



Combinatie Natuurontwikkeling en bestrijding Algenoverlast in de Zuidelijke Randmeren

Analyse van mogelijke inrichtingsmaatregelen in de Zuidelijke Randmeren

Rapport Bachelor Eindopdracht



Gert-Ruben van Goor
Opleiding Civiele Techniek (& Management)
Universiteit Twente
Begeleidend docent: Dr. J.L. de Kok
Stagebegeleiders: Ir. R.E. Rijdsijk
Ing. A.G.M. de Vrieze

In opdracht van:

Rijkswaterstaat dienst IJsselmeergebied





Combinatie Natuurontwikkeling en bestrijding Algenoverlast in de Zuidelijke Randmeren

Analyse van mogelijke inrichtingsmaatregelen in de Zuidelijke Randmeren

Rapport Bachelor Eindopdracht

Onderzoek in het kader van de opleiding Civiele Techniek (& Management) aan de Universiteit Twente.

Lelystad, juli 2007

Auteur: Gert-Ruben van Goor
Student Civiele Techniek (& Management)





Samenvatting

Het voorliggende rapport beschrijft het onderzoek waarin een analyse is uitgevoerd naar kansrijke inrichtingsmaatregelen voor de bestrijding van algenoverlast en mogelijke natuurontwikkeling in het Eem- en Gooimeer. De analyse kent een tweedeling naar brongerichte maatregelen in het Eemmeer en effectgerichte maatregelen in het Gooimeer. Het verschil in de waterkwaliteit tussen deze beide meren vormt de basis voor dit onderscheid.

Bestrijden overlast

Het Eemmeer bevindt zich met een zomergemiddelde fosfaatconcentratie van 0,21 mg per liter ver boven de gebiedsgerichte norm van 0,08 mg fosfaat per liter. Met een zomergemiddelde fosfaatconcentratie van 0,11 mg per liter zit ook het Gooimeer boven deze norm. Afwenteling vanuit het Eemmeer kan in het Gooimeer voor problematische situaties leiden. Algen hebben de nutriënt fosfaat nodig als voedingsstof. Hoge fosfaatconcentraties kunnen leiden tot overmatige algenbloei, oftewel eutrofiëring. Deze algen kunnen onder bepaalde omstandigheden drijfslagen vormen. Deze drijfslagen kunnen in de omgeving van de Zuidelijke Randmeren voor grote overlast zorgen. Maatregelen zijn aangedragen en uitgewerkt om deze overlast van drijfslagen te bestrijden.

Natuurontwikkeling

Voor de mogelijke natuurontwikkeling zijn de verschillende kwaliteitselementen vanuit de Europese Kaderrichtlijn Water-doelstellingen sturend. De nadruk ligt hier op een toename van ondergedoken waterplanten, oevervegetatie, macrofauna en een vermindering van het fytoplankton (algen).

Brongerichte maatregelen Eemmeer

De analyse naar brongerichte maatregelen begint met een voorselectie waarbij de kansrijke maatregelen worden geselecteerd. Hierbij worden de verschillende alternatieven getoetst op toepasbaarheid in het systeem, de randvoorwaarden, mogelijkheden voor natuurontwikkeling en de effectiviteit op de bestrijding van de eutrofiëring.

Na deze voorselectie komen de volgende kansrijke maatregelen naar voren: stimuleren ontwikkeling waterplanten, aanleg slibvang, inzetten driehoeksmosselen en oeverinrichting ten behoeve van rietontwikkeling. Om te komen tot een prioriteitsstelling onder deze maatregelen is een multi criteria analyse uitgevoerd. Hierbij zijn voor alle alternatieven de effecten op verschillende criteria bepaald en gewogen. Met de analyse is de volgende rangschikking van maatregelen verkregen:

1. stimuleren ontwikkeling waterplanten;
2. inzetten driehoeksmosselen;
3. oeverinrichting t.b.v. rietontwikkeling;
4. aanleg slibvang.

De uitgevoerde gevoeligheidsanalyse wijst uit dat het verkregen resultaat robuust is. Nader onderzoek zal moeten uitwijzen op welke manier de uitbreiding van waterplanten een impuls kan worden gegeven. Blijkt de zaadbank de limiterende factor te zijn dan zal het zaaien van kranswiersporen een effectieve maatregel blijken. Is echter het doorzicht de beperkende factor dan zal men, op basis van het effect op het doorzicht van het systeem, het aanleggen van een slibvang kunnen overwegen.

Effectgerichte maatregelen Gooimeer

Ook bij de effectgerichte maatregelen is een voorselectie gemaakt van de alternatieven. Hierbij komt het aanleggen van dammetjes, als fysieke barrière tegen algendrijfslagen en mogelijke drager voor natuurontwikkeling, in beeld. Deze maatregel is uitgewerkt voor een tweetal locaties in het Gooimeer, te weten: Almere-Haven en Huizen. De maatregelen hebben tot doel om drijfslagen vanaf het Gooimeer en transport van de drijfslagen langs de oevers tegen te gaan. Hoewel de feitelijke problematiek met deze maatregel niet wordt opgelost kan het bijdragen aan de bestrijding van de overlast die algendrijfslagen met zich meebrengen. Vanuit de gemeenten is gebleken dat er veelzijdige belangen zijn in het gebied en dat gebiedsspecifieke kennis onontbeerlijk is bij het ontwerp van dergelijke maatregelen. De opgestelde effectgerichte maatregelen kunnen worden meegenomen in de inrichtingsvisie voor de randmeren die zal worden opgesteld door de randmeergemeenten.



Synthese

Op basis van kosten en realisatietijd zijn de effectgerichte maatregelen te vergelijken met de twee 'beste' brongerichte maatregelen: stimuleren ontwikkeling waterplanten en het inzetten van driehoeksmosselen. De effectgerichte maatregelen hebben de grootste impact op de reeds bestaande functies in het gebied. Dit omdat zij naast een fysieke barrière voor drijfvlagen vaak ook een barrière voor allerlei andere functies, zoals de scheepvaart zijn. Daartegenover bevinden de voorgestelde brongerichte maatregelen zich geheel onder water en kan, via een juiste locatiekeuze en effectief beheer, de overlast/hinder tot een minimum beperkt worden.

Ook op het gebied van duurzaamheid winnen de brongerichte maatregelen het van de effectgerichte. Deze laatstgenoemde groep heeft enkel zeer lokaal effect en verplaatst eigenlijk alleen de overlast naar naburige locaties. Het positieve effect op de waterkwaliteit van brongerichte maatregelen geldt echter voor het gehele watersysteem. Het grote voordeel van de effectgerichte maatregelen is dat ze direct resultaat bieden; bij de brongerichte maatregelen duurt het meestal geruime tijd voordat de maatregel effectief blijkt.

Inhoud

Samenvatting	5
Voorwoord	9
1 Inleiding	11
1.1 Korte omschrijving projectgebied	11
1.2 Breder kader onderzoek	12
1.2.1 Beleidskaders	12
1.2.2 Ecologische doelstellingen	12
1.2.3 Algengroei	13
1.3 Probleemstelling	13
1.4 Doelstelling onderzoek	14
1.5 Onderzoeksvragen	14
1.6 Leeswijzer	15
2 Waterkwaliteit	16
2.1 Eutrofiering	16
2.2 Ecologie	16
3 Opmaat naar mogelijke maatregelen	19
3.1 Doelen	19
3.2 Oplossingsrichtingen	19
3.3 Bron- en effectgerichte maatregelen	19
4 Methode	20
4.1 Algemeen raamwerk	20
4.2 Multi Criteria Analyse	21
4.3 Criteria en randvoorwaarden	21
4.4 Weging	24
5 Brongerichte maatregelen Eemmeer	25
5.1 Voorselectie maatregelen	25
5.2 Effectscores	26
5.3 Resultaten MCA	26
5.4 Gevoeligheidsanalyse	27
5.5 Uitwerking	28
6 Effectgerichte maatregelen Gooimeer	30
6.1 Drijfslagen en overlast	30
6.2 Locatiekeuze	30
6.3 Voorselectie maatregelen	31
6.3.1 Preventie van ontstaan van drijfslagen	32
6.3.2 Preventie van het binnendringen van drijfslagen	32
6.3.3 Verwijdering en verwerking van drijfslagen	32
6.3.4 Selectie	33
6.4 Uitwerking	34
6.4.1 Almere-Haven	35
6.4.2 Huizen	36
6.5 Kosten, realisatietijd en impact op functies	37
6.6 Input Gemeenten	39
7 Synthese	41
8 Discussie	42
8.1 Conclusies	42
8.2 Kanttekeningen	42
8.3 Aanbevelingen	42
9 Begrippenlijst	44
Literatuur	45
Bijlagen	46





Voorwoord

Het voor u liggende rapport is het resultaat van de Bachelor Eindopdracht welke in het kader van de studie Civiele Techniek (& Management) aan de Universiteit Twente bij Rijkswaterstaat IJsselmeergebied is gevolgd. Het rapport geeft een beschrijving van de problematiek rond de waterkwaliteit, toegespitst op de eutrofiering, van de Zuidelijke Randmeren. Er is een analyse gemaakt naar mogelijke inrichtingsmaatregelen die tot doel hebben de waterkwaliteit te verbeteren en/of de overlast van algenbloei tegen te gaan, dit alles in het licht van ecologisch herstel van de meren.

Via deze weg wil ik iedereen bedanken die heeft bijgedragen aan het tot stand komen van dit rapport, met name Ernst Rijdsijk en Ton de Vrieze voor de interne begeleiding van het project en Jean-Luc de Kok voor de externe begeleiding vanuit de Universiteit Twente. Mede door het advies en inbreng van hun zijde is het project in goede banen geleidt. Daarnaast wil ik de gemeente Almere, Huizen en Bunschoten Spakenburg bedanken voor hun feedback en inzichten omtrent de effectgerichte maatregelen. Verder wil ik alle collega's bedanken voor een leerzame, interessante en leuke tijd. Tot slot natuurlijk mijn dank aan Rijkswaterstaat dienst IJsselmeergebied voor het beschikbaar stellen en faciliteren van de stageplek.

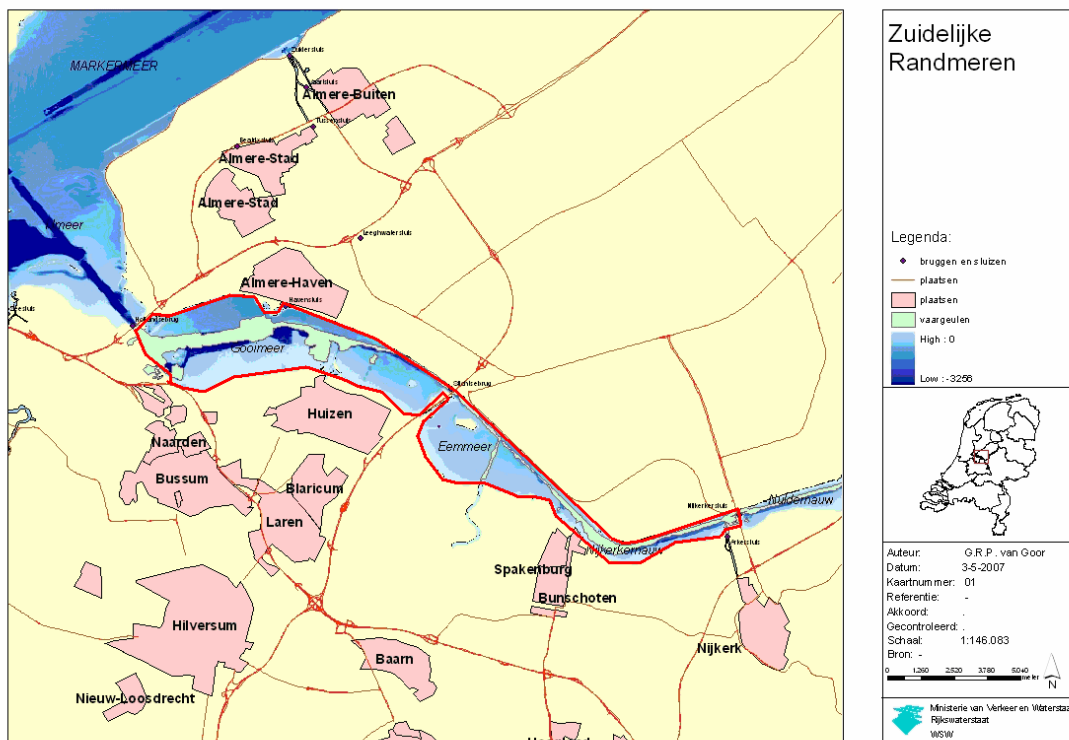
Lelystad, juli 2007
Gert-Ruben van Goor



1 Inleiding

1.1 Korte omschrijving projectgebied

Het projectgebied zal zich beperken tot de Zuidelijke Randmeren. Deze meren bestaan uit drie relatief ondiepe deelwatersystemen te weten: Het Nijkerkernauw en het Eem- en Gooimeer. De Zuidelijke Randmeren zijn ontstaan bij het inpolderen van Flevoland rond 1965. De analyse zal zich toespitsen op het Eem- en Gooimeer, het Nijkerkernauw wordt als onderdeel van het watersysteem opgenomen maar valt buiten de beschouwing van dit onderzoek.



Figuur 1.1: Ruimtelijke weergave onderzoeksgebied: Zuidelijke Randmeren

Het projectgebied wordt ingesloten door de Nijkerkersluis aan de oostzijde en de Hollandse Brug aan de westzijde. Bij de Stichtse brug gaat het Eemmeer over in het Gooimeer. Hier staan beide watersysteemdelen door middel van een kleine doorgang in open verbinding met elkaar. Aan de westzijde is het Gooimeer eveneens niet fysiek gescheiden van het aanliggende watersysteem, het IJmeer en het Markermeer. Echter zijn er zowel kwantitatief als kwalitatief grote verschillen tussen de Randmeren Zuid en het IJmeer/Markermeer. Dit laatste watersysteem is veel groter in omvang tevens ligt hier het waterkwaliteitsprobleem niet zo zeer bij de eutrofiering maar de troebelheid van het water door een zeer grote resuspensie van het sediment. Dit is in de Zuidelijke Randmeren minder van belang.

In tabel 1.1 zijn enkele kenmerken van de Zuidelijke Randmeren opgenomen. Het Gooimeer heeft het grootste oppervlak en is met een diepte van gemiddeld 4,5 meter ook het diepst. Door beide meren loopt een vaargeul met een gemiddelde diepte tussen de 3,5 en 4,5 meter. Verder zijn er in het Gooimeer een aantal diepe zandwinputten te vinden (tot meer dan 30 m) die als slibvang kunnen fungeren. Dit vertaalt zich in de gemiddelde diepte van het Gooimeer.

De bodem in het Eemmeer/Nijkerkernauw bestaat voor een groot deel uit klei (50%). Daarnaast worden zavel (15%), zand (16%) en veen (10%) aangetroffen. In het Gooimeer bestaat de bodem uit zand (53%) en klei (47%). (Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Rijkswaterstaat directie IJsselmeergebied [Min. V&W RWS IJG], 2003)

Tabel 1.1: Karakteristieken Randmeren Zuid. Uit: Min. V&W RWS IJG (2003)

Meer	Oppervlakte (km ²)	Gemiddelde diepte (m)	Globale Verblijftijd (dagen)	Winterstreef-peil	Zomerstreef-peil
Eemmeer / Nijkerkernauw	15,14	1,7	30	NAP –0,40 m	NAP –0,20 m
Gooimeer	25,82	4,5	60	NAP –0,40 m	NAP –0,20 m

Aan het Eem- en Gooimeer is een aantal functies aanwezig (Min. V&W RWS IJG, 2004). Dit zijn:

- Afvoer van water, ijs en sediment;
- Regionale watervoorziening;
- Transport overige vaarwegen;
- Oppervlaktedelfstoffenwinning;
- Waterkwaliteit en ecologie;
- Beroepsvisserij;
- Rust- en ruigebied voor watervogels.
- Locale recreatievaart;
- Drinkwater;
- Zwemwater;
- Oeverrecreatie;
- Sportvisserij;
- Delen van de meren zijn staatsnatuurmonument;

Het Eem- en Gooimeer liggen in één van de grootste delen van de Randstad. Dit heeft vooral betrekking op het Gooimeer. Door een toenemende bevolkingsgroei in het zuidoostelijk deel van Flevoland, het noordelijk deel van Utrecht en het oostelijk deel van Noord-Holland staat de kwaliteit van het watersysteem onder druk. Een druk op de waterkwaliteit als drager van de gebruiksfuncties betekent ook dat deze gebruiksfuncties onder druk staan.

1.2 Breder kader onderzoek

Alvorens tot een probleemstelling te komen worden de verschillende kaders, waarbinnen de opdracht zich bevindt, beschreven.

1.2.1 Beleidskaders

Vanuit verschillende beleidskaders worden doelstellingen en normen aan de Zuidelijke Randmeren toegewezen. De beleidskaders waar bij deze opdracht rekening mee moet worden gehouden zijn de *Europese Kaderrichtlijn Water* (KRW), de *Vogel- en Habitatrichtlijn* (VHR) en *WB21* doelstellingen.

Vanuit de KRW worden zowel chemische als ecologische doelstellingen voor de Zuidelijke Randmeren geformuleerd. De doelen van de KRW zijn: Helder water met uitgestrekte velden waterplanten en bijbehorend ecosysteem: minimaal 25% waterplanten; maximaal 35% brasem; fosfaat < 0,08 mg/l (Min. V&W RWS IJG, 2006b). Deze doelen zullen in de volgende paragraaf nader worden gespecificeerd.

