



Janjo de Haan, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Wageningen Universiteit en Research Center

Jan Rinze van der Schoot, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Wageningen Universiteit en Research Center

Abco de Buck, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Wageningen Universiteit en Research Center

Francisca Sival, Alterra

# Zuivering van sloot- en drainwater in helofytenfilters is kosteneffectief

**Speciaal aangelegde moerassen met rietplanten kunnen bij een gecontroleerde watertoevoer ruim 60 procent van de stikstof of 40 procent van het fosfaat verwijderen uit drain- en slootwater. Dat blijkt uit proeven in Limburg door de universiteit van Wageningen. Aanleg van dit soort zuiveringsmoerassen kan voor de landbouw een belangrijke maatregel zijn om aan de Kaderrichtlijn Water te voldoen. Het is een goedkope methode om stikstof of fosfaat uit het water te halen. De kosteneffectiviteit ligt in de orde van vijf tot 40 euro per kilo verwijderd stikstof, afhankelijk van de keuze van schaalgrootte. De kosten-effectiviteit van fosfaat is 115 euro per kilo verwijderd fosfor. Nadeel is de benodigde ruimte. Het koppelen aan andere functies, zoals waterberging, recreatie of biomassaproductie, kan natuurlijke zuiveringssystemen aantrekkelijker maken.**

Zuiveringsmoerassen of helofytenfilters zijn in de ex-ante evaluatie van de KRW benoemd als een perspectiefvolle en kosteneffectieve maatregel om in landbouwgebieden emissies van stikstof en fosfaat te beperken<sup>1,2)</sup>. Dit is echter vooral gebaseerd op modelstudies en ervaringen uit het buitenland. Buitenlandse systemen zijn meer gericht op zuivering van oppervlakkige afstroming dan op sloot- en drainwater. De onzekerheid over de effectiviteit en kosteneffectiviteit van deze systemen voor de Nederlandse situatie is groot. Slechts in enkele gevallen is de effectiviteit van natuurlijke zuiveringssystemen gemeten, zoals bij de zuivering van beekwater op landgoed Lankheet<sup>3)</sup>, in moerasbufferstroken langs de Chaamse beek<sup>4)</sup> en in moerassen langs de Hunze<sup>5)</sup>.

Om betere uitspraken hierover te kunnen doen, voerde de universiteit van Wageningen tussen 2005 en 2010 onderzoek uit naar de technische mogelijkheden en de perspectieven van diverse zuiveringsmoerassen<sup>6)</sup>. Dit onderzoek is de laatste twee jaar gefinancierd vanuit het Innovatieprogramma KRW. Naast de effectiviteit en kosten is ook gekeken naar de landbouwkundige inpasbaarheid, het ruimtebeslag en de

combineerbaarheid met andere functies in het landelijke gebied van verschillende typen zuiveringsmoerassen die nitraat en/of fosfaat verwijderen uit landbouwwater.

## Onderzochte typen zuiveringsmoerassen

Drie zuiveringsmoerassen met wateropslag en twee beekbegeleidende vloeivelden zijn onderzocht (zie de tabel op pagina 26). De drie zuiveringsmoerassen met wateropslag liggen op proefbedrijf Vredepeel in Noord-Limburg en zijn gericht op een maximale zuivering van stikstof uit drainwater. Met de wateropslag kan drainwater in de winterperiode worden opgevangen en in de zomerperiode gezuiverd, omdat in de winter veel nitraatrijk drainwater beschikbaar is en in de zomer het zuiveringsrendement veel hoger is. Daarnaast is gekozen voor kleinschalige systemen dichtbij de bron, zodat nog geen verdunning optreedt. Een belangrijk nadeel van deze systemen is het grote grondbeslag van het waterreservoir.

Er zijn drie zuiveringsmoerassen aangelegd: een vloeiveld met riet, een horizontaal infiltratiefilter met riet en een horizontaal infiltratiefilter deels gevuld met stro. Vloeivelden zijn goedkoper in aanleg dan infiltratiefilters, maar nemen meer ruimte in voor eenzelfde zuiveringscapaciteit.

