



Driehoeksmosselen als wapen tegen blauwalgen

A. WEBER, TNO-MEP

M. SMIT, TNO-MEP

M. BLANKENDAAL, TNO-MEP

Sinds 1994 is sprake van grote eutrofiëringsproblemen in het Volkerak-Zoommeer. Deze problemen uit zich met name in de zomer en het najaar in de vorm van dikke drijflagen van blauwalgen. De waterbeheerder van het Volkerak-Zoommeer (Rijkswaterstaat directie Zeeland) probeert met diverse maatregelen de eutrofiëringsproblemen terug te dringen. Eén van deze maatregelen, het inzetten van driehoeksmosselen voor het zuiveren van het water, is onderzocht door TNO in samenwerking met Bureau Waardenburg BV. Doel van dit driejarig onderzoek was te komen tot de ontwikkeling van een driehoeksmosselfilter dat ter verbetering van de waterkwaliteit kan worden ingezet. Uit dit onderzoek blijkt dat het effect van het filter op het watersysteem tweemaal is: enerzijds worden de blauwalgen direct uit het water gefilterd, anderzijds kunnen nutriënten (de oorzaak van eutrofiëring) in gebonden vorm worden afgevangen. Het onderzoek heeft aangetoond dat een mosselfilter succesvol kan worden ingezet om de nutriëntenbelasting van het Volkerak-Zoommeer te reduceren en zo een bijdrage te leveren aan de reductie van de eutrofiëringsproblemen.

Naast de hinderlijke aanwezigheid van dikke drijflagen (zie foto) kunnen bij het afsterven van blauwalgen giftige stoffen vrijkomen, zoals microcystines. Deze stoffen kunnen sterfte veroorzaken onder dieren die in of nabij het water leven. In de nazomer van 2002 werd bijvoorbeeld massale sterfte onder eenden, ganzen, zwanen en aalscholvers waargenomen in het Volkerak-Zoommeer. Mensen die in aanraking komen met deze giftige stoffen kunnen huid-irritatie of maag- en darmklachten krijgen. Om deze reden is het sinds 1994 reeds diverse malen afgeraden te zwemmen in het Volkerak-Zoommeer. Het eutrofiëringsprobleem, dat zich met name uit in de grote concentraties blauwalgen (behorend tot de Cyanobacteriën), wordt veroorzaakt door onbalans in het biologische systeem. Een overschot aan nutriënten komt via beken en rivieren het systeem binnen. Vooral wanneer door veel zon en een hoge temperatuur de algen explosief groeien, is de hoeveelheid natuurlijke grazers ('filter-feeders', zoals zoöplankton en mosselen) te gering om de hoeveelheid algen te kunnen reduceren. Bij oververzadiging van algen in het water kunnen drijflagen ontstaan waarna de algen afsterven. Hierbij komen giftige microtoxines vrij.

Om de eutrofiëringsverschijnselen tegen te gaan, worden op kleine schaal maatregelen onderzocht die deze verschijnselen wellicht

terug kunnen dringen. Eén van de mogelijkheden is het inzetten van driehoeksmosselen in een technisch filter^{1,2)}.

Waarom driehoeksmosselen?

De driehoeksmossel (*Dreissena polymorpha*) is de mosselsoort die in de Nederlandse oppervlaktewateren in de hoogste aantallen voorkomt. Deze mosselen filteren organische en anorganische gesuspendeerde deeltjes uit het water. Ze eten vooral bacteriën, blauwgroene algen en zeer kleine detritusdeeltjes. De verteerbare fractie wordt opgenomen. De onverteerbare deeltjes worden verwerkt tot pseudofeces die worden uitgestoten om vervolgens te bezinken. Op deze manier zorgen de driehoeksmosselen voor een netto verwijdering van gesuspendeerde deeltjes uit de waterkolom. De driehoeksmosselen prefereren deeltjes tussen de 15 en 40 µm. Deeltjes kleiner dan 5 µm worden wel gefilterd maar de opname efficiëntie van deze deeltjes ligt een stuk lager³⁾.

Grote hoeveelheden mosselen kunnen door hun filterende vermogen een aanzienlijke bijdrage leveren aan de helderheid van het water. In de Nederlandse meren lijkt de hoeveelheid geschikt substraat een beperkende factor te zijn voor de ontwikkeling van grote concentraties mosselen²⁾.



Drijflagen van blauwalgendrijflagen in de sluis van Beneden Sas in september 2002 (foto: TNO-MEP).

In het verleden zijn vele onderzoeken uitgevoerd naar de rol van driehoeksmosselen in het watersysteem. Een aantal van deze onderzoeken richtte zich op het gebruik van de driehoeksmossel in het biologisch beheer. Enkele locaties die hierbij zijn onderzocht, zijn: het Wolderwijd en het Veluwemeer⁴⁾, de Roggebotssluis⁵⁾ en het Volkerak-Zoommeer⁶⁾.