Naast de ecologische doelen voor de KRW zijn ook instandhoudingsdoelen geformuleerd in het kader van de Vogel- en Habitatrichtlijn. Delen van het Eem- en Gooimeer zijn enkel aangewezen als vogelrichtlijngebied. Hieruit vloeien enkele behoudopgaven voort (zie bijlage 1.1). Mogelijke KRW-maatregelen in de Zuidelijke Randmeren kunnen bijdragen aan het versterken de opgestelde instandhoudingsdoelen. Synergie tussen beide beleidskaders is efficiënt en werkt veelal kostenbesparend.

Primair doel van de WB21 is het waarborgen van de binnendijkse veiligheid, voldoende watervoorziening en droogtebestrijding. Knelpunten met de WB21 is de druk op buitendijkse ontwikkelingen door conflict met het waterbeleid en toekomstige klimaatveranderingen. Zo zal bijvoorbeeld een afname van het waterbergend vermogen van het systeem door een maatregel gecompenseerd moeten worden.

1.2.2 Ecologische doelstellingen

Voor alle waterlichamen moeten voor de KRW ecologische doelen worden opgesteld, die nagestreefd moeten worden voor 2015. Voor natuurlijke watertypen betreft dit de *Goede Ecologische Toestand*

(GET). De GET is gebaseerd op een referentiesituatie in het verleden of in vergelijkbare systemen waarbij menselijk handelen geen grote invloed heeft gehad.

Volgens Wessels, *et al.* (2005) zijn de Zuidelijke Randmeren echter geen natuurlijke watertypen, maar zijn zij getypeerd als 'sterk veranderde wateren'. De aanleg van dijken, dammen (en sluizen) alsmede het starre peilbeheer zijn hier oorzaak van. De ecologische mogelijkheden in deze wateren zijn door menselijke beïnvloeding dan ook lager dan bij natuurlijke watertypen. Daarom geldt er voor dit type wateren het *Maximaal Ecologisch Potentieel* (MEP) als streefdoel. Afgeleid van deze MEP is het *Goed Ecologisch Potentieel* (GEP) dat als doelstelling voor 2015 gehanteerd dient te worden (Min. V&W RWS IJG, 2006a).

Bij het opstellen van de ecologische doelen is gebruik gemaakt van kwaliteitselementen, dit zijn parameters die van belang zijn voor het gezonde functioneren van het watersysteem. Deze elementen zijn: fytoplankton, macrofyten, macrofauna en vissen. Voor de kwantitatieve uitwerking van de doelstellingen voor deze kwaliteitselementen en andere parameters wordt verwezen naar bijlage 1.2.

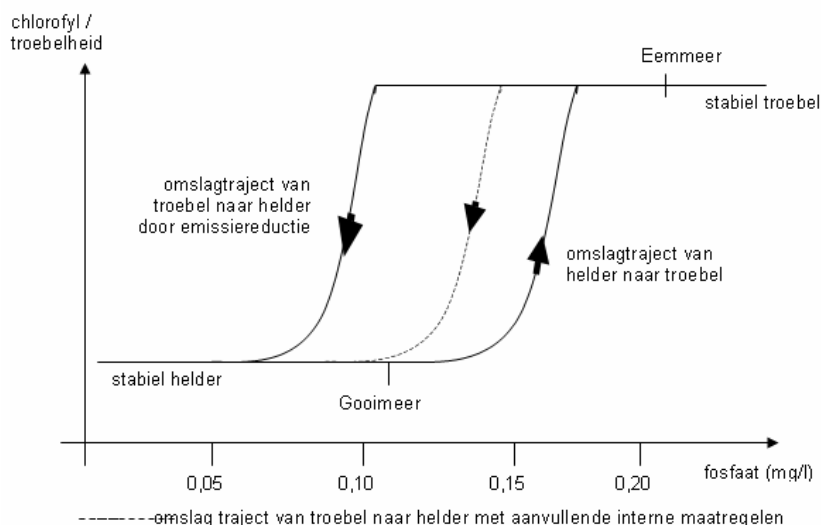
1.2.3 Algen groei

Naast het bereiken van een goede ecologische toestand stelt de KRW ook het bereiken van een goede waterkwaliteit als doel. Dit voorliggende onderzoek zal zich toespitsen op mogelijke bron- en effectgerichte maatregelen ter bestrijding van de algenoverlast.

Naast licht hebben algen nutriënten nodig als voedingsstoffen om te kunnen groeien. Door het te veel aan *nutriënten* (fosfaat en stikstof) in het water hebben de algen, onder de juiste omstandigheden, vrij spel. Het verlagen van de concentraties nutriënten in het water zal een positief effect hebben op de waterkwaliteit en zal een vermindering van *algenbloei* (eutrofiëring) tot gevolg hebben. Een project dat hierop inspeelt is het project BEZEM (Bestrijding Eutrofiëring Zuidelijke Randmeren). Dit project pakt de vervuiling bij de bron aan door onder andere vierde trapszuiveringen op de RWZI's in het stroomgebied van de Eem te plaatsen. Uit analyse blijkt echter dat de voorgestelde bronmaatregelen alleen niet voldoende zijn om een goede waterkwaliteit te bereiken (Min. V&W RWS IJG, WV&E, 2006). Aanvullende maatregelen, zoals gepresenteerd in dit rapport, zijn nodig.

1.3 Probleemstelling

Om de ecologische waarde van het Eem- en Gooimeer te laten toenemen en de algenoverlast te bestrijden is het nodig te komen tot maatregelen die een oplossing voor dit probleem bieden. Inmiddels is duidelijk dat het Eem- en Gooimeer thans en naar verwachting in 2015 niet voldoen aan de goede chemische en ecologische toestand van de Kaderrichtlijn Water (Min. V&W RWS IJG, WV&E, 2006). Het verlagen van de externe nutriëntenbelasting alléén is niet toereikend tot het komen van een goede waterkwaliteit. Door het inzetten van beheer- en inrichtingsmaatregelen kan het herstel van de goede ecologische toestand versneld worden, zoals figuur 1.2 met een stippellijn weergeeft.



Figuur 1.2: Curve van de heldere en troebele toestand bij toenemende en afnemende totaal-fosfaat concentraties, en de positie van het Eem- en Gooimeer in de periode 2000-2004. Uit (Min. V&W RWS IJG, WV&E, 2006)



De troebelheid van een watersysteem is gerelateerd aan de nutriëntenconcentratie, via algen. Hoe hoger de concentraties nutriënten, des te meer alg, des te troebeler het water. Deze relatie laat zich ook zien in de Zuidelijke Randmeren. Het Gooimeer heeft met een fosfaatconcentratie van circa 0,11 mg fosfaat per liter reeds een heldere toestand bereikt, deze toestand is echter nog niet stabiel te noemen. Bij een lichte stijging van de fosfaatconcentratie kan het meer weer omslaan naar een troebele situatie. Het Eemmeer zit met een fosfaat concentratie van circa 0,21 mg fosfaat per liter in de stabiel troebele toestand. Reductie van de fosfaatbelasting en aanvullende interne maatregelen zijn nodig om een stabiel heldere toestand te bereiken.

In het Eem- en Gooimeer komen tijdens de zomer, in het badseizoen, drijfslagen van algen voor. De drijfslagen stinken, 'zien er niet uit' en zijn slecht voor de volksgezondheid van recreanten. Als gevolg daarvan is het de afgelopen jaren noodzakelijk geweest een tijdelijk zwemverbod uit te vaardigen voor meerdere stranden. Door het afsterven van algen is soms sprake van ernstige stankoverlast voor omwonenden en recreanten. De exploitanten van jachthavens en andere recreatieve voorzieningen ondervinden hiervan de nadelige gevolgen, doordat het aantal bezoekers achterblijft of terugloopt. Verder kan er sprake zijn van vis- en vogelsterfte. Daarnaast kunnen enkele algensoorten stoffen produceren die giftig zijn voor mens en dier. Dit maakt dat de waterkwaliteit verre van optimaal is voor vele voor de samenleving essentiële gebruiksfuncties. (Min. V&W RWS IJG, WV&E, 2006)

Het streven naar een toename van de ecologische waarde van het gebied aan de hand van de MEP/GEP-doelen en het bestrijden van de algenoverlast is noodzakelijk om te komen tot een gezond watersysteem welke een meerwaarde is voor de omgeving.

Als men het over natuurontwikkeling en de bestrijding van de algenoverlast heeft zijn er grote raakvlakken waarneembaar tussen de mogelijke oplossingsrichtingen. Hier liggen uitstekende kansen om natuurontwikkeling en bestrijding van algenoverlast te combineren.

1.4 Doelstelling onderzoek

Het doel van de stageopdracht is het volgende:

Combinatie van natuurontwikkeling en bestrijding van de algenoverlast in de Zuidelijke Randmeren door middel van het opstellen en toetsen van verschillende inrichtingsmaatregelen.

Allereerst zal gekeken worden naar de verschillende oplossingsrichtingen die zich lenen voor een combinatie van natuurontwikkeling en bestrijding van de algenoverlast. Door middel van een inventarisatie van mogelijke maatregelen en een daarop volgende selectieprocedure zullen alleen de potentieel kansrijke alternatieven worden meegenomen in de analyse. De uiteindelijk te kiezen maatregelen zullen verder worden uitgewerkt en ruimtelijk worden weergegeven in een inrichtingsplan.

1.5 Onderzoeksvragen

De volgende onderzoeksvragen hebben tot doel de opdracht te stroomlijnen. De verkregen antwoorden dragen bij tot het behalen van de doelstelling van het project.

- Welke kansrijke inrichtingsmaatregelen dragen bij aan de bestrijding van de algenoverlast en mogelijke natuurontwikkeling in de Zuidelijke Randmeren?
- Op welke wijze kan men komen tot een rangschikking van de alternatieven?
- Op welke wijze komt het inrichtingsplan (advies naar opdrachtgever toe) tot stand?



1.6 Leeswijzer

Het onderzoek naar mogelijke inrichtingsmaatregelen kent twee invalshoeken, namelijk de eutrofiëringsproblematiek en het herstel van de ecologische waarden. Deze waterkwaliteitsaspecten zullen worden behandeld in hoofdstuk 2. In hoofdstuk 3 zal er een opmaat worden gegeven naar mogelijke maatregelen, hier zullen onder andere verschillende oplossingsrichtingen worden uiteengezet. De manier/methode waarop tot kansrijke maatregelen en een prioriteitstelling, van deze maatregelen, zal worden gekomen wordt behandeld in hoofdstuk 4.

In hoofdstuk 5 en 6 zullen respectievelijk de brongerichte en effectgerichte maatregelen aan bod komen. In het daarop volgende hoofdstuk 7 zal er een vergelijking plaatsvinden tussen de bron- en effectgerichte maatregelen.

In het laatste hoofdstuk zullen onder andere de conclusies en aanbevelingen worden gepresenteerd, gepaard met een overzicht van ondervonden problemen bij de opdracht. Het rapport sluit af met een begrippenlijst, waarin verschillende termen uit dit rapport worden verduidelijkt.

2 Waterkwaliteit

2.1 Eutrofiering

Zoals in de probleemstelling al duidelijk werd is eutrofiering in de Zuidelijke Randmeren een belangrijk probleem. Door het te veel aan *nutriënten* in het water zijn de meren gevoelig voor *algenbloei*. De grootste bijdrage aan de externe fosfaatbelasting komt van de rivier de Eem. Belangrijke bronnen binnen het stroomgebied van de Eem zijn de landbouw, lozingen van *RWZI's* (zie BEZEM-project in paragraaf 1.2.3) en ongerioleerd buitengebied. Doordat het Eem- en Gooimeer in open verbinding met elkaar staan is deze belasting ook van invloed op het Gooimeer. Water wat via de Nijkerkersluis vanuit de Veluwerandmeren het Eemmeer binnenstroomt heeft een verdunnend effect op de nutriëntenconcentraties in dit meer. Echter verhelpt dit niet dat het Eemmeer met een zomergemiddelde fosfaatconcentratie van 0,21 mg per liter nog ver boven de gebiedsgerichte norm van 0,08 mg fosfaat per liter ligt.

Naast de externe belasting zorgen de waterbodem en slib voor een interne fosfaatbelasting. Slib kan de waterkwaliteit op twee manieren beïnvloeden. Ten eerste zorgt zwevend slib, door opwerveling, voor troebel water. Ten tweede kan slib onder bepaalde omstandigheden het aan zich gebonden fosfaat weer afgeven aan het water (nalevering). Deze slibproblemen zijn in het Eemmeer veel sterker aanwezig dan in het Gooimeer waar er sprake is van een netto export van slib. Het slib komt voor een belangrijk deel in de putten in het IJmeer terecht en er treedt sedimentatie op in de putten in het Gooimeer zelf (Min. V&W RWS IJG, WV&E, 2006). Vastgesteld is dat de nalevering van fosfaat vanuit het sediment een marginale bijdrage levert aan de totale fosfaatconcentratie, beschikbaar voor algen, in het water. Bijdrage aan de troebelheid van het systeem door resuspensie is dus het maatgevende effect van het sediment en slib.

2.2 Ecologie

De ecologie in het gebied staat in relatie met de eutrofiering. Waar nodig zal deze relatie vermeld worden. De kwaliteitselementen, zoals beschreven in het breder kader, dienen als uitgangspunt bij de beschrijving van de huidige ecologie. Ook zoöplankton (fytoplanktongrazer) is hierin opgenomen.

- *Waterplanten in het gebied (macrofyten)*

Waterplanten zijn belangrijke elementen in het functioneren van een ecologisch duurzaam watersysteem. Niet alleen zijn ze goede indicatoren voor de waterkwaliteit, ook dienen zij als voedsel voor watervogels, paaigebied voor vissen en als habitat van talloze organismen. Daarnaast stelt Scheffer (1998) dat waterplanten kunnen bijdragen aan een reductie van nutriënten en troebelheid in het water door onder andere het vastleggen en invangen van slib en sediment en het denitrificatieproces bij de wortelen (aerobe omstandigheden) waarbij N_2 als gas naar de atmosfeer ontsnapt. Daarnaast kunnen sommige waterplanten allelopatische stoffen uitscheiden, dit zijn chemische stoffen die de algengroei verhinderen.

De waterplanten in de Zuidelijke Randmeren worden om de drie jaar gekarteerd, met de laatst uitgevoerde kartering in 2006. In bijlage 2.1 zijn de resultaten van deze karteringen in grafiekvorm weergegeven.

Het Eemmeer en Nijkerkernauw laat een duidelijk toename van waterplanten zien. Meest voorkomende soorten in deze meren zijn Schedefonteinkruid, Tenger fonteinkruid en Draadwier. Als de afname van draadwieren uit de data van het Gooimeer wordt gehaald laat ook dit meer een toename van de waterplantenbedekking zien. Ook hier zijn het Schedefonteinkruid, Tenger fonteinkruid en Draadwier de meest voorkomende soorten. Deze toename van waterplanten in de Zuidelijke Randmeren heeft een positief effect op de waterkwaliteit in het gebied. Het is een eerste indicatie dat de kwaliteit van het water aan het toenemen is. Door een verdere uitbreiding van het areaal waterplanten kan dit effect versterkt worden.

Voor een uitgebreide behandeling van waterplanten in het projectgebied wordt verwezen naar Tjeertes (2007).

- *Oevervegetatie (macrofyten)*

Oevervegetatie in de Zuidelijke Randmeren vindt men vooral aan de zuidelijke oevers van het Eem- en Gooimeer. De harde bedijking en een steile oever-watergradiënt maken de noordelijke oevers aan de Eemmeer- en Gooimeerdijk in een zekere zin ongeschikt voor de ontwikkeling van oevervegetatie. Ook op plaatsen met een stedelijke bebouwing (met name rond het Gooimeer) zijn de omstandigheden veelal niet geschikt voor ontwikkeling van oevervegetatie, mede vanuit het oogpunt van verschillende gebruiksfuncties, zoals recreatie. In het projectgebied ligt de waardering voor oevervegetatie het hoogst bij de Stichtse Brug.

Deze vorm van vegetatie heeft een positieve invloed op het verlagen van de nutriëntenconcentraties in het water door deze vast te leggen en te gebruiken. Het invangen en vastleggen van slib zorgt voor een verbetering in het doorzicht van water.

- *Fytoplankton*

Fytoplankton is plankton dat voor de energievoorziening afhankelijk is van fotosynthese. Door deze indeling worden zowel bacteriën (zoals blauwalg) en planten, de overige algen, samen gegroepeerd. De fytoplanktonpopulatie in het Eemmeer laat in het algemeen een typisch verloop zien, met een groot aandeel diatomeeën in het voorjaar, dominantie van groenalgen in het eerste deel van de zomer en dominantie van blauwalgen in de nazomer.

Het Gooimeer laat in een mindere mate dit typische verloop van soortendominantie zien (zie bijlage 2.2) voor het procentuele aandeel van de fytoplankton-hoofdgroepen aan de gehele populatie in de jaren 1996 t/m 2001 voor zowel het Eem- als Gooimeer). Beide meren lieten in het jaar 2000 een grote dominantie van blauwalg zien. Dit was ook het geval in het jaar 2006.