Riet levert de benodigde koolstof voor het denitrificatieproces waarmee stikstof wordt verwijderd. Stro vervult deze rol in het laatste zuiveringsmoeras. In dit moeras ontstond na enkele jaren een zeer gevarieerde vegetatie, die –met onder andere lisdodde– goed past in het zuidoostelijk zand waar riet veel minder vaak voorkomt.

Daarnaast is op het proefbedrijf een beekbegeleidend vloeiveld getest voor zuivering van stikstof uit drainwater. Dit systeem heeft een lager verwacht zuiveringsrendement bij een veel lager grondbeslag. Tot slot is een beekbegeleidend zuiveringsmoeras naast de Eeuwseloop bij Ospel gemonitord. Dit is aangelegd om fosfor te zuiveren uit drainagewater en slootwater van aanliggende landbouwgronden. Dit zuiveringsmoeras, aangelegd in samenwerking met Waterschap Peel en Maasvallei en Dienst Landelijk Gebied met financiering van de Provincie Limburg is uitgebreid beschreven in een H<sub>2</sub>O-artikel in het voorjaar van 2011<sup>7)</sup> en zal daarom hier slechts summier worden behandeld.

In alle zuiveringsmoerassen zijn onder andere de hoeveelheden in- en uitgaand water gemeten en de concentraties totaal stikstof, nitraat, totaal fosfor en fosfaat van zowel het influent als het effluent debietproportioneel bepaald. Hiermee is het

	zuiveringsmoerassen met wateropslag Vredepeel			beekbegeleidende vloeivelden	
	vloeiveld	horizontaal zuiveringsmoeras met riet	horizontaal zuiveringsmoeras met stro	voor stikstof	voor fosfaat
locatie	PPO-proefbedrijf Vredepeel			PPO-proefbedrijf Vredepeel	Ospel, langs Eeuwselseloop
type	vloeiveld	horizontaal doorstroomd	horizontaal doorstroomd	vloeiveld	
hoofdelement van zuivering	stikstof			stikstof	fosfaat
vegetatie	riet	riet	rietzenkras/natuurlijke vegetatie	riet	
maaibeheer	maart			maart	september
lengte (m)	10	5	5	25	290
afmeting (m <sup>2</sup> )	64	32	32	75	1.300
locatie	op perceel			langs watergang	
startjaar meting	2006			2007	
hydraulische belasting (mm/dag)	8-50	15-100	15-100	0-1.000	100

**Karakteristieken van de geteste zuiveringsmoerassen en vloeivelden.**

zuiveringsrendement in procenten en kilo's per hectare zuiveringsmoeras uitgerekend. In het vloeiveld langs de Eeuwselseloop zijn tevens bodem- en sedimentbemonsteringen gedaan om de sedimentatie van fosfor te bepalen.

**Stikstofzuivering**

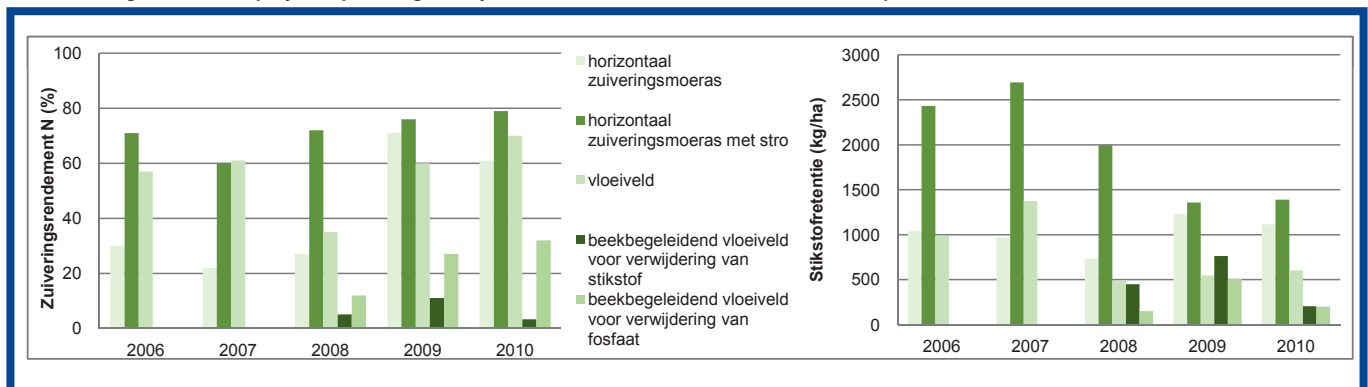
In de zuiveringsmoerassen met wateropslag zijn op jaarbasis zuiveringsrendementen bereikt van 60 tot 80 procent, ofwel 1.000 tot meer dan 2.500 kg stikstof per ha zuiveringsmoeras (zie afbeelding 1). Het horizontaal doorstroomde filter met riet had een aanloopperiode van drie jaar nodig voordat het goed functioneerde. De inlaatconcentraties waren na 2008 lager dan daarvoor door veranderd landgebruik, met als gevolg lagere hoeveelheden gezuiverde stikstof. Het horizontaal doorstroomde filter met stro heeft de hele meetperiode van vijf jaar een hoog rendement gehad. In het vloeiveld werden, met uitzondering van 2008, ook goede zuiveringspercentages gehaald. In vergelijkbare horizontale moerassen zonder wateropslag zijn lagere retenties bereikt: maximaal 42 procent bij een internationale vergelijking van diverse zuiveringsmoerassen<sup>9)</sup> en maximaal 55 procent in Waterpark Het Lankheet<sup>3)</sup>.

