



Monstername bij subirrigatie Haaksbergen

AUTEURS

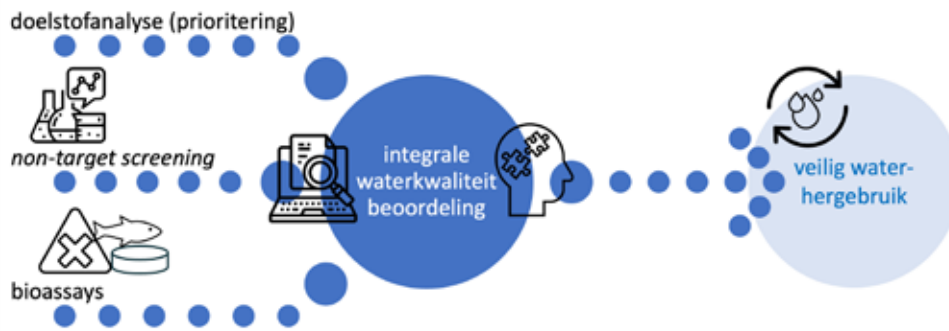
Frederic Béen en Milou Dingemans
(KWR)Nienke Koeman en Stefan Kools
(KWR)Thomas ter Laak
(KWR)

BEOORDELING CHEMISCHE WATERKWALITEIT VOOR VEILIG HERGEBRUIK

Klimaatverandering zorgt voor langere droge perioden en een groeiende vraag naar water. Dat maakt de toekomstige beschikbaarheid van voldoende zoetwater van voldoende kwaliteit tot een grote uitdaging. Een circulaire benadering kan een oplossing bieden: hergebruik van gezuiverd rioolwater of industrieel afvalwater kan (tijdelijke) tekorten van water opvangen. Hoe kunnen we beter garanderen dat water veilig is voor hergebruik?

Momenteel is de 'waterbalans' van Nederland uit evenwicht. Er wordt 977 Mm³/jaar meer grondwater onttrokken dan langs natuurlijke weg wordt aangevuld. Tegelijk lozen de rioolwaterzuiveringsinstallaties (rwzi's) en industriële afvalwaterzuiveringsinstallaties in Nederland 2160 Mm³/jaar op het oppervlaktewater [1]. Hergebruik van dit effluent zou de verdroging kunnen beperken en helpen in het voldoen aan de watervraag.

Water kan in principe worden hergebruikt voor heel veel toepassingen. Voorbeelden zijn drinkwater, irrigatie in de landbouw, koeling, (industriële) proceswater, natuur, recreatie, en aanvulling van grondwater.



Afbeelding 1. Methoden voor waterkwaliteitsanalyses kunnen meer opleveren als ze gecombineerd worden toegepast

Beleid voor waterhergebruik

Hergebruik van water brengt echter ook vragen met zich mee. Water kan immers door de vorige toepassing verontreinigd zijn met biologische en chemische componenten. Die kunnen het ongeschikt maken voor hergebruik. Het is echter verhelderend om je te realiseren dat we gezuiverd afvalwater standaard lozen op oppervlaktewater. Dit oppervlaktewater wordt stroomafwaarts weer voor van alles gebruikt, zoals voor irrigatie [2]. In feite is er dus al sprake van 'hergebruik' van gezuiverd afvalwater. Eventuele risico's die gepaard gaan met dit hergebruik worden nu echter niet structureel in beeld gebracht of geminimaliseerd. Voor irrigatie met gezuiverd rwzi-effluent is er wel een Europese richtlijn [3]. Die voorziet in een vergunningplicht, waarbij risico's in beeld gebracht en gemonitord moeten worden. Voor andere vormen van waterhergebruik ontbreekt het (inter)nationaal nog aan beleid of regelgeving. Denk hierbij bijvoorbeeld aan infiltratie in de bodem – ook hier zou monitoring van de waterkwaliteit belangrijk zijn, om negatieve effecten op het ecosysteem te voorkomen. Wel is eerder in het onderzoeksprogramma Water in de Circulaire Economie (WiCE) nagedacht over kwaliteitseisen en het benodigde juridisch kader voor waterhergebruik in de drinkwatersector [4].