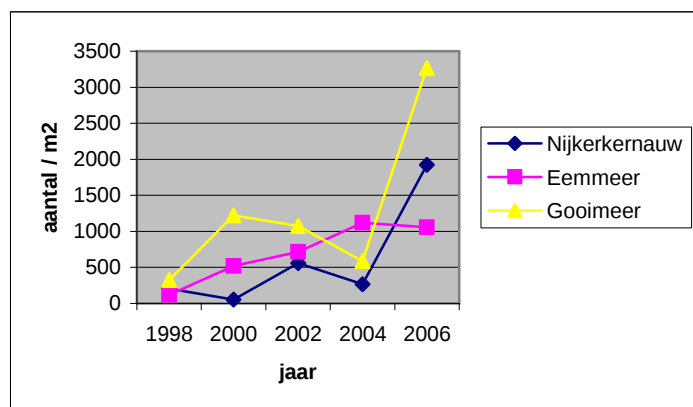
- *Zoöplankton*

Zoöplankton is een verzamelnaam voor kleine dierlijke organismen die vrij in het water voorkomen. Deze diertjes voeden zich met fytoplankton en zijn daarmee een belangrijke factor bij de algenbestrijding. Voorbeelden van zoöplankton zijn: watervlooien, roeipootkreeftjes en raderdiertjes. Deze dieren dienen als voedsel voor verschillende vissen.

In de Zuidelijke Randmeren is een forse afname in dichtheid van zoöplankton waargenomen tussen de jaren 1991 en 2001. Hierbij waren de dichtheden in het Gooimeer aanzienlijk lager dan die in het Eemmeer (Min. V&W RWS IJG, 2004).

- *Macrofauna*

Van de macrofauna in de Zuidelijke Randmeren zal de aandacht hier liggen op het voorkomen van de driehoeksmossel. De driehoeksmossel vormt een belangrijke schakel in het ecosysteem van de randmeren. Zij dient als voedsel voor vissen en vogels en draagt dankzij haar filtercapaciteit bij aan de waterkwaliteit en helderheid van het water. Figuur 2.1 toont het verloop van de dichtheid van driehoeksmosselen over de periode 1996-2006 voor de Zuidelijke Randmeren.



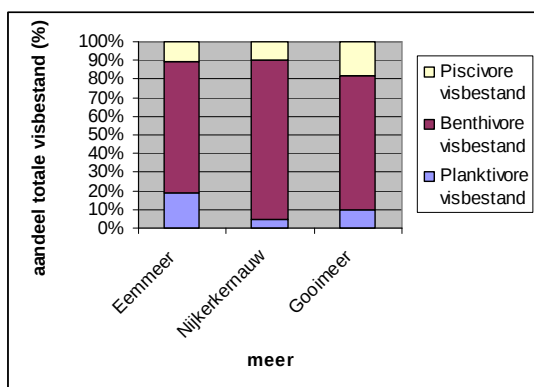
Figuur 2.1: Gemiddelde dichtheid driehoeksmosselen in de Zuidelijke Randmeren 1998 - 2006
Figuur is opgesteld aan de hand van data uit Wielakker & Bak (2007).

In de periode 1998-2000 vond een sterke toename van de driehoeksmosseldichtheid in zowel het Eem- als Gooimeer plaats. In de jaren daarna stabiliseert deze dichtheid zich in het Eemmeer. In het Gooimeer is in de jaren na 2000 eerst sprake van een afname, waarna de dichtheden in 2006 gemeten zeer sterk zijn gestegen. In datzelfde jaar is er in het Nijkerkernauw ook sprake van een

grote stijging in het aantal driehoeksmosselen. De gemiddelde dichtheid van driehoeksmosselen in het Eemmeer is de laagste van alle randmeren (Wielakker & Bak, 2007).

- *Vissen*

Het totale visbestand van het Eemmeer wordt geschat op 99,6 kg/ha, dat van het Nijkerkernauw op 76,2 en dat van het Gooimeer op 110,5 kg/ha. Hiermee zit het Eemmeer rond het gemiddelde voor het visbestand in een meer en het Nijkerkernauw en Gooimeer respectievelijk onder en boven dit gemiddelde. De schattingen zijn gedaan naar aanleiding van metingen uitgevoerd in 2005, waarbij door middel van zogenaamde stortkuilen het soort en aantal vis is bemonsterd. Figuur 2.2 geeft de verdeling van het totale visbestand in de Zuidelijke Randmeren weer. Er is onderscheidt gemaakt tussen Piscivore (visetend/roofvissen), Benthivore (benthos, organismen op bodem van meer, eters) en Planktivore (zoöplankton eters) vissen.



Figuur 2.2: Verdeling totale visbestand Eemmeer, Nijkerkernauw en Gooimeer Figuur opgesteld aan de hand van data uit Min. V&W RWS IJG (2006c)

Binnen de benthivore vissoorten zijn in de Zuidelijke Randmeren Brasem en Blankvoorn dominant. Voor de planktivore vissoorten zijn dit de baars en pos. De piscivore vissen vervullen vaak een regulerende rol op planktivore en benthivore vissen. (Min. V&W RWS IJG, 2006c)

Het aandeel benthivore vis is veruit het grootst in alle drie de meren. Zij eten bodemdierjes waardoor het sediment in suspensie komt en de troebelheid van het systeem toeneemt. Daarnaast wordt de nalevering van fosfaat vanuit het sediment vergroot.

In bijlage 2.3 zijn verschillende visparameters getoetst aan de GET-doelstellingen voor de Zuidelijke Randmeren. Hieruit valt af te leiden dat er in het algemeen niet aan de GET-doelstellingen wordt voldaan. Dit vertaalt zich in de beoordeling.

Echter dient opgemerkt te worden dat de toetsing aan deze GET-doelstellingen een ietwat *te* negatief beeld geeft van de meren, dit omdat als streefwaarde voor in 2015 de GEP-doelstellingen worden gehanteerd (zie 1.2.2). Deze liggen ongeveer 20% lager dan de GET-doelstellingen.

Geconcludeerd mag worden dat de ecologische situatie van de Zuidelijke Randmeren verre van optimaal is. In het volgende hoofdstuk zal een opmaat naar mogelijke maatregelen worden gegeven.



3 Opmaat naar mogelijke maatregelen

3.1 Doelen

De beoogde effecten van de inrichtingsmaatregelen zijn een toename van de ecologische waarde van het gebied en het bestrijden van de algenoverlast in de Zuidelijke Randmeren.

De effecten van menselijke ingrepen in het natuurlijk systeem (star peilbeheer, aanleg dijken, dammen en sluizen) dienen gecompenseerd te worden. Leidraad hierin vormen de MEP/GEP-doelstellingen voor de verschillende kwaliteitselementen. Daarnaast zal de overlast van algen teruggebracht moeten worden.

3.2 Oplossingsrichtingen

Het doel is te komen tot mogelijke inrichtingsmaatregelen die een combinatie inhouden voor natuurontwikkeling en de bestrijding van algenoverlast.

De bestrijding van de algenoverlast kent twee verschillende invalshoeken. Een (indirecte) manier om de overlast tegen te gaan is om het probleem bij de bron aan te pakken met brongerichte maatregelen. Een reductie van nutriëntenconcentraties in het water zal leiden tot minder algen en daarmee tot een positief effect op de algenoverlast. Deze maatregelen zullen op de bestrijding van eutrofiering zijn gericht. Met nadruk wordt gesteld dat deze maatregelen tot doel hebben de nutriëntenconcentraties in het water te verlagen en niet om de primaire bronnen van nutriënten aan te pakken. Ten tweede kunnen effectgerichte maatregelen worden ingezet. Hierbij kan bijvoorbeeld gedacht worden aan maatregelen die verhinderen dat drijfslagen van algen stranden, jachthavens, woongebieden, etc. bereiken. Leidraad voor natuurontwikkeling vormen de ecologische kwaliteitselementen uit de KRW.

Als uitgangspunt voor mogelijk te nemen maatregelen wordt de bestrijding van de algenoverlast genomen. Binnen dit kader zal worden onderzocht waar mogelijke kansen voor natuurontwikkeling liggen.

3.3 Bron- en effectgerichte maatregelen

Uit de verkenning van het projectgebied is gebleken dat het Eemmeer zich in een stabiele troebele toestand bevindt (zie figuur 1.2). Door de hoge concentratie nutriënten, met name afkomstig uit de rivier de Eem, is er sprake van troebel water en hoge algenbiomassa's van blauwalgen. Door de veelal westelijke stroming van het water staat de waterkwaliteit van het Gooimeer onder invloed van het Eemmeer, afwenteling kan in het Gooimeer voor problematische situaties leiden.

Vanwege dit verschil tussen beide watersystemen is er voor gekozen om in het Eemmeer te kiezen voor brongerichte maatregelen en in het Gooimeer voor effectgerichte maatregelen.

Brongericht: in het kader van dit onderzoek houdt dit een reductie van de nutriëntenconcentraties in het Eemmeer in.

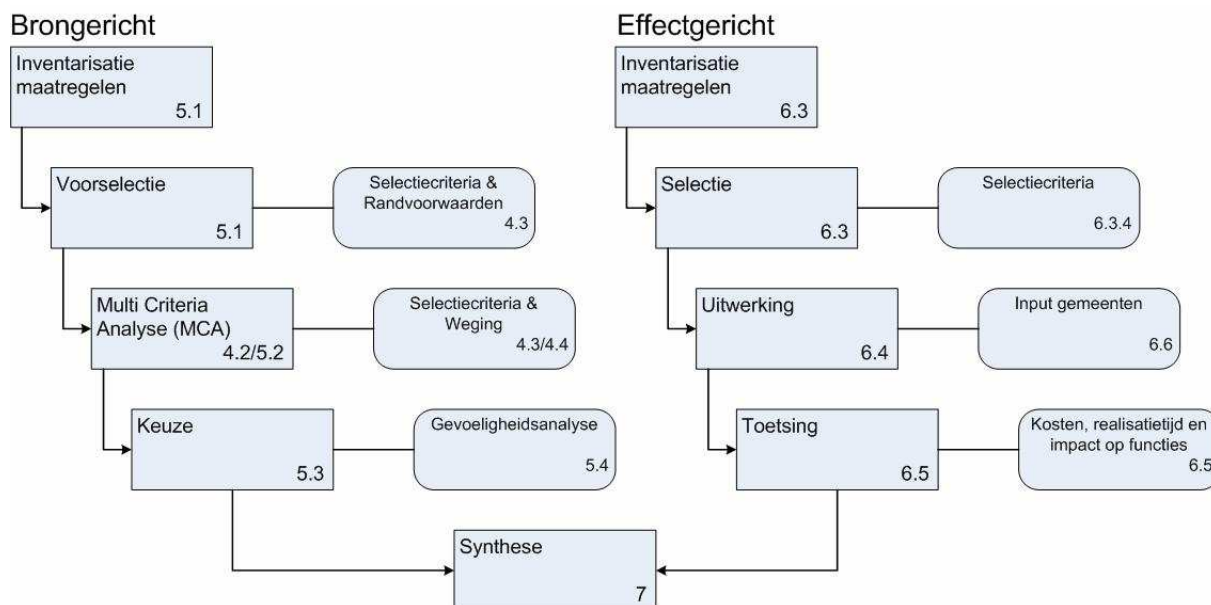
Effectgericht: het wegnemen van de overlast die algendrijfslagen met zich meebrengen in het Gooimeer.

4 Methode

4.1 Algemeen raamwerk

Uit het voorgaande hoofdstuk komt naar voren dat het onderzoek naar mogelijke maatregelen een tweedeling kent, toegespitst op de bestrijding van algenoverlast: brongericht in het Eemmeer en effectgericht in het Gooimeer. Dit onderscheid vormt de basis voor de verdere uitwerking van het project.

Zoals eerder vermeld is het bestrijden van de eutrofiering, door verlaging van de nutriëntenconcentraties in het water, het doel zijn van de brongerichte maatregelen. Veel verschillende maatregelen kunnen worden ingezet om dit doel te bereiken. Het is daarom nodig een *voorselectie* te maken van alle mogelijke maatregelen. Dit is gedaan aan de hand van een aantal selectiecriteria, aan de hand waarvan de *kansrijke* maatregelen zijn 'uitgezeefd'. Wanneer de kansrijke maatregelen zijn geselecteerd is het zaak om tot een rangschikking van deze maatregelen te komen, zodat het 'beste' alternatief naar voren komt. Om tot deze rangschikking van de alternatieve maatregelen te komen is er een *Multi Criteria Analyse* (MCA) uitgevoerd. De resultaten van de analyse zijn gepresenteerd waaruit een keuze voor een bepaalde maatregel kan worden afgeleid. De uiteindelijk gekozen maatregelen is verder uitgewerkt en ruimtelijk weergegeven in een inrichtingsplan. Schematisch kunnen de verschillende stappen als volgt worden weergegeven:



Figuur 4.1: Stappenplan maatregelen. Nummers verwijzen naar hoofdstukken in dit rapport waar de betreffende stap behandeld wordt.

De werkwijze voor het komen tot de effectgerichte maatregelen volgt in hoofdlijnen hetzelfde pad als bij de brongerichte maatregelen. Groot verschil hier is dat er geen MCA zal worden uitgevoerd naar de mogelijke maatregelen. Allereerst zal er een inventarisatie worden gemaakt van alle mogelijke effectgerichte maatregelen, waarna een selectie van mogelijke kansrijke maatregelen plaatsvindt. Deze maatregelen zullen verder worden uitgewerkt en ruimtelijk worden weergegeven voor een aantal locaties in het Gooimeer. Toetsing van de maatregelen vindt plaats door de kosten, realisatietijd en de impact op de verschillende functies te bespreken.

Door middel van een vragenlijst zijn bij diverse gemeenten de meningen en inzichten geïnventariseerd omtrent de algenproblematiek in het algemeen en de mogelijk te nemen effectgerichte maatregelen. Deze input vanuit de omgeving zal als een soort gevoeligheidsanalyse dienen, hiermee kunnen onder andere uitspraken worden gedaan over de haalbaarheid van de maatregel.



4.2 Multi Criteria Analyse

Om tot een rangschikking van de mogelijke inrichtingsmaatregelen te komen zal er een *Multi Criteria Analyse* (MCA) worden uitgevoerd. Uitgangspunt van een dergelijke analyse wordt gevormd door de impactmatrix (of effectenmatrix). Hierbij wordt voor elke maatregel de effecten op de criteria bepaald en gestandaardiseerd om een uiteindelijke vergelijking mogelijk te maken. In de uit te voeren analyse zal er gebruik worden gemaakt van de 'gewogen sommering'. Dit vanwege de relatieve eenvoud die achter de methode steekt, waardoor het gehele proces transparant blijft. Bij gewogen sommering wordt een rangschikking van de alternatieven verkregen op basis van de gewogen som van de effectscores. Na standaardisatie van de scores zal de impactmatrix dus vermenigvuldigd worden met een gewichtenvector. Om de scores te kunnen vergelijken zal er gebruik worden gemaakt van de maximumstandaardisatie, hierbij worden de scores vertaald naar een waarde tussen 0 en 1. De gewichtenvector zal worden bepaald op basis van expert judgement. Samengevat in formulevorm geeft dit:

$$V(P_i) = \sum_{j=1}^J w_j v_j(p_{ji})$$

Kortom, de prioriteit van een maatregel wordt op de volgende wijze bepaald (Pouwels, 1996):

1. Effect van maatregel op criteria bepalen (score): p_{ji}
2. Standaardiseren scores om vergelijking mogelijk te maken: $v_j(p_{ji})$
3. Gewichtenvector bepalen: w_j
4. Gestandaardiseerde scores vermenigvuldigen met gewichtenvector en sommeren over j criteria om 'waarde' van de maatregel te bepalen: $V(P_i)$
5. Rangschikking van de alternatieven op basis van de 'waarde' van de maatregelen

Het uiteindelijke resultaat van de analyse zal dus bestaan uit een rangschikking van de alternatieven. Het is interessant om na te gaan hoe robuust het verkregen resultaat is.

Rangschikking van de alternatieven is afhankelijk van de gekozen methode en de toegekende scores en gewichten. Om te onderzoeken hoe groot deze invloed is zal er een gevoeligheidsanalyse worden uitgevoerd waarbij inzicht wordt verkregen in de robuustheid van het verkregen resultaat. Onder deze gevoeligheidsanalyse wordt verstaan het uitvoeren van de analyse met een andere methode (concordantie-methode) en het uitvoeren van een gevoeligheidsanalyse naar de toegekende gewichten. Aangenomen wordt dat de onzekerheid in het bepalen van de effectscores minimaal is, hier zal dan ook geen gevoeligheidsanalyse naar worden uitgevoerd.

Om het geheel te stroomlijnen zal er gebruik worden gemaakt van het programma BOSDA (BeslissingsOndersteunend Systeem voor Discrete Alternatieven). Dit is een commercieel programma, welke via de Universiteit Twente is verworven, waarin verschillende multi criteria analyses kunnen worden uitgevoerd.

4.3 Criteria en randvoorwaarden

Hier volgt een bespreking van de (selectie)criteria en de randvoorwaarden die worden meegenomen in de analyse naar de brongerichte maatregelen. Op ieder criterium zijn de effecten kwalitatief bepaald. In de context van de stageopdracht voert het te ver om alle effecten zowel kwalitatief als kwantitatief te beschrijven. De effecten zullen worden gescoord op een ++/-- schaal.

Voorbeelden van tools die kunnen worden ingezet bij het scoren van de effecten van de maatregelen zijn: kennisregels (KR), expert-judgement (EJ), kengetallen (KG), inventarisatie (IN) en ervaring bij eerder uitgevoerde projecten (UP). Per criterium staat, tussen haakjes aangegeven, welke tool kan worden ingezet.

In tabel 4.1 worden de criteria besproken welke worden meegenomen in de MCA, verder wordt aangegeven welke tools worden ingezet bij het scoren van de effecten. De selectiecriteria die in de voorselectie worden gebruikt volgen hierna; en tot slot worden de randvoorwaarden opgesteld.

Tabel 4.1: Behandeling criteria welke worden meegenomen in de MCA. Naast een korte beschrijving van hoe de score tot stand komt wordt vermeld welke tools worden ingezet om het effect op de criteria te bepalen.