In het beekbegeleidende vloeiveld voor verwijdering van stikstof was de stikstofverwijdering in percentages relatief gering (minder dan tien procent). De wateraanvoer vond met name plaats in de winterperiode, wanneer weinig zuivering optreedt. In een deel van de zomer stond het vloeiveld droog als gevolg van te weinig drainwater en werd de zuiveringscapaciteit minder goed benut. Dit is vergelijkbaar met de bufferstrook langs de Strijbeekse beek te Noord-Brabant, waar een verwijderingsefficiëntie van stikstof uit het drainwater van gemiddeld 7,5 procent werd bereikt<sup>4)</sup>. De verwijderde totale hoeveelheden stikstof waren soms relatief hoog, in 2009 zelfs hoger dan het vloeiveld met geregleerde aanvoer vanuit de waterzak. Het lijkt aan te bevelen om te zorgen dat het vloeiveld gedurende perioden zonder aanvoer van drainwater door andere bronnen wordt gevoed om de totale zuivering te verbeteren. Het beekbegeleidende vloeiveld langs de Eeuwselseloop zuivert naast fosfor ook stikstof en had een regelmatigere wateraanvoer in vergelijking met het beekbegeleidende vloeiveld in Vredepeel en een vrij lange verblijftijd. Het zuiveringspercentage was dan ook beduidend hoger,

maar uitgedrukt in kilo's stikstof per hectare werd minder gezuiverd, mede vanwege de veel lagere stikstofconcentraties in het influent.

De doelconcentraties of MTR-waarden voor stikstof van 2,2 mg/l werden in de systemen gedurende een deel van de zomer bereikt. De stikstofretentie fluctueerde echter sterk, met name tussen het zomer- en winterseizoen maar ook binnen het zomerseizoen. In de zuiveringsmoerassen met wateropslag varieerden de concentraties bij de uitstroom van 2 tot 42 mg/l N totaal tot 2009 en daarna met maxima van 15 mg/l. Ook in het beekbegeleidende vloeiveld langs de Eeuwselseloop daalden de stikstofconcentraties tot onder de MTR, vooral in de zomer. In het beekbegeleidende vloeiveld op proefbedrijf Vredepeel werden de stikstofconcentraties van het drainwater in het zuiveringsmoeras slechts beperkt verlaagd en werd de MTR zowel in de zomer als de in de winter niet gehaald. Het inbrengen van stro in zuiveringsmoerassen blijkt een goede optie te zijn. Het lijkt er echter sterk op dat de organische stof uit de wortels van de vegetatie ook van belang is voor de stikstofverwijdering, aangezien

**Afb. 1: Zuiveringsrendementen per jaar in percentage verwijderd stikstof (links) en de retentie in kilo's stikstof per hectare (rechts).**



het stro grotendeels nog niet verteerd is terwijl dat op basis van de stikstofretentie wel verwacht werd.