Beoordeling waterkwaliteit voor verantwoord hergebruik

Bij het hergebruik van water uit alternatieve bronnen gaat de chemische veiligheid naast de microbiologische een steeds grotere rol spelen. Om te kunnen beoordelen welke zuiveringsinspanning geleverd moet worden om water geschikt te maken voor verantwoord hergebruik is een duidelijk beeld nodig van de waterkwaliteit. Het beoordelen van de chemische waterkwaliteit is echter een bijzondere uitdaging vanwege het extreem grote aantal (vaak onbekende) microverontreinigingen dat in gebruikt water aanwezig kan zijn. Vaak ontbreekt informatie over de herkomst, mogelijke (mengsel)toxiciteit en lot ('waar blijven de stoffen in het milieu'). De gangbare me-

thode voor het beoordelen van chemische waterkwaliteit richt zich vaak op een beperkt aantal stoffen (doelstoffen), of het nu gaat om de monitoring van drinkwater, oppervlaktewater, gezuiverd rwzi-effluent of industrieel afvalwater. Gezien het grote aantal mogelijke microverontreinigingen maakt dat dit een onvolledig beeld kan geven. Te beperkt in elk geval voor een verantwoorde beoordeling van de veiligheid bij hergebruik. Maar er zijn meer analysemethoden beschikbaar. Grofweg kunnen de volgende analysemethoden onderscheiden: doelstofanalyse, non-target screening en bioassays. Een combinatie van methoden zou de zekerheid over de uitkomst van de waterkwaliteitsbeoordeling kunnen vergroten (afbeelding 1).

Met innovatieve tools om relaties tussen stoffen en trends in de tijd te ontdekken, en met nieuwe methoden voor toxicologische bepalingen (bijvoorbeeld QSARs en machine learning) kan men slim prioriteren en toch grip krijgen op welke microverontreinigingen het meest van belang zijn. Hoewel voor doelstofanalyses de specifieke parameters (stoffen) vaak zorgvuldig zijn gekozen, blijft de achilleshiel dat deze benadering niet alle aanwezige stoffen in beeld brengt. En mogelijk ook niet in alle gevallen de meest representatieve voor mogelijke risico's voor mens of milieu.

Analysemethoden combineren

Op chemisch-analytisch vlak hebben *suspect screening* en *non-target screening* (NTS) een grote vlucht genomen. Deze technieken, waaronder massaspectrometrie (afbeelding 2), stellen ons in staat een zeer breed spectrum aan stoffen te detecteren. Suspectscreening kan in een enkele analyse een groot aantal verwachte verontreinigingen in het (te hergebruiken) water ontdekken. Met non-target screening is het zelfs mogelijk om nog onbekende chemische stoffen te detecteren in te hergebruiken water, en deze soms zelfs voorlopig te identificeren zonder referentiemateriaal. Uit de resultaten kan met data-analyse aanvullende informatie worden gehaald, bijvoorbeeld over deelstructuren, geschatte concentraties of de vorming van



Foto Ruud Bartholomeus

Afbeelding 4. Bemonstering van grondwater op verschillende dieptes (vanaf de grondwaterspiegel tot 12 meter diepte) op een perceel in Haaksbergen. Hier werd gedurende meerdere jaren rwzi-effluent geïnfilteerd. Microfilters zijn in peilbuis geplaatst.

matie kunnen geven over de mogelijke effecten van deze achterblijvende stoffen.