Criteria voor MCA	Beschrijving	Tools
1 Waterkwaliteit		
1.1 Effect bestrijding eutrofiering	Naarmate een maatregel een grote effectiviteit heeft zal er positief gescoord worden. Er is bepaald in welke mate de maatregel bijdraagt aan het reduceren van de fosfaatconcentratie in het water, beschikbaar voor algengroei. Bij de effectgerichte maatregelen zal worden bepaald in welke mate wordt bijgedragen aan het daadwerkelijk bestrijden van de algenoverlast.	EJ
1.2 Helder watersysteem	Maatregelen die het doorzicht van het water op een positieve wijze beïnvloeden scoren hoog.	EJ, KR
2 Effect op de ecologische kwaliteitselementen		
2.1 Macrofyten	Maatregelen die een toename van ondergedoken waterplanten inhouden scoren positief. Het effect van een maatregel wordt bepaald aan de hand van kennisregels gevolgd door een expert-judgement om het resultaat van de kennisregels te toetsen.	KR, EJ
2.2 Helofyten	Maatregelen die een (mogelijke) toename aan het areaal helofyten tot gevolg hebben scoren hoog op dit criterium. Helofyten kunnen worden gerekend tot oevervegetatie (bijvoorbeeld riet).	EJ
2.3 Macrofauna	Een toename van de macrofauna (driehoeksmosselen) door een maatregel scoort positief.	KR, EJ
2.4 Fytoplankton	Op een afname van fytoplankton (algen) wordt positief gescoord.	KR, EJ
2.5 Zoöplankton	Maatregelen die een toename aan zoöplankton tot gevolg hebben scoren hoog in de analyse.	KR, EJ
2.6 Vissen	Een maatregel welke een afname van het aantal bodemwoelende vis (bv brasem en voorn) inhoud scoort positief in de analyse. Op een toename van andere soorten zoals de snoekbaars wordt eveneens positief gescoord.	KR, EJ
3 Kosten		
3.1 Aanlegkosten	Voor elke maatregel zullen de aanlegkosten worden geraamd. Omdat hier een grote onzekerheid in zal gaan zitten is besloten de kosten in een aantal categorieën in te delen: 0 – 500.000 (++), 500.001 – 1.000.000 (+), 1.000.001 – 2.000.000 (0), 2.000.001 – 10.000.000 (-), 10.000.001 - ... (--). Deze bedragen zijn in euro's.	KG, EJ, UP
3.2 Beheer- en onderhoudskosten	Op basis van expert-judgement zal een indicatie worden verkregen van de beheer- en onderhoudskosten die de maatregel met zich meebrengt. Worden deze kosten laag geacht dan zal er positief worden gescoord in de analyse.	EJ
4 (on)Zekerheid bepaling effecten		
4.1 Hoe zeker zijn de geschatte effecten op criteria 1 & 2	Dit criterium toetst de zekerheid waarmee de effecten op criteria 1 en 2 bepaald kunnen worden. Op een lage onzekerheid wordt positief gescoord. Deze zekerheid wordt bepaald door na te gaan of er voldoende praktijkervaring is opgedaan met de maatregel.	UP, EJ
5 Maatschappelijke kosten		
5.1 Invloed op functies als recreatie, scheepvaart e.d.	Maatregelen die negatieve gevolgen voor deze functies met zich meebrengen zullen laag scoren in de analyse. Onder de functie scheepvaart zal de recreatievaart worden verstaan. De beroepsvaart zal geen hinder mogen ondervinden omdat als randvoorwaarde is meegenomen dat het transport over de	IN, EJ

	vaarwegen op geen enkele wijze negatief mag worden beïnvloed (zie randvoorwaarden).	
5.2 Invloed op LNC-waarden	De LNC-waarden staan voor de Landschappelijke, Natuurlijke en Culturele waarde van het projectgebied. Het gaat hier dan vooral om gebiedskwaliteit. Een negatief effect op deze waarde zal resulteren in een lage score.	IN, EJ
6 Snel resultaat		
6.1 Realiseringstijd	Maatregelen die snel gerealiseerd kunnen worden scoren hoog in de analyse. Bij dit criterium zal de realiseringstijd worden bepaald in termen van een drietal categorieën. Positief scoort een maatregel met een realiseringstijd kleiner of gelijk aan 1 jaar. Gemiddeld voor een realiseringstijd kleiner of gelijk aan 2 jaar en negatief op een realiseringstijd van langer dan 2 jaar.	EJ, UP
6.2 Snel resultaat opleveren maatregel	De snelheid waarmee er resultaat wordt bereikt is eveneens van belang voor het snel behalen van de doelstellingen. Een maatregel die op korte termijn resultaat oplevert scoort hoog in de analyse.	EJ, UP

Selectiecriteria voorselectie brongerichte maatregelen

Voordat de effecten op bovengenoemde criteria bepaald worden zal er een voorselectie van alle mogelijke brongerichte maatregelen plaatsvinden. Aan de hand van een viertal selectiecriteria zal er een selectie worden gemaakt van kansrijke maatregelen, welke worden meegenomen in de MCA. De selectiecriteria zijn:

- toepasbaarheid in de Zuidelijke Randmeren;
- overeenkomstig de opgestelde randvoorwaarden;
- globaal geschat effect op de ecologische kwaliteitselementen;
- effectiviteit bestrijding eutrofiering in de Zuidelijke Randmeren.

Scoort een maatregelen negatief op één van de criteria dan zal deze uit de pool van mogelijke kansrijke maatregelen worden geëlimineerd. Door deze toetsing worden de maatregelen door een 'zeef' gehaald waarbij alleen de kansrijke maatregelen overblijven.

Randvoorwaarden

Alle inrichtingsmaatregelen dienen aan de randvoorwaarden te voldoen. Bij het inventariseren van de maatregelen is het toetsen aan deze randvoorwaarden een eerste stap. Als niet wordt voldaan aan de randvoorwaarden zal de betreffende maatregelen worden uitgesloten van de later uit te voeren Multi criteria analyse.

De volgende randvoorwaarden zijn gedefinieerd:

Algemeen

- Huidig peilbeheer en bijbehorende bandbreedte blijven gehandhaafd;
- Geen dijkverplaatsingen;
- Geen grootschalige verontdiepingen;
- Veiligheid van het gebied mag niet in het geding komen;
- Maatregel moet toepasbaar zijn in de Zuidelijke Randmeren;
- Geen negatieve gevolgen voor ecologie;

Specifiek

Maatregelen mogen niet conflicteren met de volgende functies van het watersysteem: afvoer van water, ijs en sediment, regionale watervoorziening, transport overige vaarwegen, rust- en ruigebied voor watervogels, drinkwatervoorziening en de zwemwaterfunctie.

4.4 Weging

Weging van de criteria zal plaatsvinden aan de hand van voorkeuren binnen Rijkswaterstaat. In samenwerking met de stagebegeleider (Ernst Rijdsdijk) is er een afweging en vergelijking van de criteria gemaakt. Dit resulteerde in een drietal categorieën waarin de criteria zijn gegroepeerd. Criteria behorende bij categorie 1 wegen het 'zwaarst' in de analyse, gevolgd door de criteria van categorie 2 en tot slot die behorende bij categorie 3. Criteria behorende bij een bepaalde categorie krijgen hetzelfde gewicht toebedeeld. Deze vorm van gewichtentoekenning kan gebruikt worden in combinatie met de verwachtingswaardemethode voor gewichtentoekenning in het programma BOSDA.

De volgende verdeling is opgesteld:

1. Effect op macrofyten;
effect op helofyten;
effect op macrofauna;
effect op fytoplankton;
effect bestrijding eutrofiering / algenoverlast;
helder watersysteem;
aanlegkosten;
beheer- en onderhoudskosten.
2. Effect op zoöplankton;
effect op vis;
(on)zekerheid maatregel;
invloed op recreatieve functies;
realiseringstijd.
3. Invloed op LNC-waarden;
snel resultaat maatregel.



5 Brongerichte maatregelen Eemmeer

In het Eemmeer zal de nadruk liggen op brongerichte maatregelen voor de bestrijding van de algenoverlast. Het doel is te komen tot inrichtingsmaatregelen welke natuurontwikkeling en een reductie van nutriëntenconcentraties in het water inhouden.

5.1 Voorselectie maatregelen

Uitgangspunt bij het opstellen van de brongerichte maatregelen is het bestrijden van de eutrofiering in de meren. Hierbij is doormiddel van literatuurstudie een inventarisatie gemaakt van mogelijke maatregelen. In bijlage 3.1 worden deze maatregelen besproken en zijn er keuzes gemaakt of een maatregel wordt aangeduid als kansrijk of niet. Alleen kansrijke maatregelen worden meegenomen in de multi criteria analyse.

Bij deze voorselectie van de maatregelen is gebruik gemaakt van de selectiecriteria, zoals opgesteld in paragraaf 4.3. Scoort een maatregel negatief op één van deze criteria dan zal deze worden geëlimineerd uit de pool van kansrijke maatregelen.

Tabel 5.1 geeft een overzicht van de eerste selectieronde waarbij de mogelijke maatregelen worden getoetst aan de criteria. Een beschrijving van de maatregel en een onderbouwing van de scores vindt men in bijlage 3.1. De kansrijke maatregelen zijn in de tabel in het wit weergegeven.

Tabel 5.1: Selectie brongerichte maatregelen op basis van selectiecriteria. De criteria werken als een soort zeef: als een maatregel negatief scoort op één van de criteria wordt deze niet meegenomen in de analyse.

Selectiecriteria Maatregelen	Toepasbaar in de Zuidelijke Randmeren?	Overeenkomstig de opgestelde randvoorwaarden (zie 4.3)?	Globaal geschat effect op de ecologische kwaliteitselementen	Effectiviteit bij de bestrijding van eutrofiering
1. Doorspoelen watersysteem	Nee	-	-	-
2. Verwijderen eutrofe waterbodem	Ja	Nee	Negatief	Laag
3. Vergroten waterdiepte (verdunnen)	Ja	Nee	Negatief	-
4. Mechanische biomassaverwijdering	Ja	Ja	Negatief	-
5. Hypolimnion en sediment beluchten	Nee/ja	-	-	Laag
6. Kunstmatige destratificatie	Nee	-	-	-
7. Bedekking van het sediment	Ja	Ja	Negatief	Laag
8. Fosfaatinactivatie in het sediment	Ja	Nee/Ja	-	Laag
9. Fosfaatinactivatie in de waterfase	Nee	Nee	Negatief	Groot
10. Habitatmanipulatie	Nee	-	Negatief	Laag
11. Slibmanipulatie	Ja	Ja	-	Laag/Goot
12. Chemische biomassaverwijdering	Ja	Nee	Negatief	-
13. Biologische biomassaverwijdering	Ja	Ja	Positief	Gemiddeld - Groot
14 Actief biologisch beheer	Nee	Ja	Positief	Groot

15 Stimuleren ontwikkeling waterplanten	Ja	Ja	Positief	Groot
16. Oeverinrichting t.b.v. rietontwikkeling	Ja	-	Ja	Gemiddeld - Groot

Uit de voorselectie wordt duidelijk dat de volgende maatregelen kansrijk worden geacht:

- slibmanipulatie (slibvang);
- biologische biomassaverwijdering (inzetten driehoeksmosselen);
- Stimuleren ontwikkeling waterplanten;
- Oeverinrichting t.b.v. rietontwikkeling.

5.2 Effectscores

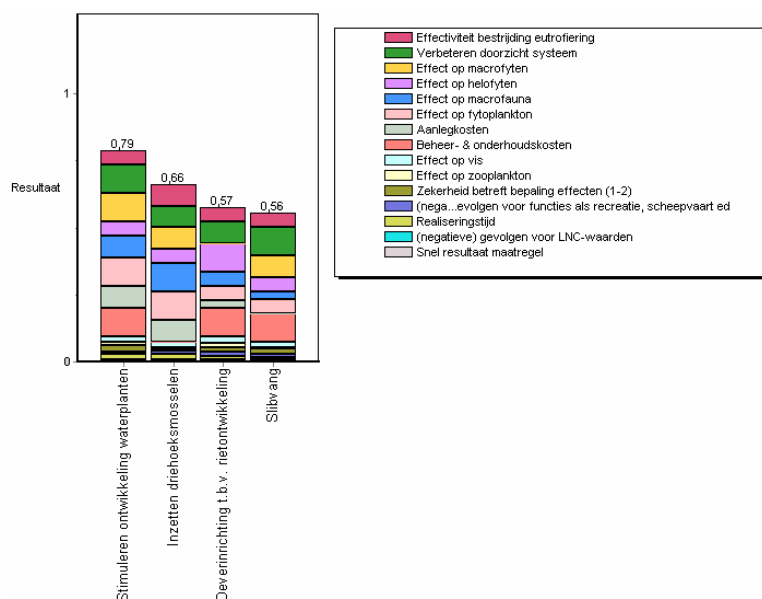
Nu de kansrijke brongerichte maatregelen zijn geselecteerd is het zaak tot een rangschikking van deze maatregelen te komen, kortom: welke is de 'beste'? De rangschikking van de alternatieven zal tot stand komen door voor elke maatregel het effect op de criteria (zoals opgesteld in 4.3) te bepalen en te scoren. Deze effectscores dienen als input voor de Multi Criteria Analyse die hierop volgt.

Bij het bepalen van de effectscores is voornamelijk gebruik gemaakt van expert-judgement. In de context van de stageopdracht voerde het te ver om bijvoorbeeld door modellering de effecten van maatregelen te bepalen. Door de input van verschillende experts op het gebied van herstel&inrichting, algenproblematiek en ecologie is een scoortabel opgesteld waarin de effectscores voor de verschillende maatregelen zijn bepaald met onderbouwing. Alle effecten zijn gescoord op een +/- schaal om analyse mogelijk te maken, de gebruikte kleuren zijn ter indicatie.

De scoortabel (effectmatrix) is opgenomen in bijlage 4.1.

5.3 Resultaten MCA

In het programma BOSDA zijn de effectscores gebruikt om tot een rangschikking van de brongerichte maatregelen te komen. De uitkomsten zijn in figuur 5.1 gepresenteerd. Hieruit blijkt dat het stimuleren van de ontwikkeling van waterplanten als meest kansrijke maatregelen kan worden aangemerkt. Gevolgd door het inzetten van driehoeksmosselen. Oeverontwikkeling t.b.v. rietontwikkeling en de slibvang delen praktisch een gedeelde laatste plaats, met een puntenverschil van 0,01.



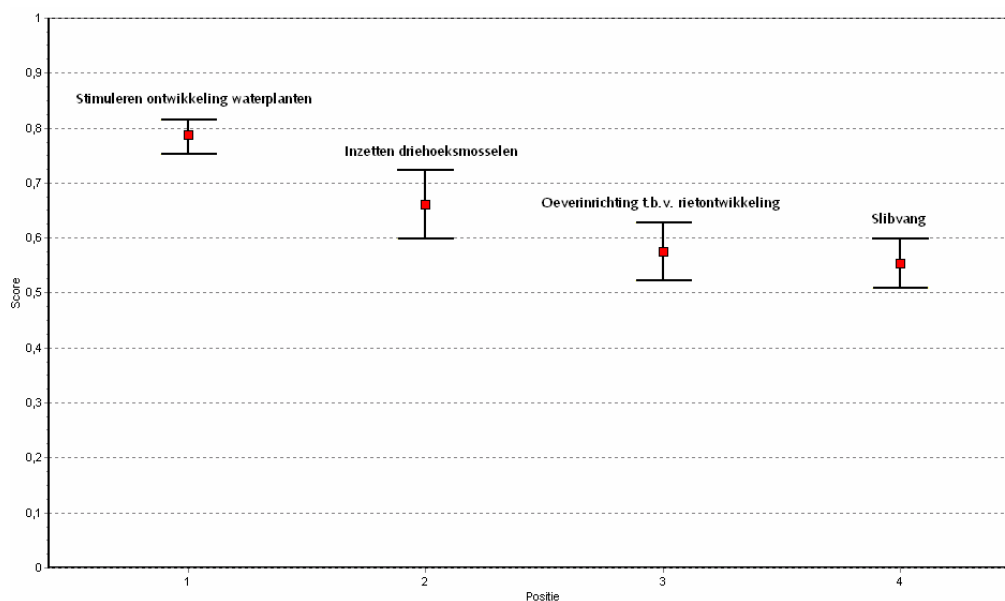
Figuur 5.1: Uitkomst MCA brongerichte maatregelen. Het stimuleren van de ontwikkeling van waterplanten komt naar voren als meest kansrijke maatregelen. Gebruikte MCA-methode: Gewogen Sommering.

Deze prioriteitstelling is tot stand gekomen op basis van de effectscores van de verschillende maatregelen. De bijdrage van deze effectscores is in figuur 5.1 af te leiden uit de verschillende kleuren. Voor een uitgebreid overzicht van de bijdrage van elke score op het eindresultaat wordt verwezen naar bijlage 4.2. In dit figuur is tevens te zien dat door gebruik van de maximum-standaardisatie de scores zijn vertaald naar waarden tussen 0 en 1 ($++=1$; $+=0,75$; $0=0,5$; $-=0,25$; $--=0$).

5.4 Gevoeligheidsanalyse

Hoe robuust is nu het verkregen resultaat? Dit is de vraag waarop hier getracht wordt een antwoord te vinden. In BOSDA zijn enkele tools beschikbaar om een gevoeligheidsanalyse uit te voeren. In het kader van dit onderzoek bekijken we de onzekerheid in de gewichtentoekenning en de gekozen methode. Aangenomen wordt dat de onzekerheid in het bepalen van de effectscores minimaal is.

