

Toepassingsmogelijkheden van helofytenfilters bij decentrale sanitatie

IR. J.C.L. VAN BUUREN, LANDBOUWUNIVERSITEIT WAGENINGEN

ING. H. HARTJES, GTD OOST-BRABANT

IR. R.M. KILIAN, KILIAN WATER

Sinds enkele jaren mogen helofytenfilters zich, ook in Nederland, verheugen in een groeiende populariteit vanwege de hoge zuiveringsrendementen, de betrouwbaarheid, de eenvoudige constructie en het beheer, de relatief lage kosten en de landschappelijke inpasbaarheid. Bij toepassing van helofytenfilters hoeft men niet alleen te denken aan de naar schatting 100.000 percelen in het buitengebied waar individuele behandeling van afvalwater (IBA) toegepast wordt, omdat aansluiting op een rioolstelsel te kostbaar is. In het stedelijk gebied kunnen helofytenfilters ook met succes ingezet worden, bijvoorbeeld voor de behandeling van grijswater in het kader van decentrale sanitatie, de overstorten van zuiveringsinstallaties of de behandeling van regenwater dat afspoelt van wegen. Momenteel zijn in Nederland circa 200 helofytenfilters operationeel. Wereldwijd zijn dit er naar schatting 10.000.

Helofyten zijn planten die kunnen groeien in een anaëroobe moerasbodem. Bij de helofytenfilters kan een onderscheid gemaakt worden tussen de zogeheten wortelzone-systemen waar een doorworteld zandbed fungeert als filtermedium en 'vloeivelden', waarin het te behandelen water in horizontale richting door een vegetatie van helofyten stroomt. Deze laatste kunnen bestaan uit een ondiepe vijver, moeras of slotenstelsel beplant met helofyten, drijvende of ondergedoken waterplanten. In dit artikel wordt de nadruk gelegd op wortelzone-filters die minder ruimte vragen dan de vijversystemen. Bij wortelzone-systemen

onderscheidt men op het punt van doorstroming horizontale (HRB) en verticale helofytenfilters (VRB) (zie afbeelding 1).

Omdat voor filterbeplanting meestal riet wordt toegepast, is een veel gebruikte Nederlandse term nu rietbedfilters. Echter ook andere planten kunnen met succes worden gebruikt, zoals lisdodde, mattenbies en iris.

De zuiverende werking van de helofytenfilters berust op een samenspel van fysische, chemische en biologische processen. De biologische mechanismen in helofytenfilters komen overeen met die in gangbare afvalwaterbehandelingsprocessen: dat wil zeggen aërobe en anaërobe oxidatie van organisch materiaal door heterotrofe bacteriën en omzetting van ammonium tot nitriet en nitraat door autotrofe nitrificeerders. Onder anoxische omstandigheden kan omzetting van nitraat tot N₂-gas plaatshebben. Fosfaatverwijdering geschiedt vooral via chemische adsorptieprocessen die afhankelijk zijn van de aanwezigheid van Ca, Fe en Al houdende stoffen (bijvoorbeeld klei en calcietdeeltjes) in de matrix van het filterbed.

Wortelzone-behandeling is een vorm van bodemfiltratie, waartoe ook de intermitterende zandfiltratie (IZF) behoort. Een belangrijk verschil tussen IZF en helofytenfilters is dat de laatste zijn begroeid met planten. Aangezien ook met onbeplante filters uitstekende zuiveringsresultaten bereikt worden (Van Buuren *et al.*, 1998), rijst de vraag naar de bijdrage van de planten. Brix (1997) en Bahlo & Wach (1992) noemen de volgende functies van de beplanting.

