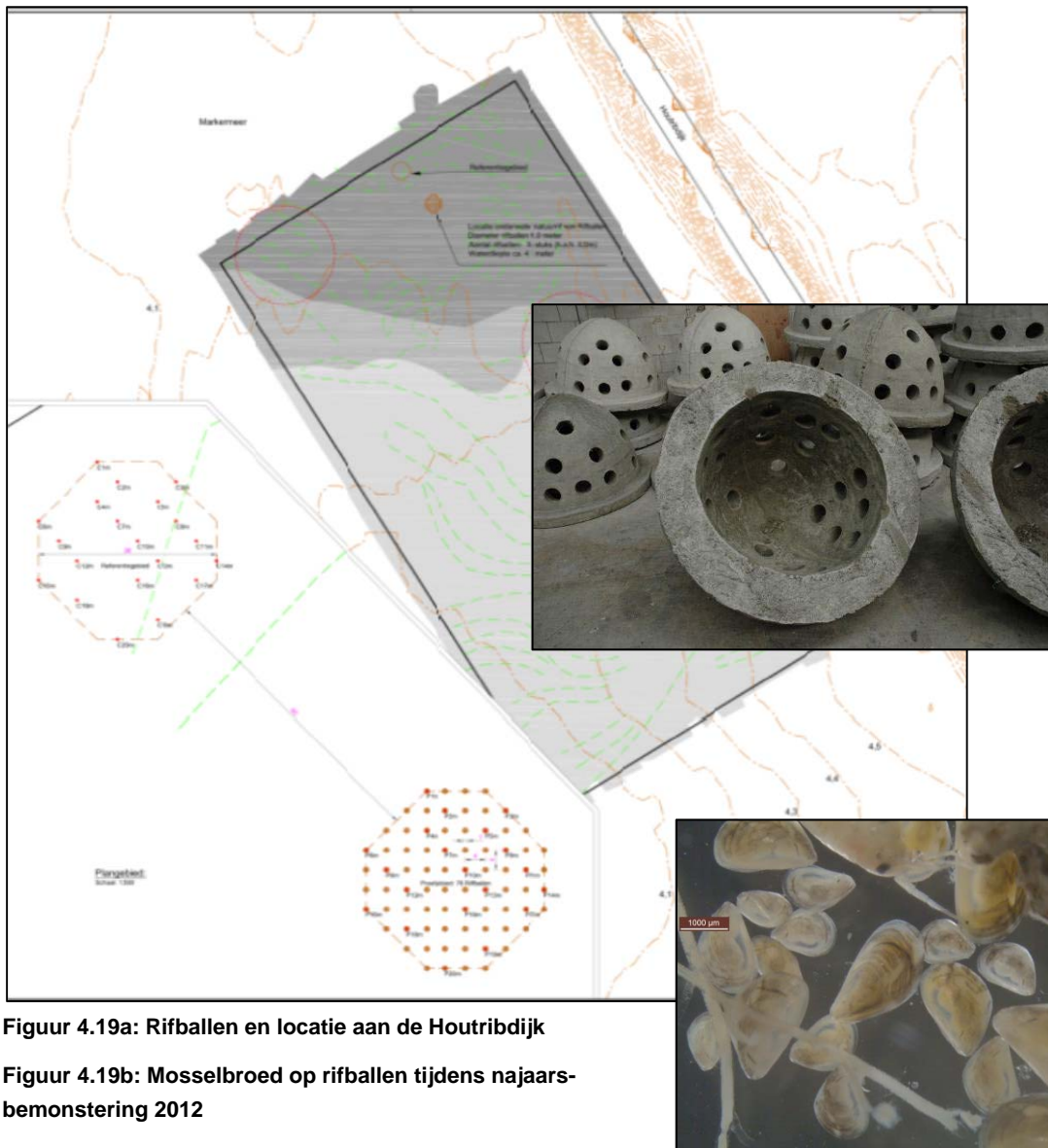
De toepassing van rifballen is een initiatief van Bureau Waardenburg. Rifballen zijn holle betonnen structuren die op de bodem zijn geplaatst ten zuiden van de Houtribdijk. Voornaamste doel is bieden van substraat voor mosselen en schuil/verblijfplaats voor vis. Mogelijk treedt er ook luwte op tussen de ballen waardoor vegetatie gestimuleerd zou worden.

Opbouw van het experiment

Het experiment bestaat uit een gebied van ca. 40x40 m waarin 80 rifballen zijn geplaatst, alsmede een referentievlak op enige afstand. Het experiment is gestart in 2012 en zal doorlopen tot eind 2014.

Voorlopige resultaten

De ecologische monitoring richt zich op mosselen, waterplanten, vis en vogels. De najaarsbemonstering 2012 heeft al mosselbroed op de ballen aangetoond (figuur 4.19b). De monitoringsresultaten over 2013 zijn nog niet gerapporteerd.



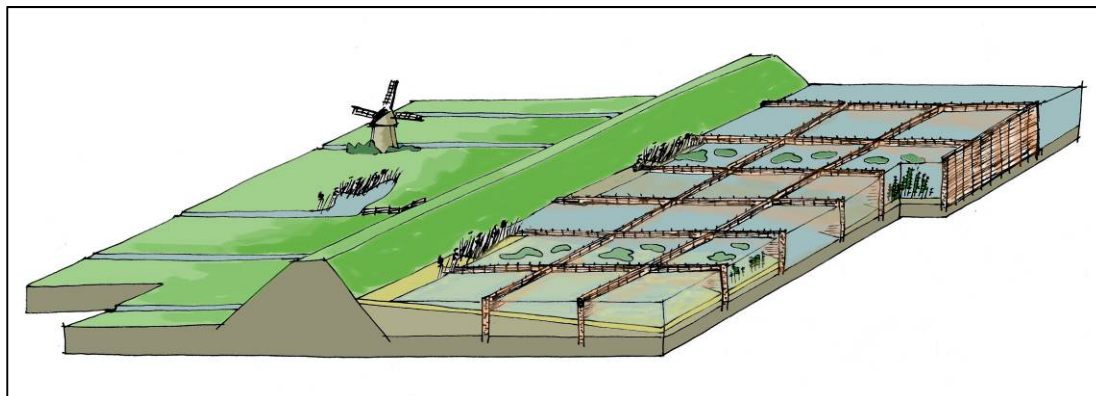
Figuur 4.19a: Rifballen en locatie aan de Houtribdijk

Figuur 4.19b: Mosselbroed op rifballen tijdens najaarsbemonstering 2012

4.6.4 Experiment Marker Kwelderwerken

Initiatief en doel

Het experiment Marker Kwelderwerken is een initiatief van consortium van Bureau Waardenburg (et al) richt zich op het opslaan en vastleggen van slib binnen rijdsdammen om meer natuurlijke en geleidelijke land-water overgangen langs het Markermeer te realiseren. Het experiment vindt plaats aan de Noord-Hollandse kust bij Wardeer. Het plan geeft invulling aan onderzoeksvragen in thema 1 (Slib), 2 (Habitatdiversiteit & dynamiek), 3 (Verbindingen). Het experiment is gestart in 2013 en zal doorlopen tot eind 2014.



Figuur 4.20: Principe tekening Markerkwelderwerken

Opbouw van het experiment

Het betreft de aanleg van rijshouten dammen (palenrijen met rijshout ertussen), die opgevuld worden met slib, waar:

- oever- en watervegetatie zich kan ontwikkelen;
- Vissen kunnen schuilen, paaien en opgroeien;
- Vogels kunnen rusten en broeden.

Het experiment is in twee compartimenten ingedeeld, die op hun beurt in 9 vakken zijn onderverdeeld. De variabelen zijn waterdiepte door verondieping, aanplant/spontane groei, en substraat (zand/slib).

Zuidelijk compartiment						Noordelijk compartiment											
DIIK						Gemaal Wardeer											
diepte tov zomerpeil (m)	aanplant	diepte tov zomerpeil (m)	aanplant	diepte tov zomerpeil (m)	aanplant	diepte tov zomerpeil (m)	aanplant	diepte tov zomerpeil (m)	aanplant	diepte tov zomerpeil (m)	aanplant						
0	riet	1,5	nvt	0	nvt	0	nvt	1,5	nvt	0	riet						
0,5	mattenbies	1,5	nvt	0,5	nvt	0,5	nvt	1,5	nvt	0,5	mattenbies						
1,2	nvt	1,5	nvt	1,2	nvt	1,2	nvt	1,5	nvt	1,2	nvt						
verondiept met slib			niet verondiept			verondiept met slib			verondiept met zand			niet verondiept			verondiept met zand		

Figuur 4.21: Proefopzet van Markerkwelderwerken



Figuur 4.22: Beeld van de Markerkwelderwerken na aanleg

Voorlopige resultaten

Er eerste ervaringen van het experiment zijn:

- De omstandigheden langs Houtribdijk en Hoornse Hop zijn zeer dynamisch als gevolg van sterke wind- & golfwerking. Er zijn grote verschillen in doorzicht in tijd en ruimte.
- De kwelderwerken zijn in alle opzichten een experiment: zowel in constructie, aanleg als monitoringstechnieken. Tijdens de storm van 29 oktober 2013 is schade ontstaan aan de voorste palenrij.

5 THEMA ECOLOGISCHE VERBINDINGEN

Het thema ecologische verbindingen omvat de volgende aspecten:

- *Versterking relatie binnen- en buitendijks (5.1).*
- *Verbindingen voor vismigratie (5.2).*
- *Semi-open verbinding IJsselmeer Markermeer (5.3).*

In het NMIJ onderzoeksprogramma zijn deze niet in concrete maatregelen uitgewerkt. In het Natura2000 beheerplan staan maatregelen voor rustgebieden en trekmogelijkheden. Verder hebben Rijkswaterstaat en de regionale beheerders maatregelen op het KRW-uitvoeringsprogramma staan om knelpunten voor vismigratie aan te pakken.

5.1 Onderzoeksmiddelen en activiteiten

In 2010 is de initiële bureaustudie ecologische verbindingen uitgevoerd. In 2011 is een verkennende populatie-dynamische modelstudie naar het belang van de verbinding voor vis tussen Markermeer – Flevoland uitgevoerd. In 2012 is de bureaustudie ge-update en geïntegreerd met de bureaustudie habitatdiversiteit [24]. Het Waterproeftuinexperiment 'Optimalisatie vismigratie Oranjesluizen' in is in de zomer van 2012 van start gegaan (5.5).

5.2 Versterking relatie binnendijks-buitendijks

Het TBES voorziet in grootschalige ecologische verbindingen tussen de natte natuurgebieden van Noord-West Overijssel (Wieden-Weerribben) en de Vechtplassen. De ecologische verbindingen voor andere faunasoorten dan vis (zie 5.2) komen in de initiële bureaustudie beperkt aan bod. Voor vogels en (meer)vleermuizen is het van belang om de routes tussen foerageer- en rustfuncties aan beide zijden van de dijk vrij te houden van obstakels en versturende factoren zowel bij Oostvaarders-, Lepelaarsplassen als bv. Kinselmeer). In 2011 is door een stagiair een verkennende studie naar knelpunten voor de meervleermuis uitgevoerd [34]. Het blijkt dat er maar weinig betrouwbare gegevens over aanwezige aantallen, behuizingen en vliegroutes aanwezig is. Wel is duidelijk dat de meervleermuis aan de Noord-Hollandse kust voldoende habitats in het regionale water ter beschikking heeft en ondanks zijn naam vermoedelijk nauwelijks baat heeft bij de aanwezigheid van het Markermeer.

Voor zoogdieren (Noordse woelmuis, waterspitsmuis, otter), amfibieën (kikkers, salamanders) en reptielen (ringslang) zijn verbindingen naar het beoogde moeras in het Markermeers wenselijk. Van de doelsoorten zijn populaties aanwezig in o.a. de Flevopolder. Zwemmende soorten kunnen ook profiteren van verbindingen aangelegd voor vismigratie. De vooroever Lepelaarsplassen is ook te beschouwen als een stepping stone voor deze soorten (zie 4.3) tussen NW-Overijssel, Oostvaardersplassen, Eemmeer en Vechtplassen. Met een aangepaste inrichting zou ook Pampushaven eventueel een rol als stepping stone kunnen vervullen.

Een van de eerder genoemde maatregelen voor de versterking van de relatie binnen- en buitendijks zijn de zogenaamde achteroevers in Waterland, Noord-Holland. Deze zijn bij de update van het TBES afgevalen [56].

5.3 Verbindingen voor vismigratie

De initiële bureaustudie heeft zich in 2010 in eerste instantie gericht op knelpunten voor vismigratie. Daarbij is bestaande literatuur bestudeerd en zijn interviews met deskundigen gehouden. Het inzicht tot nu toe is dat migratieknelpunten slechts één aspect vormen van de achteruitgang van de visstand. Visserij, het ontbreken van geschikt paaihabitat en predatie door aalscholvers zijn mogelijk minstens zo belangrijk [16][17]. Een andere mogelijke factor die onderwerp van studie in ANT is de geringe productiviteit door de lage nutriëntconcentraties [18;50]. Ook de spieringvisserij is onderwerp van uitgebreide studie. In 2012 is binnen ANT duidelijk geworden dat de visserij een belangrijke beperking van de spieringpopulatie betekent (zie 2.4). Hier zal IMARES verder onderzoek aan verrichten.

De onderzoeksvragen over visserij en het visbestand vallen formeel buiten het NMIJ programma, maar zullen we de komende jaren wel betrekken in de advisering.

