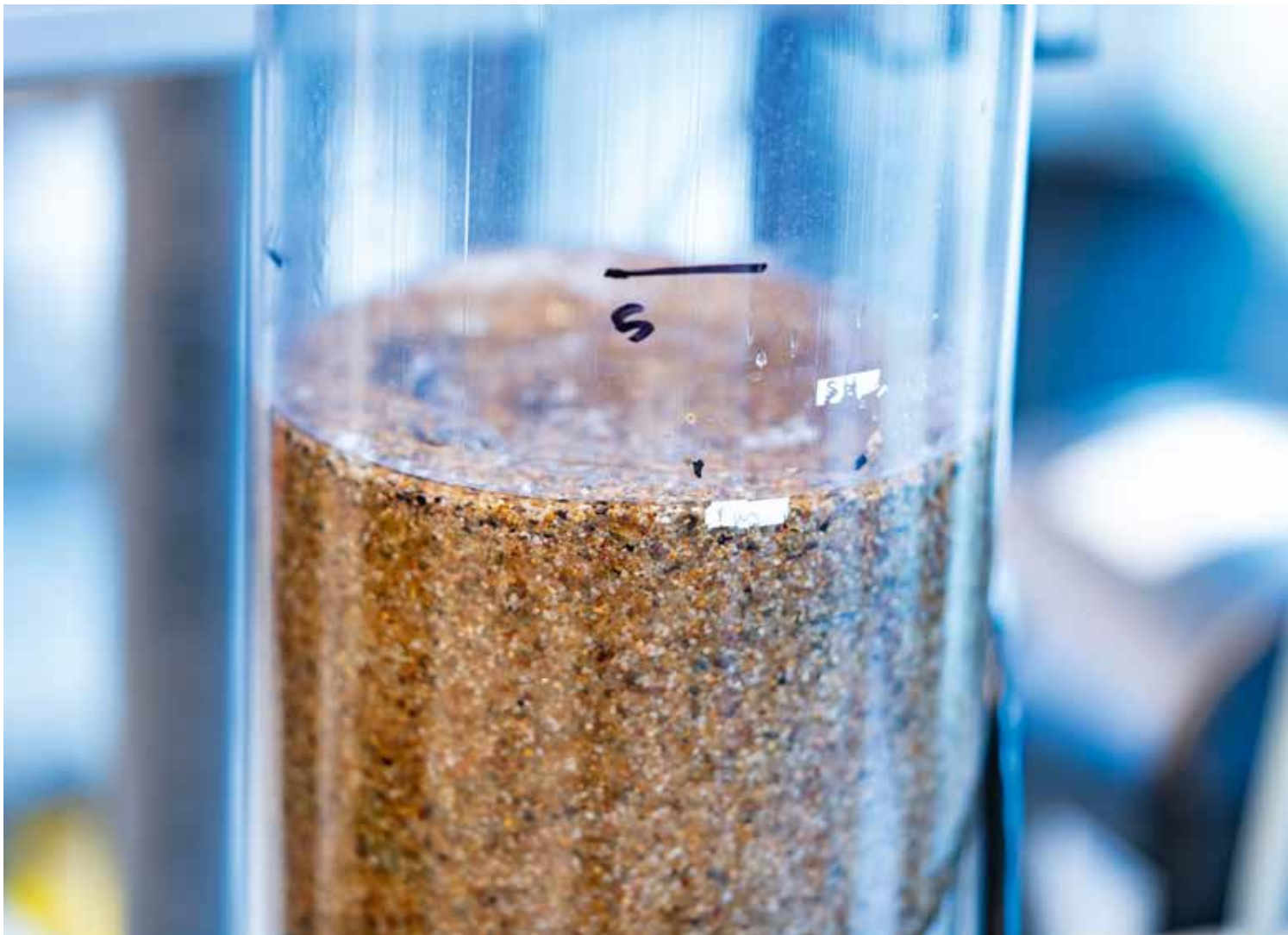




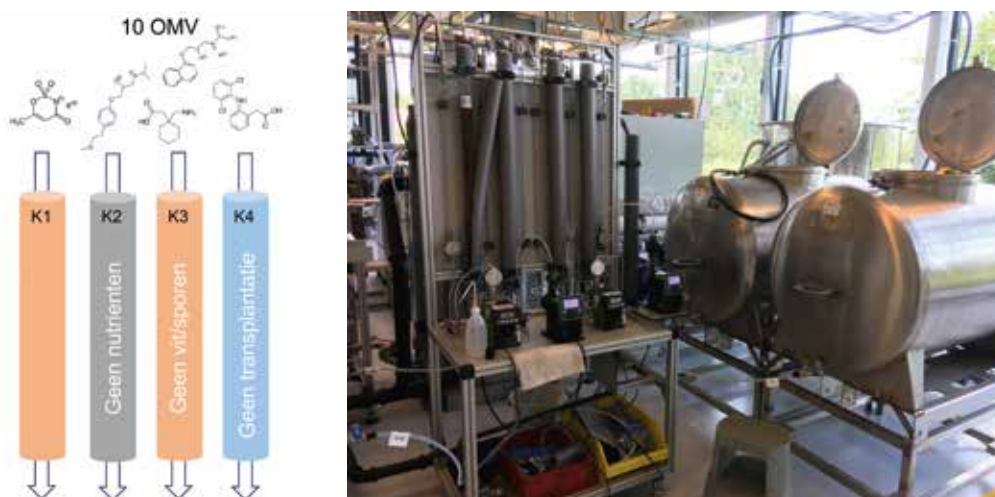
In de werkplaats: kolomexperiment met snelfilterzand

AUTEURS

Peer Timmers
(KWR)Wolter Siegers
(KWR)Paul van der Wielen
(KWR)Marco Dignum
(Waternet)

ZANDTRANSPLANTATIE BIJ SNELLE ZANDFILTERS VOOR BETERE VERWIJDERING VAN ORGANISCHE MICROVERONTREINIGINGEN VOOR DRINKWATERPRODUCTIE

In de drinkwaterzuivering wordt al decennialang snelle zandfiltratie, ofwel snelfiltratie, ingezet voor de verwijdering van onder andere zwevende stof en organisch en anorganisch materiaal (zoals methaan, ammonium, ijzer en mangaan). Voor een groot deel van deze stoffen gebeurt de verwijdering biologisch, dat wil zeggen met behulp van bacteriën in het zandfilter. Mogelijk kan snelfiltratie ook ingezet worden voor verwijdering van organische microverontreinigingen (OMV's). Kan de verwijdering van OMV's daarbij ook gestimuleerd worden door zandtransplantatie?



Abbeelding 1. Schematische weergave van de kolomproeven (links) en de opstelling in de proefhal (rechts). In alle vier de kolommen werd oppervlaktewater gedoseerd met toegevoegde OMV's en al dan niet toegevoegde nutriënten, vitaminen/sporenelementen (vit/sporen). In drie van de vier werd zandtransplantatie toegepast.

Met OMV's bedoelen we een breed scala aan organische stoffen zoals geneesmiddelen, bestrijdingsmiddelen, en industriële stoffen, die in lage concentraties (in de orde van $\mu\text{g/L}$ tot ng/L) in oppervlaktewater en grondwater voorkomen, en die verschillende fysische en chemische eigenschappen hebben. In de drinkwaterproductie moeten deze stoffen worden verwijderd. Daarvoor zijn aanvullingen en/of aanpassingen in het huidige zuiveringsproces nodig.

Snelfiltratie is in veel zuiveringen al deel van het proces en kan mogelijk ook ingezet worden voor verwijdering van OMV's, aanvullend of zelfs als alternatief voor andere procestechnieken om OMV's te verwijderen. Fysischchemische technieken vergen vaak veel energie of chemicaliën, en in het geval van membraanfiltratie en actiefkoolfiltratie produceren ze een reststroom of afvalproduct. Dit geldt niet voor biologische verwijdering. Biologische verwijdering kan bovendien OMV's compleet afbreken, zonder reststromen.

