



Jeroen van Zuidam, Wageningen Universiteit  
Bastiaan van Zuidam, Wageningen Universiteit  
Edwin Peeters, Wageningen Universiteit

# Zijn sloten en meren vergelijkbaar?

**De opgedane kennis over het ecologisch functioneren van meren kan relevante aanknopingspunten bieden voor het begrip van het functioneren van sloten. Daarom zijn de twee ecosystemen met elkaar vergeleken. Na een karakterisering van verschillen en parallellen worden belangrijke mechanismen in sloten benoemd en in een schema met *feedbacks* weergegeven. De vergelijking geeft een beeld van het nut van de kennis over meren voor onderzoek in sloten en hoe de mechanismen die in sloten een rol spelen inzichtelijk gemaakt kunnen worden.**

De afgelopen jaren heeft het onderzoek aan meren veel kennis opgeleverd over het ecologisch functioneren ervan en over de effecten van verschillende ingrepen<sup>1)</sup>. Sloten beslaan een oppervlak in dezelfde orde grootte als meren, maar over het ecologisch functioneren van sloten is nog vrij weinig bekend. Deze kennis is, gezien het grote oppervlak aan sloten in Nederland, van groot belang in het kader van de aangescherpte waterkwaliteitsdoelen die in Nederland gelden. Daarom is in 2007 het project PLONS van start gegaan<sup>2)</sup>. Dit vierjarig project, dat gefinancierd wordt door giften van 14 waterschappen en STOWA, richt zich op het verkrijgen van inzicht in de fundamentele processen en mechanismen achter het ecologisch functioneren van sloten. Het project moet nieuwe inzichten opleveren en kan hiervoor mogelijk gebruik maken van bestaande kennis over meren. Daartoe is het nuttig om eerst de meest in het oog springende parallellen en verschillen tussen de twee typen ecosystemen te analyseren.

## Parallellen tussen sloten en meren

### Goede en slechte toestand

Zowel in sloten als in meren bestaat een duidelijke goede en slechte toestand (zie foto's). In meren kennen we de goede, heldere, waterplanten gedomineerde toestand en de slechte, troebele, door algen gedomineerde toestand. Analoog daaraan is in sloten de goede toestand met een diverse vegetatie gevonden en de slechte toestand met dominantie van één of enkele drijvende, niet wortelende soorten (hierna respectievelijk de diverse en door kroos gedomineerde sloten genoemd). De goede toestand omvat in beide ecosystemen condities met een grote diversiteit aan planten en dieren en waar in de slechte toestand met name de

zuurstof- en lichtcondities minder gunstig zijn voor organismen om in te overleven.

### Hysterese en stabiele evenwichten

Onder andere Scheffer laat zien dat in meren hysteresis op kan treden en er alternatieve evenwichten bestaan. Door hysteresis vindt de omslag van een door algen gedomineerd naar een helder systeem bij een veel lagere nutriëntenbelasting plaats dan de omslag van een helder naar een door algen

gedomineerd systeem. Zowel modelstudies als resultaten van experimenten en veldgegevens wijzen erop dat sloten ook alternatieve stabiele toestanden kennen en dat hysteresis in sloten kan optreden<sup>3),4),5)</sup>.

### Lichtbeschikbaarheid

De lichtbeschikbaarheid vormt in zowel sloten als meren een belangrijke factor. Door eutrofiëring neemt de algenpopulatie of kroosbedekking sterk toe, wat in beide

*De goede en slechte toestand in meren (boven) en sloten (onder). In meren zijn dit helder water met waterplanten (links) versus troebel, door algen gedomineerd water (rechts). In sloten de heldere toestand met diverse vegetatie van waterplanten (links) versus de door kroos gedomineerde toestand zonder submerse waterplanten (rechts).*



gevallen leidt tot verlies van submerse vegetatie als gevolg van toegenomen turbiditeit of toegenomen bedekking van het wateroppervlak.

### Verschillen tussen sloten en meren

#### Afname lichtdoorval

Lichtbeschikbaarheid is in beide ecosystemen dus een belangrijke factor. De achterliggende processen werken echter verschillend in op de submerse vegetatie. In sloten kan de groei van submerse planten beperkt worden door kroosgroei. Doordat de kroosbiomassa niet over de gehele waterkolom verdeeld is - zoals bij algen het geval is - maar zich aan het oppervlak van het water bevindt, kan een relatief kleine kroosbiomassa de lichtbeschikbaarheid voor ondergedoken planten sterk verminderen. In meren neemt de lichtbeschikbaarheid geleidelijker af als gevolg van algengroei in de gehele waterkolom.