Het Markermeer is vooral van belang voor migratie van regionaal trekkende vissoorten en voor de paling [19]. Omdat het Markermeer-IJmeer een grote omvang heeft, zorgt het ervoor dat een groot achterland in verbinding staat met zee via het Noordzeekanaal en met de Waddenzee via het IJsselmeer. De barrièrewerking van de Oranjesluizen tussen het Noordzeekanaal en het IJsselmeer zijn onderwerp van een praktijkproef in de Waterproeftuin (zie 5.5).

Het Markermeer is van betrekkelijk gering belang voor migraties van doortrekkende riviersoorten zoals zalm of zeeprék. Deze zwemmen voornamelijk via IJsselmeer naar de IJssel en verder stroomopwaarts [20][21].

Voor spiering in het Markermeer is het belang van migratie nog onduidelijk en onderwerp van studie door IMARES in ANT-kader. Dit is eind 2013 nog niet gerapporteerd. Uit eerdere expertinterviews komt nog geen eenduidig beeld. De spieringstand in het Markermeer betreft een land-locked populatie die na het afsluiten van de Zuiderzee de hele levenscyclus in het zoete water volbrengt. Wel is een verbinding met het IJsselmeer gewenst, als ontsnappingsmogelijkheid bij zeer warme weersomstandigheden. De spieringstand in Markermeer en IJsselmeer wordt gekenmerkt door zeer sterke (natuurlijke fluctuaties). Vismigratie tussen IJsselmeer en Markermeer zou wellicht kunnen zorgen voor herstel van de populatie [20][21], maar de inschatting van ANT (2012) is dat zelfs het stopzetten van de spieringvisserij het bestand niet op het oude niveau zal kunnen terugbrengen.

5.3.1 Effectiviteit

Vis

De twee voornaamste fysieke beperkingen van de visstand in het Markermeer (afgezien van visserij en vogelpredatie) zijn enerzijds het ontbreken van ondiepe oeverzones en geschikte vis- en opgroeihabitats voor vis en anderzijds hindernissen in uitwisseling met andere wateren en gebieden.

Ondiepe oeverzones komen beschikbaar in het toekomstige moeras, luwtemaatregelen in het Hoornse Hop en het opheffen van de knelpunten voor vismigratie naar de Noord-Hollandse polders en Utrecht [21].

Een significante aanvullende vergroting van geschikte paaigronden is ook te bereiken door de uitwisseling met de Flevopolders mogelijk te maken. In de Flevopolders is ca. 7000 km oever beschikbaar, waarvan een deel de komende jaren als Natuur Vriendelijke Oever (NVO) wordt ingericht (KRW-maatregel). Dit houdt in dat de visintrek voor grote vis bij de twee grote gemalen verbeterd moet worden [20][21]. Uit de verkennende populatiedynamische modelstudie is gebleken dat deze verbinding van belang is om de robuustheid van de visstand in het Markermeer te vergroten. Echter maatregelen in het Markermeer zelf, zoals oevers en paaiareaal, kunnen voor een vergelijkbare robuustheid zorgen. Uiteindelijk komt de afweging tussen beide typen maatregelen dan ook eerder in de sfeer van kosten te liggen dan technische mogelijkheden of ecologische voorkeur.

Verbinding met de Oostvaardersplassen heeft voor de visstand in het Markermeer geen meerwaarde [20] in verband met de geïsoleerde ligging, het vaste peilregime en het ontbreken van waterplanten in die plassen. Momenteel vindt wel discussie plaats over wijzigingen in het peilregime.



Figuur 5.1: De Houtribsluizen zijn beperkt passeerbaar voor vis. In de Planstudie Rijkvispassages (2011) is de maatregel van kattenluiken voorgesteld om de passeerbaarheid te vergroten

Vogels

De ecologische draagkracht voor vogels van de regio kan worden vergroot als rui- en rustplaatsen en broed- of foerageergebieden aan weerszijden van de dijk kunnen worden gecombineerd. Het bereiken van de verschillende locaties is voor vogels niet zozeer een probleem (vliegen), maar verstoring op de route is dat wel. Aandachtspunten hierbij zijn locatiekeuzes voor windmolens, verlichting en (oever)recreatie ten opzichte van vliegroutes van vogels.

Meervleermuis

Het verstoringsaspect (m.n. sterke lichtbronnen) speelt ook voor de vliegroutes van meervleermuizen (Natura 2000 soort voor het Markermeer) van foerageergebieden naar rustplaatsen [21].

5.3.2 Locaties voor verbetering vismigratie

De resultaten voor de aanpak van vismigratieknelpunten op dit moment zijn als volgt [21]:

Aanliggende watersystemen (IJsselmeer/Waddenzee/Noordzeekanaal)

- Rijkswaterstaat Midden-Nederland onderzoekt momenteel de mogelijkheden voor optimalisatie van vismigratie in het spui- en schutregime binnen de bestaande fysieke constructies. Het tijdvenster voor migratie is beperkt tot spuibeurten en schutbewegingen en het beheer van de spuisluisen is geoptimaliseerd voor vismigratie. Het onderzoek richt zich op de vier complexen in de Hourtribdijk en Afsluitdijk (Krabbegatsluizen, Houtribsluisen, Koornwerderzand en Stevinsluizen). Dit beheer zal eind 2015 geïmplementeerd zijn. Voor de Afsluitdijk vindt een integrale afweging plaats en is de passage voor alle soorten bedoeld, maar met prioriteit voor migratie van zout naar zoet.
- Een recent idee van derden voor verbetering van de migratiemogelijkheden bij de Afsluitdijk is het initiatief 'Vismigratierivier'. Het doel van het idee is de harde barrière die de Afsluitdijk is voor trekvis te verzachten. Een haalbaarheidsstudie [73] laat zien dat het technisch realiseerbaar is en duidelijke voordelen heeft voor natuur, recreatie, visserij en waterbeheer. Er zijn geen negatieve gevolgen voor veiligheid, verkeer, waterberging, landbouw en/of drinkwaterwinning. De rivier is effectief voor een grote groep trekvis: spiering, driedoornige stekelbaars, glasaal. Fint, elft, rivierprik, houting, bot, zeeforel en zalm en zal positief effect hebben op de populaties trekvis in de Waddenzee en IJsselmeergebied.
- Het Noordzeekanaal is van groot belang voor intrek van glasaal en uittrek van schieraal. Jaarlijks komen naar schatting 100.000 alen via de sluisen van IJmuiden het kanaal binnen. De verbinding met het Noordzeekanaal met het achterland IJmeer-Markermeer, wordt echter belemmerd door de Oranjesluizen. Er is bij de sluisen een vismigratievoorziening aanwezig, maar uit de migratiemonitoring blijkt dat deze niet optimaal en slechts een beperkt deel van de tijd functioneert. Momenteel loopt een praktijkproef om de migratie te optimaliseren in het kader van tranche 2 van de Waterproeftuin (zie 5.5.1).

Aanliggende poldergebieden Noord-Holland

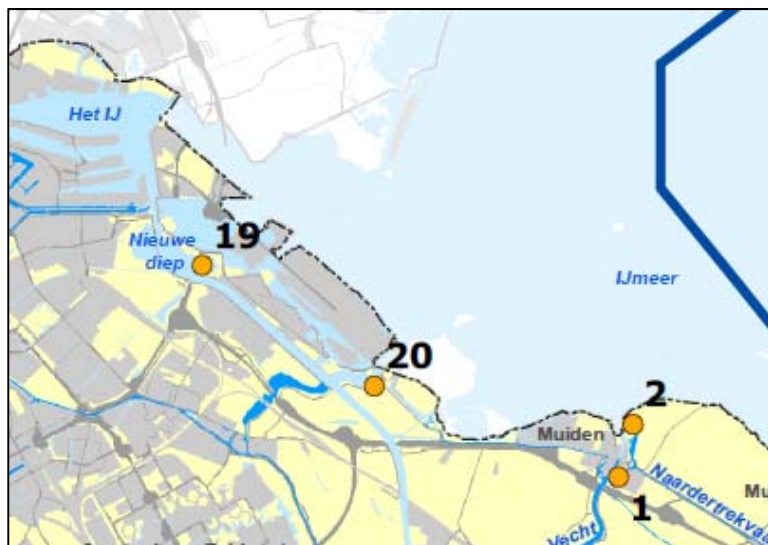
- Voor de uitwisseling met de Noord-Hollandse regionale wateren heeft HH Hollands Noorderkwartier voor alle knelpunten KRW-maatregelen in de planning opgenomen, zodat daar geen onderzoeksinspanning van NMIJ nodig is. HHNK heeft vier knelpunten in voorbereiding en één passage is reeds gerealiseerd (figuur 5.2). De waterinlaten zijn reeds vispasseerbaar gemaakt.



Figuur 5.2: Stand van zaken (mei 2013) van vismigratieknelpunten aan de Noord-Hollandse kust van het Markermeer (rood is in voorbereiding, groen is gereed)

In het beheergebied bij HH Amstel, Gooi en Vecht zijn vier knelpunten relevant in relatie tot het IJmeer-Markermeer [75]: nummers verwijzen naar figuur 5.3)

- 1) Zeesluis Muiden: maatregel is voltooid. Een regelmechanisme zorgt ervoor dat in winterperiode bij gelijk peil de sluit open is. Nul-monitoring en monitoring meteen na uitvoering laten gunstige resultaten zien.
- 2) Gemaal Steenen Beer: is slechts een beperkt knelpunt omdat het gemaal zelden de pompen gebruikt. Hier zijn daarom geen maatregelen voorzien. Hier wordt in de zomer veel water ingelaten uit het Markermeer/IJmeer voor doorspoeling van Vecht richting Amsterdam-Rijnkanaal (tot 6 m³/s). Dit komt op jaarbasis neer op 20 cm peilverschil voor het hele Markermeer. Voor glasaal wordt daarmee het achterliggende gebied toegankelijk.
- 19) Ipendammer Sluis: hier wordt als no-regret maatregelen een regelmechanisme geïnstalleerd zodat bij gelijk peil in winter de sluis zoveel mogelijk open staat.
- 20) Diemerdammersluis: hiervoor is besloten dat er geen restauratie plaatsvindt. Geen verdere ontwikkeling omdat eventuele cofinanciering van RWS door de taakstelling op de KRW maatregelen is gefaseerd.



Figuur 5.3: Vismigratieknelpunten in beheergebied WS Amstel Gooi en Vecht

Aanliggende poldergebieden Flevoland

- De belangrijkste belemmeringen voor de uitwisseling met de Flevopolders zijn de gemalen Blocq van Kuffeler bij Almere en Wortman bij Lelystad. Uit onderzoek is bekend dat kleine vissen (kleine soorten & juvenielen) door de gemalen uit de polder naar het Markermeer worden gepompt maar dat deze niet in staat zijn om vanuit het Markermeer terug te keren naar de Flevopolder. Grote vissen zijn ook niet in staat van polder naar Markermeer te komen en vice versa doordat het gemaal een barrière vormt [22]. Voor een gezonde visstand in het Markermeer is het wenselijk dat de arealen ondiep water in de Flevopolder bereikbaar worden voor vissen uit het Markermeer [20][21]. Het passeerbaar maken van de twee gemalen bij Zuiderzeeland is lastig te realiseren. Bij WS Zuiderzeeland is de verbinding naar het Markermeer niet geprioriteerd omdat er binnen het gebied zelf nog voldoende te verbeteren is en de visstand in de polders zelf weinig wint met uitwisseling met het Markermeer. Het Rijk zal dus vermoedelijk in de kosten moeten bijdragen om de migratievoorzieningen te kunnen realiseren.



Figuur 5.4: Het gemaal De Blocq van Kuffeler is een belangrijk knelpunt in de verbinding binnendijks-buitendijks voor vis

5.3.3 Aanlegstrategie en kosten

De verbetering van vismigratie kan bestaan uit het aanbrengen van fysieke structuren bij gemalen, bijvoorbeeld aan de Noord-Hollandse kust. De regionale waterbeheerders hebben hun KRW maatregelen voor vismigratie begroot.

De verbetering kan op andere locaties ook gevonden worden in een wijziging van het sluis/spui regime. Zo is Rijkswaterstaat bezig op operationeel niveau het sluisbeheer bij Enkhuizen aan te passen.

De kosten van de visverbindingen van het Markermeer naar Flevoland zijn op dit moment nog niet onderzocht, maar indicatief geraamd op 0,5 miljoen euro peremaal.

5.3.4 Acceptatie

Het vispasseerbaar maken van knelpunten staat bij de regionale waterbeheerders hoog op de agenda van KRW maatregelen. Bij RWS zijn vispassages in Afsluitdijk en Houtribdijk in studie geweest en oorspronkelijk als KRW maatregel opgevoerd, maar in 2011 is de uitvoering vanwege taakstellingen uitgesteld tot na 2015. Echter sinds 2012 is weer een studie gestart naar de mogelijkheden van beter vispasseerbaar maken van de sluis- en spuicomplexen in beide dijken binnen de bestaande infrastructuur.

Waterschap Zuiderzeeland heeft geen concrete plannen voor het vispasseerbaar maken van de gemalen omdat migratie vanuit het Markermeer naar het regionale systeem momenteel niets toevoegt aan de kwaliteit van de visstand in de polder. Omgekeerd kunnen de oevers van de regionale polderwateren wel veel paaiplaats toevoegen aan de visstand van het Markermeer omdat deze daar grotendeels ontbreken.

5.4 Semi-open verbinding

De mogelijkheden voor een semi-open verbinding tussen IJsselmeer en Markermeer hangen sterk samen met het toekomstige peilbeheer van het Markermeer en IJsselmeer en komen in een later stadium binnen NMIJ aan bod, nadat in 2014 de voorkeursstrategie binnen DPIJ is gekozen. Vooralsnog is de verwachting dat dit geen realistische maatregel is. Het advies luidt dan ook om deze maatregel niet meer verder te onderzoeken en te overwegen.