Om de onzekerheid van de gewichtentoekenning te onderzoeken is in BOSDA voor de criteria waarop het alternatief 'stimuleren ontwikkeling waterplanten' zeer goed (++) scoort een gewichten-onzekerheid opgegeven van 50%. Dit resulteert in een spreiding van de uiteindelijke score van een alternatief. Deze spreiding is voor elk alternatief weergegeven in figuur 5.2. Hieruit valt op te maken dat ondanks een onzekerheid van 50% bij de criteria waar het 'voorkeursalternatief' zeer goed (++) op scoort er eigenlijk geen wezenlijk verschil is met de oorspronkelijke prioriteitstelling. Het alternatief 'oeverinrichting' en 'slibvang' liggen ook nog steeds heel dicht bij elkaar qua score (grote overlap). Bij de opgegeven gewichtenonzekerheid komt het alternatief 'stimuleren ontwikkeling waterplanten' nog steeds op positie 1, het 'beste' alternatief.

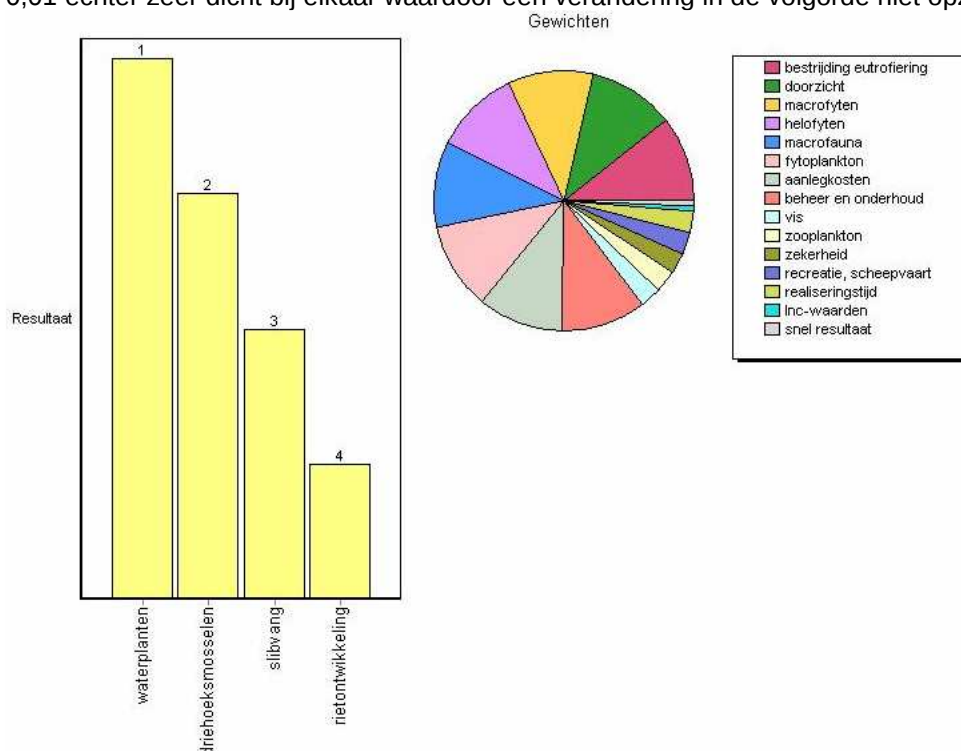


Figuur 5.2: Spreiding onzekerheidsresultaten gewichtbepaling. Bij gewichten-onzekerheid van 50%.

Naast de gewichten-onzekerheid kan het verschil uitmaken welke Multi Criteria methode men gebruikt. In de uitgevoerde analyse naar de maatregelen is gebruik gemaakt van de gewogen sommering (zie ook 4.2). Door de analyse met een andere methode uit te voeren wordt onderzocht of de oorspronkelijke prioriteitstelling nog steeds van toepassing is. Gekozen is om ditmaal de analyse uit te voeren met een concordantie analyse. De concordantie-rangschikkingsmethode bepaalt de prioriteit van de maatregelen op basis van paarsgewijze vergelijking. Deze vergelijking geschiedt vanuit twee invalshoeken. In de eerste plaats wordt nagegaan in welke mate een alternatief wordt geprefereerd boven een ander op grond van de gewichten. In de tweede plaats wordt nagegaan in hoeverre een alternatief wordt gedomineerd door een ander op grond van de effectscores. Voor een volledige beschrijving van de concordantie-methode wordt verwezen Pouwels (1996).

Figuur 5.3 geeft het resultaat van de rangschikking van alternatieven weer met de concordantie-methode. Wederom komt het 'stimuleren van ontwikkeling waterplanten' als beste uit de bus, gevolgd

door het alternatief 'inzetten driehoeksmosselen.' Enig verschil met de oorspronkelijke prioriteitsstelling zit hem in de prioriteitsvolgorde van het alternatief 'slibvang' en 'rietontwikkeling.' De uiteindelijke scores van deze alternatieven lagen in de oorspronkelijke analyse met een verschil van 0,01 echter zeer dicht bij elkaar waardoor een verandering in de volgorde niet opzienbaarlijk is.



Figuur 5.3: Rangschikking van de kansrijke brongerichte maatregelen met de concordantie-methode. In vergelijking met de oorspronkelijke analyse zijn enkel het alternatief 'slibvang' en 'rietontwikkeling' van plaats gewisseld.

Er kan worden geconcludeerd dat het verkregen resultaat van de Multi Criteria Analyse robuust is. Het opgeven van een onzekerheidsmarge in de gewichtentoekenning en het uitvoeren van de analyse met een geheel andere methode hebben niet geleid tot een significante verandering in de prioriteitsvolgorde van de beste alternatieven. Het stimuleren van de ontwikkeling van waterplanten komt telkens als meest kansrijke maatregel naar voren.

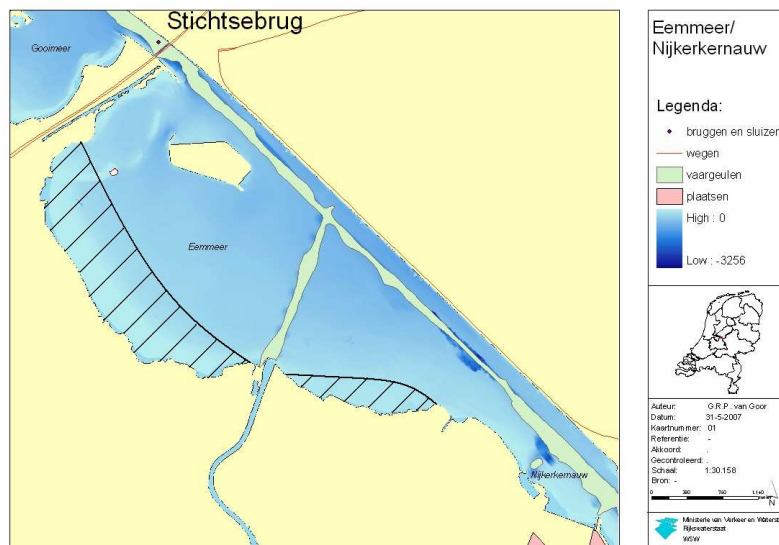
5.5 Uitwerking

Zoals in bijlage 2.1 te zien is nemen de ondergedoken waterplanten in de Zuidelijke Randmeren gestaag toe. Dit is een gunstige ontwikkeling met een positieve invloed op de waterkwaliteit. Echter, het areaal is nog steeds klein vergeleken met bijvoorbeeld de Veluwerandmeren. Het is dan ook niet zeker of de huidige snelheid van uitbreiding voldoende hoog is om de doelstelling in 2015 te behalen. In de zomer van 2003 is een experiment in het Gooimeer uitgevoerd, zoals beschreven in Noordhuis, Molen en Scheper (2003), met als doel te achterhalen welke factoren verantwoordelijk kunnen zijn voor de beperkte uitbreiding van de watervegetatie. Uit dit onderzoek bleek dat het beperkte doorzicht en de geringe omvang van de zaadbank de oorzaken zijn voor de beperkte uitbreiding van de watervegetatie. Het stimuleren van de ontwikkeling van waterplanten zal dus een verbetering van het doorzicht of het vergroten van zaadbank inhouden.

Het vergroten van de zaadbank kan door middel van het zaaien van sporen. Het introduceren van kranswieren wordt voor de Zuidelijke Randmeren als meest kansrijk geacht (Zie Witteveen+Bos, 2007). Mede vanwege het beperkende doorzicht van het water worden de ondiepe zuidelijke oevers van het Eemmeer als meest kansrijke locaties geacht. Op deze locaties kan nog genoeg zonlicht de bodem bereiken en is het relatief luw om ontwikkeling van de planten mogelijk te maken. Figuur 5.4 geeft mogelijke zoekgebieden weer voor het zaaien van ondergedoken waterplanten.

Bachelor Eindopdracht

Natuurontwikkeling en bestrijding Algenoverlast in de Zuidelijke Randmeren



Figuur 5.4: Ruimtelijke weergave zoekgebieden zaaien ondergedoken waterplanten.

De ander optie om de ontwikkeling van waterplanten te stimuleren is door het verbeteren van het doorzicht van het water. Deze verbetering van het doorzicht kan geschieden door het aanleggen van een slibvang. Hoewel deze maatregel de slechtste eindscore kreeg in de uitgevoerde analyse is dit een effectieve maatregel om het doorzicht van het watersysteem op een positieve wijze te beïnvloeden. Dit komt ook naar voren in de scoortabel (bijlage 4.1) waarbij deze maatregel zeer goed (++) scoort op het criterium helderheid.

Nader onderzoek zal moeten uitwijzen of de zaadbank de beperkende factor is in de ontwikkeling van waterplanten in het Eemmeer. Als dit niet het geval is zal voor een maatregel moeten worden gekozen welke het doorzicht significant verbetert: de aanleg van een slibvang. Het verbeterde doorzicht zal voor een gunstiger lichtklimaat op de bodem van het meer leiden waardoor de waterplanten in het Eemmeer zich verder kunnen uitbreiden. Zoals uit de scoortabel in bijlage 4.1 blijkt zijn de kosten voor het aanleggen van een slibvang zeer hoog. Er zal dan ook onderzocht moeten worden of het gewonnen materiaal uit de put gebruikt kan worden. Zo kan verkoopbaar zand uit de put de kosten enigszins drukken.

6 Effectgerichte maatregelen Gooimeer

In het Gooimeer ligt de nadruk op effectgerichte maatregelen voor de bestrijding van algenoverlast. De bestrijding van de algenoverlast door middel van effectgerichte maatregelen verschilt in grote mate met die van de eerder behandelde brongerichte maatregelen, welke gericht waren op de bestrijding van eutrofiering. De effectgerichte maatregelen hebben tot doel de overlast die drijfslagen van blauwalgen met zich mee brengen tegen te gaan.

6.1 Drijfslagen en overlast

Eén van de belangrijkste eigenschappen van blauwalgen of cyanobacteriën zoals ze ook wel genoemd worden, is dat ze in staat zijn hun diepte in de waterkolom te regelen. Dit doen zij om een zo gunstig mogelijke groeisituatie te creëren, met veel licht aan het oppervlak en een hoge nutriëntenconcentratie nabij de bodem (dit laatste is vooral van toepassing op gestratificeerde meren) (WL | Delft Hydraulics, 2007). Dit verticale transport in de waterkolom regelen de blauwalgen door middel van gas-vacuoles.

Naast dit mechanisme voor verticaal transport in de waterkolom kunnen verschillende mechanismen de concentratie van blauwalg over de diepte beïnvloeden. Dit zijn: bezinking, turbulentie door wind en golven, het 'plakken' van blauwalg kolonies aan de oppervlaktespanning van het water en het 'plakken' van levende aan dode kolonies. Een totaalbeeld van de aspecten die een rol spelen bij de dynamiek van drijfslagen is opgenomen in bijlage 5.1.

De hoeveelheid algen direct aan het wateroppervlak wordt bepaald door de concentratie in het water en de verblijfstijd aan het oppervlak. De verblijfstijd aan het oppervlak wordt verkort door verhoging van het soortelijk gewicht (d.m.v. gas-vacuoles) en turbulentie, en verlengd door de hierboven genoemde 'plak'-mechanismen. (STOWA, 1992)

Naast het kunnen regelen van de eigen diepte in de waterkolom hebben blauwalgen ook andere voordelige kenmerken die algenbloei kunnen versterken. Vele blauwalgen vertonen zomers met hoge watertemperaturen een veel sterkere bloei dan andere algen. Sommige blauwalgen hebben de capaciteit atmosferisch stikstof (N_2) te fixeren wanneer dit nutriënt limiterend is voor de groei. Op deze wijze kan stikstof worden ingebouwd, wat noodzakelijk is voor de groei (WL | Delft Hydraulics, 2007). Verder worden blauwalgen minder gegeten door grazers (zoöplankton) dan bijvoorbeeld groenalgen, hierdoor verdringen zij meestal de groenalgen in een systeem.

Horizontaal transport van de door blauwalg gevormde drijfslagen staat voornamelijk onder invloed van waterstroming en wind. Verplaatsing van de algen gebeurt vooral bij zwakke wind die de verticale stratificatie en het hierbij horende drijfvermogen niet verstoort. Dit kan leiden tot hoge algenconcentraties en drijfslagvorming voor benedenwindse oevers en obstakels.

De drijfslagen kunnen voor grote overlast zorgen, de belevingswaarde van het gebied holt achteruit wanneer er sprake is van overmatige algengroei. De stank die het afstervende algen veroorzaken is een bron van ergernis voor onder andere omwonenden en recreanten. Deze laatste groep blijft weg en dit heeft weer nadelige gevolgen van exploitanten van jachthavens en andere recreatieve voorzieningen. Daarnaast kunnen enkele algensoorten toxines produceren die giftig zijn voor mens en dier. Menselijk contact met water dat toxines bevat kan leiden tot gezondheidseffecten zoals huiduitslag, irritaties aan ogen en oren, overgeven, darmklachten, leverproblemen en koorts (WL | Delft Hydraulics, 2007).

Massale vissterfte kan optreden door een reductie van zuurstof in het water.

6.2 Locatiekeuze

De in dit rapport behandelde effectgerichte maatregelen zullen zich toespitsen op een tweetal locaties in het Gooimeer: te weten Almere-Haven en het gebied ten oosten van de pier van Huizen. In onderstaand figuur is het projectgebied ruimtelijk weergegeven.



Figuur 6,1: Twee projectlocaties in het Gooimeer: Almere-Haven en Huizen. Duidelijk te zien op deze foto's zijn de hevige algenbloei en de ophoping van drijfslagen bij de oevers van Almere-Haven wat duidt op een zuid-oostelijke windrichting.

Aanleiding om te kiezen voor Almere-Haven is de ernstige overlast van blauwalgen die zich daar voordeed vanaf medio augustus tot eind oktober 2006. Als gevolg hiervan is vissterfte en stankoverlast in de havenkom en jachthaven opgetreden. De havenkom kon hierdoor niet als start en finish dienen voor de EK Triatlon vanwege de gezondheidsrisico's van de deelnemers. Voor het Zwemstrand Almere-Haven is door de provincie Flevoland vanaf 21 augustus tot eind september een zwemverbod uitgevaardigd. Verder is via de schutsluis de waterkwaliteit van het binnenwater nadelig beïnvloed, waardoor ook daar sprake is geweest van overlast (Min. V&W RWS IJG, 2007). De reden waarom er in 2006 sprake was van ernstige overlast was de bijzonder warme zomer en stabiele windpatronen.

De gemeenten Huizen zag de afgelopen jaren het bezoekersaantal van het plaatselijke strand sterk teruglopen. Een enquête heeft uitgewezen dat veel recreanten uitwijken naar andere stranden vanwege de overlast van wieren en blauwalgen. Deze kunnen zich afhankelijk van de wind en temperatuur ophopen in de ondiepte van het strand. (Mercx, 2005)

De omschreven problematiek op beide locaties geeft de aanleiding om Almere-Haven en Huizen als locaties aan te wijzen voor de effectgerichte maatregelen. In tegenstelling tot het Eemmeer kan de omgeving van het Gooimeer worden gezien als een verstedelijkt gebied waar recreatie een belangrijke functie vervult. De overlast door met name blauwalgen dient dan ook tot een minimum beperkt te worden.

6.3 Voorselectie maatregelen

Mogelijke effectgerichte maatregelen moeten de overlast, veroorzaakt door drijfslagen van (blauw)algen, tegen gaan. In zijn algemeenheid kunnen drie verschillende effectgerichte maatregelen worden onderscheiden (WL | Delft Hydraulics, 2007):

1. preventie van ontstaan van algendrijfslagen;
2. preventie van het binnendringen van drijfslagen in havens, e.d.;
3. verwijdering en afvoer van drijfslagen.

Deze maatregelen worden in de volgende paragrafen kort besproken. Vervolgens zal er een selectie worden gemaakt van kansrijke maatregelen. Bij deze selectie zal onder andere worden nagegaan of maatregelen zijn te combineren met mogelijke natuurontwikkeling.

6.3.1 Preventie van ontstaan van drijfslagen

Deze maatregelen pakken het probleem bij de bron aan en vallen onder de brongerichte maatregelen zoals behandeld in hoofdstuk 5. Door het verlagen van de fosfaatconcentraties beschikbaar voor algengroei in de waterkolom wordt algenbloei tegen gegaan. Door deze vermindering van het algengehalte zullen drijfslagen minder vaak voorkomen en zal de overlast dus ook minder worden. Daarnaast kunnen maatregelen, ter preventie van het ontstaan van drijfslagen, ingrijpen op de algensoortensamenstelling of op de menging van algen over de waterkolom.