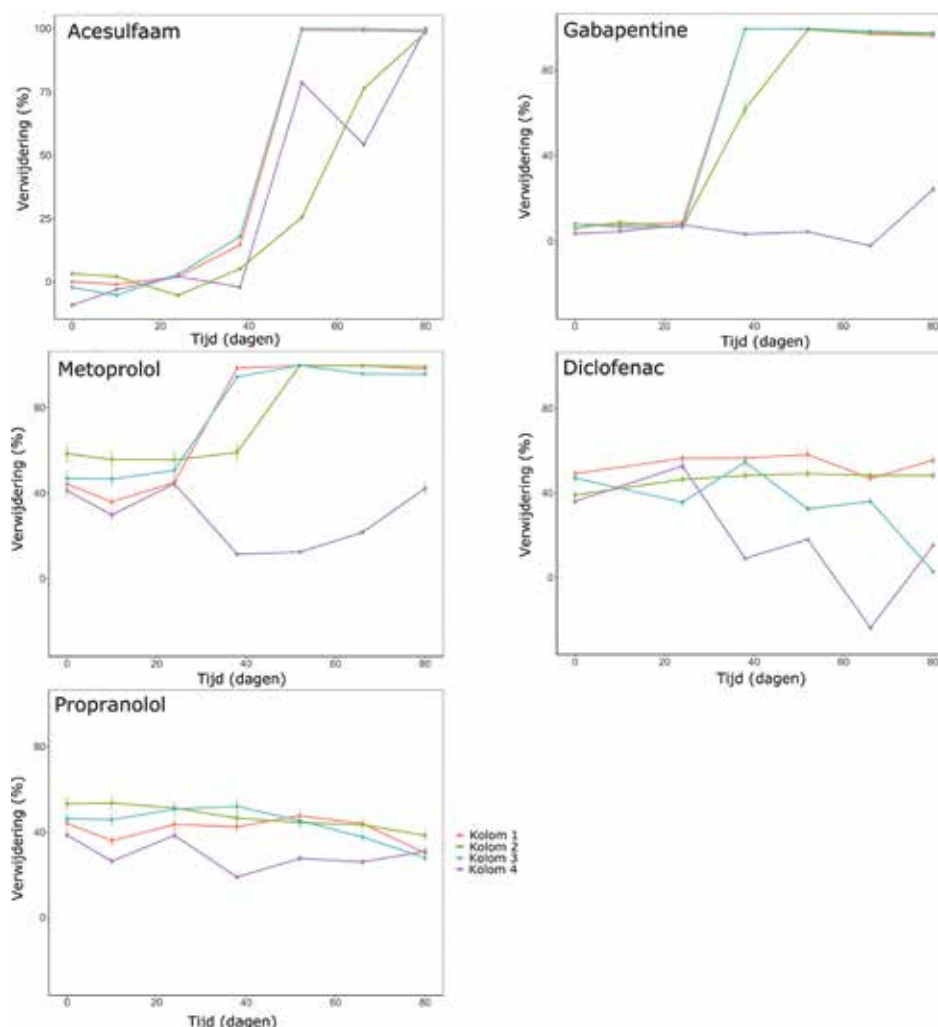
Er zijn steeds meer indicaties dat zandsnelfilters een breed scala aan OMV's (deels) biologisch kunnen verwijderen. Dit kan gedaan worden door bacteriën die de OMV's gebruiken voor groei (metabolisch) of door bacteriën die OMV's oxideren tegelijk met ammonium-, methaan-, ijzer- of mangaanoxidatie (co-metabolisch) [1]. Er is waarschijnlijk geen grote extra investering nodig om snelfilters te optimaliseren voor OMV-verwijdering. Dit maakt deze oplossing duurzaam en milieuvriendelijk. Bovendien is snelfiltratie vaak een van de eerste stappen in de drinkwaterzuivering. Een groot deel van de OMV's wordt dus al verwijderd voordat het water de rest van de zuivering ingaat.

Uit eerder onderzoek is gebleken dat er grote verschillen zijn in aanwezigheid van OMV's en de verwijderingscapaciteit tussen snelfilters van verschillende productielocaties [2]. In dit project is daarom onderzocht of OMV-verwijdering gestimuleerd kan worden door zandtransplantatie (enten van snelle zandfilters met materiaal van een ander filter) en/of biostimulatie (toevoegen van stoffen aan snelfilters die groei van micro-organismen stimuleren). Vergelijkbare processen worden al jaren succesvol ingezet voor het schoonmaken (bioremediatie) van vervuilde bodems [3].

Kolomproeven met zandtransplantatie

De experimenten die we in dit artikel beschrijven, zijn gedaan met vier kolommen, gevuld met zand van een fullscale snelfilter dat slecht was in het verwijderen van OMV's. In drie van de vier kolommen is zand getransplanteerd (10% w/w) van een fullscale snelfilter dat juist goed was in het verwijderen van (een aantal) OMV's.