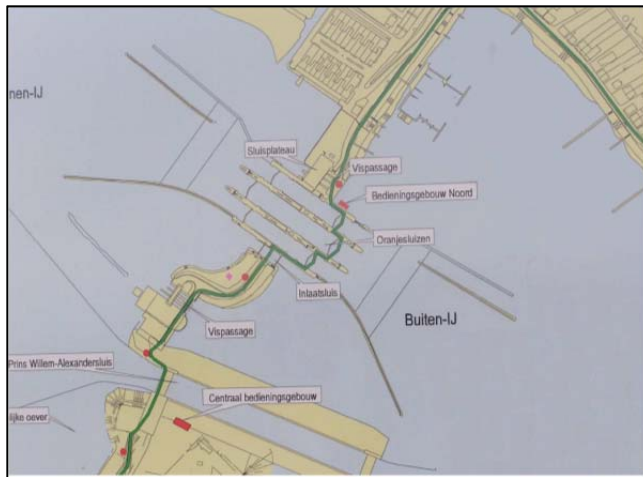
5.5 Experimenten in de Waterproeftuin voor ecologische verbindingen

5.5.1 Praktijkproef Optimalisatie vismigratie Oranjesluizen

Initiatief en doel

Dit initiatief van Linkit Consult richt zich op vismigratie. In het IJ aan de oostkant van Amsterdam bevinden zich de Oranjesluizen. Daar bevindt zich ook een voorziening voor vispassage, maar deze werkt slechts een beperkt deel van de tijd ("niet, alleen als het kan"). De studie wil onderzoeken of het regime geoptimaliseerd kan worden door omkering van het principe naar "altijd, behalve als het niet kan" in relatie tot het peilbeheer. Het experiment past in een groter kader "Ecologische verbindingzone Noordzeekanaal en ommelanden" van een groot aantal partijen in de regio. De studie is medio 2012 van start gegaan en behelst de monitoring van 2 voorjaars- en twee migratiesituaties in het najaar resulterend in operationeel advies voor de bediening van de sluisen en vispassage.

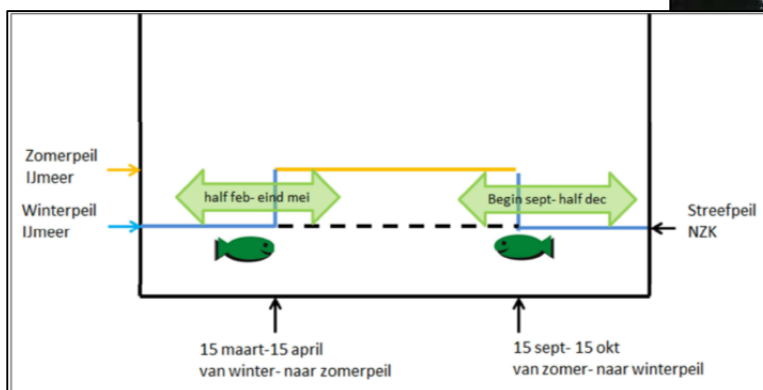
Opbouw van het experiment



Figuur 5.5a: Bovenaanzicht Oranjesluizen met vispassages



Figuur 5.5c Monitoring uittrek vispassage Oranjesluizen



Figuur 5.5b: Schema van peilbeheer en migratievensters

Voorlopige resultaten

Tijdens de eerste metingen in najaar 2012 is geconstateerd dat het besturingssysteem het gewenste en afgesproken regime van openstand van de vispassage heeft overruled. Hiervoor zijn maatregelen genomen. Tevens is geconstateerd dat de vangstopstelling geen glasaal kan detecteren, terwijl inzicht daarin erg wenselijk is.

Bij de metingen in het voorjaar van 2013 zijn fuiken voor de vangst van glasaal geschikt gemaakt. De resultaten van de voorjaarsmonitoring heeft duidelijk gemaakt dat de stroomsnelheid in de vispassages te hoog is voor glasaal en stekelbaars. Ondanks aanbod van glasaal bij de sluisen is er geen passage van glasaal gemeten. Voor de najaarsbemonstering zijn daarom fysieke aanpassingen in de passage aangebracht. De najaarsbemonstering is nog niet afgerond en gerapporteerd.

5.5.2 Experiment Marker Stapstenen (Bureau Waardenburg c.s.)

Initiatief en doel

Dit experiment kent twee onderdelen, die beide in voorjaar 2013 nabij gemaal Warder aan de Noord-Hollandse kust zijn aangelegd.

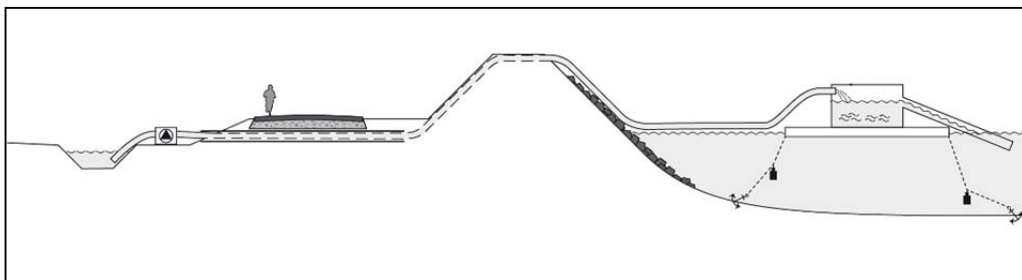
A - Een voorziening voor vismigratie met een lokstroom vanuit het Markermeer naar de achterliggende polders in Noord-Holland.

B - Drijvende eilanden met broedgelegenheid voor vogels en aan de onderkant voorzieningen voor verblijf van vis.

Opbouw van het experiment

Ad A) vismigratievoorziening

Door middel van een pomp wordt polderwater door het dijklichaam geleid naar een container die uitmondt in het Markermeer. Dit water moet als lokstroom dienen voor glasaal, die vervolgens in de container (glaaaldetector) wordt verzameld (figuur 5.6 en 5.7).



Figuur 5.6: Dwarsdoorsnede van de Markermeerdijk met lokstroomvoorziening en glasaaldetector (rechts)



Figuur 5.7: Aanzicht van gemaaluitlaat met twee drijvende glasaaldetectoren

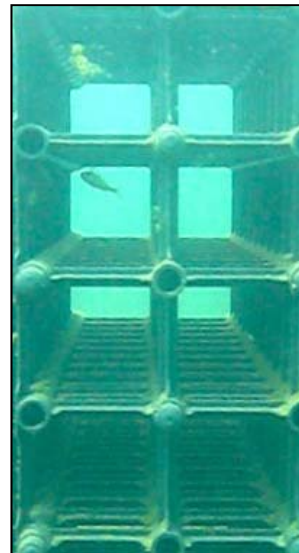
Ad B) vogeleiland

De drijvende eilanden bestaan uit omgebouwde beunbakken die geschikt zijn gemaakt als broedplaats voor visdief (figuur 5.10). De monitoring vanaf de dijk richt zich op broedvogels en foeragerende vogels vanaf de dijk.

Schuilplaatsen voor vis: onder de beunbakken zijn plastic kratten aangebracht als visschuilplaats. De viswaarnemingen zijn technisch lastig en hebben nog niet heel veel resultaat opgeleverd.



Figuur 5.8: Plastic kratten als visschuilplaats die onder het vogeleiland worden gehangen.



Figuur 5.9: Juvenile baars schuilt in driedimensionale structuur van de vis schuilplaats



Figuur 5.10: Bovenaanzicht kunstmatig vogeleiland, meteen na aanleg

Voorlopige resultaten

- Vismigratievoorziening: In de periode 3 maart – 21 juni 2013 is met 2 detectors geprobeerd het aanbod van glasaal voor migratie naar de polder te meten. De eerste resultaten van de telling in de detector zijn teleurstellend: er is geen glasaal gevangen.
- Vogeleiland: De eerste resultaten zijn dat er een broedgeval is geconstateerd van de witte kwikstaart en dat meeuwen en ganzen het eiland soms gebruiken als rustplaats. Mogelijk is het broedseizoen van de visdief gemist omdat de aanleg pas op 5 juni gereed was.

6 VAN MAATREGELEN NAAR EFFECTEN OP SYSTEEMNIVEAU

6.1 Algemene visie

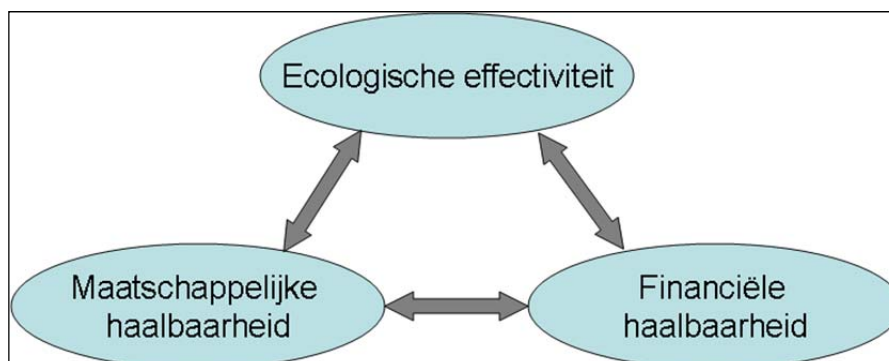
De natuurwaarden in het Markermeer staan onder druk: er lijkt een autonome neerwaartse trend te zijn ingezet die maakt dat natuur- en waterkwaliteitsdoelstellingen niet (meer) gehaald worden. Om het tij te keren is onderzoek ingezet naar de exacte oorzaken van de achteruitgang (project ANT), en in aanvulling daarop praktijkgericht onderzoek naar grootschalige maatregelen om de natuurwaarden te behouden en zelfs te versterken (project NMIJ). Zonder in al te veel detail voor afzonderlijke soorten uit de natuurdoelen te treden biedt deze paragraaf een algemene visie op de (samenhangende pakketten van) maatregelen waarmee dat doel bereikt zou kunnen worden. Een achterliggende drijfveer van de wens tot verhoging van de natuurwaarden wordt gevormd door de noodzaak om ruimte te bieden aan woningbouw en infrastructurele projecten die in en om het Markermeer zijn gepland. Naast de formele natuurdoelen van Natura 2000 omvat het streefbeeld TBES (Toekomst Bestendig Ecologisch Systeem) daarmee ook een juridisch doel.

Kansrijkdom van maatregelen

Het NMIJ project moet uitwijzen welke investeringen in natuurontwikkeling het meest **kansrijk** zijn voor het realiseren van een robuust ecologisch systeem en een klimaatbestendig watersysteem in het Markermeer- IJmeer. De term kansrijk dient in dit geval breed te worden geïnterpreteerd.

De kansrijkdom wordt in eerste instantie bepaald door de effectiviteit van die maatregelen ten aanzien van te realiseren doelen. Op het gebied van ecologie zijn dat systeemvereisten die leiden tot het TBES en meer concrete doelen vanuit N2000 en KRW, aangevuld met ecologische eisen/wensen vanuit andere beleidskaders (bv EHS). De hoogte van dit samenstel aan doelen is echter geen eenduidig gegeven, met als gevolg dat de gewenste omvang van maatregelen lastig exact kan worden bepaald.

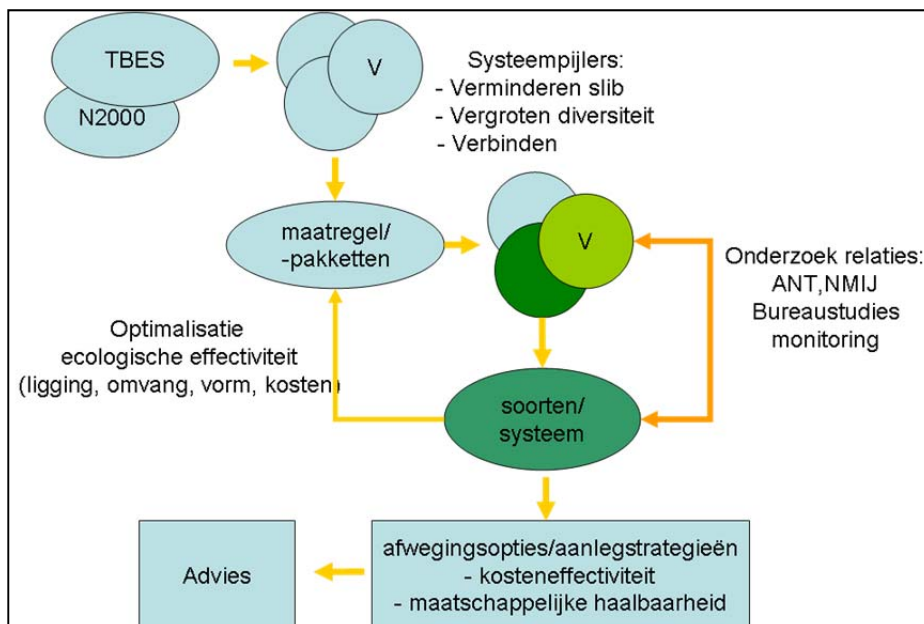
Naast de ecologische effectiviteit van maatregelen moet rekening worden gehouden met twee andere aspecten die de kansrijkdom van maatregelen sterk kunnen beïnvloeden: de maatschappelijke en financiële haalbaarheid.



Figuur 6.1: Aspecten van kansrijkdom van maatregelen

De mate waarin deze vormen van haalbaarheid worden meegenomen in de afweging verschilt per maatregeltype. Bij kostenintensieve maatregelen, zoals een grootschalig moeras, zullen naast de ecologische effectiviteit, vooral de financiële mogelijkheden de uiteindelijke omvang van de maatregel bepalen. Bij maatregelen die andere gebruiksfuncties beïnvloeden, zal de uiteindelijke vorm en omvang weer eerder worden bepaald door de maatschappelijke haalbaarheid (draagvlak) dan de financiële haalbaarheid.