In dit onderzoek is gekeken naar de mogelijkheden om de zoetwatermossel *Dreissena polymorpha* in te zetten voor het verbeteren van de waterkwaliteit van het Volkerak-Zoommeer. De mossel kan fungeren als macrobiologisch zoetwaterfilter met een direct effect op de algenconcentratie, doordat gesuspendeerde deeltjes (algen) uit het water gefilterd worden. Daarnaast kan het filter een indirect effect hebben op algenontwikkeling door de relatief hoge concentratie deeltjesgebonden nutriënten in de waterkolom te verlagen.

Doel en aanpak

Hoewel onderzoek naar de rol van de driehoeksmossel in het waterkwaliteitsbeheer nog in volle gang is, zijn tot op heden geen mogelijkheden gevonden om driehoeksmosselen ter bestrijding van eutrofiëring in te zetten in een technisch waterfilter. In een dergelijk filter zouden driehoeksmosselen, geconcentreerd en beschermd tegen predatie en gegarandeerd van continue aanvoer van deeltjes rijk water, hun zuiverende werking kunnen uitvoeren. Door dergelijke filters te installeren in de riviertjes die water toevoeren naar het Volkerak-Zoommeer zou de belasting met nutriënten van dit systeem gereduceerd kunnen worden.

Om de mogelijkheden hiertoe te onderzoeken en om het effect van een dergelijk filter op de waterkwaliteit te bepalen is door TNO

het driejarig onderzoeksprogramma opgezet. Het programma richtte zich op inrichting, ontwerp en testen van een dergelijk filter. De onderzoeksvragen die centraal stonden waren als volgt: Kan een technisch functionerend mosselfilter gerealiseerd worden en kan dit filter ingezet worden om de eutrofiëringsproblematiek in het Volkerak-Zoommeer te verminderen? Om deze vragen te beantwoorden zijn gedurende twee jaar experimenten uitgevoerd nabij de sluis Beneden Sas in de monding van de Steenbergse Vliet, één van de rivieren die in het Volkerak-Zoommeer uitkomt. Deze locatie is op basis van een uitgebreide inventarisatie van biologische, chemische en fysische parameters geselecteerd uit vier potentieel geschikte proeflocaties. Gebleken is dat zowel het water van de Steenbergse Vliet als het water van de Mark/Dintel in principe geschikt zijn voor het installeren van een driehoeksmosselfilter. De omstandigheden voor groei van driehoeksmosselen in de Steenbergse Vliet zijn echter beter dan in de Mark/Dintel. Daarnaast is gebleken dat de concentratie gebonden nutriënten in de Steenbergse Vliet hoger is dan in de Mark/Dintel. Per liter kan derhalve meer gezuiverd worden.

Bij het ontwerp van het filter is het afstemmen van de eisen die aan het filter gesteld worden op de behoeftes van de Driehoeksmosselen van groot belang. Mosselen zullen immers alleen optimaal filteren wanneer minimaal aan de randvoorwaarden van het natuurlijk voorkomen van driehoeksmosselen wordt voldaan. De inrichting en het ontwerp van het filter was dan ook een essentieel onderdeel van het programma.

Met inachtneming van de randvoorwaarden voor het filter en de keuze voor het substraat is een proeffilter ontwikkeld waarmee de filterefficiëntie van de driehoeksmosselen te meten is.

Met dit proeffilter is het effect van filtratie door driehoeksmosselen op de waterkwaliteit, met name de concentratie deeltjes en deeltjesgebonden nutriënten van de Steenbergse Vliet, gedurende een groeiseizoen bepaald. De nadruk in het experiment van 2002 lag op de directe verwijdering van deeltjesgebonden nutriënten uit de waterkolom door filtratie. Hiertoe is de filtratiecapaciteit en de conditie van de mosselen in het filter bepaald. In het tweede experimentele jaar (2003) is gekeken naar de vastlegging van nutriënten in de vorm van slib. Deze als slib vastgelegde hoeveelheid nutriënten kan uit het systeem verwijderd worden wanneer het slib (een mengsel van pseudo-feces, feces en deeltjes die natuurlijk bezinken) opgevangen en afgevoerd wordt. Pas als de nutriënten aan het systeem onttrokken zijn is immers een feitelijke vermindering van



Kettingen van het filter zijn dichtbegroeid met mosselen (foto: TNO-MEP).

de eutrofiëring bereikt en kan worden geconcludeerd of het inzetten wat driehoeksmosselen in een technisch filter ter verbetering van de kwaliteit van het Volkerak-Zoommeer systeem geslaagd is.