#### Systeemdynamiek als gevolg van dimensionering

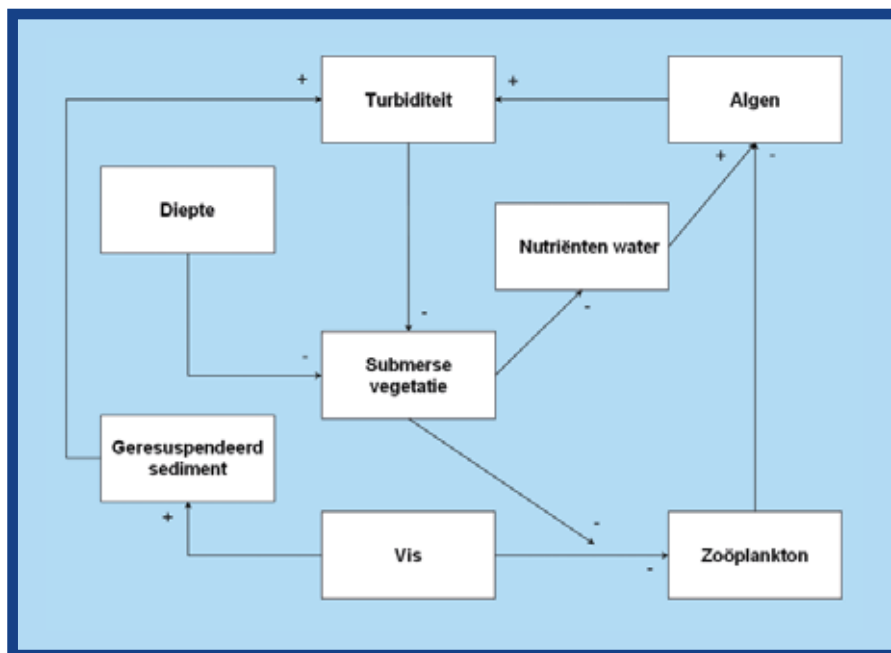
Ten opzichte van meren zijn sloten smalle, ondiepe systemen met relatief veel contactoppervlak met het sediment en omliggende bodem. Vanwege deze kleine dimensies vertoont de zuurstofconcentratie grotere dagelijkse fluctuaties<sup>6,7</sup>. Overdag komt regelmatig oververzadiging voor als gevolg van primaire productie, terwijl 's nachts of onder een kroosdek snel zuurstofloosheid kan optreden. Het relatief grote oppervlak waterbodembodem met een hoge zuurstofvraag ten opzichte van het relatief kleine watervolume in sloten leidt snel tot een zuurstoftekort. Een schoningsbeurt of een toename van de kroosbedekking kunnen daardoor al snel zorgen voor een daling van de zuurstofconcentraties. Vanwege het zuurstofgebrek vertonen sloten ook sneller fosfaatmobilisatie vanuit het sediment. Door de kleine dimensies zijn sloten minder gevoelig voor windwerking en dus minder gevoelig voor golfslag en de daardoor veroorzaakte resuspensie van het sediment. In meren leidt resuspensie tot een beperking van de groeiomstandigheden van submerse vegetatie, maar in sloten speelt dit geen grote rol van betekenis.

#### Hydrologie

Sloten draineren het omliggende land, waardoor sloten vaak gekenmerkt worden door een dynamische, grillige input van stoffen zoals nutriënten. Deze nutriëntentoevoer heeft aanzienlijke invloed op de vegetatieontwikkeling gedurende het groeiseizoen. De uitwisseling van water en nutriënten tussen meren en het omliggende land is minder intensief; meren hebben een beperkte drainerende functie. Daarnaast is de verblijftijd van het water hoger dan in sloten. Hierdoor zijn de dynamiek in concentraties en bijbehorende effecten op de vegetatieontwikkeling kleiner.