Bladeren en stengels reduceren de invloed van de wind en regen op het filteroppervlak en zorgen voor een isolerend effect in de winter. Plantendelen onder water en in het bed vormen een hechtingsgrond voor micro-organismen. De wortels in het filter-bed voorkomen bed-erosie en verstopping. Zij scheiden antibiotica (pathogenen-verwijdering) en afbreekbaar organisch materiaal (benodigd voor denitrificatie) uit. Een belangrijke functie van wortels en stengels is ook, dat zij zuurstof naar

het bed transporteren, die vervolgens naar het anaëroobe poriënwater lekt. Dit leidt tot versnelde omzetting en gunstige condities voor de stikstofverwijdering. Voorts geldt voor de planten als geheel, dat zij nutriënten uit het water opnemen, hetgeen bij regelmatig oogsten van de planten bijdraagt aan de N-, P- en K-verwijdering, en dat zij water verdampen.

Horizontaal doorstroomde helofytenfilters

In het horizontaal doorstroomde filter (HRB) is de zuurstofinbreng minimaal. Hierdoor is het filterbed grotendeels anaëroob, zijn de omzettingsreacties relatief traag en treedt beperkte nitrificatie op. De belasting van HRBs is continu, zodat bij voldoende verval geen pomp nodig is. Dit kan een voordeel zijn ten opzichte van verticaal doorstroomde filters. Om kortsluitstromen te vermijden is het toepassen van een verdeelwerk noodzakelijk. Cooper *et al.* (1996) bevelen voor de opbouw van het filterbed gewassen fijn riviergrind aan met een deeltjesgrootte variërend van 3 tot 12 mm.

Voor berekening van de oppervlakte van HRB wordt dikwijls de volgende vergelijking gebruikt (Cooper en Green, 1995):

$$A_h = \frac{Q_d (\ln C_o - \ln C_t)}{K_{BZV}}$$

waarin:

A_h = bed-oppervlakte (m²)

Q_d = gemiddeld influent debiet (m³/d)

C_o = gemiddeld influent BZV (g/m³)

C_t = vereist gemiddeld effluent BZV (g/m³)

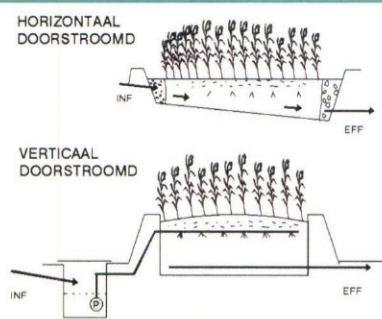
K_{BZV} = 1e orde BZV afbraak constante (m/d)

Voor de temperatuur-afhankelijke waarde van K_{BZV} kan in het geval van normaal rioolwater (BZV tussen 150 en 300 mg/l) en een gematigd klimaat een waarde van 0,06 m/d gebruikt worden. Voor secundaire behandeling levert bovenstaande vergelijking een waarde van circa 5 tot 10 m²/ie op. Crites (1994) stelt een maximale BZV belasting van HRB van 7,5 g BZV/m².d voor.

Verticaal doorstroomde helofytenfilters

Bij VRB is steeds sprake van intermitterende belasting. Het influent dient over de gehele bed-oppervlakte verdeeld te worden. Dit geschiedt bijvoorbeeld via een systeem van geperforeerde buizen. Het is belangrijk, dat het influent aanvankelijk een afgesloten waterlaag op het filter vormt. Daartoe dient de bovenste laag van een VRB uit relatief fijn zand te bestaan. De wegzakkende waterlaag trekt verse lucht achter zich aan het filter in en verdringt de aanwezige 'verbruikte' lucht. Na het droogvallen van de oppervlakte van het

Afb. 1 Helofytenfilters.



Parameter	Horizontale doorstroming	Verticale doorstroming	
	Gemiddeld rendement (%) a	Gemiddeld rendement (%)	
	(a)	(b)	(c)
SS	73	90	99
BZV ₅	80	96	99
CZV	66	87	97
NH ₄ -N	34	66	96
TN	40	38	58
TP	32	58	40
Bacteriële indicatoren	99.7(d)	99-99,9(c)	-

- a) Op basis van gegevens van 71 installaties in Denemarken volgens Schierup *et al.*(1990) in: Haberl *et al.*, 1995
- b) Gemiddelde van vier installaties in diverse landen (Haberl *et al.*, 1995)
- c) Hartjes en Geurts van Kessel, 1996
- d) E.coli verwijdering bij een verblijftijd van 48 uur (Green *et al.* 1997)
- e) Schatting van fecale coliformen verwijdering op basis van gegevens bij onbeplante filters (van Buuren *et al.*, 1998)