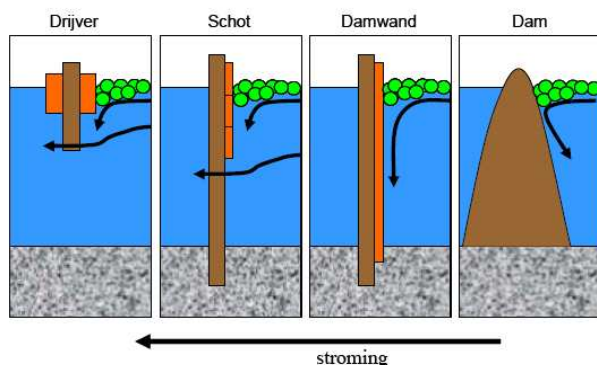
6.3.2 Preventie van het binnendringen van drijfslagen

Maatregelen in deze categorie hebben tot doel drijfslagen te verhinderen om bepaalde locaties te kunnen bereiken/instromen. Dergelijke maatregelen dragen niet bij tot de voorkoming van algenbloei, maar wel tot de bestrijding van de overlast. Effectieve maatregelen om de instroom van algen te verminderen zijn:

- een bellenscherm of waterjet in de *toegangszone*;
- fysieke barrière voor de toegangszone;
- aangepaste vorm toegangszone.

Een bellenscherm of een horizontale waterjet in de toegangszone zorgt voor een zekere mate van scheiding tussen het water binnen en buiten de locatie. De werking van beide maatregelen berust op het omkeren van de horizontale stroomrichting nabij het oppervlak. (WL | Delft Hydraulics, 2007)

Een fysieke barrière (in de vorm van schotten, schermen, dammen of wanden) moet verhinderen dat drijfslagen de gekozen locatie bereiken/instromen. Deze permanente maatregelen zullen in alle gevallen (enige) hinder voor bijvoorbeeld de scheepvaart opleveren. Voor drijvende schermen geldt dat deze buiten de risico-periode kunnen worden verwijderd. De effectiviteit van de maatregel, en in het bijzonder voor drijvende schermen, is afhankelijk van de golfslag en de mate waarin de windrichting varieert. Bij een drijvende constructie kan een gedeelte van de drijfslaag, door golfslag, onder of over de barrière worden getransporteerd. Bij een veranderende windrichting kunnen drijfslagen zich om een barrière heen verplaatsen. Figuur 6.2 geeft de verschillende alternatieven en mogelijke transportbewegingen van drijfslagen weer.



Figuur 6.2: Zijaanzicht van een drijvend scherm, een golfschot, een damwand en een dam. Uit WL | Delft Hydraulics (2007).

Ook een aangepaste vorm van de toegangszone kan voor een reductie van de overlast van drijfslagen zorgen. Zo kan bijvoorbeeld een havenmond in de breedte smaller worden gemaakt zodat er minder drijfslagen naar binnen kunnen komen.

6.3.3 Verwijdering en verwerking van drijfslagen

Naast het verhinderen van drijfslagen om bepaalde locaties te bereiken kan er ook voor worden gekozen om maatregelen in te zetten welke de drijfslagen verwijderen wanneer deze zich bijvoorbeeld in een haven hebben voorgedaan. Na verwijdering zullen de algen moeten worden opgeslagen en worden verwerkt, mogelijk in een RWZI. De maatregelen hebben tot doel de totale algenbiomassa te verminderen en de negatieve effecten op de waterkwaliteit te beperken.

Mogelijke maatregelen zijn gevonden door WL | Delft Hydraulics (2007). Namelijk het implementeren van:

- fysieke verwijdering;
- flocculatie;
- biologische biomassaverwijdering.

Fysieke verwijdering van de algendrijflagen kan plaatsvinden door het afzuigen of afromen van de lagen. Hierbij kan gebruik worden gemaakt van bijvoorbeeld een *skimmer* of *slobberboot*. Doordat deze systemen verplaatsbaar zijn kan in principe op bijna iedere locatie de drijflagen worden verwijderd.

Flocculatie van algendrijflagen kan plaatsvinden door het toepassen van anorganische chemicaliën of met behulp van natuurlijke kleideeltjes. De effectiviteit van het gebruik van kleideeltjes is nog niet bewezen en moet nog verder ontwikkeld worden. Het toepassen van chemicaliën wordt door de potentiële toxiciteit niet beschouwd als een toepasbare methode. Daarnaast kan het laten neerslaan van de algen mogelijk tot negatieve effecten leiden zoals flocculatie van andere organismen (bv zoöplankton) en een toename van de troebelheid in de waterkolom.

De derde categorie maatregelen, de biologische verwijdering van algendrijflagen, kunnen bestaan uit het verhogen van de begrazing door zoöplankton en vis, het toepassen van virussen specifiek voor cellen van blauwalgen en ook het toevoegen van gerste-stro. Door rotting van het gerste-stro wordt de groei van blauwalgen verminderd (zeer lokaal). De biologische methode door graas of met behulp van virussen is in de praktijk niet of nauwelijks beheersbaar. Uit de praktijk is gebleken dat het gebruik van gerste-stro weinig effectief is gebleken bij de bestrijding van algenoverlast. Daarnaast kan het stro, wat in kooien in het watersysteem wordt gezet, hinder opleveren voor de scheepvaart en de aantrekkelijkheid van het watersysteem verminderen. Daarnaast zal zich rottend organisch materiaal in het water bevinden, wat onder andere stankoverlast kan opleveren.

6.3.4 Selectie

Uit de hierboven beschreven mogelijke oplossingsrichtingen ter preventie van de algenoverlast zal hier een selectie worden gemaakt van mogelijke kansrijke maatregelen. Deze maatregelen zullen nader worden uitgewerkt voor de locaties Almere-Haven en Huizen.

Maatregelen ter preventie van het ontstaan van drijflagen vallen buiten het bereik van dit onderzoek naar effectgerichte maatregelen. Zij worden grotendeels gedekt door de, in hoofdstuk vijf besproken, brongerichte maatregelen.

Fysieke verwijdering van de biomassa zal slechts een tijdelijk effect hebben op de biomassa blauwalgen omdat, afhankelijk van de windrichting, de drijflagen continu vanuit het Gooimeer binnendrijven. Daarom vormt het gebruik van pompen, 'stofzuigers' en skimmers slechts een dure en arbeidsintensieve (nood)oplossing, die alleen in speciale omstandigheden als tijdelijke maatregel kan worden overwogen. Ook gezien het oppervlak van de locaties (haven en strand) bieden deze maatregelen weinig hoop op het effectief bestrijden van de overlast.

De oplossing voor het bestrijden van de overlast van algendrijflagen moet worden gezocht in het verhinderen van drijflagen de locaties te bereiken door middel van een soort barrière. Dit wordt ondersteund door de conclusies in het rapport van WL | Hydraulics (2007), waarin deze barrièrevorming voor Almere-Haven als meest kansrijk wordt geacht. Door het toepassen van dergelijke maatregelen wordt verhinderd dat drijflagen vanaf het Gooimeer de locaties kunnen bereiken. Een mooi praktijkvoorbeeld wat dit weergeeft is te vinden in figuur 6.3: achter het eilandje, ten westen van Almere-Haven, zijn ten tijde van de algenoverlast in 2006 geen algendrijflagen waarneembaar.



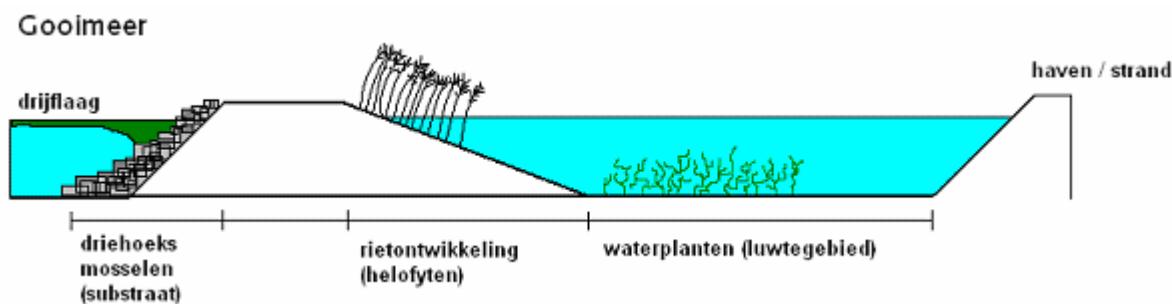
Het is ook mogelijk dat drijflagen deels in het gebied zelf ontstaan, maar de lokale bijdrage aan de resulterende algendrijflaag zal beperkt zijn.

Figuur 6.3: Achter het eilandje bij het zwemstrand van Almere-Haven zijn, door de barrière-vorming geen of nauwelijks drijflagen waarneembaar.

6.4 Uitwerking

Uit het oogpunt van natuurontwikkeling en het streven naar een natuurlijk watersysteem wordt het toepassen van een bellenscherm of waterjet buiten beschouwing gelaten. Het toepassen van een damwand of een drijvende constructie kunnen mogelijk dienen als aanvullende maatregelen.

Er wordt gekozen voor het toepassen van damconstructies (uit fig. 6.2) als effectieve barrière tegen drijfvlagen en mogelijke drager van natuurontwikkeling. Figuur 6.3 geeft een dwarsdoorsnede weer van een dergelijke dam en de bijkomende mogelijkheden voor natuurontwikkeling. De specifieke geometrie en ligging van de constructie zullen per locatie nader worden uitgewerkt.



Figuur 6.3: Dwarsdoorsnede dam ter preventie binnendrijven algendrijfvlagen en mogelijke drager van natuurontwikkeling.

Ter bescherming van de constructie zullen stortstenen geplaatst worden, deze zouden als substraat voor *driehoeksmosselen* kunnen dienen. Aan de landszijde van de dam is het talud flauw gedimensioneerd waardoor *rietontwikkeling* een kans krijgt. Daarnaast heeft het plaatsen van een dam een positieve invloed op de ontwikkelingskansen van *ondergedoken waterplanten* in het luwtegebied, achter de dam. Door deze luwte zal de troebelheid van het water, achter de dam, afnemen doordat de effecten van wind en golfslag op de resuspensie afnemen. Daarnaast wordt er minder sediment vanuit het Gooimeer aangevoerd. Op de kruin van de dam zou mogelijk recreatie kunnen plaatsvinden.

Een dergelijke dam zou er in de praktijk zo uit kunnen zien:



Figuur 6.4: Natuurontwikkelingsproject Polsmaten. Zo zou de dam er in de praktijk uit kunnen zien.

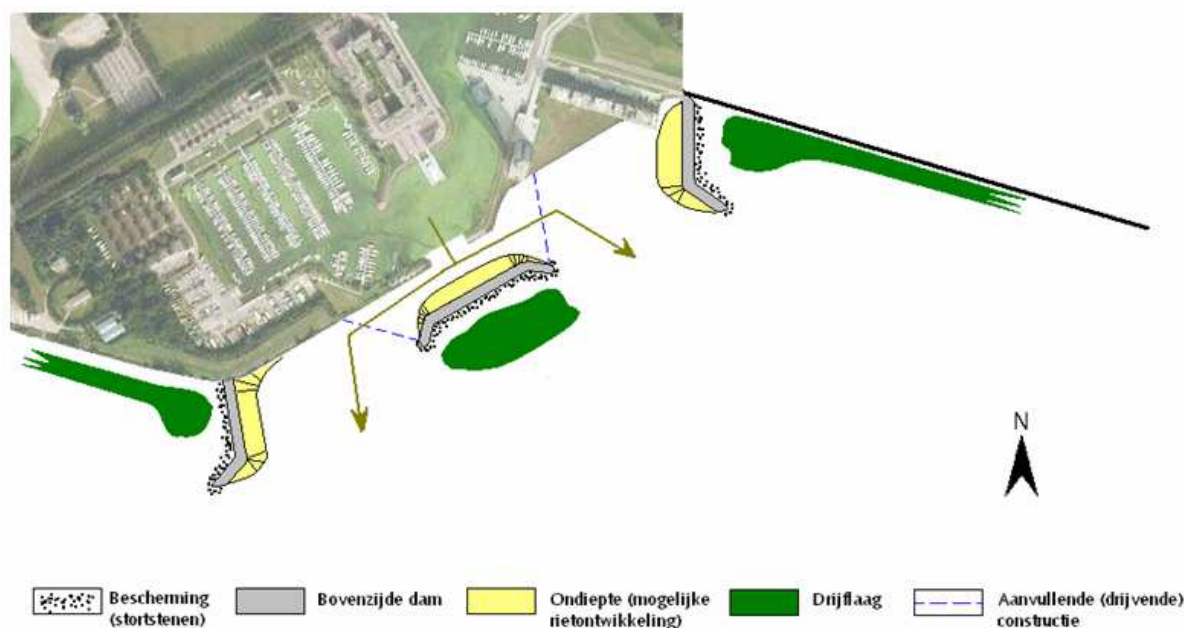
Transport van algendrijfvlagen staat onder grote invloed van de wind. Daarom is er een analyse uitgevoerd naar de bijdrage van de verschillende windrichtingen in de periode waarin algendrijfvlagen meestal ontstaan. Dit zijn de maanden juni, juli, augustus en september. Analyse is uitgevoerd voor de jaren 2005 en 2006. Daarnaast is, in het licht van de algenproblematiek bij Almere-Haven in augustus 2006, ook specifiek gekeken naar de bijdrage van de windrichtingen gedurende deze maand. De uitkomsten zijn te vinden in bijlage 6.1. De resultaten laten zien dat de wind gedurende deze perioden voornamelijk uit de noordelijke hoek komen. De bijdrage vanuit de zuidelijke richtingen zijn significant kleiner. Dit betekent een ongunstige situatie aan de zuidelijke oevers, en dus ook voor Huizen. Hoewel de bijdrage van de zuidoostelijke windrichting in augustus 2006 gering is gebleken zorgde deze, wanneer hij zich voordeed, voor grote problemen bij Almere-Haven (zie ook 6.2).

De ligging en geometrie van de dam is locatieafhankelijk en zal daarom in de volgende paragrafen voor Almere-Haven en Huizen worden uitgewerkt.

6.4.1 Almere-Haven

Belangrijk bij de bepaling van de ligging van de dam is de maatgevende windrichting. Hoewel de overheersende windrichting uit de noordelijke hoek komt, ontwikkelt een algenbloei zich gewoonlijk tijdens warm en stabiel weer met een wind die dan meestal uit het zuidoosten komt (WL | Delft Hydraulics, 2007). Dit zorgt er voor dat drijfslagen vanaf het Gooimeer direct de havenmond in kunnen stromen. Daarnaast kunnen drijfslagen de havenmond bereiken door transport van de drijfslagen evenwijdig aan de oevers. Het is dus nodig om naast een barrière voor de havenmond, welke de drijfslagen rechtstreeks uit het Gooimeer tegenhoudt, ook een constructie te plaatsen welke voorkomt dat drijfslagen alsnog de haven binnendringen via transport langs de oevers.

Voor Almere-Haven zijn de twee varianten uitgewerkt welke moeten voorkomen dat algendrijfslagen de haven bereiken, zie figuur 6.4 en 6.5.

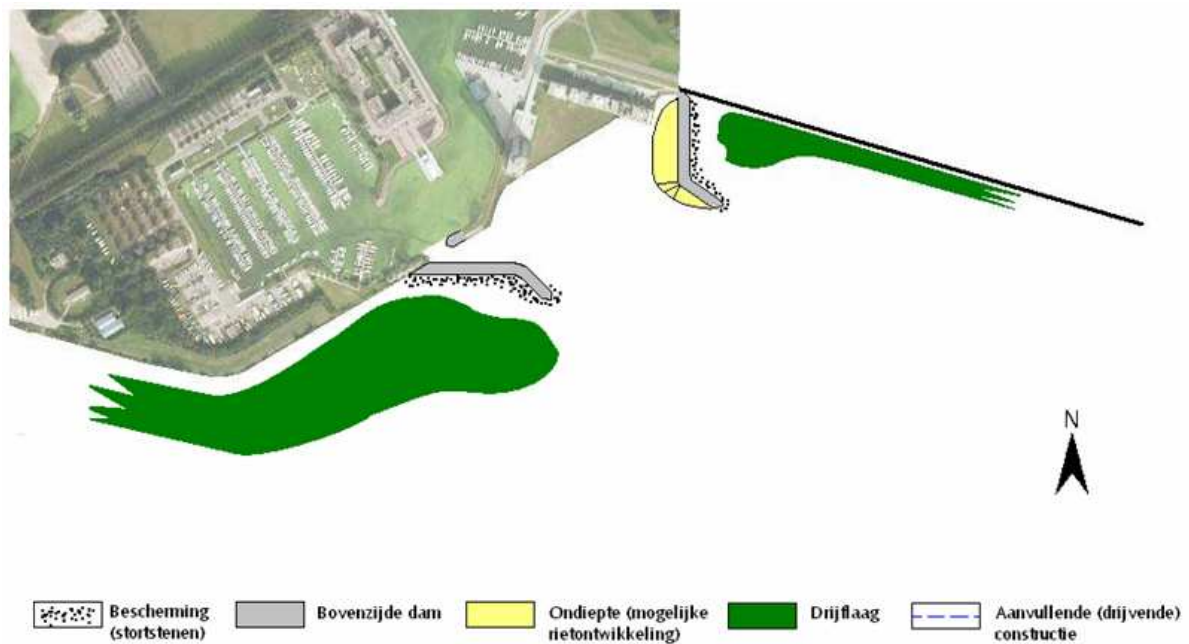


Figuur 6.4: Variant 1 voor de bestrijding van algenoverlast in Almere-Haven.