2. *Rwzi-effluent en regenwater als proceswater*

Dow (voorheen: Dow Chemicals) in Terneuzen gebruikt veel proceswater. Hiervoor wordt onder andere verder opgezuiverd effluent van rwzi Terneuzen ingezet. Van 2019 tot 2021 is een pilot gedaan om te onderzoeken of dit kan worden aangevuld met regenwater [6]. Belangrijke vraag was welke stoffen in de verschillende bronnen voorkomen, hoe deze stoffen zich in de processtappen gedragen en of ze een belemmering kunnen vormen voor hergebruik als proceswater. Onderdeel van het onderzoek was ook wat de bruikbaarheid is van zogenaamde 'constructed wetlands' voor de zuivering voorafgaand aan het hergebruik. In het bijzonder werden suspect- en NTS-analyses gebruikt om te screenen op meer dan 2.000 relevante verbindingen (waaronder farmaceutische producten en pesticiden). Sommige hiervan konden niet met de allerhoogste zekerheid worden geïdentificeerd in de gemeten monsters, maar voldoende voor een beeld van de totale belasting met stoffen. Zo kon met de suspect screening het geneesmiddel metformine aangetoond worden, evenals stoffen die normaliter aangetroffen worden in het effluent van rwzi's en niet in het effluent van industriële waterzuiveringsinstallaties. Met NTS-analyses kwam ook de verschillen in beeld tussen influent- en effluentmonsters. Daarmee was te zien waar specifieke stoffen uit het Dow-proces zitten en waar nog onbekende stoffen zitten. Het inzicht in de geschiktheid van het influentwater als proceswater is hiermee verbeterd. Daarnaast kan het ook van belang zijn om de impact op het milieu (in de 'constructed wetlands') te onderzoeken. Bioassays zouden

hier nog aanvullende informatie kunnen geven over de potentiële (eco)toxiciteit van deze verbindingen. Dat zou een nog uitgebreidere beoordeling van de waterkwaliteit mogelijk maken.

3. *Rwzi-effluent of voorgezuiverd oppervlaktewater voor hoogwaardig hergebruik*

Een voorbeeld waarbij naast metingen aan stoffen ook bioassays zijn ingezet is de pilotstudie 'Sluiten van de Watercyclus Noord-Holland'. Deze pilot wilde onderzoeken of rwzi-effluent of voorgezuiverd oppervlaktewater geschikt zijn voor hoogwaardig hergebruik, bijvoorbeeld als irrigatiewater of zelfs drinkwater. Hier is de effectiviteit van diverse aanvullende zuiveringstechnieken voor effluent van een rwzi bestudeerd [7] door twee technieken te combineren. De verwijdering van elf geselecteerde geneesmiddelen (ook wel gidsstoffen genoemd) werd gemonitord met doelstofanalyses. De resultaten hiervan werden vergeleken met uitkomsten van bioassays. De bioassays lieten zien dat met geavanceerde zuiveringstechnieken in de meeste gevallen de gidsstoffen inderdaad afnamen. Echter, in sommige gevallen nam de hormoonverstorende activiteit, genotoxiciteit en oxidatieve stress juist toe. Daarom zijn hier aanvullende maatregelen nodig voor hoogwaardig hergebruik. Met deze combinatie van technieken (doelstofanalyse en bioassay) kan dus worden bepaald in hoeverre de gidsstoffen representatief zijn voor de verwijdering van een relevant toxicologisch effect. Op deze manier is in de pilot de kwaliteit van gezuiverd effluent vergeleken met die van voorgezuiverd oppervlaktewater. De uitkomsten van de combinatie van technieken suggereren dat de ozonbehandeling aangepast moet worden, in combinatie met andere zuiveringstechnieken,

om hoogwaardig hergebruik mogelijk te maken. De pilot geeft dus een duidelijk meer omvattend beeld van de verbetering van de waterkwaliteit na zuivering dan alleen doelstoffenanalyses kunnen geven.