Deze afwegingen kunnen maar deels binnen het NMIJ-project inzichtelijk worden gemaakt. NMIJ richt zich in eerste instantie op de ecologische effectiviteit en maakbaarheid van maatregelen. Hiervoor worden model- en bureaustudies, monitoring en veldexperimenten uitgevoerd (zie figuur 6.2). Door het uitvoeren van experimenten wordt ook een beeld verkregen van de maatschappelijke haalbaarheid van soortgelijke maatregelen. Hoewel dit beeld kan worden geëxtrapoleerd naar een situatie op systeemniveau (met grootschalige maatregelen) vormt het slechts een indicatie waarbij bovendien niet het draagvlak voor alle soorten maatregelen wordt onderzocht. NMIJ brengt de kosten van maatregelen zo goed mogelijk in beeld maar laat zich niet uit over de financiering daarvan. De kosten worden weer voor een belangrijk deel bepaald door de toekomstige grondstromen en de mogelijkheden om werk met werk te maken. Hier ligt tevens de relatie met andere RRAAM-projecten.



Figuur 6.2: Systematische aanpak NMIJ

Ecologische effectiviteit op systeemniveau

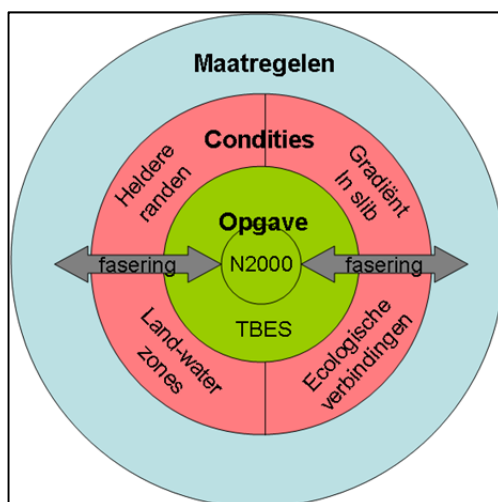
Voor het bepalen van de ecologische effectiviteit van maatregelen is het nodig een beeld te hebben van de eindsituatie of de ontwikkelingsrichting waar de maatregelen aan bij moeten dragen. De beoogde eindsituatie is het TBES.

TBES is erop gericht om de formele regionale natuur- en waterdoelen (Natura2000 en KRW) te ondersteunen, maar ook op vergroting van de robuustheid en flexibiliteit van het systeem door vergroting van de habitatdiversiteit. De mate van robuustheid en flexibiliteit is niet gekwantificeerd, maar dient minimaal de negatieve effecten van toekomstige gebruiksactiviteiten te omvatten en zo mogelijk bij te dragen aan regionale dan wel landelijke doelen.

Het TBES is vrij abstract en in elk geval niet voldoende SMART om eenvoudig aan te toetsen. Dat is op zich geen onoverkomelijk bezwaar want de voorspelbaarheid van ecologische ontwikkelingen over langere termijn is ook beperkt. Een handicap bij het adviseren over te nemen maatregelen is, dat het fundamentele onderzoek naar de achterliggende oorzaken van de achteruitgang van soorten in het Markermeer/IJmeer nog maar beperkt richtinggevende resultaten heeft opgeleverd. Idealiter zouden we de maatregelen vanuit de causaliteitsketen willen onderbouwen. ANT wijst op een complexe combinatie van oorzaken op drie schaalniveaus (globaal, regionaal en lokaal) en een aantal systeemknoppen die moeilijk te sturen zijn (voedselrijkdom, klimaat). Een belangrijk deel van de beoogde oplossing moet daarom gezocht worden in vergroting van de robuustheid en flexibiliteit van het systeem door vergroting van de habitatdiversiteit.

Vanuit de TBES gedachte richt NMIJ zich dan ook niet op de afzonderlijke soorten uit de formele en informele doelen, maar meer op het functioneren van het Markermeer-IJmeer als aquatisch ecosysteem. Voor een goed functionerend meersysteem zijn de systeemvereisten ('pijlers') of abiotische condities benoemd:

- helder water (meest kansrijk in de zones langs de Noord-Hollandse kust), vooral voor waterplanten, herbivore vogels benthos- en mosseletende vogels;
- gradiënt in slibgehalte (overgangsgebied heldere zones naar slibrijk open water), vooral voor visetende vogels;
- land-waterovergangszones van formaat, voor moerasvogels, paaigebied voor vis, macrofauna als voedselbron voor vis en vogels;
- ecologische relaties of verbindingen met binnendijkse natuur, vooral voor vis maar ook vogels en watergerelateerde zoogdieren.



Figuur 6.3: Relatie tussen opgave, condities en maatregelen





De relatieve bijdrage van de beoogde NMIJ maatregelen voor de conditionerende omstandigheden zijn op dit moment nog kwalitatief geschat (tabel 6.1).

Voor de maatregelen moeras, vooroever Lepelaarsplassen en de oeverdijken blijkt de ingeschatte effectiviteit mede afhankelijk te zijn van het realiseren van grotere peildynamiek in het Markermeer.

De voorgaande constatering hebben het afgelopen jaar de behoefte doen groeien aan een beoordelingssysteem waarin de verschillende aspecten van kansrijkheid een plaats hebben. Dit systeem moet de effecten van maatregelen op de systeempijlers en doelsoorten zichtbaar maken en de afweging tussen alternatieve maatregelen ondersteunen. De ontwikkeling van dit beoordelingskader komt in paragraaf 6.6 aan bod.

Tabel 6.1: Geschatte relatieve bijdrage van maatregelen aan vereiste systeemcondities

Maatregelen	heldere randen	gradiënt in slib	land-water zones	ecol. verbindingen
Luwtemaatregelen Noord-Hollandse kust				
Verdiepingen				
Grootschalig moeras (huidig peil)				
Grootschalig moeras (seizoensgebonden peil)				
Vooroever Lepelaarplassen (huidig peil)				
Vooroever Lepelaarplassen (seizoensgebonden peil)				
Oeverdijken Noord Holland (huidig peil)				
Oeverdijken Noord Holland (seizoensgebonden peil)				
Semi-open verbinding Markermeer-IJsselmeer				
Maatregelen vismigratie				

	: (vrijwel) geen bijdrage
	: beperkte bijdrage
	: redelijke bijdrage
	: grote bijdrage

Om een gewenste verbetering op systeemniveau te verkrijgen kunnen de volgende condities en uitgangspunten worden aangehouden:

- Voor een beter functionerend en divers ecosysteem met een voldoende grote bijdrage aan de draagkracht voor zowel vis- als mosseleeters is een uitbreiding van het areaal aan helder water zones met waterplantvegetaties nodig van minimaal 3000 ha, zodat in totaal 6000 ha ontstaat. Dit areaal dient in ruimtelijke zin te zijn verbonden met het slibrijke deel van het meer, waardoor gradiënten in doorzicht ontstaan. Bij deze aanname veronderstellen we dat de afname van Spiering als voedsel voor de viseters ten minste in zomer en najaar voor een deel kan worden overgenomen door Baars en Blankvoorn. De voedselsituatie voor de visetende vogels lijkt op het moment de zwakste schakel om aan voor de Natura2000 soorten de doelen te bereiken en lastiger te bereiken.

- In de huidige situatie is in principe voldoende areaal aan ondiepe zones aanwezig om te voorzien in de voedselbehoefte van althans een aantal mosseletende vogelsoorten (Kuif- en Tafeleend). De opmars van de Quagga-mossel, met name in het IJmeer, heeft echter vooralsnog niet geleid tot toename van mosseletende watervogels. Een negatieve waardering van deze soort als voedsel zou gezien de vervanging van de Driehoeksmossel de totale voedselbeschikbaarheid kunnen verminderen. Wel lijken “mosseletende” vogelsoorten op grond van maagonderzoek een bredere voedselkeuze te hebben dan vroeger (slakken, vlokreeftjes e.d.), terwijl een groeiend aandeel van hun populaties zich ophoudt in gebieden met positieve ontwikkelingen van waterplanten en bijbehorende ongewervelden. Dit biedt mogelijkheden voor sturing van deze vogelsoorten via habitatdiversiteit. Bij gebrek aan beter, zal de kwantificering van doelen voor andere condities gebaseerd blijven op analogieën van andere watersystemen.
- Een grootschalig gebied met geleidelijke land-waterovergangen bestaat in zijn uiteindelijke vorm uit grote arealen van verschillende habitattypen, met een dominant accent op halfnatte (plas/dras) typen. Hoe groter het gebied, hoe meer kans op populaties van water- en moerassoorten die permanent stand houden. Pas bij een oppervlak van circa 1500 ha natuurdoeltype klei-moeras kunnen tot 75% van de faunasoorten aanwezig zijn waarvan een deel met kernpopulaties. Een belangrijke voorwaarde is dat plas-dras grenst aan open water of wordt doorsneden door geulen in verband met de oeverzones. Dit oppervlak wordt als absolute ondergrens beschouwd om enige relevantie op systeemniveau te kunnen betekenen.
- De barrières bij de sluizen, spuien en gemalen dienen vispasseerbaar te zijn voor regionaal migrerende vis.

6.2 Maatregelpakket in uitgangssituatie onderzoeksprogramma

Bij de start van het NMIJ project begin 2010 is aan de Managing Contractor een pakket aan maatregelen ter onderzoek meegegeven. Dit maatregelpakket gaat ervan uit dat TBES behaald kan worden met een combinatie (maar niet noodzakelijkerwijs alle) van de volgende maatregelen: te weten luwtestructuren, verdiepingen, afdekken, grootschalig moeras (geleidelijke land-waterovergangen), vooroever Lepelaarplassen, heldere ondiepe zones en ecologische verbindingen. Eén maatregel is daar gedurende het project aan toegevoegd omdat deze een goede bijdrage levert aan de condities die in het TBES worden nagestreefd, namelijk de oeverdijken voor de Noord-Hollandse kust. Ook een vergroting van de peildynamiek zal belangrijk bijdragen aan het natuurherstel.

6.3 Combinatie van maatregelen en opschaling naar systeemniveau

In potentie kan de combinatie van maatregelen meer ecologisch rendement opleveren dan de som van de afzonderlijke maatregelen. Hieronder is een aantal redenen daarvoor beschreven.

EHS

Meerwaarde voor de ecologie ontstaat door het verkorten van afstanden tussen afzonderlijke gebieden met specifieke habitats. Een voorbeeld is het combineren van het grootschalig moeras aan de Houtribdijk en de vooroever bij de Lepelaarplassen. Door het creëren van “stepping stones” van kleinere gebieden tussen gebieden van grotere omvang, wordt uitwisseling tussen de grotere gebieden makkelijker voor migrerende soorten of soorten met een groot leefgebied, zoals de Otter. Dit is de basis van de EHS-gedachte.

Functiekoppeling

Sommige diersoorten hebben in verschillende fasen van hun leven verschillende habitats nodig (specifieke paaigebieden vis, rust- en broedgebied vogels versus foerageergebied). Soms worden die habitats door verschillende maatregelen bediend, zodat de betrokken soorten op de combinatie van die maatregelen aanzienlijk sterker kunnen reageren dan op de afzonderlijke maatregelen, of zelfs alleen reageren op de combinatie. Voorbeelden zijn combinatie van vistrekmaatregelen en habitatontwikkeling in bijv. luwtegebieden, of combinatie van aanleg foerageermogelijkheden voor vogels in bijv. luwtegebieden en de aanleg van broedhabitat in bijv. grootschalig moeras of kale eilanden (sterns).

Winst door versterking van effectiviteit bij combinatie

Combinatie van maatregelen kan mogelijk ook resulteren in optimalisering van de ecologische winst doordat door zo'n combinatie de effectiviteit van één of beide maatregelen wordt versterkt. Het toepassen van diepe putten ter bevordering van het optimaal functioneren van luwtegebieden is een ander voorbeeld.

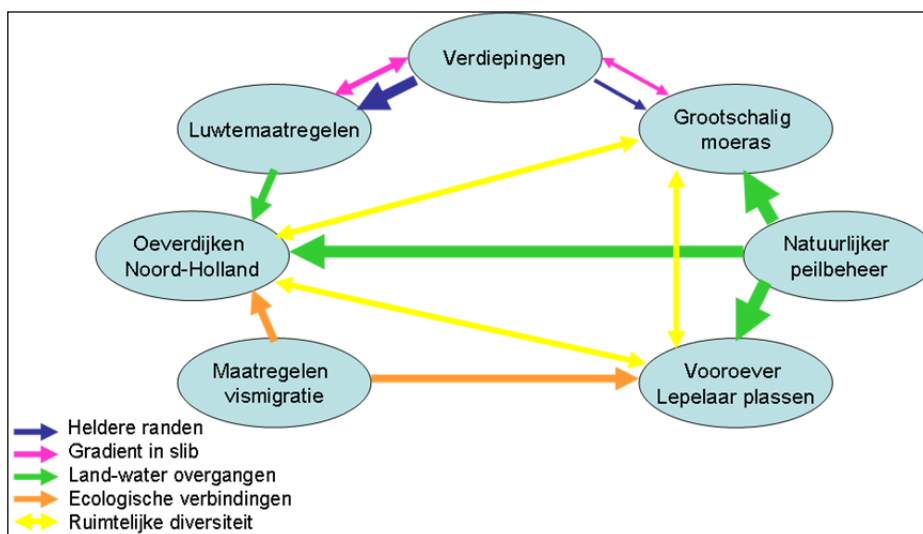
Een combinatie van maatregelen kan zich ook uiten in versoepeling van bijvoorbeeld randvoorwaarden vanuit veiligheid bij de aanleg of doordat beheer en onderhoud beter kan worden afgestemd op een gewenste ecologische ontwikkeling. Een voorbeeld is dat een oeverdijk minder bestand hoeft te zijn tegen golfaanval in combinatie met een vooroever (luwtegebied) die deze aanval vermindert. Er ontstaat dan meer ruimte voor ecologische invulling van de oeverdijk.