#### Vis

Sloten zijn ondiepe systemen waar snel veel vegetatie tot ontwikkeling kan komen, meestal over de gehele breedte van de watergang. Voor vis zijn er dan weinig mogelijkheden om bijvoorbeeld sediment op



Afb. 1: Vereenvoudigde weergave van belangrijke mechanismen in meren die de ecologische kwaliteit bepalen<sup>1</sup>.

te wervelen. Na opwerveling van sediment zal de lichtdoorval in sloten snel weer voldoende zijn om de submerse vegetatie niet in de ontwikkeling te hinderen, gezien de geringe diepte van sloten. Naar verwachting is de invloed van vis op dit proces in sloten kleiner dan in meren.

#### Onderhoud

In sloten komt schone over het algemeen bijna jaarlijks terug. In meren is hier geen sprake van. De effecten van een jaarlijks terugkomend verlies van een groot deel van de biomassa zijn dan ook alleen van toepassing op sloten. Het menselijk ingrijpen in sloten leidt meestal tot resuspensie van sediment, wat op korte termijn invloed kan hebben op de hergroei kansen voor submerse vegetatie. In meren is het menselijk ingrijpen daarentegen vaak juist gericht op het voorkomen van resuspensie, bijvoorbeeld actief biologisch beheer.

Er zijn dus verschillen maar zeker ook overeenkomsten tussen sloten en meren. Maar welke processen hangen in beide systemen nu samen met het ontstaan en handhaven van een goede en slechte toestand?

#### Belangrijke mechanismen in meren

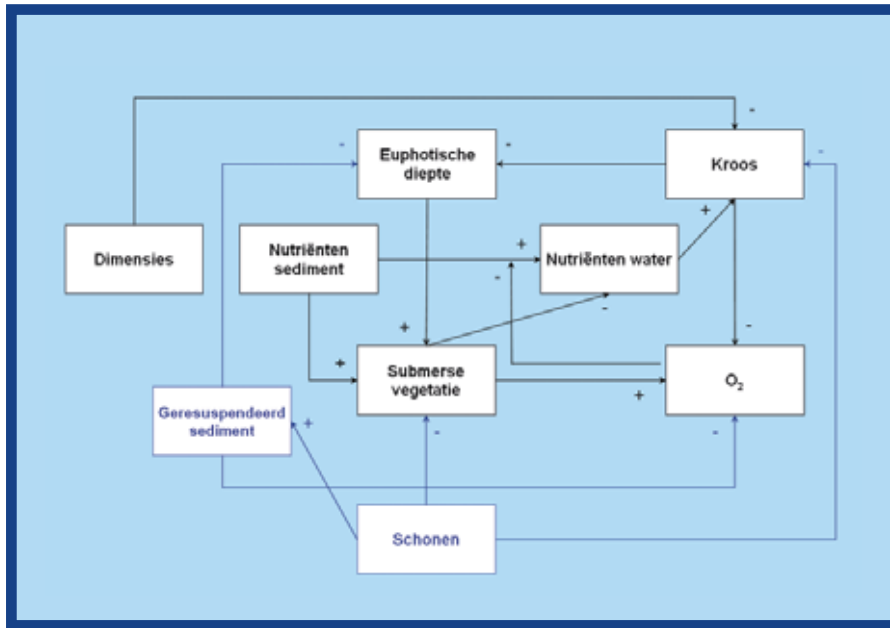
Afbeelding 1 geeft een vereenvoudigd beeld van de belangrijke mechanismen die in meren de ecologische kwaliteit bepalen. Uitgaande van de heldere toestand in een meer met veel submerse vegetatie wordt een groot deel van de in het water aanwezige nutriënten door de vegetatie opgenomen. De lage nutriëntenconcentraties in het water beperken de groeiomstandigheden voor algen. De beperkte algengroei zorgt voor een groot doorzicht, wat de groei van submerse planten weer ten goede komt. De submerse vegetatie zorgt voor schuilomstandigheden voor zoöplankton, waardoor de predatie door vis op zoöplankton laag blijft en het zoöplankton de algengroei verder kan blijven

beperken. Tevens vermindert de submerse vegetatie de invloed van golfslag en daarmee de resuspensie. Door deze positieve terugkoppelingen blijft het systeem in de heldere toestand.