Tabel 1. Zuiveringsrendementen bij de secundaire behandeling van huishoudelijk afvalwater door middel van horizontaal en verticaal doorstroomde helofytenfilters.

filter treedt diffusie van zuurstof op. De relatief goede zuurstofinbreng in VRB kan vergaande nitrificatie tot gevolg hebben. De beladingsfrequenties verschillen in de praktijk sterk. Veel filters worden een- tot driemaal per etmaal belast. Met het oog op een optimale zuurstofinbreng lijkt echter een hoger frequentie van circa tien per dag gunstiger (Boller en Schwager, 1993).

Bij VRB is doorgaans een hogere belasting mogelijk dan bij HRB, omdat door een sterkere mineralisatie in het bed minder snel verstopping optreedt.

Cooper *et al.* (1996) stellen met betrekking tot de bed-oppervlakte van VRB voor: 1 m²/ie (150 mm/d) voor uitsluitend BZV-verwijdering en 2 m²/ie (75 mm/d) voor BZV verwijdering en nitrificatie. In de Nederlandse praktijk zijn voor voorbezonden rioolwater de waarden 50 mm/d of 3 m²/ie gangbaar. Bij tertiaire behandeling kan de hydraulische belasting hoger zijn: 250-300 mm/d.

Tabel 1 geeft enkele resultaten weer van de secundaire behandeling van huishoudelijk afvalwater.

Het filterbed van een VRB bestaat doorgaans uit circa één meter zand (bijvoorbeeld mediaandiameter 0.2 mm), waaraan ter verbetering van de verwijderingsrendementen van stikstof en fosfaat hulpstoffen zoals zeoliet, ijzervijlsel, schelpengrit en stro zijn toegevoegd. Onder en boven het zand bevindt zich een grindlaag met daarin respectievelijk de drainage en de infiltratiebuizen.

De betere nitrificatiecapaciteit en het

geringere ruimtebeslag hebben geleid tot toename van de interesse in de verticaal doorstroomde systemen. In Nederland worden, in tegenstelling tot bijvoorbeeld Engeland, vrij-

van april tot augustus. Het riet kan in een periode van een jaar tot een dichte begroeiing komen. Voor het aanslaan van de planten dient het waterniveau circa vijf cm onder het bedoppervlak te staan. Men dient overmatige onkruidgroei, opslag van boompjes die de afdichtingsfolie kunnen beschadigen en vraat door konijnen te voorkomen. Inlaatwerken dienen regelmatig schoongemaakt te worden teneinde verstopping tegen te gaan.

Bij een te dichte rietvegetatie is maaien noodzakelijk. In Nederland gebeurt dit in het najaar. Met laat het afgemaaid riet gedurende de winter op het filter liggen om bescherming tegen de vorst te behouden. Om het vrijkomen van nutriënten uit rottend riet te voorkomen dient men het dode riet in het voorjaar van het filterbed te verwijderen.

Behandeling afvalwater

Rietbedfilters worden toegepast voor de behandeling van ruw, voorbezonden (behandeld met septic tank) en secundair behandeld huishoudelijk afvalwater. De behandeling van ruw afvalwater is beschreven door Boutin *et al.*(1997) voor installaties van 100 tot 1000 ie.

De meest gangbare toepassingen zijn

Type helofytenfilter	Sterk	Zwak
Horizontale doorstroming	- Eenvoudige constructie	- Verstopping leidend tot oppervlaktestroming en rendementsverlies
	- Eenvoudige bedrijfsvoering	
Verticale doorstroming	- In tweetraps systeem geschikt voor denitrificatie	- Relatief groot oppervlak nodig
	- Betere zuurstofinbreng ⇒ nitrificatie	- Relatief lage zuiveringsprestatie m.n. van NH ₄ -N.
	- Relatief hoge belasting mogelijk	- Relatief duur (o.a. verdeel en drainage systeem)
		- Pomp (energie) en/of influentschakeling nodig i.v.m. intermitterende belasting

Tabel 2. Vergelijking van horizontale en verticale helofytenfilters.

wel uitsluitend verticale systemen toegepast.