### Fosfaatzuivering

In het beekbegeleidend vloeiveld langs de Eeuwseloseel werd door sedimentatie en binding de inlaatconcentratie van fosfaat met gemiddeld meer dan 50 procent verlaagd naar 0,22 mg/l; een retentie van 14 kilo fosfaat per hectare per jaar. Alleen in piekperiodes werd de MTR overschreden. De verwijdering van totaal fosfor lag gemiddeld iets onder de 50 procent. De waarden gemeten in Waterpark Lankheet<sup>3)</sup> zijn vergelijkbaar. Het eind 2010 geplaatste ijzerfilter draagt bij aan een verdere verlaging van het fosforgehalte. Het moeras langs de Eeuwseloseel was vele malen langer dan de andere systemen om een voldoende verblijftijd voor bezinking en binding van fosfor te krijgen. Uit metingen in de bodem blijkt echter dat de meest sedimentatie in de eerste 40 van de totaal 300 meter plaatsvindt. Het lijkt dus mogelijk de verblijftijd en/of de lengte van het filter te verkorten zonder op het zuiveringsrendement voor fosfaat in te boeten. Het fosforgehalte in het drainwater van Vredepeel was meestal zeer laag: lager dan de MTR-waarde van 0,3 mg/l fosfor. De zuiveringscapaciteit voor fosfor van de moerassen op Vredepeel is daarom niet vast te stellen.

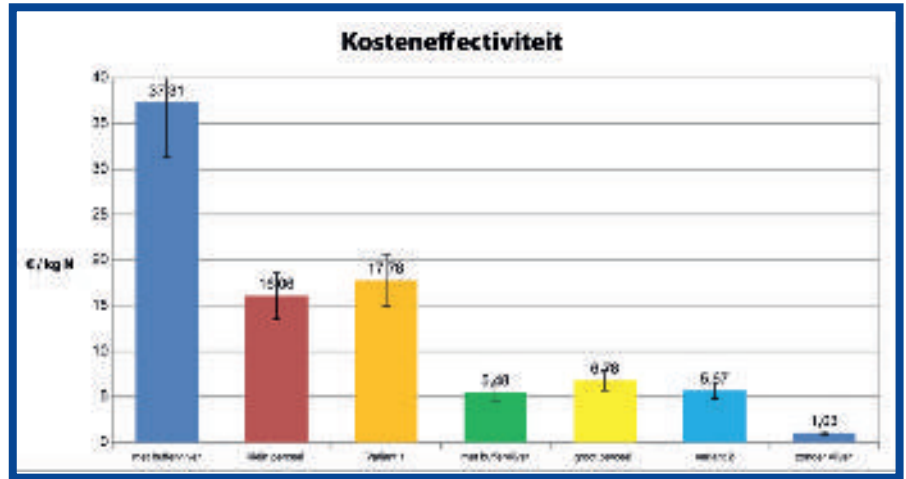
### Kosteneffectiviteit

De geteste systemen zijn zeer klein van omvang en daarom niet bruikbaar om te gebruiken in een berekening voor kosteneffectiviteit. Daarom is ervoor gekozen zeven varianten door te rekenen die meer realistisch zijn voor een praktijktoepassing, variërend van perceels- tot gebiedsniveau met en zonder wateropslag in de vorm van een vijver. Er is ook een variant meegenomen met zuivering in het bestaande slootstelsysteem. De kosteneffectiviteit, uitgedrukt in euro's per verwijderde hoeveelheid stikstof, daalt van 40 euro per kilo stikstof op kleine schaalniveaus naar vijf euro op grotere schaalniveaus (zie afbeelding 2). De zuivering is dan verder verwijderd van de bron, waardoor de effectiviteit daalt. De keuze voor een wateropslag heeft weinig invloed op de kosteneffectiviteit.

Het afstemmen van rietbeheer op de retentie van nutriënten in de sloot is waarschijnlijk al bij een laag verwijderingspercentage een zeer kosteneffectieve maatregel op gebiedsniveau. Deze retentie zal sterk fluctueren wegens ongecontroleerde omstandigheden, maar wordt wel door het hele gebied gerealiseerd. Voor fosfaat is de kosteneffectiviteit berekend op 115 euro per kilo fosfor. Alle berekeningen zijn schattingen. De werkelijke kosten en effectiviteit zijn sterk afhankelijk van het precieze gebied, de concentraties van stikstof en fosfaat in het water, de omvang van het zuiveringsmoeras en de mogelijkheden voor koppeling aan andere functies.