Variant 1 laat een barrière direct voor de havenmond van Almere-Haven zien. Daarnaast zijn er twee dammetjes loodrecht op de naastgelegen oevers gepland welke het transport via de oevers moeten tegengaan. Door de 'haakvorm' van de dammetjes zullen zij de drijfslagen invangen en vasthouden.

Door het inzetten van aanvullende maatregelen, zoals drijvende schermen, kan bij bepaalde windrichtingen het binnendringen van de drijfslagen verder worden verhinderd.

De twee pijlen bij de havenmond geven de mogelijke scheepvaartbewegingen weer. Een andere optie is om de vaarroute door te trekken waardoor de barrière voor de havenmond in tweeën wordt gesplitst. Door deze opening zouden drijfslagen echter toch hun weg naar de haven kunnen vinden.



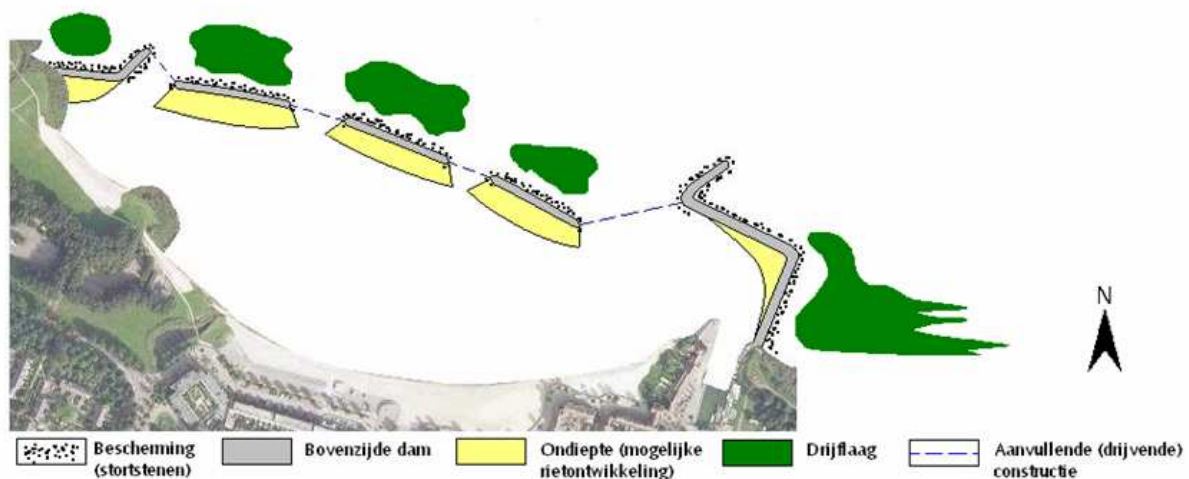
Figuur 6.5: Variant 2 voor de bestrijding van algenoverlast in Almere-Haven.

Bij de tweede variant worden de barrière voor de havenmonding en de dam loodrecht op de linkeroever samen genomen. Dit in combinatie met een mogelijke versmalling van de havenmonding. Achter deze constructie is in principe geen ruimte voor ontwikkeling van natuur vanwege de vaarroute achter de dam. Duidelijk is dat de scheepvaart hier minder hinder van zal ondervinden.

6.4.2 Huizen

Hoewel bij warm en stabiel weer de wind meestal uit het zuidoosten komt, is deze natuurlijk veranderlijk en kan ook Huizen last hebben van drijfslagen nabij het strand. Het verschil met Almere-Haven is dat Huizen een veel grotere toegangszone heeft.

Voor deze locatie is één ontwerp opgesteld waarmee getracht wordt de algendrijfslagen bij het strand weg te houden, zie figuur 6.6.



Figuur 6.6: Ontwerp voor mogelijke maatregel voor de bestrijding van algenoverlast bij het strand van Huizen.

Dit ontwerp bestaat uit een serie dammetjes welke voor de kust van Huizen liggen. Er is voor gekozen om tussen de dammetjes openingen te behouden zodat voornamelijk buiten de risicoperiode er voldoende uitwisseling kan plaatsvinden met het water uit het Gooimeer. Dit zal voorkomen dat het

water stagnant wordt. Daarnaast kunnen door deze openingen de drijfslagen, welke direct voor het strand ontstaan, bij een wind vanuit zuidelijke richting het gebied verlaten. Ook hier zijn dammetjes loodrecht op de naastgelegen oevers gepland om transport parallel aan deze oevers tegen te gaan. De uiterst rechtse dam zal ook de waterkwaliteit van het binnenwater positief beïnvloeden omdat drijfslagen hier niet meer kunnen binnendrijven.

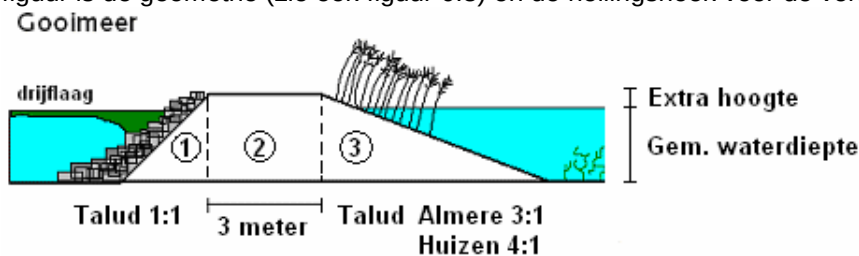
Vooraf in deze situatie moet nagegaan worden in welke mate natuurontwikkeling wenselijk is. Zo kan de ontwikkeling van waterplanten achter de dammetjes een negatieve invloed hebben op het recreatieve gebruik van het gebied. Badgasten kunnen waterplanten als hinderlijk ervaren. Door bijvoorbeeld maaibeheer toe te passen kan dit negatieve effect weggenomen worden.

6.5 Kosten, realisatietijd en impact op functies

De, in de vorige paragraaf, beschreven ontwerpen worden hier nader besproken op grond van materiaalkosten, realisatietijd en mogelijk conflict met andere functies.

Materiaalkosten

Voor het bepalen van de aanlegkosten is het onder andere van belang om te werken met kentallen voor de prijs per kuub benodigde grond. Afhankelijk van de transportkosten van bijvoorbeeld gewonnen zand/klei varieert de prijs tussen de 6 en 12 Euro per kuub. Om de hoeveelheid benodigde grond te berekenen is het nodig om de dimensies van de barrières vast te stellen. In onderstaand figuur is de geometrie (zie ook figuur 6.3) en de hellingshoek voor de verschillende taluds gegeven.



Figuur 6.7: Geometrie dam, verhoudingen tussen de elementen zijn niet geschaald

Om hieruit vervolgens maten af te leiden is de gemiddelde waterdiepte op de betreffende locaties vastgesteld, voor Almere-Haven bedraagt dit 3,3 meter en voor Huizen 1,0 meter.

Door dit verschil in gemiddelde waterdiepte is er voor gekozen het talud van element 3, in figuur 6.7, bij Almere wat flauwer te laten verlopen, dit omdat anders de breedte van de dam wel erg groot zou worden. De dammetjes zullen 0,5 meter boven het water uitsteken om te voorkomen dat door golfslag algendrijfslagen alsnog het gebied achter de dam kunnen bereiken.

De totale hoogte van de constructie bij Almere komt hiermee op 3,8 meter en bij Huizen op 1,5 meter. Dit impliceert dat element 1, in figuur 6.7, bij Almere een breedte heeft van 3,8 meter en element 3 een breedte van 11,4 meter. Bij Huizen is dit 1,5 en 6 meter voor respectievelijk element 1 en 3.

In het geval van variant 2 bij Almere-Haven hebben we naast deze algemene vorm van de dam (a) ook te maken met een deel (b) bij de havenmond waar geen flauw talud is gedimensioneerd. Hier zullen beide taluds de verhoudingen hebben van 1:1. In de volgende berekeningen is dit onderscheid aangegeven door gebruik te maken van de letters 'a' en 'b'.

Met deze waarde kan het benodigde aantal kuub grond, per strekkende meter, bepaald worden.

Tabel 6.1: Benodigde hoeveelheid kuub grond en kosten voor verschillende ontwerpen, per strekkende meter.

	Element 1 (m ³)	Element 2 (m ³)	Element 3 (m ³)	Totaal (m ³)	Kosten (€) (6-12 €)
Variant 1 Almere	7,2	11,4	21,7	40,3	242 – 484
Variant 2 Almere a	7,2	11,4	21,7	40,3	242 – 484
b	2 x 7,2	11,4	0	25,8	155 – 310
Variant 1 Huizen	1,1	4,5	4,5	10,1	61 – 121

De kosten geven een range aan variërend van 6 tot 12 Euro per kuub grond. Voor de drie varianten is de totale lengte van de constructie geschat, hiermee kan de range van de totale prijs voor de benodigde grond worden bepaald.



Bachelor Eindopdracht

Natuurontwikkeling en bestrijding Algenoverlast in de Zuidelijke Randmeren

Tabel 6.2: Range van totale prijs benodigde grond.

	Geschatte totale lengte constructie (m)	Range van totale prijs benodigde grond (€)
Variant 1 Almere	110	26.600 – 53.200
Variant 2 Almere	<i>a</i> 30	7.300 – 14.500
	<i>b</i> 50	7.800 – 15.500
Variant 1 Huizen	200	12.100 – 24.200

De materiaalkosten zijn, naast de benodigde hoeveelheid grond, ook afhankelijk van de kosten voor de gebruikte stortstenen. Omdat hier geen eenduidige informatie over is te vinden worden deze kosten geschat op 10% van de grondkosten. Hiermee komen de totale materiaalkosten voor de verschillende ontwerpen uit op een range van:

Variant 1 Almere-Haven	29.260 – 58.520 €
Variant 2 Almere-Haven (<i>a+b</i>)	16.610 – 33.000 €
Variant 1 Huizen	13.310 – 26.620 €

Worden deze kosten vergeleken met die van de brongerichte maatregelen, zoals vermeld in bijlage 4.1, dan ziet men dat bovengenoemde prijzen van de zelfde orde grootte zijn als die van de maatregelen: inzetten van driehoeksmosselen en stimuleren van de ontwikkeling van submerse waterplanten.

Realisatietijd

De werkelijke realisatietijd van de verschillende ontwerpen is moeilijk te bepalen. Dit is onder andere afhankelijk van vergunningverlening en andere procedures. Aangenomen mag worden dat elke variant gemiddeld scoort op realiseringstijd, zoals opgesteld in tabel 4.1. Verder kan worden gesteld dat de maatregelen direct effect hebben op de waterkwaliteit van de gebieden welke zij 'beschermen'. Hierbij gaat het dan om het verhinderen van drijfslagen de locaties te bereiken. De mogelijke natuurontwikkeling zal enige tijd nodig hebben om zich te ontwikkelen.

Impact op functies

Bij de uitwerking van de verschillende alternatieve maatregelen is al kort ingegaan op de invloed van de voorgestelde maatregel op de verschillende functies in het gebied. Per variant zal er hier verder op worden ingegaan.

- Variant 1 Almere-Haven

De belangrijkste functie op deze locatie is toegang bieden aan schepen om de haven van Almere te bereiken. Wanneer er dammetjes voor de havenmonding worden geplaatst moet er na worden gegaan of de haven nog steeds goed bereikbaar is voor schepen die daar willen aanleggen. Het moge duidelijk zijn dat iedere constructie voor de havenmonding zijn weerslag heeft op deze functie. Door een juiste positionering van de constructie kunnen de negatieve effecten grotendeels worden verzacht. Bij deze variant kunnen schepen links en rechts de middelste barrière passeren. Ook is de ontwikkeling van waterplanten niet overal even wenselijk. Maaibeheer kan worden ingezet om de vaarwegen begaanbaar te houden voor schepen die de haven in en uit willen. Door het plaatsen van de dammetjes loodrecht op de oevers bestaat de kans dat de algenoverlast wordt verplaatst naar woongebieden, dit geldt vooral voor de meest rechtse dam omdat daar de meeste bebouwing te vinden is. Aanvullende maatregelen zoals het verwijderen van de drijfslagen voor de dam kan dit mogelijke probleem wegnemen.

Variant 2 Almere-Haven

De scheepvaart zal met dit ontwerp minder hinder ondervinden dan met het eerste ontwerp. De meest linker dam is zo geplaatst dat schepen een vrije doorgang vinden naar het Gooimeer. Ook is achter deze dam geen flauw talud te vinden om zo de doorgang vrij te houden. Mogelijke ontwikkeling van waterplanten is ook hier met effectief maaibeheer te controleren.

De versmalling van de havenmond mag geen negatieve consequenties hebben voor het scheepvaartverkeer in en uit de haven. Verder gelden dezelfde relaties tot de verschillende functies zoals bij variant 1 beschreven.



Variant 1 Huizen

Deze locatie heeft vooral een recreatieve functie. Daarom is het, zoals eerder vermeld, belangrijk om na te gaan in welke mate mogelijke natuurontwikkeling wenselijk is. De ontwikkeling van waterplanten kan een negatieve invloed hebben op het recreatieve gebruik, doordat badgasten de waterplanten als hinderlijk kunnen ervaren. Ook hier kan maaibeheer uitkomst bieden. Koppeling met het huidige gebruik is essentieel om de maatregelen succesvol te laten zijn. Zo liet onder andere de gemeente Huizen weten (zie ook volgende paragraaf) dat het ontwerp kan beletten dat surfers, van de plaatselijke surfclub, het Gooimeer kunnen bereiken. Daarnaast heeft de meest rechter dam mogelijk een negatief effect op de bereikbaarheid van de haven via het binnenwater.

6.6 Input Gemeenten

Nu de effectgerichte maatregelen zijn uitgewerkt is het de vraag wat de omgeving, de betreffende gemeenten, hier van vinden. Door middel van een vragenlijst zijn de inzichten en meningen van een tweetal gemeenten omtrent de algenproblematiek in het algemeen en de mogelijke effectgerichte maatregelen geïnventariseerd. De gemeenten zijn: Huizen en Bunschoten Spakenburg. Bij deze laatste is onder andere gepeild of zij iets zagen in dergelijke effectgerichte maatregelen in hun gebied. Ook is er contact gezocht met de gemeente Almere. Hoewel zij graag wilden meewerken is het wegens omstandigheden niet gelukt hun feedback op te nemen in dit rapport. De uitkomsten van de vragenlijst zijn opgenomen in bijlage 7.1. De feedback van de gemeenten dient als een soort gevoeligheidsanalyse van de effectgerichte maatregelen. Hieronder worden de resultaten gepresenteerd.¹

Gemeente Huizen

Ook Huizen is door de overlast van de afgelopen jaren zeer alert op blauwalgen. In de directe omgeving wijzen zij de ondiepte van het water aan als oorzaak van de algenproblematiek. Ter hoogte van de zwemwaterlocaties neemt de gemeente, zodra een significant deel van de drijfslagen zich op of nabij het strand bevindt, concrete maatregelen. De gemeente onderschrijft dat er sprake is van een gezamenlijk probleem dat alleen op te lossen is met bron- en effectgerichte maatregelen. Als secretaris van de werkgroep BEZEM probeert de gemeente Huizen een actieve bijdrage te leveren aan de bewustwording van alle gemeenten langs het Eem- en Gooimeer omtrent de waterkwaliteit.

De gehele kust langs Huizer grondgebied wordt gezien als een potentiële overlast locatie. Klachten omtrent de overlast van drijfslagen blijken vooral te komen van de bewoners van de 'sphinxen' ter hoogte van Harderwijkerzand. Uiteraard omdat zij 'in' het water wonen. De badgasten klagen veel minder en wijken simpelweg uit naar omliggende stranden.

De uitgevoerde studie naar effectgerichte maatregelen kan een zinvolle bijdrage leveren bij het nadenken over de ruimtelijke visie die in de 'BEZEM-groep' ontwikkeld gaat worden. Huizen liet weten dat met het huidige concept van dammetjes voor het strand er wel een duidelijke koppeling moet zijn met het huidige gebruik. Zo moeten bijvoorbeeld surfers, van de plaatselijke surfclub, het Gooimeer kunnen bereiken. Ook sluit de meest rechtse dam de watergang naar de haven deels af. Of de watergang moet anders, of de vorm van de dam moet anders.

Voor andere mogelijkheden van synergie m.b.t. de dammetjes, dan natuurontwikkeling, bestaat nog geen duidelijk beeld. Synergie op andere onderdelen en de mogelijkheden voor recreatie op de dammetjes zouden wellicht in de, nog te ontwikkelen, ruimtelijke visie beantwoord kunnen worden.

Gemeente Bunschoten Spakenburg

De gemeente Bunschoten Spakenburg laat weten de algenoverlast vanzelfsprekend vervelend te vinden. Zij benoemen deze overlast als hinderlijk doordat het leidt tot een discontinuïteit voor de recreatieve sector, het sluiten van het strand en stank in de haven. Voor zover het in het vermogen van de gemeente ligt proberen ze door het weghalen van de drijfslagen en het beluchten van de havenkom de problematiek te keren. De oorzaak wordt in hoofdzaak gelegd bij de landbouw, het achterland dus. De gemeente probeert een bijdrage te leveren aan de waterkwaliteit door uitvoering te geven aan het ondertekende BEZEM-convenant en het opstellen van een inrichtingsvisie voor de randmeren.

¹ Met dank aan Judith Vermaas (gemeente Huizen), René Gmelig Meyling (gemeente Bunschoten Spakenburg).



De effectgerichte maatregelen bij Almere en Huizen zijn ingrijpend en lossen de feitelijke problematiek niet op. Ook wordt vermeld dat de drijfslagen voor de dammetjes door bijvoorbeeld een slobberboot veelvuldig weggehaald moeten worden zodat deze geen bron van stank zullen worden. Bij een grote toevoer van drijfslagen en veel wind wordt gevreesd dat de drijfslagen alsnog losraken en de haven/strand zullen bereiken.