In tabel 2 worden horizontaal en verticaal doorstroomde helofyten-systemen met elkaar vergeleken.

Onderhoud

Het beplanten van nieuwe filters kan in West-Europa het best gebeuren in de periode

secundaire behandeling bij individuele woningen, groepjes woningen en bij landbouwbedrijven, en tertiaire behandeling van effluenten van kleine rioolwaterzuiveringsinstallaties (< 2000 ie., met name in Groot-Brittannië). Het effluent wordt in sommige gevallen hergebruikt voor toiletspoeling, irrigatie en dergelijke. Bij gescheiden inzameling



Helofytenfilter bij melkveehouderij te Boxtel.

van zwart en grijs afvalwater, kunnen helofytenfilters voor de behandeling van het grijze water worden ingezet (Fittschen en Niemczynowicz (1997) en Otterpohl *et al.* (1997)).

Het afvalwater van veehouderijbedrijven bevat naast huishoudelijk afvalwater onder andere ook melkresten (vet!) en een beperkte hoeveelheid mest en heeft daardoor een aanzienlijk hogere BZV₅ (circa 2000 mg/l) dan huishoudelijk afvalwater. Hartjes en Geurts van Kessel (1997) rapporteren over een helofytenfilter-installatie bestaande uit de volgende voorbehandelingsstappen: een septic tank en een vervanger voor respectievelijk zwart en grijs huishoudelijk afvalwater en een bezinktank voor het afvalwater van de melkstal. Op de voorbehandeling volgt een VRB-installatie met een hydraulische belasting van gemiddeld 1,5 m³/d op een bed-oppervlak van 45 m² en een CZV belasting van 31,4 g/m².d. De gemiddelde verwijderingspercentages over een periode van twee jaar worden vermeld in tabel 2. Zn en Pb worden elk voor meer dan 99 procent verwijderd. De TN-verwijdering is relatief hoog (vergelijk tabel 1) mede door het aanbrengen van een C-bron (stro) onderin het filterbed. Met betrekking tot vorstgevoeligheid van het systeem concluderen de auteurs, dat een langdurige winterperiode een zekere negatieve invloed heeft op de verwijderingsrendementen. De zuiveringsresultaten zijn hierbij echter niet slechter dan bij communale rioolwaterbehandeling. De jaarlijkse kosten van behandeling worden berekend op 231 gulden per verwijderde i.e., waarbij de bijdrage van loonkosten voor onderhoud 45 procent bedraagt.

Andere toepassingen en nieuwe ontwikkelingen

Helofytenfilters zijn ingezet voor de behandeling van tal van typen water: industrieel afvalwater, rioolwateroverstorten, vervuild regenwater afstromend van wegen en oppervlaktewater. Bij deze laatste toepassingen gaat het om nutriëntenverwijdering door middel van oppervlakkig doorstroomde 'vloeiervelden'.

Via het oogsten van de planten wordt een eliminatie van 100 kg P/ha.j en 500 kg N/ha.j mogelijk geacht (zie: De Jong, 1996). Een voorbeeld van effluent-nabehandeling in met lisdodde en riet beplante sloten is te vinden bij Schreijer *et al.*, 1997.

Helofytenfilters worden ook ingezet voor behandeling van diverse typen zuiverings-slib. Zie Cooper *et al.* (1996). Teneinde de zuiveringsrendementen van met name stikstof te verhogen, wordt geëxperimenteerd met tweetraps systemen (Laber *et al.*, 1997). Ook worden, met name om de P-verwijdering te verhogen, alternatieve filtermaterialen (z.g. light weight aggregates) en addities aan zand voorgesteld (Zhu *et al.*, 1997)

Tot slot

De goede ervaringen met helofytenfilters hebben vooral betrekking op de zuivering van huishoudelijk afvalwater, melkspoelwater en waterstromen met een vergelijkbare samenstelling. Wereldwijd vinden experimenten met wisselende resultaten plaats met tal van andere afvalwaterstromen.