Ruimtelijke diversiteit

Tenslotte kan een combinatie van maatregelen van verschillende aard de ruimtelijke diversiteit van het gebied versterken. Een voorbeeld is de combinatie van een grootschalig moeras aan de Houtribdijk en oeverdijken langs de Noord-Hollandse kust. De eerste maatregel is gericht op land-water overgangen en moerasnatuur en is qua soortensamenstelling wellicht vergelijkbaar met de Oostvaardersplassen. De tweede maatregel is kleinschaliger, maar biedt lokaal de mogelijkheid tot het versterken van specifiek oevergebonden Noord-Hollandse natuurwaarden die in het moeras niet tot hun recht zullen komen, zoals Noordse Woelmuis, Waterspitsmuis, Ringslang en in combinatie met verbeterde verbinding met het achterland Meervleermuis en mogelijk bepaalde weidevogels.

Areaalwinst door natuurlijker seizoensgebonden peil

Het rendement van de maatregelen oeverdijken, moeras en vooroevers is zonder natuurlijker seizoensgebonden peil lager dan met de beoogde peildynamiek. Naarmate het talud natuurlijker (flauwer) verloopt zullen natuurwinsten groter zijn: een seizoensgebonden peil resulteert bij een flauw talud in een groter areaal oeverhabitats met een grote hydrodynamiek dan bij het huidige (vlakke) peilverloop. Een natuurlijker peilbeheer kan bijdragen aan een beduidend grotere ecologische effectiviteit van de maatregelen moeras, vooroevers en oeverdijken.



Figuur 6.4: Samenhang maatregelen (Nb de maatregel van een semi-open verbinding in het oorspronkelijke programma is al niet realistisch vervallen)

Deze samenhang impliceert dat bijvoorbeeld bij gefaseerde uitvoering van de maatregelen de effecten op het systeem (nog) niet ten volle benut zullen worden. Deze samenhang speelt ook een rol bij de afweging in de fasering van maatregelen. Vanuit dit perspectief ligt het meer voor de hand om op de omvang van de maatregelen te sturen dan om een maatregel geheel te schrappen.

Thema vermindering slib

Bij de uitgevoerde modelstudies met het 3-D slibmodel naar de optimale ligging van het veldexperiment luwtestructuur is rekening gehouden met de aanwezigheid van een moeras in de oorspronkelijk gedachte situering in de oksel van de Houtribdijk. Dit houdt in dat de remmende werking op de slibcirculatie die dit moeras door zijn aanwezigheid op systeemchaal heeft, is meegenomen. Dit is echter exclusief een eventuele functie als slibinvangende structuur. Hiervoor is een gedetailleerder ontwerp en definitieve locatiekeuze in een later stadium nodig.

Thema habitatdiversiteit

De ecologische modellering van de effectiviteit van de afzonderlijke maatregelen alsmede van de gecombineerde maatregelen is volgens planning nog niet aan bod geweest. De eerste modellering zal geschieden na afloop van het veldexperiment luwtestructuur. Wel zijn de ecologische modellen in 2011 al voorbereid en gereed om de meetgegevens uit het modelresultaten van het veldexperiment door te rekenen.

Bij het bepalen van de optimale locatie voor het moeras wordt wel nadrukkelijk een link gelegd naar het thema ecologische verbindingen. Een belangrijke functie van het moeras is de 'stepping stone' tussen IJsselmeer en waterrijke natuurgebieden in Overijssel en Flevoland. In de afweging speelt dus mee of de beoogde soorten in voldoende mate het moeras kunnen bereiken en koloniseren.

Thema ecologische verbindingen

In 2010 en 2011 is vooral aandacht besteed aan ecologische verbindingen voor vismigratie. Alle knelpunten zijn bekend en dus ook alle mogelijke maatregelen op de schaal van het Markermeer.

De stand van zaken rond geplande maatregelen van RWS en regionale beheerders is geactualiseerd. Zowel het afzonderlijke als het gezamenlijke effect van deze maatregelen is echter moeilijk vast te stellen. Hiervoor is geen geschikt modelinstrument beschikbaar.

Een aantal regionaal migrerende vissoorten zal hiervan profiteren, maar het grootste knelpunt, de spiering profiteert er niet van. Uit het ANT onderzoek blijkt dat de visserij een belangrijke rem op de aanwas van het spieringbestand is. Uit een verkennende ecologische populatiemodellering voor blankvoorn blijkt dat maatregelen in het Markermeer zelf even effectief of zelfs effectiever zijn dan een verbinding met de Flevopolder [34].

Daarnaast zal ook het grootschalig moeras in belangrijke mate bijdragen aan de verbetering van de visstand en vermindering van de kwetsbaarheid als gevolg van het streven naar grote oeverlengte (land-waterovergangen) in het ontwerp.

6.4 Optimalisatie door fasering van maatregelen met accent op N2000 doelsoorten

De vraag ligt voor welke combinatie van maatregelen een maximaal ecologisch rendement oplevert op systeemniveau, waarbij rekening wordt gehouden met:

- juridische randvoorwaarden;
- financiële kaders;
- maatschappelijke mogelijkheden en inpasbaarheid van maatregelen;
- ecologische effectiviteit en samenhang van maatregelen.

Vooraf dit laatste aspect vormt de kernopgave van het NMIJ-programma.

Juridische randvoorwaarden

Juridisch onderzoek geeft aan dat het ten aanzien van de N2000-wetgeving mogelijk is om een aanpak op systeemniveau te volgen mits een gefaseerde uitvoering van natuurmaatregelen, monitoring en zo nodig bijstelling van het maatregelpakket wordt gevolgd die niet leidt tot onomkeerbare negatieve effecten op instandhoudingsdoelen.

Recente autonome ontwikkelingen

De afgelopen jaren hebben de nodige autonome ontwikkelingen plaatsgevonden in het gebied die ook een weerslag hebben op de noodzaak en omvang van natuurmaatregelen. Het betreft onder meer:

- Verdere afname nutriëntconcentraties en andere verdeling binnen het systeem (groter belang bodemprocessen).
- Afname Brasem vanaf ca. 2002.

- Afname van zwevend stof (met name de anorganische fractie) bij dezelfde windsnelheid (zomer) en afname van fosfor in dit zwevend stof.
- Geleidelijke toename waterplanten sinds 2005 (fors in 2010).
- Sterke toename Quagga-mosselen vanaf 2007 en hoge dichtheden vanaf 2009 in het IJmeer.
- Groter doorzicht in delen van het gebied sinds 2009 (vooral in IJmeer, gekoppeld aan hoge dichtheid Quagga-mosselen).

Bijdrage aan ecologische doelen

Elke beschouwde maatregel draagt op een bepaalde manier bij aan het bereiken van de doelen. Het betreft hier de gewenste systeemcondities (ecologische vereisten) zoals die in deel B zijn beschreven. Per type maatregel wordt het verloop van de mate van doelbereik tegen de omvang van de maatregel inzichtelijk gemaakt. Hierbij is van belang of er sprake is van een lineair verband of dat zich in het verloop bijvoorbeeld drempelwaarden of knikpunten voordoen die een indicatie geven voor een minimale of maximale maatregelomvang of kunnen duiden op een systeemomslag. Naast dit verloop kan de snelheid van de ecologische respons nog een rol spelen.

Inpasbaarheid van de maatregelen in de omgeving

Het uitvoeren van bepaalde maatregelen kan ten koste gaan van de andere gebruiksfuncties in het gebied (zoals recreatie, visserij of scheepvaart). Van sommige maatregelen is duidelijk dat rekening moet worden gehouden met een aanzienlijke maatschappelijke weerstand waardoor ook eisen worden gesteld aan de wijze waarop en de omvang waarin deze maatregelen worden uitgewerkt. Dit speelt specifiek voor luwtemaatregelen langs de Noord-Hollandse kust.

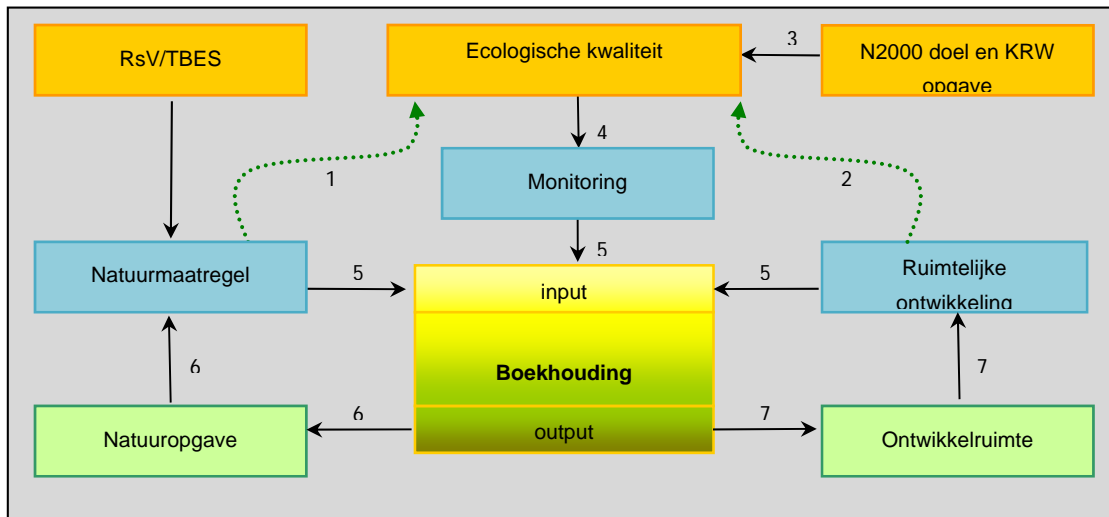
De kansrijkheid van een maatregel kan flink vergroot worden als er een samenloop of synergie te vinden is met een andere gebruiksfunctie, zeker als deze hoog gewaardeerd wordt, zoals waterveiligheid. Het doorvoeren van peilwijzigingen kan eveneens zeer gevoelig liggen bij specifieke groepen van gebruikers van het watersysteem.

Beschikbare financiële middelen

Voor verschillende maatregelen zijn grote hoeveelheden grond en zand nodig die van winplaats tot bestemming moeten worden verplaatst. Als dit binnen een korte periode dient te gebeuren, zal dit leiden tot prijsopstuwung, waardoor de aanleg duur zal uitpakken. Bij spreiding over langere tijd zijn deze markteffecten kleiner. Een nog groter voordeel ontstaat als grond gebruikt kan worden die overschiet uit bijvoorbeeld zandwinning, vaargeulonderhoud etc. Het principe van “werk-met-werk-maken” kan de marktprijs van het bouw materiaal aanzienlijk drukken. Het toepassen van innovatieve concepten, zoals het gebruik van lokaal ingevangen slib door middel van geulen voor het opbouwen van een moeraslandschap (Marker Wadden) kan leiden tot behoorlijke kostenreducties, maar is nog onvoldoende op haalbaarheid onderzocht.

Om de systeemaanpak tot uitvoering te brengen binnen de kaders van de wettelijke vereisten, ruimtelijke en economische ontwikkelingen en bestuurlijke context is binnen AMIJ een strategie ontwikkeld. Deze bestaat uit een keten van investeren, monitoren en bijsturen, zowel op het gebied van de ecologie als de ruimtelijke ontwikkeling. Deze strategie wordt de programmatische aanpak genoemd.

In onderstaande figuur zijn de bouwstenen van het sturingsinstrument achter de programmatische aanpak weergegeven.



Figuur 6.5: Bouwstenen van een gefaseerde programmatische aanpak (AMIJ 2013)

Toelichting:

1. Het uitvoeren van natuurmaatregelen heeft een effect op de ecologische kwaliteit.
2. De uitvoering van ruimtelijke ontwikkelingen heeft een effect op de ecologische kwaliteit.
3. De basis ecologische kwaliteit is vastgelegd in de Natura 2000-doelen en de KRW opgave.
4. Op basis van monitoring wordt bijgehouden hoe het ecologisch systeem zich ontwikkelt.
5. De natuurmaatregelen, de ruimtelijke maatregelen en de monitoringsgegevens zijn input voor de boekhouding. De boekhouding brengt de balans in beeld tussen de positieve en negatieve effecten op de ecologische kwaliteit.
6. Als uit de boekhouding blijkt dat de ecologie zich niet ontwikkelt of achter blijft bij de verwachtingen dan is er een aanvullende natuuropgave en zal er in de ecologische maatregelen geïnvesteerd moeten worden.
7. Als uit de boekhouding blijkt dat de ecologische ontwikkeling zich ontwikkelt volgens de vooraf vastgelegde verwachtingen of beter, dan is er ontwikkelruimte voor ruimtelijke plannen.

De natuurmaatregelen, de ruimtelijke maatregelen en de monitoringsgegevens zijn input voor de boekhouding. De boekhouding brengt de balans in beeld.


Op voorhand is duidelijk dat TBES alleen bereikt kan worden door het combineren van verschillende inrichtings- en beheermaatregelen. Het realiseren van de maatregelen kan als fasering in de tijd gezien worden, maar hoeft niet per se volgtijdelijk te zijn. Bij het samenstemmen van (kosteneffectieve) maatregelpakketten wordt de volgende denklijn ten aanzien van prioritering gehanteerd:




1. Maatregelen uit lopende ontwikkelingen en/of behoud van bestaande natuurwaarden (no regret).
2. Maatregelen die gericht zijn op het bereiken van de Natura2000 doelen.
3. Maatregelen die bijdragen aan verdere robuustheid van het systeem door uitbreiding en schaalvergroting.