Door een toename van de nutriëntenconcentraties kan de submerse vegetatie onvoldoende in staat zijn om via opname van nutriënten een sterke groei van algen te beperken. Hierdoor neemt de turbiditeit sterk toe wat de groei van submerse vegetatie remt. Dezelfde turbiditeit zal de groei van submerse vegetatie in diepere meren sterker beïnvloeden dan in ondiepere meren, aangezien de lengte van de bovenstaande waterkolom de interceptie van het licht bepaalt. Tevens kan verhoogde nutriëntenbeschikbaarheid via verhoogde voedselbeschikbaarheid leiden tot een grotere visstand. Als vis hierdoor meer zoöplankton wegvangt, wordt de algengroei nog minder onderdrukt. Daarnaast kan een toename van de hoeveelheid bodemwoelende vis leiden tot een hogere turbiditeit. De toename van de turbiditeit beperkt vervolgens de groei van submerse planten verder, waardoor de beschikbare hoeveelheid nutriënten voor algengroei blijft toenemen. Uiteindelijk kan het meer hierdoor permanent in de troebele toestand vervallen.

#### Belangrijke mechanismen in sloten

Naar analogie van meren is voor sloten een schema met de veronderstelde belangrijkste mechanismen opgesteld (afbeelding 2). De diverse vegetatie zal ook in dit systeem nutriënten uit het water opnemen en daarmee de groei van kroos beperken. Analooq aan meren, waar algen ongewenste soorten zijn, is dat in sloten kroos. De beperkte kroosgroei zorgt ervoor dat voldoende licht beschikbaar blijft voor de submerse vegetatie (grote euphotische diepte). Zonder kroosdek kan uitwisseling van zuurstof naar het water plaatsvinden en kan de producerende biomassa voldoende zuurstof produceren. De hoge zuurstof-



Afb. 2: De mechanismen die in sloten belangrijk verondersteld worden voor de vegetatiesamenstelling, met in blauw de mechanismen die verband houden met schonen.

concentratie zorgt voor een beperkte fosfaatmobilisatie vanuit het sediment wat de kans op een sterke groei van kroos verkleint. Submerse, wortelende vegetatie kan echter wel fosfaat uit het sediment opnemen en blijft daardoor in deze situatie in het voordeel, wat zorgt voor de instandhouding van de goede toestand met veel ondergedoken planten.

Ook in sloten is een verhoogde input van nutriënten naar het water één van de paden waarlangs het systeem kan omslaan naar de slechte toestand. Door de toegenomen nutriëntenconcentraties in het water kan de submerse vegetatie onvoldoende in staat zijn om via opname van nutriënten een sterke groei van kroos te voorkomen. Een kroosdek beperkt de doorval van licht, wat vervolgens de groei van submerse planten remt. Hierdoor kan de hoeveelheid beschikbare nutriënten voor kroos verder toenemen. Naast de beperking van de lichtbeschikbaarheid beperkt een kroosdek ook het transport van zuurstof naar het water. Indien sprake is van stapeling van kroos kan afbraak van organisch materiaal aan de onderkant van het kroosdek optreden, wat voor een extra verlaging van de zuurstofconcentraties zorgt. De submerse planten kunnen in deze situatie onvoldoende zuurstof produceren om het zuurstofarm raken van het water te voorkomen. Naast het feit dat verlaagde zuurstofconcentraties slecht zijn voor veel in het water levende organismen kan het ook tot een mobilisatie van fosfaat uit het sediment leiden. De direct beschikbare hoeveelheid nutriënten in het water voor kroos neemt dan extra toe. De kleine dimensionering van sloten kan het ontstaan van kroosdominantie verder in de hand werken. Geringe breedte zorgt ervoor dat de wind weinig vat kan krijgen op het kroosdek, waardoor kroos makkelijk een hoge dichtheid kan bereiken. Daarnaast zijn ondiepe sloten gevoeliger voor snelle daling van de zuurstofconcentraties als de hoeveelheid kroos sterk toeneemt en stapeling optreedt.

Kortweg kan eutrofiëring volgens de hier beschreven mechanismen dus leiden tot processen die de nutriëntenbeschikbaarheid voor kroos verder doen toenemen, wat de slechte toestand met kroosdominantie verder in de hand werkt en in stand houdt.