Het ware wenselijk om in de Nederlandse situatie te komen tot een overzicht van andere

afvalwaterstromen, die met succes via een helofytenfilter kunnen worden behandeld (inclusief de condities). Nadere studie naar de duurzaamheid van helofytenfilters in vergelijking met andere zuiveringssystemen voor decentrale toepassingen is ook gewenst. ◀

LITERATUUR

- Bahlo, K., G. Wach, 1992, Naturnahe Abwasserreinigung, Oekobuch, Staufen bei Freiburg, 137 pp.
- Boller, M. A. Schwager, J. Eugster, V. Mottier, 1993, Dynamic Behaviour of Intermittent Buried Filters, *Water Sci. & Techn.* 28 (10) pp. 99-107.
- Boutin, C., A. Liénard, D. Esser, 1997, Development of a new generation of reed-bed filters in France: first results, *Water Sci. & Techn.* 35 (5) pp. 315-322.
- Brix H., 1997, Do macrophytes play a role in constructed treatment wetlands? *Water Sci. & Techn.* 35 (5) pp. 11-17.
- De Jong, E.J.M., 1996, Oppervlaktewaterzuivering door helofytenfilters, *Wetenschapswinkel Biologie, Universiteit Utrecht.*
- Cooper, P.F., B. Green, 1995, Reed bed treatment systems for sewage treatment in the United Kingdom - The first 10 years' experience, *Water Sci. & Techn.* 32 (3) pp. 317-327.
- Cooper, P.F., G.D. Job; R.B.E. Shutes, 1996, Reed beds and constructed wetlands for wastewater treatment, WRE Swindon, Swindon, Wiltshire SN5 8YF, UK, 184 pp.
- Crites, R.W., 1994, Design criteria and practice for constructed wetlands; *Water Sci. & Techn.* 29 (4) pp.1-6.
- Fittschen, L., Niemczynowicz, J., 1997, Experiences with dry sanitation and greywater treatment in the ecovillage Toarp, Sweden, *Water Sci. & Techn.* 35 (9) pp. 161-170.
- Green, M.B., P. Griffin, J.K. Seabridge, D. Dhoobie, 1997, Removal of bacteria in subsurface flow wetlands; *Water Sci. & Techn.* 35 (5) pp. 109-116
- Hartjes, H., M.S.M. Geurts van Kessel, 1997, Een verticale helofytenfilter als IBA-systeem voor afvalwater afkomstig van woning en rundveemelkstal, GTD.
- Laber, J., R. Perfler, R. Haberl, 1997, Two strategies for advanced nitrogen elimination in vertical flow constructed wetlands, *Water Sci. & Techn.* 35 (5) pp. 71-77.
- Otterpohl R., M. Grottker, J. Lange, 1997, Sustainable water management in urban areas; *Water Sci. & Techn.* 35 (9) pp. 121-133.
- Perfler, R., R. Haberl, 1993, Actual experiences with the use of reed bed systems for wastewater treatment of single households, *Water Sci. & Techn.* 28 (10) pp.141-148.
- Schreijer, M., R. Kampf, S. Toet, J. Verhoeven, 1997, The use of constructed wetlands to upgrade treated sewage effluents before discharge to natural surface water in Texel island, The Netherlands-Pilot study, *Water Sci. & Techn.* 35 (5) pp. 231-237.
- Van Baaren, J.C.L., A. Abusam, G. Zeeman, G. Lettinga, 1998, Primary Effluent Filtration, Paper presented at International WIMEK Conference "Options for Closed Water Systems", Wageningen.
- Vissers J., Effluentboeren, een voorbeeldplan vierde nota, 1994, IKC Natuurbeheer, Wageningen.
- Zhu, T., P.D. Jenssen, T. Machlum, T. Krogstad, 1997, Phosphorus sorption and chemical characteristics of Lightweight aggregates (LWA)-Potential filter media in treatment wetlands, *Water Sci. & Techn.* 35 (5) pp. 103-108.