In de onderstaande afbeelding zijn de maatregelen gerangschikt per systeempijler. Per maatregel is een inschatting gemaakt over in hoeverre de condities die bij de betreffende systeempijler horen kunnen worden gerealiseerd.

Het betreft in alle gevallen maatregelen die benodigd zijn om de huidige situatie aan te vullen tot een gewenste situatie. Tevens is een indicatie van de autonome ontwikkeling aangegeven, waar het gaat om ondiepe zones met helder water.

Tabel 6.2: Stapeling van maatregelen voor doelrealisatie per systeempijler met indicatie van omvang

Systeempijler	Indicatie bijdrage aan gewenste systeemcondities (ingeschat o.b.v. bestaande kennis)										Indicatie omvang
	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%	
Ondiepe zones met helder water											600 ha
											2000 ha
Geleidelijke land-waterovergangen	Marker Wadden fase 1										500 ha
	Grootschalig gebied met geleidelijke land-waterovergangen (bijvoorbeeld Marker Wadden)										>4000 ha
	Natuurlijker peilverloop Markermeer-IJmeer										30 cm
Gradiënt in slibgehalte	Ecologisch inrichten oeverdijken										nnb
	Verdiepingen Marker Wadden fase 1										100 ha
	(Verdiepingen bij) luwtestructuren										nnb
Ecologische verbindingen	(Verdiepingen voor aanleg) grootschalig gebied met geleidelijke land-waterovergangen										nnb
	Vispassages Noord-Holland en Houtribdijk										6 stuks
						Vispassages Oranjesluizen en Flevoland					4 stuks
					Ecologisch inrichten van oeverdijken					nnb	

 Autonome ontwikkeling
  Maatregelen in voorbereiding
  Aanvullende maatregelen

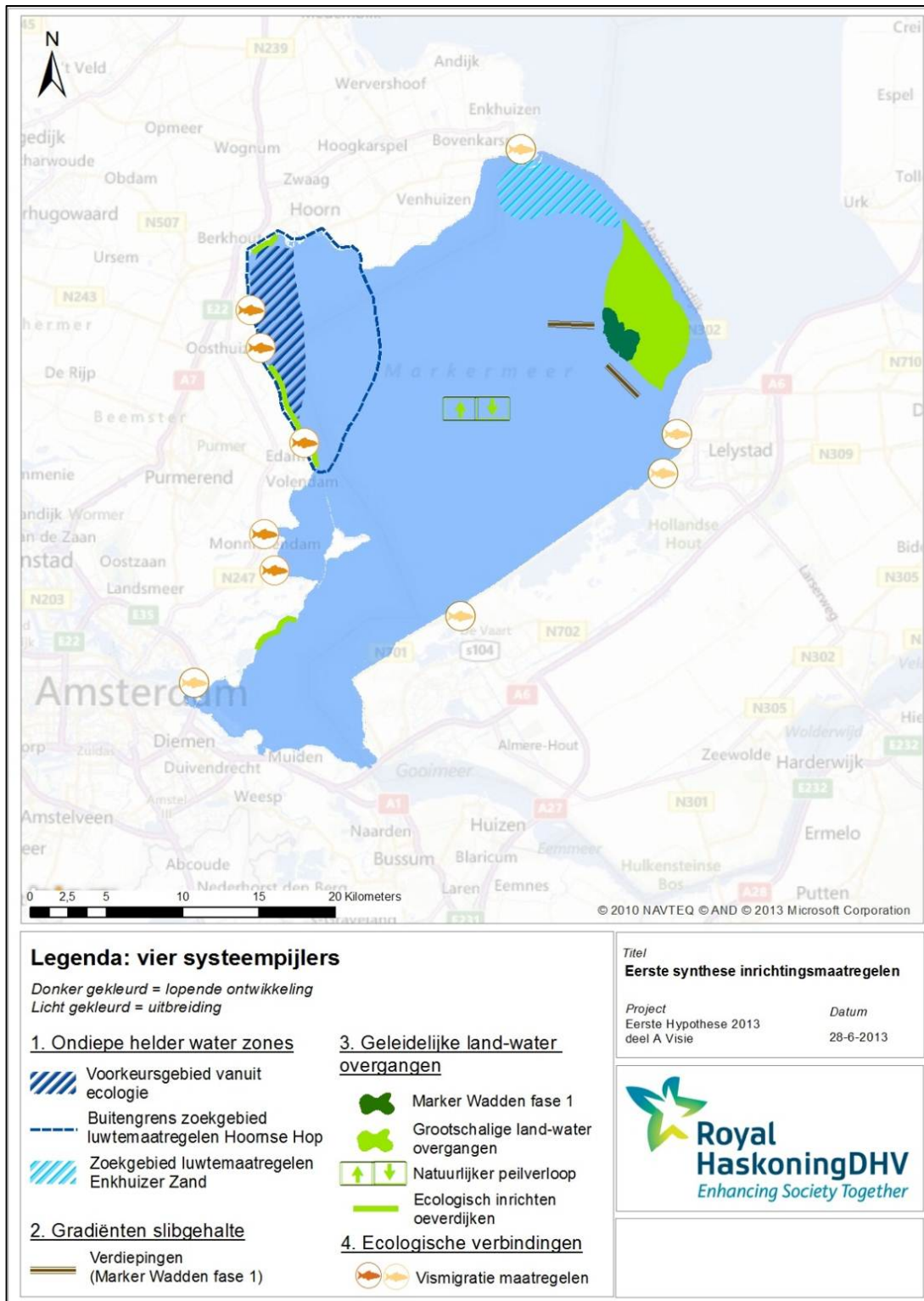
De volgende overwegingen hebben bij de keuze van de maatregelen een rol gespeeld:

- Een eerste tranche aan maatregelen bestaat uit ontwikkelingen die reeds in gang zijn gezet en (op no regret basis) bijdragen aan het realiseren van de doelen (groen gearceerd). Hierdoor zal een verbetering optreden bij alle systeempijlers. Een groot deel van het hiervoor benodigde budget wordt besteed aan de realisatie van een eerste fase van de Marker Wadden. Deze bestaan uit zowel een boven- als een onderwaterlandschap. Het onderwaterlandschap wordt gevormd door de verdiepingen waarin het bouw materiaal van het bovenwaterlandschap (eilanden) worden verzameld. In het Hoornse Hop is sprake van een autonome ontwikkeling van waterplantvelden die met gerichte luwtemaatregelen kan worden bestendig. De maatregelen worden uitgewerkt in de MIRT-verkenning Luwtemaatregelen Hoornse Hop die momenteel wordt uitgevoerd. Tot slot worden enkele vismigratiekelpunten waarvan de uitvoering nu al in voorbereiding is in deze tranche opgenomen.
- Voor de uiteindelijke realisatie van circa 3000 ha uitbreiding aan extra ondiepe zones met helder water wordt, aanvullend op het Hoornse Hop, gekozen voor de ontwikkeling van luwe zones met waterplanten op het Enkhuizerzand. Op deze locatie kan een dergelijke ontwikkeling naar verwachting op een kosteneffectieve wijze worden vormgegeven. Wel dienen eerst de bestaande natuurwaarden beter in kaart gebracht te worden.

- Voor het realiseren van een gewenste situatie voor de systeempijler ‘geleidelijke land-waterovergangen’ vormt de eerste fase van de Marker Wadden een goede aanzet. Afhankelijk van de haalbaarheid van de aanlegmethode kunnen de Wadden geleidelijk worden uitgebreid of wordt een meer conventionele methodiek toegepast om een grootschalig gebied met geleidelijke land-waterovergangen te realiseren. Een dergelijk gebied begint op systeemniveau pas een relevante bijdrage te leveren wanneer het bovenwaterlandschap groter is dan circa 1500 ha. Naar de huidige inzichten is een globaal 3 maal zo groot gebied benodigd voor het realiseren van een optimale (robuuste) situatie. Daarnaast zal ecologisch inrichten van oeverdijken langs de Noord-Hollandse kust een goede bijdrage moeten leveren aan de geografische spreiding van land-waterovergangen en de verbindingen met het binnendijks gebied. In alle gevallen is het van groot belang dat het huidige (omgekeerde) peil wordt aangepast naar een meer natuurlijk peilverloop.
- Voor de aanleg van geleidelijke land-waterovergangen en luwtmaatregelen is een grote hoeveelheid materiaal benodigd die kan worden gewonnen in nabijgelegen verdiepingen. Deze verdiepingen zorgen, naast andere maatregelen als luwtstructuren, voor gradiënten in slibconcentratie. De benodigde omvang hiervan is moeilijk te kwantificeren. Vooralsnog bestaat het beeld dat door aanleg van deze maatregelen voldoende gradiënten ontstaan om deze systeempijler te bedienen. Voor verdiepingen worden geen kosten berekend omdat deze reeds zijn verdisconteerd in de aanleg van andere maatregelen.
- Voor de pijler ‘ecologische verbindingen’ worden in aanvulling op de lopende ontwikkelingen nog een aantal vismigratiepunten voorgesteld. De aanleg daarvan wordt in relatie met de relatief beperkte kosten als no-regret maatregel beschouwd. Ook de ecologische inrichting van oeverdijken zal een bijdrage kunnen leveren aan deze pijler.

In figuur 6.6 staat de situering en opbouw van de maatregelen aangegeven. De kleur geeft de systeempijler weer waaraan de maatregel het meeste bijdraagt. De donkere kleuren corresponderen met de maatregelen die reeds in voorbereiding zijn.

De bij NMIJ onderzochte maatregelen vooroever Lepelaarplassen, grootschalig afdekken en grootschalig verdiepen worden op basis van de huidige inzichten als weinig kosteneffectief beoordeeld en komen als zodanig dan ook niet terug in de maatregelpakketten.



Figuur 6.6: Situering van maatregelen in het Markermeer-IJmeer, gerubriceerd naar systeempijler

6.5 Modelling van systeemeffecten

Het voorspellen van effecten van maatregelen op systeemniveau gebeurt binnen NMIJ met behulp van een modelinstrumentarium of modellentrein. Momenteel staat ons de volgende trein ter beschikking:

Hoogdynamisch:

- WAVE – wind, golven;
- FLOW – stroming;
- Delft3D – slib;
- DELWAQ – nutriënten, algen, doorzicht.

Statisch:

- habitat – responsmodellen soorten en soortgroepen;
- ecologisch beoordelingskader – ecologische, financiële en maatschappelijke haalbaarheid.

In najaar van 2013 is de modellentrein ingezet om drie scenario's door te rekenen:

- referentiesituatie;
- luwtemaatregelen Dammen West uit de MIRT verkenning en Marker Wadden eerst fase;
- luwtemaatregelen Enkhuizerzand en eindbeeld moeras.

De ervaringen zijn dat de modellentrein tot en met de slibberekeningen goed functioneert. Vanaf algen tot de ecologische modellering bleken de resultaten minder betrouwbaar. Dit blijkt uit het feit dat de huidige situatie niet gesimuleerd kan worden.

Knelpunten

- Er treedt groot informatieverlies op tussen de hoog-dynamische modellen en het statische Habitat. Slibgehalten en doorzicht worden over jaargemiddeld (referentiejaar 2006) berekend. Er is (nog) geen inzicht in bandbreedtes en stormevents. Deze zijn mogelijk wel belang voor succes waterplanten (mechanische stress) en zouden kunnen verklaren waarom ondanks potentieel geschikte leefomgeving, waterplanten niet voorkomen.
- De genomen maatregelen (met name luwtestructuren) hebben naast verandering in slibgehalte ook mogelijk effect op de windwerking in het Markermeer. Helaas bleek versie 3.0 van Habitat de windroos (en uiteindelijk) en strijklengte niet goed te berekenen, waardoor dit effect niet kan worden meegenomen.
- De huidige situatie voor algen (chlorofyl) is niet te simuleren met de opkomst van een nieuwe alg, die vermoedelijk benthisch is en tot hogere winterconcentraties leidt dan zomerconcentraties. Hierdoor ontbreekt de algengroei in de stap van gemodelleerd slibgehalte naar doorzicht en lichtklimaat. Het is in het najaar van 2013 niet gelukt om het afwijkende algengedrag (vlokking; benthisch gedrag) goed in het model te krijgen.
- De habitatmodellen voor kranswieren, macrofyten en fonteinkruiden zijn gecalibreerd of gevalideerd op met name IJsselmeer en de randmeren (vanuit gegevens jaren 90 uit Macromij). Het Markermeer heeft echter andere condities. De huidige toestand is daarom met de huidige kennisregels niet goed te simuleren.

Waar moeten we ons op richten bij ecologische modellering?

ANT heeft laten zien dat door verschuiving in nutriëntenaanbod (minder fosfaat) het systeem verarmt (verhongerd). Hierdoor komen nieuwe/andere soorten op (alg en quaggamossel). Het belang van driehoeksmosselen voor bentische vogels is sterk afgenomen doordat er verschuiving is van Driehoeksmosel naar Quagga-mosselen. Daar is nog geen responsmodel voor beschikbaar.

Ook Spiering als soort dient niet meer de belangrijkste focus te hebben, hoogstens kleine vis. De modellering van de spieringstand door IMARES is nog niet succesvol geweest.

Belangrijkste focus voor NMIJ ligt daarom op waterplanten en dan vooral op de abiotische randvoorwaarden die we daarvoor kunnen creëren. Dit respons model moet echter gecalibreerd worden op huidige situatie en inzicht kunnen geven in de bandbreedte van effecten van stormevents en rustigere perioden.