Resultaten

De mosselen die in het filter ingebracht zijn, varieerden in grootte tussen 1 en 2,5 cm. Op het eind van de experimentele periode is in een submonster de overleving geanalyseerd. De overleving was ongeveer 84 procent. Van de dode mosselen had 95 procent een lengte tussen 1 en 2,3 cm. Dit geeft aan dat sterfte vooral plaatsvindt bij de ingebrachte grote mosselen. Van de overlevende mosselen had 95 procent een lengte tussen 0,4 en 1,7 cm. Dit geeft aan dat er na de installatie van de mosselnetten veel aanwas vanuit de Steenbergse Vliet heeft plaatsgevonden. Dit blijkt ook uit de dichtheid van mosselen die bij beëindiging van het experiment op de gehele opstelling aangetroffen is. Trechters, pompen, netten en kettingen van beide filters waren dicht begroeid met mosselen (zie foto).

Filtratiecapaciteit

De filtratiecapaciteit van de mosselen in het filter, die aangeeft welke waterhoeveelheid door een hoeveelheid mosselen geheel van deeltjes (en deeltjesgebonden nutriënten) ontdaan wordt, is middels diverse experimenten vastgesteld op 35 liter per kg mosselen per uur. Met deze filtratiecapaciteit en de concentratie deeltjes en deeltjesgebonden nutriënten in de waterkolom kan vervolgens de hoeveelheid nutriënten die door filtratie uit het water verwijderd wordt, worden berekend. Voor fosfaat en stikstof waren deze hoeveelheden in 2002

respectievelijk 84 mg en 806 mg per kg mosselen per dag. Een deel van deze nutriënten die zo uit de waterkolom verwijderd wordt, wordt door de mossel vastgelegd. Een ander deel wordt in opgeloste vorm uitgescheiden en het laatste deel wordt uitgescheiden als feces en komt in het slib terecht. Als dit slib wordt afgevangen en verwijderd, vindt daadwerkelijk vermindering van nutriënten uit het systeem plaats.

Slibproductie

In 2003 is een nieuw filterontwerp gemaakt speciaal uitgericht op slibopvang (zie foto). Met deze vernieuwde opstelling, waarbij het geproduceerde slib automatisch en effectief wordt gewonnen, is een hoge opbrengst van slib behaald. De filtratiecapaciteit is gebruikt om de hoeveelheid deeltjesgebonden nutriënten, die door een hoeveelheid mosselen uit de waterkolom verwijderd wordt te bepalen. Voor fosfaat en stikstof waren deze hoeveelheden in 2003 respectievelijk 34 mg en 396 mg per kg mosselen per dag. Door de lagere concentratie van gebonden nutriënten in 2003 in het water van de Steenbergse Vliet is deze hoeveelheid lager dan de hoeveelheid bepaald in het experiment van 2002. Van de hoeveelheid fosfaat en stikstof die uit het water is gefiltreerd, is echter met de vernieuwde opstelling respectievelijk 39 procent (28 tot 58 procent) en 12 procent (9 tot 18 procent) met het slib uit het systeem verwijderd.

De vastgestelde verwijderingspercentages kunnen worden gebruikt om de experimentele resultaten door te vertalen naar de gemiddelde situatie in de Steenbergse Vliet. Wanneer de gemiddelde voorjaarsconcentraties van gebon-



Het mosselfilter (foto: TNO-MEP).

den stikstof en fosfaat in de Steenbergse Vliet over de jaren 1995-2001 worden beschouwd, zal bij een gemiddelde filtratiecapaciteit van 35 liter per kg mosselen per uur (eigen meting) 1800 mg stikstof en 22 mg fosfaat per ingezette kg mosselen per dag uit het water worden gefilterd. Voor de zomerperiode zijn deze hoeveelheden gemiddeld 1700 mg stikstof en 18 mg fosfaat. Van deze gefilterde hoeveelheden zal een deel door de mossel worden vastgelegd in mosselweefsel, een deel zal in opgeloste vorm worden uitgescheiden en een deel zal via de feces in het slib terechtkomen. De berekende hoeveelheden die in het slib terechtkomen, bedragen in de voorjaarsperiode voor de Steenbergse Vliet gemiddeld 210 mg stikstof en 9 mg fosfaat per dag per ingezette kg mosselen. Voor de zomerperiode is dit gemiddeld 200 mg stikstof en 11 mg fosfaat. Hoewel zowel stikstof als fosfaat in het slib wordt aangetroffen, wordt ten opzichte van de hoeveelheid die wordt gefilterd veel meer fosfaat met het slib verwijderd dan stikstof.