#### Schonen in sloten

Wat hiervoor nog ontbreekt, is de invloed van onderhoud. Dit onderdeel van de dynamiek in sloten is in meren vrijwel afwezig. Verondersteld wordt echter dat onderhoud in sloten van grote invloed is op het ontstaan en in stand houden van een diverse of een kroosgedomineerde vegetatie. Onderhoud in sloten bestaat uit schonen en baggeren. Hier wordt ingegaan op de rol van schonen. In afbeelding 2 zijn de mechanismen die een rol spelen bij de invloed van schonen, weergegeven in blauw. Schonen heeft tot gevolg dat zowel submerse als drijvende vegetatie verwijderd worden. Een verschil in effect op de twee vegetaties is dat van de submerse vegetatie de meeste individuen die in het water achterblijven beschadigd worden (verknippen en ontwortelen). Van kroos blijft echter altijd een groot aantal intacte individuen achter. Dit kan tot gevolg hebben dat kroos in de periode na schonen een voordeel heeft, doordat het naast een hoge potentiële groeisnelheid ook met veel intacte individuen aanwezig is, waardoor het snel nieuwe biomassa opbouwt. Naast de fysieke versterking van de vegetatie treedt bij het schonen ook vaak resuspensie van het sediment op. De opwerveling van organisch materiaal zorgt voor tijdelijke beperking van de lichtdoorval en voor een verhoogde zuurstofconsumptie in de waterkolom als gevolg van afbraakprocessen, waardoor de zuurstofconcentraties omlaag gaan. Dit heeft mobilisatie van fosfaat uit het sediment tot gevolg, wat leidt tot een toename van de hoeveelheid direct beschikbare nutriënten voor kroos. Rigoreus schonen zou dus op meerdere manieren een omslag naar kroosdominantie kunnen veroorzaken of handhaven.

#### Conclusies

De schematische benadering van de potentieel belangrijke mechanismen in sloten geeft goede houvast voor het verkrijgen van inzicht in de werking van het systeem en de vergelijkbaarheid met mechanismen in meren. De gepresenteerde analyse laat zien dat naast verschillen ook duidelijke parallellen aan te wijzen zijn tussen sloten en meren.

In zowel meren als sloten zijn hetzelfde type relaties aan te wijzen tussen submerse vegetatie, nutriënten in het water, de aanwezigheid van een 'plaagsoort' en de lichtbeschikbaarheid. Daarnaast speelt in beide systemen de dimensionering een belangrijke rol en kan beroering van het sediment in beide systemen in het voordeel werken van de ongewenste soorten. Daartegenover staat dat de beperkte dimensies van sloten er waarschijnlijk voor zorgen dat de nutriënten in het sediment, samen met de dynamiek in de zuurstofcondities, meer invloed hebben op de ecologische toestand dan in meren. De nutriënten- en zuurstofdynamiek worden in sloten nog eens extra beïnvloed door het gevoerde onderhoud.

De belangrijkste mechanismen in sloten zijn op dit moment nog onvoldoende opgehelderd. Als in sloten inderdaad sprake is van hysteresis en stabiele evenwichten, dan is het mogelijk dat - parallel aan meren - het reduceren van nutriënten in sloten een weinig efficiënte maatregel is. Zeker gezien de lange periode waarin nalevering van nutriënten uit het omliggende land naar de sloten plaatsvindt. Daarom lijkt het nuttig om ook voor sloten op zoek te gaan naar een beheermaatregel die het equivalent is van bijvoorbeeld actief biologisch beheer in meren.

#### LITERATUUR

- 1) Scheffer M. (1998). Ecology of Shallow Lakes. Chapman & Hall.
- 2) Peeters E., J. de Klein en M. Scheffer (2007). Onderzoek naar het functioneren van Nederlandse sloten. H<sub>2</sub>O nr. 6, pag. 30-31.
- 3) Scheffer M., S. Szabo *et al.* (2003). Floating plant dominance as a stable state. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 100(7), pag. 4040-4045.
- 4) Van Liere L., J. Janse *et al.* (2007). Setting critical nutrient values for ditches using the eutrophication model PC-Ditch. Aquatic Ecology 41(3), pag. 443-449.
- 5) Arts G. en T. Leenders (2006). Biotische indicatoren voor veranderingen in nutriëntenbelasting in sloten en beken. Literatuurstudie. Alterra. Rapport 1324.
- 6) Veeningen R. (1982). Temporal and spatial variations of dissolved oxygen concentrations in some Dutch polder ditches. Hydrobiologia 95(1), pag. 369-383.
- 7) Nijboer R. (2004). Een expertsysteem voor de keuze van hydrologische maatregelen. Literatuurstudie naar hydrologische maatregelen en de effecten op sloot- en beekecosystemen. Alterra. Rapport 1066.