Daarnaast moet de algenmodellering verbeterd worden om de terugkoppeling van algengroei op doorzicht betrouwbaarder te kunnen modelleren. Daar lijkt de grootste winst te behalen.

Ecologische modellering is nodig voor twee belangrijke doelen:

- Scenario berekeningen op systeemniveau voor NMIJ, in 2014 en 2015. Deze is de basis voor het beoordelingskader (zie 6.7).
- Natuurboekhouding van AMIJ/RRAAM die de provincie Flevoland wil ontwikkelen.

Het is dus van groot belang dat de dosis-effectrelaties in het huidige modelinstrumentarium verbeterd worden.

6.6 Ontwikkeling beoordelingskader

6.6.1 Aanleiding

Voor de bestuurlijke afweging en besluitvorming is het praktisch en onontbeerlijk verschillende alternatieven onderling te kunnen vergelijken en wegen op haalbaarheid of kansrijkdom. Deze haalbaarheid kent drie hoofdcomponenten, namelijk de ecologische effectiviteit, de maatschappelijke haalbaarheid en de financiële haalbaarheid (zie 6.1). Voor deze vergelijking van maatregel(pakketten) is een beoordelingskader een handig hulpmiddel. Deze paragraaf geeft een eerste aanzet. Hierbij gebruiken we de beschikbare modelinstrumenten Habitat [33][39], de ervaringen uit de afgelopen jaren, het toetskader van de WMIJ-uitvraag, en een aantal andere waarderingsmethodes, zoals de Natuurpuntenwaardering van PBL [42][43][44][55].

6.6.2 Uitgangspunten en keuzes

Doelen van het beoordelingskader

- Het beoordelen van de haalbaarheid of kansrijkdom van maatregel(pakket)ten.
- Inzichtelijk maken welke factoren bepalend en/of kritisch zijn voor de haalbaarheid.

Doelgroep

We onderscheiden twee niveaus voor de gebruikers van het kader:

- De primaire inhoudelijke doelgroep: specialisten en managers bij opdrachtgever, MC en inhoudelijke belanghebbenden.
Voor dit niveau worden aspecten zoveel mogelijk gekwantificeerd en transparant gemaakt zodat de achtergrond van verschillen in beeld blijven.
- Bestuurlijk: lokale en regionale bestuurders, OEIJ. Voor dit niveau kan een aggregatieslag van het beoordelingsresultaat nodig zijn tot een plus/min tabel met minder details.

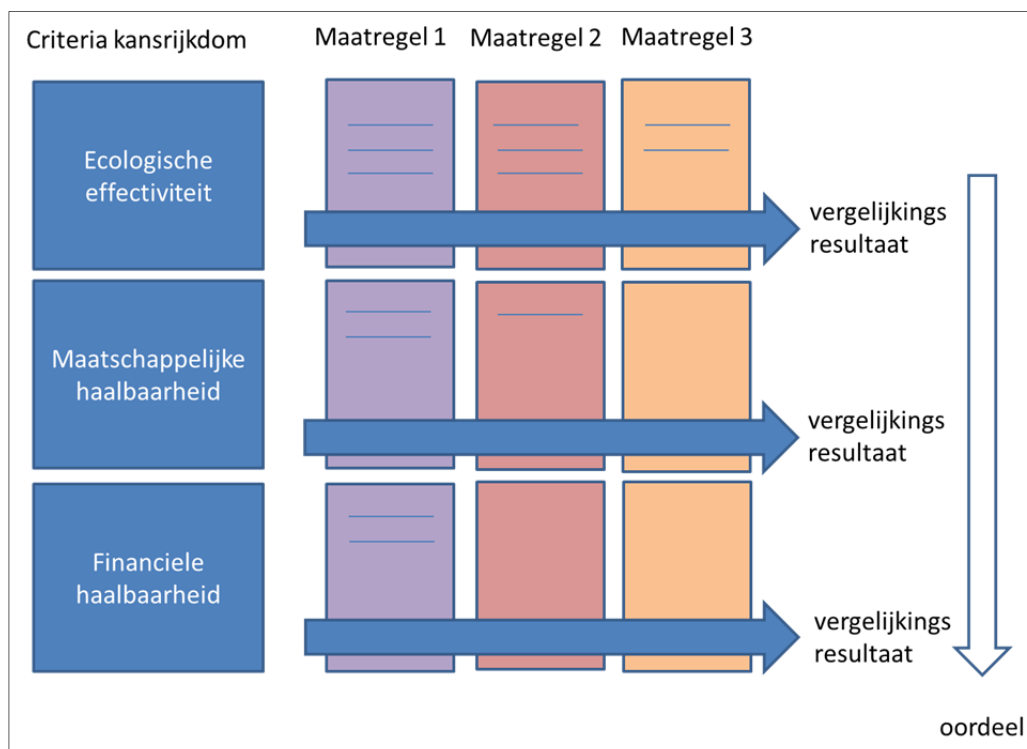
Karakter van de beoordeling

Het beoordelingskader is bedoeld om verschillende maatregelen of –pakketten te vergelijken, die binnen NMIJ onderzocht worden. Hiervoor kan in principe zowel een absolute als een relatieve vergelijkingsmethode toegepast worden. Omdat een aantal criteria moeilijk in absolute zin te kwantificeren en te beoordelen zijn, zal het in de praktijk eerder gaan om een relatieve vergelijking ten opzichte van elkaar. Die relatieve vergelijking vindt in eerste instantie plaats binnen de drie hoofdaspecten.

Ruimtelijke bepaaldheid en schaal

Het is noodzakelijk om de situering of ruimtelijke component van de maatregelen in de beoordeling mee te nemen: de precieze locatie van de maatregel is in hoge mate bepalend voor de ecologische effectiviteit en de kosten.

Het beoordelingskader kan zowel op de schaal van een deelgebied als het hele systeem ingezet worden.



Figuur 6.7: Basis van het beoordelingskader

Keuze van de vergelijkingscriteria

Voor de drie haalbaarheidsaspecten is een groot aantal criteria te bedenken. Daarin is getracht een evenwicht te vinden.

Binnen elk aspect zien we een tweedeling die relevant is:

- Wat is de geschiktheid of beschikbaarheid (van fysieke milieuoedities, gebruiksfuncties)?
- Wat is de reactie daarop (van resp. ecosysteem, maatschappij, markt)?

Ecologische effectiviteit:

A1 Geschiktheid abiotische omstandigheden (systeempijlers TBES).

A2 Biologische respons.

Maatschappelijke haalbaarheid:

B1 Geschiktheid bestaande gebruiksfuncties.

B2 Maatschappelijke respons: beleving (landschappelijk, cultuurhistorisch, overlast).

Financiële haalbaarheid:

C1 Beschikbaarheid financiën (kosten, effectiviteit, mogelijkheden fasering).

C2 Reacties van markten (grondstromen, aannemers).

In een separate notitie is de keuze van concrete criteria verder uitgewerkt [69].

Niet betrokken aspecten

Wij kiezen er expliciet voor om de technische realiseerbaarheid van maatregelen niet in de beoordeling te betrekken. Dit vanuit de gedachte dat NMIJ van alle voor te stellen maatregelen moet aangeven wat de beste aanlegstrategie en de beste locatie is. Dit impliceert dat we alleen maatregelen voorstellen die technisch realiseerbaar zijn en ook daadwerkelijk op een bepaalde locatie uitvoerbaar zijn. Feitelijk is dat een zeef die vóór deze beoordeling wordt toegepast.

De aspecten duurzaamheid en milieubezwaarlijkheid van toegepaste materialen worden eveneens niet meegenomen. Deze zijn doorgaans niet bepalend voor de kansrijkdom. Ze kunnen bovendien bij het uiteindelijk ontwerp en de realisatie als randvoorwaarde meegegeven worden.

Politieke en bestuurlijke haalbaarheid

Dit criterium hebben we niet opgenomen omdat draagvlak soms diffuus en ongrijpbaar tot stand komt door samenloop van ontwikkelingen (lokale, provinciale of landelijke verkiezingen). Draagvlak kan ook ineens geheel omslaan als gevolg van berichtgeving in de media.

Het zijn juist de bestuurders die op basis van de vergelijking van maatregelen een besluit moeten nemen. Het is dan niet zuiver om dit te vermengen met het politieke en bestuurlijke draagvlak.

6.6.3 Toepassing en presentatie

Het beoordelingskader kan op twee schaalniveaus gebruikt worden:

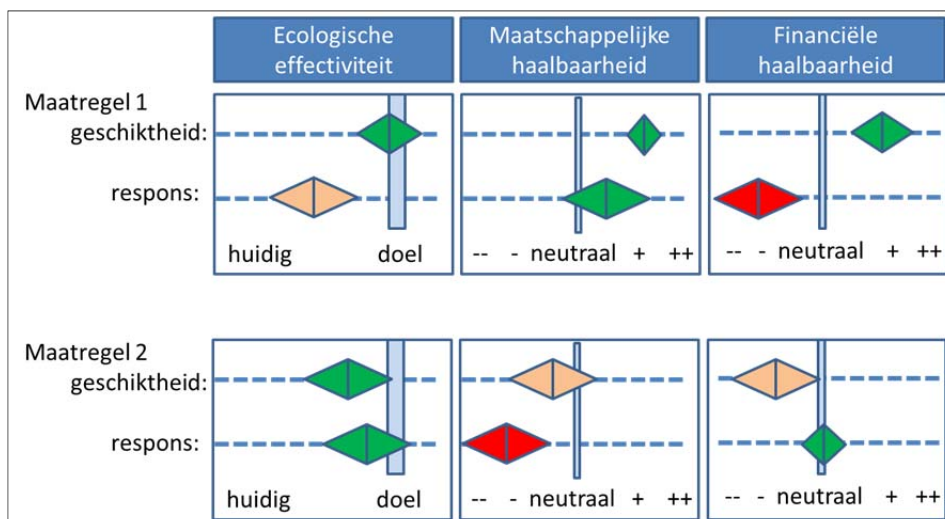
- Het vergelijken van een aantal varianten van een maatregel binnen een bepaald afgebakend gebied (bijvoorbeeld verschillende configuratie van luwtestructuren).
- Het beoordelen van een of meerdere maatregelpakketten op het hele systeem van het Markermeer-IJmeer.

Als basisinstrument voor beoordeling van ecologische abiotische randvoorwaarden zijn het 3D slibmodel en de Habitatmodellering te gebruiken:

- Grote voordeel is dat dit geografisch bepaald is, geschikt voor alternatieve ligging, omvang maatregelen, combinaties zijn mogelijk.
- Effecten zijn in elk geval optelbaar. In sommige gevallen is synergie te berekenen, door bv output van ene soort in respons model voor andere soortgroep op te nemen.
- Een beperking van het Habitat model is dat het statisch is in tijd, geen geheugen of ontwikkeling over meerdere jaren.

Bij deze aanpak van een modellentrein moet de kanttekening geplaatst worden dat dosis-responsmodellen modellen over het algemeen een versimpeling van de werkelijkheid zijn. De nuance van een ecosysteem zijn niet in modellen te vatten. Naast modelberekening is dan ook altijd een expert oordeel nodig. In het beoordelingskader is dit ondervangen door de geschiktheid van het areaal en de biologische respons afzonderlijk te beoordelen en te vergelijken.

Het voorgestelde beoordelingskader is vooral voor het aspect ecologische effectiviteit vrij omvangrijk en complex. De presentatie in een spreadsheet is voor inhoudelijk geïnteresseerden relevant, maar voor het niveau van de doelgroep bestuurders niet geschikt. Een mogelijke samenvatting die de verschillen tussen de maatregelen voor de drie aspecten illustreert staat in figuur 6.8.



Figuur 6.8: Mogelijke presentatievorm voor de resultaten van het beoordelingskader

De geschiktheid/beschikbaarheid en respons/reactie staan als schuifbalkjes gepresenteerd ten opzichte van het doel of de middenpositie voor de kwalitatieve criteria. De breedte van het schuifje geeft de onzekerheid aan en de kleur benadrukt de horizontale positie tussen laag/hoog of negatief/positief. Eventueel kunnen de geschiktheid en respons nog gecombineerd worden tot 1 balk.