Eutrofiëring

Wanneer een reductie van de eutrofiëringsproblemen wordt nagestreefd, zal het reduceren van de hoeveelheid fosfaat die het Volkerak instroomt, het meest effectief zijn. De problemen met overmatige algengroei doen zich met name in de zomer bij hoge temperaturen voor. Wanneer een mosselfilter wordt ingezet om de fosfaatvrucht te reduceren, moet deze dus vooral de hoeveelheid die in het voorjaar en in de zomer door de Steenbergse Vliet wordt aangevoerd, verminderen. Voor het uit de waterkolom filtreren van tien procent van de hoeveelheid fosfaat die dagelijks in het voorjaar door de Steenbergse Vliet wordt aan-

gevoerd, zijn 21.700 kg mosselen nodig. In de zomer liggen deze hoeveelheden lager (19.000 kg). Maar deze hoeveelheden gefilterde nutriënten zullen niet geheel uit het watersysteem verwijderd worden. Alleen het deel dat in het slib terechtkomt, kan daadwerkelijk verwijderd worden, hetgeen leidt tot een werkelijke reductie van de nutriëntenvrucht. Voor een verwijdering (door verwijdering van het slib) van tien procent van de hoeveelheid fosfaat die dagelijks door de Steenbergse Vliet in het voorjaar wordt aangevoerd, is ongeveer 55.200 kg mosselen nodig. In de zomer ligt deze hoeveelheid iets lager (49.000 kg).

Wanneer streefwaarden voor de nutriëntenbelasting van het Volkerak via de Steenbergse Vliet worden vastgesteld, kan samen met een inventarisatie van de voor mossel-filters beschikbare locaties in de Steenbergse Vliet een gespecificeerd reductie- en inrichtingsplan worden opgesteld. Om de invloed van enkele achter elkaar geschakelde filters op de nutriëntenvrucht en -concentratie naar het Volkerak te bepalen, zijn enkele scenarioberoe- keningen uitgevoerd⁷⁾.

Conclusies

Het inzetten van een mosselfilter bij de verwijdering van gebonden nutriënten uit de waterstroom kan op basis van het uitgevoerde onderzoek als succesvol worden beschouwd. Eén van de grote voordelen van filtratie met mosselen is dat het nauwelijks energie kost, terwijl toch een groot deel van de watermassa wordt gefilterd. Zeker wanneer gebruik kan worden gemaakt van een natuurlijk aanwezige populatie driehoeksmosselen.

Gezien de grote watermassa en de perio-

diek hoge concentraties opgeloste nutriënten die door de Steenbergse Vliet en de andere rivieren wordt aangevoerd, zijn grote hoeveelheden mosselen nodig om een substantiële bijdrage te leveren aan de reductie van de belasting van het Volkerak met nutriënten.

Het lijkt dat een mosselfilter alléén niet het antwoord is op de eutrofiëringsproblematiek in het Volkerak, maar dat deze in combinatie met andere maatregelen, die de hoeveelheid algen in het Volkerak verminderen (bijvoorbeeld bevordering van mossel- en zoöplanktonpopulaties) of die de hoeveelheid beschikbare opgeloste nutriënten reduceren (bijvoorbeeld stimulering van waterplanten), kan worden ingezet om een bijdrage te leveren aan de oplossing van het probleem. 

LITERATUUR

- 1) Smit M., A. Weber en M. Blankendaal (2003). Analyse en biologisch beheer van het watersysteem in het Vogelpark Avifauna. TNO-rapport R2003/374.
- 2) Blankendaal M. en M. Smit (2003). De toepasbaarheid van *Dreissena polymorpha* (Zebra mossel) in een waterfilter. TNO-rapport R2003/375.
- 3) Gossiaux D., P. Landrum en S. Fisher (1998). The assimilation of contaminants from suspended sediment and algae by the zebra mussel *Dreissena polymorpha*. *Chemosphere* nr. 36, pag. 3181-3197.
- 4) Noordhuis R., H. Reeders en E. Martijn (1994). Inzet van driehoeksmosselen bij biologisch waterbeheer; resultaten van veldexperimenten. *H₂O* nr. 6, pag. 150-160.
- 5) Reeders H., A. bij de Vaate en R. Noordhuis (1993). Potential of the Zebra Mussel (*Dreissena polymorpha*) for water quality management. In: *Zebra mussels. Biology, impacts, and control*. T. Nalepa en D. Schloesser (eds.). Lewis publishers.
- 6) Reeders H. (1990). Hangcultures driehoeksmosselen (*Dreissena polymorpha*), resultaten van onderzoek in 1989. Dienst Binnenwateren/RIZA nota 90.030.
- 7) Weber A. en M. Smit (2004). Waterzuivering door driehoeksmosselen (*Dreissena polymorpha*) in het Volkerak-Zoommeer. De inzet van een mosselfilter in de Steenbergse Vliet. TNO-rapport R2004/051.