De voorgestelde maatregel, om dammetjes te combineren met het reeds aanwezige 'onderwaterdijkje' bij het strand van Spakenburg, wordt een logische keuze genoemd. De doorstroming van het water zal dan wel bevorderd moeten worden om stagnatie van het water te voorkomen. Een locatie verder in het randmeer wordt niet reëel geacht vanwege de geringe breedte van het meer. Ook deze gemeente onderschrijft het gevaar van afwenteling, wanneer de effectgerichte maatregelen worden toegepast. Voor Bunschoten Spakenburg zou afwenteling nadelige gevolgen kunnen hebben in het gedeelte tussen het strand en de havenpier.

Er liggen best kansen in relatie tot natuurontwikkeling.

Ook Bunschoten Spakenburg vermeldt dat de randmeergemeenten zich hebben uitgesproken voor het opstellen van een inrichtingsvisie. De in dit rapport geschetste maatregelen zouden hierin moeten worden betrokken. Contactpersoon bij de gemeente Bunschoten stelt dat er veelzijdige belangen in het gebied zijn waardoor de antwoorden niet eenvoudig te geven zijn. Er wordt geopperd dat feitelijke antwoorden, in het licht van de inrichtingsvisie, via een interactief proces moeten worden vormgegeven.

7 Synthese

Algenoverlast is een groot probleem in de Zuidelijke Randmeren. De gevormde algendrijflagen zien er niet alleen smerig uit, ze stinken, zorgen voor grote ergernis bij omwonenden en recreanten en kunnen bovendien schadelijk zijn voor mens en dier. Ook tijdens dit schrijven (juli 2007) zijn er algendrijflagen in het Gooimeer gesignaleerd. Met de analyse naar bron- en effectgerichte maatregelen is getracht kansrijke inrichtingsmaatregelen aan te dragen welke respectievelijk het ontstaan of de overlast van algendrijflagen wegnemen. Dit alles in het licht van het beoogde ecologisch herstel van de meren, waarvoor de doelstellingen vanuit de KRW sturend zijn geweest.

Het bestrijden van de overlast van algen kent in principe drie niveaus. Maatregelen op het eerste niveau hebben tot doel de nutriëntentoevoer naar het watersysteem te verminderen. Op het tweede niveau zijn maatregelen te benoemen die worden ingezet om de nutriënten in het watersysteem te verlagen. Maatregelen op het derde niveau hebben tot doel om de negatieve effecten van de algenproblematiek aan te pakken.

Het lopende BEZEM-project omvat maatregelen die vallen onder het eerste niveau, zoals een extra zuiveringstrap op de RWZI's in het stroomgebied van de Eem. Men is er over eens dat alleen het nemen van deze maatregelen nog niet zal leiden tot een optimale waterkwaliteit en het ecologisch herstel van de meren. Aanvullende maatregelen in het watersysteem zelf zijn nodig.

In het verrichte onderzoek is een analyse uitgevoerd naar deze mogelijke aanvullende maatregelen die in de categorie van het tweede en derde niveau vallen. De in hoofdstuk 5 behandelde brongerichte maatregelen hebben onder andere tot doel de nutriëntenconcentraties te verminderen en het doorzicht te verbeteren. Hiermee bevinden zij zich op het tweede niveau van maatregelen. Zoals de naam al doet vermoeden hebben effectgerichte maatregelen tot doel de negatieve effecten van algendrijflagen weg te nemen. Dit zijn echter geen structurele oplossingen, omdat zonder een sterke vermindering van de nutriëntenconcentraties er geen duurzame oplossing komt voor de algenproblematiek. Echter, kunnen met deze maatregelen op de korte termijn resultaten geboekt worden. De effectgerichte maatregelen vallen onder het derde en laatste niveau van mogelijk te nemen maatregelen.

De uitwerking van de effectgerichte maatregelen laat zien dat er een combinatie is te vinden tussen bron- en effectgerichte maatregelen. De dammetjes die de drijflagen moeten tegenhouden kunnen gunstige omstandigheden creëren voor de ontwikkeling van waterplanten, oevervegetatie en uitbreiding van driehoeksmosselen, zoals beschreven in hoofdstuk 6.4.

Op basis van kosten en realisatietijd zijn de effectgerichte maatregelen te vergelijken met de twee 'beste' brongerichte maatregelen: stimuleren ontwikkeling waterplanten en het inzetten van driehoeksmosselen. De effectgerichte maatregelen hebben de grootste impact op de reeds bestaande functies in het gebied. Dit omdat zij naast een fysieke barrière voor drijflagen vaak ook een barrière voor allerlei andere functies, zoals de scheepvaart zijn. Daartegenover bevinden de voorgestelde brongerichte maatregelen zich geheel onder water en kan, via een juiste locatiekeuze en effectief beheer, de overlast/hinder tot een minimum beperkt worden.

Ook op het gebied van duurzaamheid winnen de brongerichte maatregelen het van de effectgerichte. Deze laatstgenoemde groep heeft enkel zeer lokaal effect en verplaatst eigenlijk alleen de overlast naar naburige locaties. Het positieve effect op de waterkwaliteit van brongerichte maatregelen geldt echter voor het gehele watersysteem. Het grote voordeel van de effectgerichte maatregelen is dat ze direct resultaat bieden; bij de brongerichte maatregelen duurt het meestal geruime tijd voordat de maatregel effectief blijkt.



8 Discussie

8.1 Conclusies

De analyse naar mogelijke inrichtingsmaatregelen voor de bestrijding van de algenoverlast en mogelijke natuurontwikkeling in de Zuidelijke Randmeren kende een tweedeling: brongerichte maatregelen in het Eemmeer en effectgerichte maatregelen in het Gooimeer. Het verschil in waterkwaliteit en afwenteling vanuit het Eemmeer vormt de basis voor dit onderscheid.

De uitgevoerde multi criteria analyse naar kansrijke brongerichte maatregelen levert de volgende prioriteitsstelling op:

1. Stimuleren ontwikkeling waterplanten;
2. Inzetten driehoeksmosselen;
3. Oeverinrichting t.b.v. rietontwikkeling;
4. Aanleg slibvang

De uitgevoerde gevoeligheidsanalyse wijst uit dat de verkregen prioriteitstelling robuust genoemd mag worden. Uit de analyse komt het stimuleren van de ontwikkeling van waterplanten dus als beste uit de bus. Nader onderzoek zal moeten uitwijzen hoe nadere invulling aan deze maatregel. Als blijkt dat de aanwezige zaadbank de beperkende factor is in de uitbreiding van de waterplanten dan kan de ontwikkeling een positieve impuls worden gegeven door middel van het zaaien van sporen. Blijkt het beperkte doorzicht in de meren maatgevend te zijn dan kan men overwegen toch een slibvang aan te leggen.

Als effectgerichte maatregel is gebleken dat het aanleggen van dammetjes, als fysieke barrière tegen drijfslagen en mogelijke drager van natuurontwikkeling, een kansrijke maatregelen is. Een juiste dimensionering van de dam kan een positieve invloed hebben op waterplanten, driehoeksmosselen en oevervegetatie. Bij het ontwerp dient rekening te worden gehouden met de verschillende gebruiksfuncties in het gebied en transportkarakteristieken van drijfslagen.

Hoewel de feitelijke problematiek met deze maatregelen niet wordt opgelost kunnen zij bijdragen aan de bestrijding van de overlast die algendrijfslagen met zich meebrengen. Vanuit de gemeenten is gebleken dat er veelzijdige belangen zijn in het gebied en dat gebiedsspecifieke kennis onontbeerlijk is bij het ontwerp van dergelijke maatregelen. De opgestelde effectgerichte maatregelen kunnen worden meegenomen in de inrichtingsvisie voor de randmeren die nog moet worden opgesteld door de randmeergemeenten.

8.2 Kanttekeningen

Bij de uitwerking van het project is een aantal problemen ondervonden die hier kort de revue passeren.

De effecten van de brongerichte maatregelen zijn op een kwalitatieve wijze gescoord. Dit is veelal gedaan op basis van expert judgement. In het kader van de stageopdracht voerde het te ver om door bijvoorbeeld modellering alle effecten te bepalen. De opgestelde kwalitatieve scores zullen in de meeste gevallen een accuraat beeld geven van de werkelijkheid, echter zou dit door middel van uitgebreidere analyses en onderzoek aangescherpt kunnen worden.

Bij het opstellen van de effectgerichte maatregelen kwam, mede door de input van de gemeenten, naar voren dat specifieke gebiedskennis een belangrijk aspect is bij de uitwerking van de maatregel. Zo zijn voor bepaalde locaties veel gebruiksfuncties te benoemen waarmee in het ontwerp rekening moet worden gehouden.

8.3 Aanbevelingen

Zoals hiervoor al was aangegeven zou er nader onderzoek kunnen worden gedaan naar het bepalen van de effecten van de verschillende brongerichte inrichtingsmaatregelen. Het bepalen van deze



effecten op een kwantitatieve wijze kan leiden tot meer inzicht in deze effecten en een meer accurate score.

Om de uitbreiding van de waterplanten in de Zuidelijke Randmeren te stimuleren zal moeten worden nagegaan op welke wijze dit het best kan geschieden. Is de zaadbank de beperkende factor dan kan men overwegen om door middel van het zaaien van sporen de ontwikkeling van waterplanten een positieve impuls te geven. Blijkt echter dat het doorzicht een verdere uitbreiding van de waterplanten in de weg staat dan kan men overwegen om toch een slibvang aan te leggen. Gezien de hoge kosten van deze laatst genoemde maatregel wordt sterk aanbevolen hier gedegen onderzoek naar te doen.

De verschillende inzichten en meningen van de gemeenten omtrent de effectgerichte maatregelen zijn geïnventariseerd. Deze maatregelen zouden meegenomen kunnen worden in de nog op te stellen inrichtingsvisie van de gemeenten voor de randmeren. De contactpersonen bij de aangeschreven gemeenten onderschrijven dit. Echter zijn er veelzijdige belangen in het gebied waarmee terdege rekening mee moet worden gehouden. Zo zou bijvoorbeeld niet iedereen natuurontwikkeling boven aan zijn lijstje kunnen hebben staan. Het BEZEM-project, waarin de verschillende gemeenten en de waterbeheerders zijn vertegenwoordigd, biedt een uitstekende basis om met elkaar verder te denken en te werken aan de toekomst van de Zuidelijke Randmeren. Alleen door samenwerking en wederzijdse erkenning van de verschillende belangen en inzichten kan er op een positieve wijze bijgedragen worden aan een goede waterkwaliteit.

9 Begrippenlijst

Algenbloei - Explosieve ontwikkeling van algen, meestal gedurende de zomermaanden, door hoge concentraties van voedingsstoffen in het water (nutriënten). Wordt ook aangeduid als eutrofiëring.

BEZEM - Afkorting voor 'Bestrijding Eutrofiëring Zuidelijke Randmeren.' Dit project is gericht op het reduceren van de nutriëntenaanvoer binnen het stroomgebied van de rivier de Eem. Tevens is er een convenant met de randmeergemeenten opgesteld waarin zij zich uitspreken zich in te zullen zetten voor een betere waterkwaliteit in de Zuidelijke Randmeren.

Brongerichte maatregelen - In de context van de stageopdracht worden hier maatregelen bedoeld welke tot doel hebben de nutriëntenconcentraties in het water te verlagen. Fosfaat wordt hier als bron gezien.

Effectgerichte maatregelen - Effectgerichte maatregelen hebben tot doel de negatieve effecten van algenoverlast weg te nemen. Deze maatregelen zijn er op gericht algendrijflagen te verhinderen bepaalde locaties te bereiken.

Flocculatie - Letterlijk het uitvlokken of laten neerslaan van materiaal.

Fytoplankton - Fytoplankton is plankton dat voor de energievoorziening afhankelijk is van fotosynthese. Door deze indeling worden zowel bacteriën zoals de blauwalgen, als planten, de overige algen samen gegroepeerd.

Helofyten - Helofyt is een term uit de vegetatiekunde. Het is een tweejarige- of vaste plant waarvan enkel de onderwater zittende knoppen een ongunstige periode, zoals een winter, overleven. Voorbeeld: riet.

Kaderrichtlijn Water (KRW) - Sinds oktober 2000 is de KRW van kracht. Deze Europese richtlijn gaat uit van een stroomgebiedsbenadering, waarbij verschillende doelstellingen zijn geformuleerd. De doelstelling van oppervlaktewater is tweeledig:

1. Het bereiken van een 'goede ecologische toestand';
2. Het bereiken van een 'goede chemische toestand'.

Invulling van de tweede doelstelling, voor het bereiken van een 'goede chemische toestand,' staat vast. Waterbeheerder kunnen in het kader van de richtlijn zelf invulling geven aan de doelstelling voor het bereiken van de 'goede ecologische toestand.'

Macrofauna - Ongewervelde dieren die met het 'blote' oog te zien zijn. Macros komt van het Griekse woord "makros" dat "groot" betekent. Voorbeeld: driehoeksmosselen.

Macrofyten - In de context van de stageopdracht worden met macrofyten alle ondergedoken waterplanten bedoeld.

RWZI - Afkorting voor Rioolzuiveringsinstallatie.

Skimmer / Slobberboot - Dit zijn middelen om algendrijflagen uit het systeem te verwijderen door ze af te zuigen.

Toegangszone - Met de toegangszone wordt, in het kader van de effectgerichte maatregelen, de zone bedoeld van waaruit algendrijflagen de specifieke locaties kunnen bereiken.

WB21 - In het kader van Waterbeheer 21^e eeuw (WB21) is voor ieder stroomgebied in Nederland een stroomgebiedsvisie opgesteld. De boodschap die daarin naar voren komt is 'anders omgaan met water'. Water is daarbij meer sturend in de ruimtelijke ordening dan voorheen en er is meer ruimte voor water nodig. In de stroomgebiedsvisies wordt gestreefd naar een duurzaam waterbeheer, waarin de (toekomstige) problemen van het teveel aan water, tekort aan water en bodemdaling niet langer op komende generaties of omliggende gebieden afwentelen, maar op samenhangende wijze aanpakken.

Zoöplankton - Zoöplankton is een verzamelnaam voor kleine dierlijke organismen die vrij in het water voorkomen. Deze diertjes voeden zich met fytoplankton en zijn daarmee een belangrijke factor bij het helder houden van water. Voorbeelden: primitieve kreeftachtigen en watervlooien.



Literatuur

- DHV, (2001). *Maatregelen voor verbetering waterkwaliteit Zuidelijke Randmeren*. Blz. 50.
- Mercx, L. (2005). *Strand- en zwemwaterkwaliteit Zomerkade*. Adviesnota gemeente Huizen.
- Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Rijkswaterstaat Directie IJsselmeergebied. (2003). *Instandhoudingsplan Water inclusief Ecologie IJsselmeergebied 2002*. Lelystad.
- Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Rijkswaterstaat Directie IJsselmeergebied. (2004). *Bestrijding Eutrofiering Zuidelijke Randmeren: Jaarrapport Zuidelijke Randmeren 2000-2003*. Lelystad, 130 blz.
- Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Rijkswaterstaat Directie IJsselmeergebied. (2006a). *Emissiebeheerplan IJsselmeergebied 2006 t/m 2009*. Lelystad, 76 blz.
- Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Rijkswaterstaat Directie IJsselmeergebied. (2006b). *Implementatie van de Europese Kaderrichtlijn Water in het IJsselmeergebied: Voorlopige stand van zaken afleiding ecologische doelen Randmeren-zuid (Eemmeer, Gooimeer en Nijkerkernauw)*. Notitie.
- Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Rijkswaterstaat Directie IJsselmeergebied. (2006c). *Visstandbemonstering Zuidelijke Randmeren 2005*. Lelystad.
- Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Rijkswaterstaat Directie IJsselmeergebied, Waterschap Vallei & Eem. (2006). *BEZEM: Eerlijk helder water*. Eindrapport.
- Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Rijkswaterstaat Directie IJsselmeergebied. (2007). *Advies Beheer- en bestrijdingsmaatregelen Blauwalg*. Lelystad.
- Noordhuis, R., Molen, K. & Scheper, R. (2003). *De rol van vis, watervogels, sediment en zaadbanken voor watervegetatie in het Gooimeer*. BEZEM deelrapport 12, Lelystad.
- Pouwels, I. (1996). *De bruikbaarheid van Prioriteitsstellingsmethoden voor Integraal Waterbeheer*. Faculteit CTW, Universiteit Twente. Hand-out CT&M.
- Rijsdijk, R.E. (1996). *Handleiding Bestrijding Eutrofiering: mogelijke maatregelen*. RIZA
- Scheffer, M. (1998). *Ecology of Shallow Lakes*. Londen: Chapman & Hall.
- STOWA. (1992). *Bestrijding van overlast door drijflagen van blauwwieren*. Rapport onderzoek 92-03. Utrecht.
- Tjeertes, M. (2007). *Monitoring van Waterplanten en Perifyton in het IJsselmeergebied 2006*. Lelystad.
- Wessels, Y., Portielje, R., Lammens, E. & Lauwaars, S. (2005). *Voorstel MEP Zuidelijke Randmeren*. Lelystad, 36 blz.
- Wielakker, D. & Bak, A.. (2007). *Driehoeksmosselen (Dreissena polymorpha) in de Randmeren*. Lelystad.
- Witteveen+Bos. (2007). *Verkenning ecologisch herstel Zuidelijke Randmeren*.
- WL | Delft Hydraulics. (2007). *Bestrijding van blauwalgen in de havenkom van Almere-Haven*.



Bijlagen