Als influent voor de kolommen werd het natuurlijke oppervlaktewater (influent van de full scale filters) gebruikt, waaraan een mengsel van 10 OMV's werd toegevoegd (acesulfaam, amidotrizoïnezuur, benzotriazool, carbamazepine, diclofenac, iopamidol, metoprolol, propranolol, gabapentine en perfluorooctaanzuur (PFOA)), al dan niet aangevuld met nutriënten (ammonium, nitraat en fosfaat) en een vitamine/sporenelementen oplossing (zie afbeelding 1). De meeste OMV's hadden een eindconcentratie in het influent van $10 \mu\text{g/L}$, behalve diclofenac ($1 \mu\text{g/L}$) en amidotrizoïnezuur ($25 \mu\text{g/L}$). Deze OMV's verschillen in hun verwijdering tijdens drinkwaterzuivering, maar ook in hun eigenschappen, zoals wateroplosbaarheid. De influenten werden in de kolommen gedoseerd (3 liter per uur; contacttijd 0,25 uur), zie afbeelding 1.



Afbeelding 2. De resultaten van de kolomproeven. Het percentage verwijdering van acesulfaam, gabapentine, metoprolol, diclofenac en propranolol door de 4 verschillende kolommen.

OMV's verwijderd?

Na 80 dagen waren acesulfaam, gabapentine en metoprolol zeer goed (99%) verwijderd, diclofenac en propranolol goed (30-55%) en PFOA, carbamazepine, 1-H benzo-triazole, amidotrizoate en iopamidol slecht (< 20%). De getransplanteerde kolommen haalden 99% verwijdering van acesulfaam na 45 dagen, terwijl de niet-getransplanteerde kolom dit pas na 80 dagen bereikte. Daarnaast verwijderden de getransplanteerde kolommen gabapentine en metoprolol voor 99% binnen 24 dagen, terwijl de niet-getransplanteerde kolom na 60 dagen nog steeds geen gabapentine en maar 40% metoprolol verwijderde (afbeelding 2). Omdat de verwijdering toenam in de tijd voor acesulfaam, gabapentine en metoprolol, toont dit aan dat deze OMV's waarschijnlijk biologisch, metabolisch verwijderd werden. Hierbij gebruiken micro-organismen de OMV's als energie- en koolstofbron om te groeien, met behulp van zuurstof of nitraat.

Er werd ook een negatieve relatie gevonden tussen

OMV-verwijdering en ammoniumoxidatie, en het aantal ammonium-oxiderende micro-organismen nam af tijdens de kolomproeven. Dit toont aan dat OMV-verwijdering niet gekoppeld was aan ammoniumoxidatie via co-metabolisme. Zandtransplantatie lijkt dus mogelijk effectief voor een snellere en/of verbeterde verwijdering van deze stoffen in snelfilters. Propranolol en diclofenac daarentegen lijken vooral verwijderd te worden door sorptieprocessen, aangezien de verwijdering stabiel is of zelfs afneemt, door verzadiging van het zand.

Betekenis voor de praktijk

Voordat zandtransplantatie en biostimulatie toegepast kunnen worden op grotere schaal is er meer onderzoek nodig naar een breder scala aan OMV's, langetermijneffecten (hoe het filter blijft presteren op de langere termijn), en seizoensschommelingen in het te zuiveren water. Denk bij dat laatste vooral aan de aanwezigheid en concentraties van OMV's en nutriënten en aan omgevings-

factoren zoals de temperatuur van het te zuiveren water. Ook de contacttijd met het filter heeft mogelijk invloed op de OMV-verwijdering. In het hier beschreven onderzoek werd een aantal OMV's namelijk niet genoeg verwijderd in 0,25 uur, maar mogelijk wel bij langere contacttijden. Een aantal OMV's zullen waarschijnlijk nooit te verwijderen zijn met snelfilters, waardoor complementaire zuiveringsstappen essentieel blijven.

Zandtransplantatie en biostimulatie (toevoegen van nutriënten en/of vitaminen en sporenelementen) kunnen zorgen voor een snellere en/of verbeterde verwijdering van bepaalde OMV's. Biostimulatie wordt al jaren toegepast bij Waternet, dat fosfaat doseert aan snelfilters om microbiële nitrificatie bij lage temperaturen te stimuleren. Om microbiële OMV-verwijdering te stimuleren kan dit mogelijk in de toekomst uitgebreid worden met andere nutriënten.