7 REFERENTIES

- [1] Boderie, P. (2010) Bureaustudie Modelling oermoeras. NMIJ memo.7 dec. 2010.
- [2] Groot, S., Noordhuis, R., Los, H en P. Boderie, 2010. Wetenschappelijk tussentijds advies 2010 ANT-IJsselmeergebied. Vijf jaar studie naar kansen voor het ecosysteem van het IJsselmeer, Markermeer en IJmeer met het oog op de Natura-2000 doelen. Deltares, 2010.
- [3] Visser, K.P & T. Vijverberg (2010). Initiële bureaustudie slib. 31 aug. 2010. Royal Haskoning NMIJ rapport.
- [4] Kessel, T. van, Boer, G. de, Boderie, P. (2008), Calibration suspended sediment model Markermeer, Deltares rapport Q4612.
- [5] Vijverberg, T. en Boderie, P. (2008). Analyse scenarioberekeningen Markermeer, Deltares rapport Q4613.
- [6] Genseberger M. en Boderie P. (2009), Simulaties hydrodynamica & slibtransport scenario's Toekomstbeeld Markermeer, Deltares rapport 1200097.007.
- [7] Noordhuis, R. (2011) Memo "kaarten mogelijkheden zandwinning IJsselmeer en Markermeer". 8 pp.20 juni 2011.
- [8] Genseberger M en P. Boderie (2010). Modelstudie Geleidestructuren. Bepaling locatie en omvang. Deltares-rapport 1201198. NMIJ.
- [9] Moll, J. (2010) Onderzoeksplan NMIJ. Bijlage 4: Monitoringplan bestaande structuren. Royal Haskoning NMIJ rapport. Juni 2010.
- [10] Akkerman, G.J., T. Vijverberg, R. Knoben (2010). Monitoringplan veldexperiment luwtestructuur. (concept nov. 2010) Royal Haskoning NMIJ rapport.
- [11] Buskens, R.F.M. & R.A.E. Knoben (2012). Resultaten monitoring bestaande structuren. Onderzoeksjaar 2012. NMIJ rapport. Concept november 2012.
- [12] Evers, C.J.N., R.F.M. Buskens, F. van Herpen (2011). Resultaten monitoring bestaande structuren. NMIJ rapport onderzoeksjaar 2011.
- [13] Evers, C.J.N., & M. van der Welle & R. Buskens, Rapportage monitoring Natuureilanden IJsselmonding (voorlopige rapportage excl. uitwerking digitale luchtfoto's) intern NMIJ rapport 3-9-2010.
- [14] Bal, D., H.M. Beijer, Y.R. Hoogeveen. S.R.J. Jansen & P.J. van der Reest (1995). Handboek natuurdoeltypen in Nederland. IKC natuurbeheer, Wageningen.
- [15] Haarman, F.G., A. Capel, G.J. Akkerman, M. de Kant, R. Noordhuis (2010) Dijkversterking Markermeerkust Hoorn-Amsterdam; De oeverdijk als extra alternatief? In opdracht van HHNK, nov. 2010, 9W2206.

- [16] Noordhuis R (2010). Ecosysteem IJsselmeergebied: nog altijd onderweg. Trends en ontwikkelingen in water en natuur van het Natte Hart van Nederland. Rijkswaterstaat – Waterdienst.
- [17] Witteveen+Bos, Altenburg & Wymenga, Bureau Veldkamp, AquaTerra (2008). Bureaustudie invloed Aalscholvers IJsselmeer op visstand en beroepsvisserij.
- [18] Postma J.F. & C.M. Keijzers (2012) Macrofauna in Nederlandse moerassituaties (2012). Ecofide rapport nr. 46 in opdracht van NMIJ.
- [19] Kroes MJ, Brevé N, Vriese FT, Wannings H, Buijse AD (2008a). Nederland leeft met ...vismigratie. Naar een gestroomlijnde aanpak van de vismigratieproblematiek in Nederland. VisAdvies BV, Utrecht. Projectnummer VA2007_33, 71 pp.
- [20] NMIJ Gespreksverslagen interviews specialisten Buijse, Lammens, De Witte, Kikkert, Klinge, Kampen. (voorjaar 2010).
- [21] Herpen, F.C.J. van (2010). Ecologische verbindingen, initiële bureaustudie. NMIJ document. Royal Haskoning i.o.v. Rijkswaterstaat Dienst IJsselmeergebied, Lelystad.
- [22] Hop J, Kampen J (2009). Visonderzoek migratiekelpunten. Fase I. Najaarsonderzoek & Fase II: Voorjaarsonderzoek. AquaTerra – KuiperBurger BV in opdracht van waterschap Zuiderzeeland.
- [23] Geest, van G., Geerling, G.J. en M. de Vries. Pilotstudie Drijvend Rietmoeras Houtribsluizen. Deltares eindrapport 1200240-001, juni 2010.
- [24] Buskens, R.F.M. & S.L.M den Held (2012). Update initiële bureaustudies ecologie. NMIJ document 31 okt 2012.
- [25] Herpen, F. van, S. den Held & R. Noordhuis (2010). Habitatdiversiteit, initiële bureaustudie. NMIJ document. Royal Haskoning i.o.v. Rijkswaterstaat Dienst IJsselmeergebied, Lelystad.
- [26] Stuart, B. (red.) (2008). Markermeer IJmeer: LelyNatuur en Waterpark. SAMM inzending Groene Noordvleugelpartijen.
- [27] Zwart, IJ. & Werkgroep ecologie en waterkwaliteit (2008). Achtergronddocument Ecologie en waterkwaliteit – bouwsteen voor Toekomstagenda Markermeer en IJmeer.
- [28] Jans, L. & H. Drost (1995). De Oostvaardersplassen; 25 jaar vegetatieonderzoek. RWS IJsselmeergebied. Flevovericht nr. 382.
- [29] Manen, van H. en M. Kolen, 2002. Natuurontwikkeling IJsselmonding. Uitvoeringsmethode en monitoringsplan. Riza werkdocument 2002.076X, Lelystad, april 2002.

[30] Manen, van H., Cornelissen, P., Daling, J. en M. Zijlstra, 2005. Natuurontwikkeling IJsselmonding; van voorbereiding naar toekomst. Riza werkdocument 2005.092x. Lelystad, juni 2005.

[31] Bak, A., Liefveld, W.M., Prinsen, H.A.M., en F. van Vliet, 2007. Evaluatie natuurontwikkelingsprojecten IJsselmeergebied. Bureau Waardenburg, rapport nr. 07-120. Oktober 2007.

[32] Aanslibbing vaargeul Amsterdam Lemmer P. Boderie, M. v.d. Wal, T. v. Kessel en M. Genseberger 2010.

[33] Harezlak, V., Maarse, M. & R. Noordhuis (2012). Effecten van de aanleg van luwtestructuren en moerasgebied op Natura2000 doelen in het Markermeer. Deltares rapport.

[34] Droog, M. (2011). Deel 1: Effect beoordeling met het model Habitat. Deel 2: Effect van ecologische verbindingen met populatiedynamisch model Berkely Madonna voor blankvoorn. Stageverslag.

[35] Vijverberg, T. & P. Boderie (2012); update initiële bureaustudie slib. NMIJ rapport.

[36] Boderie, P. (2012) Validatie delft 3-D slibmodel.

[37] Deltaprogramma IJsselmeergebied (2012). Het nieuwe peil. Resultaten van fase 2. Mei 2012.

[38] Haarman, F., R. Noordhuis en R. Buskens (2012). Kostenraming maatregelen ANT vogelsoorten Markermeer-IJmeer. Royal Haskoning/Deltares.

[39] Haasnoot, M., V. Harezlak, M. Maarse, K. Meijer, M. Dionisio Pires, R. van Buren (2009). Naar een Toekomstbestendig Ecologisch Systeem in het Markermeer en IJmeer. Kwantificering van het effect van de voorgestelde maatregelen met HABITAT. Rapport Deltares, Utrecht.

[40] Bakker, M. (2012). The effect of bioturbation on the erodibility of fine sediments in Laker Markermeer. MSC Thesis.

[41] Kollen, J. & H. Jaspers (2012). Twee halen, één betalen. Ecologie en veiligheid Markermeer. Rapport Grontmij, Alkmaar (Martkuitvraag WMIJ).

[42] Van Puijenbroek, P. & Sijsma (2009). Berekening natuureffecten Markermeer Maatschappelijke kosten en baten van verstedelijkings varianten en openbaarvervoerprojecten voor Almere. Rapport Planbureau voor de leefomgeving, Bilthoven.

[43] Van Puijenbroek, P., F. Wortelboer, W. Ligvoet (2012). Analyse van de natuurpunten in de kosten effectiviteitsanalyse van het Deltaprogramma IJsselmeergebied. PBL rapport.

[44] Wessels, S., H. Jaspers, R. Wortelboer, P. van Puijenbroek, P. Zwaneveld, W. Grevers & F. Sijtsma (2012). Natuurpunten voor de Afsluitdijk. Toets 2011-3. Pp 24-29.

[45] Smale, AJ. J.H. de Vroeg en A. Capel.(2012) Meerwaarde luwtestructuur voor oeverdijk (WMIJ website).

[46] Klinge, M. (2012) Luwtestructuren, de essentie van het TBES – naar een stapsgewijze realisatie van doelen. WMIJ marktuitvraag.

[47] Goijer, W. Terpstra, S. Sollie, J. Dam, T. Kuijpers, H. Dijk (2012). Kunstmatige structuren als katalysator voor ecologie in het Markermeer-IJmeer. Consortium Kransmeer.

[48] Natuurmonumenten (2012) Marker Wadden – Sleutel voor een natuurlijk en toekomstbestendig Markermeer.

[49] WMIJ (2012). Een toekomstbestendig Markermeer-IJmeer. Eindrapport Werkmaatschappij Markermeer-IJmeer.

[50] Noordhuis, R., H. Los, S. Groot, M. Platteeuw. Wetenschappelijk tussentijds advies 2012 ANT-IJsselmeergebied. Deltares rapport 1204155-008.

[51] WMIJ (2011). Naar een toekomstbestendig ecologisch systeem. Optimalisatie rapport Werkmaatschappij Markermeer-IJmeer t.b.v. Rijksstructuurvisie RRAAM. 17-11-2011.

[52] Genseberger, M.(2011) Quickscan slibeffecten verbreding gedeelte vaargeul Markermeer.

[53] Verdonschot, P & A. Besse-Lototskaya (2012). Leidraad risicomanagement Overlast steekmuggen en knutten. Alterra rapport 2298.

[54] Pronk, A. & R. Termaat. Muggenmogelijkheden bij moeras. Gespreksverslag met muggen-expert Bart Knols. Okt 2012.

[55] STOWA (2012). Referenties en maatlatten voor natuurlijke watertypen voor de kaderrichtlijn water 2015-2021. Red: Molen, D.T. van der, R. Pot, C.N. Evers & L. van Nieuwerburgh. STOWA nr. 2012-31.

[56] Arcadis (2011) Onderbouwing ecologische optimalisatie TBES. In opdracht van WMIJ.

[57] Visser, K-P, (2007) Golfbrekers in het Markermeer. Synergie voor veiligheid en ecologie.

[58] Van den Berg, T.J.J. (2012), Natuurlijke Markermeer IJmeer. Eerste scenario berekeningen met Delft3D slibmodel versie III. NMIJ rapport. Concept R0159, 19 november 2012.

- [59] Van den Berg, T.J.J. (2012). Delft3D Modelspecificaties ten behoeve van NMIJ. Notitie Royal HaskoningDHV 9V6742.A2/N0086.
- [60] Vijverberg et al., 2012: Inventarisatie mogelijkheden locatie en omvang verdiepingen. Royal Haskoning 9V6742.A2/R0135.
- [61] Vijverberg et al., 2011: Fine sediment dynamics in a shallow lake and implication for design of hydraulic works. *Ocean Dynamics* 61:187-202.
- [62] Vijverberg, T., R. Knoben & P. Boderie (2012), Resultaten veldexperiment luwtestructuur. Invulling kennisleemten en beantwoording onderzoeksvragen. NMIJ rapport R0155.
- [63] Fiselier, J.& A. Rijdsdorp (2012) Verdiepingsslag Marker Wadden. Effecten op Natura 2000. Concept okt. 2012.
- [64] RIJN, L.C. VAN (2005), Principles of sedimentation and erosion engineering in rivers, estuaries and coastal seas, Aqua Publications.
- [65] Haarman, F., Kanger (2012) Kosten maatregelen TBES; bevindingen audit Optimalisatierapport WMIJ. Royal Haskoning rapport 9X2319 in opdracht van Provincie Flevoland.
- [66] Nagel, W., A. Hebbink & S.G. Lauwaars. 2000. Zand boven water 2. Huidige situatie van het milieu en effecten van ontgroningen in het IJsselmeer, Markermeer en de Randmeren. RIZA werkdocument 2000.017X, Lelystad.
- [67] Vermeij, S.G., G. Blom, E. van Donk en E.H.S. van Duin. 1992. De invloed van slibgehalte en waterbodembediepingen op de zoöplanktonproductie in het Markermeer. Werkdocument 1992-24 Lio. Rijkswaterstaat Directie Flevoland, Lelystad.
- [68] Stromingen (1997).
- [69] Knoben, R.A.E., & R.F.M. Buskens (2012) Ontwikkeling beoordelingskader NMIJ maatregelen versie 1. Okt 2012. Interne NMIJ notitie.
- [70] Vijverberg, T. & Van den Berg, T. (2013). Marker Wadden – resultaten slibberekeningen, projectnummer BA8757-103-104.
- [71] Van Kessel, T. (2013). Notitie omgevingsfactoren aanslibbing geulen Marker Wadden, Deltares project nr. 1207623.
- [72] Bakker, M. en Vijverberg, T. (2013). NMIJ scenario berekeningen zomer 2013, project nr. 9V6742-0A2-100.
- [73] Programma Naar een rijke Waddenzee et al (2013). Vismigratierivier Afsluitdijk. Haalbaarheidsstudie en projectplan. Jan 2013.

[74] Ministerie van Infrastructuur en Milieu (2013). MIRT Verkenning Luwtmaatregelen Hoornse Hop. Te onderzoeken alternatieve en effecten (beoordelingskader). 29 mei 2013/ Revisie 8. Definitief.

[75] Pelsma, T. (2013) Stand van zaken aanpak knelpunten vismigratie. Persoonlijke mededeling.

[76] Ministerie van Infrastructuur en Milieu.(2013) MIRT Verkenning Luwtmaatregelen Hoornse Hop. Eindconcept 17 okt 2013.

[77] ANT (2013). Wetenschappelijk Eindadvies. Eindconcept 7 okt 2013.

[78] NMIJ (2012). Integraal tussenadvies NMIJ 2012. Deel B. Inhoudelijke onderbouwing en maatregelen per thema. Eindrapport.

[79] DPIJ (2013). Eerst stap flexibel peilbeheer. Interne notitie A. Remmelzwaal. juni 2013.

[80] Meijer, K. et al (2009) Effecten van peilstrategieën in het IJsselmeergebied. Quick Scan seizoensgebonden peilbeheer. Deltares rapport.