### Inpasbaarheid

Als grootste nadeel van zuiveringsmoerassen wordt het ruimtebeslag gezien. Met name met wateropslag is het ruimtebeslag met ruim vier procent van het te zuiveren areaal



Afb. 2: Kosteneffectiviteit in euro per kilo verwijderde stikstof van diverse varianten van zuiveringsmoerassen op verschillende schaalniveaus met en zonder wateropslag.



groot, zonder wateropslag daalt het ruimtebeslag naar minder dan één procent. Op grotere schaal ontstaan meer mogelijkheden voor combinatie met overige functies als waterberging, natuur, recreatie en biomassa-productie. Een waterreservoir in de vorm van een aangelegde vijver kan deze functies verder versterken.

Agrarisch ondernemers zullen, zolang de baten lager zijn dan de kosten, niet vrijwillig gaan investeren in de aanleg en beheer van zuiveringsmoerassen. Gezien het belang voor de waterkwaliteit en de gunstige kosteneffectiviteit van zuiveringsmoerassen op gebiedsniveau, lijkt aanleg en beheer onder verantwoordelijkheid van waterschappen het meest logisch. Wel kunnen agrariërs een rol spelen in het beheer van de systemen als blauwgroene dienst.

### Meetperiode

De meetperiode van de experimenten is met 3,5 tot 5 jaar nog relatief kort voor de levensduur van de filters (meer dan 20 jaar). In enkele zuiveringsmoerassen, met name het horizontaal zuiveringsmoeras met riet, zagen we nog een duidelijke toename van de zuiveringsrendementen. Ook is nog onduidelijk welk onderhoud aan de zuiveringsmoerassen nodig is om ze goed te laten functioneren, zoals de maaifrequentie en het wel of niet afvoeren van het gemaaid riet. In het zuiveringsmoeras met stro was de verwachting dat elke drie tot vijf jaar het stro moet worden vervangen. Maar dit blijkt tot nu toe niet nodig te zijn. De resultaten van het beekbegeleidend vloeiveld in Vredepeel waren in de eerste 3,5 jaar zeer wisselend, waardoor nog geen harde conclusies

getrokken kunnen worden zowel wat betreft rendement als kosteneffectiviteit.

### LITERATUUR

- 1) Van der Bolt F., E. van Boekel, O. Clevering, W. van Dijk, I. Hoving, R. Kselik, J. de Klein, T. Leenders, V. Linderhof, H. Massop, H. Mulder (2008). Ex-ante evaluatie landbouw en KRW. Effect van voorgenomen en potentieel aanvullende maatregelen op de oppervlaktewater-kwaliteit voor nutriënten. Alterra. Rapport 1687.
- 2) Ligthoet W., G. Beugelink, C. Brink, R. Franken en F. Kragt (2008). Kwaliteit voor later; ex ante evaluatie Kaderrichtlijn Water. Planbureau voor de leefomgeving. Publicatie 50041001. Milieu- en NatuurPlanbureau.
- 3) Meerburg B., P. Vereijken, W. de Visser, J. Verhagen, H. Korevaar, E. Querner, A. de Blaij en A. van der Werf (2010). Surface water sanitation and biomass production in a large constructed wetland. Wetlands Ecology and Management 18, pag. 463-470.
- 4) Antheunisse A., M. Hefting en E. Bos (2008). Moerasbufferstroken langs watergangen; haalbaarheid en functionaliteit in Nederland. STOWA. Rapport 2008-07.
- 5) Moussinie M., R. van Diggelen en U. Vegter (2009). Nutriëntenverwijdering in overstromingsmoerassen. H<sub>2</sub>O nr. 12, pag. 29-32.
- 6) De Haan J., F. Sival, J. van der Schoot en A. de Buck (2011). Natuurlijke zuiveringsystemen voor zuivering van drain- en slootwater uit de landbouw. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving. Publicatie 429.
- 7) Sival F., H. Stevens, E. Castenmiller en J. Peerboom (2011). Zuivering van drainwater in een beekbegeleidend rietmoeras. H<sub>2</sub>O nr. 5, pag. 28-30.
- 8) Vyzamal J. (2009). Removal of nutrients in various types of constructed wetlands. Sci. Tot. Env. 380, pag. 48-65.