Op grote schaal is zandtransplantatie niet de ideale vorm om OMV-verwijderende micro-organismen toe te voegen, vooral omdat er grote volumes zand getransplanteerd moeten worden. Daarnaast is onbekend of op het moment van transplantatie de juiste micro-organismen wel voldoende aanwezig zijn, en weten we vaak nog niet wat de optimale omstandigheden zijn voor de OMV-verwijderende micro-organismen.

BRONNEN

1. Wang J., de Ridder D., van der Wal A. & Sutton N.B. (2021). Harnessing biodegradation potential of rapid sand filtration for organic micro-pollutant removal from drinking water: A review, *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 51:18, 2086-2118, DOI: 10.1080/10643389.2020.1771888
2. Di Marcantonio C, Bertelkamp C, van Bel N, Pronk TE, Timmers PHA, van der Wielen P, Brunner AM (2020). Organic micropollutant removal in full-scale rapid sand filters used for drinking water treatment in The Netherlands and Belgium. *Chemosphere*. 2020 Dec;260:127630. doi: 10.1016/j.chemosphere.2020.127630. Epub 2020 Jul 12. PMID: 32758778.
3. Van Ras N., Volkers B. (2008). In-situ gestimuleerde biologische afbraak: een natuurlijke oplossing! Stichting Kennisontwikkeling Kennisoverdracht Bodem cahier.
4. Timmers P.H.A., Lousada Ferreira M., Siegers W. (2022). Bioremediatie van snelfilters voor verwijdering van organische microverontreinigingen, BTO 2022.042.
5. Peer H.A. Timmers et al. (2023). Bioremediation of rapid sand filters for removal of organic micropollutants during drinking water production, *Water Research*, 120921, ISSN 0043-1354, <https://doi.org/10.1016/j.watres.2023.120921>.

Bioaugmentatie, d.w.z. het enten van specifieke micro-organismen, zou effectiever zijn, omdat er kleinere volumes van geconcentreerde cellijnen toegevoegd kunnen worden. Ook kan dan gericht geënt worden met de juiste micro-organismen. Daarnaast is het mogelijk de optimale omstandigheden voor de micro-organismen te bestuderen en is de aanwezigheid en groei gemakkelijker te monitoren met moleculaire DNA-methoden.

Bioaugmentatie wordt al jaren toegepast voor bodemverontreiniging [3], maar heeft zijn weg nog niet gevonden in de afval- en drinkwaterzuivering. Wanneer uit vervolgonderzoek blijkt dat bioaugmentatie succesvol is, is het vooral in de drinkwatersector van belang dat micro-organismen zo worden ingezet dat het geen risico vormt voor de waterkwaliteit van het resulterende drinkwater. Het is bijvoorbeeld aan te bevelen om inheemse micro-organismen te introduceren die gekweekt zijn uit zandfilters, zodat de natuurlijke populatie niet verstoord wordt.

Peer Timmers, Wolter Siegers, Paul van der Wielen (KWR), Marco Dignum (Waternet)

Dit onderzoek is uitgevoerd in het kader van het bedrijfstakonderzoek (BTO) van de drinkwaterbedrijven, in samenwerking de waterbedrijven (PWN, Waternet, Dunea, WML en Evides).

SAMENVATTING

Snelle zandfiltratie kan mogelijk ingezet worden voor verwijdering van organische microverontreinigingen (OMV's). In dit project is op laboratoriumschaal onderzocht of OMV-verwijdering gestimuleerd kan worden door zandtransplantatie (enten van snelle zandfilters met materiaal van een ander, beter presterend zandfilter) en/of biostimulatie (toevoegen van nutriënten die groei van micro-organismen stimuleren). De resultaten tonen aan dat drie van de tien gedoseerde OMV's (acesulfaam, gabapentine, en metoprolol) biologisch verwijderd worden en dat zandtransplantatie en biostimulatie effectief kunnen zijn om deze stoffen sneller en/of beter te verwijderen. Voordat toepassing op grote schaal mogelijk is, is meer onderzoek nodig, vooral naar een breder scala aan OMV's, langetermijneffecten en seizoenschommelingen in het te zuiveren water. Daarnaast is het nodig om de micro-organismen die verantwoordelijk zijn voor de OMV-afbraak te kweken, zodat deze gericht geënt kunnen worden tijdens bioaugmentatie van snelfilters.