Conclusie

De beschreven onderzoeken naar hergebruik van water vragen om een combinatie van technieken om zo een breder beeld te krijgen van het aantal en de identiteit van (schadelijke) stoffen in te hergebruiken water. De pilot in Noord-Holland laat zien dat met aanvullend onderzoek (bioassays) ook de toxiciteit van deze stoffen worden bepaald, maar deze aanpak wordt nog niet vaak ingezet. We pleiten dan ook voor een nieuw kader voor de beoordeling van de (chemische) waterkwaliteit in de context van waterhergebruik. We hebben laten zien dat chemische en biologische technieken goed toepasbaar zijn. De hier beschreven technieken zijn bestaande technologieën, die beschikbaar zijn in verschillende laboratoria in Nederland

BRONNEN

1. Pronk, G.J. Dooren, T.C.G.W. van Stofberg, S.F. Bartholomeus, R.P. 2020. Waterhergebruik en de Zoetwatervoorziening. <https://library.kwrwater.nl/publication/60884959/>.
2. Jack E. Beard, Marc F.P. Bierkens, Ruud P. Bartholomeus. 2019 Following the Water: Characterising de facto Wastewater Reuse in Agriculture in the Netherlands. Sustainability | Free Full-Text | Following the Water: Characterising de facto Wastewater Reuse in Agriculture in the Netherlands (mdpi.com).
3. Europese Commissie 2020. Minimumeisen voor hergebruik van water. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/NL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32020R0741&from=NL>.
4. Krajenbrink, H.J. Handgraaf, S. Koeman-Stein, N.E. Cirkel, D.G. Stofberg, S.F. 2022. Juridisch kader aanvulling watersysteem met industrieel restwater. <https://library.kwrwater.nl/publication/69265309/>.
5. Narain-Ford, D. M., A. P. van Wezel, R. Helmus, S. C. Dekker and R. P. Bartholomeus (2022). "Soil self-cleaning capacity: Removal of organic compounds during sub-surface irrigation with sewage effluent." Water Research 226: 119303.
6. Ioanna Gkoutzamani, L. Wyseure, T. Steenbakker, N. van Belzen, A. de las Heras Garcia, O. Schepers; Wetlands & hybrid desalination at Dow Terneuzen Technical report of pilot study April '19 – August '21, 2021-10, 2021.
7. Bertelkamp, C., Dingemans, M.M.L. Roest, K. Hornstra, L.M. Hofman-Caris, C.H.M. Reus, A.A. (202) TKI Sluiten watercyclus Noord-Holland <https://library.kwrwater.nl/publication/61261355/>

en daarbuiten. Voor het uitvoeren van de analyses, de interpretatie van de resultaten en de toetsing aan waterkwaliteitseisen zijn echter wel specifieke expertises nodig. Het is dus zaak om verschillende experts te betrekken bij de waterkwaliteitsbeoordeling voor waterhergebruik. Voor een compleet kader, waarin ook microbiologische waterkwaliteit wordt beoordeeld, moeten ook experts op dat gebied worden betrokken.

Samenvattend bieden geavanceerde chemisch-analytische, biologische en data-analyse-technieken, in combinatie met kennis van herkomst en eigenschappen van de verontreinigingen, de mogelijkheid om de waterkwaliteit degelijk te beoordelen. Dat is nodig om mogelijkheden voor hergebruik af te wegen en om zo nodig risicobepalende maatregelen te selecteren.

Daarbij is ook begrip nodig van de herkomst en het lot van de gedetecteerde stoffen, waaronder trends en omzettingen in het milieu. Ook hierbij vullen verschillende technieken elkaar aan. Samen geven ze een completer beeld van de chemische waterkwaliteit. Dit vergroot de betrouwbaarheid van de beoordeling van de waterkwaliteit en verkleint daarmee de kans op onaangename verrassingen.

Frederic Béen, Milou Dingemans, Nienke Koeman, Stefan Kools, Thomas ter Laak (KWR)

SAMENVATTING

Klimaatverandering zorgt voor langere droge perioden en een groeiende vraag naar water. Hergebruik van water, bijvoorbeeld voor irrigatie in de landbouw, koeling, (industriële) proceswater of natuur (grondwateraanvulling), kan helpen om aan die groeiende vraag te voldoen. Het water voor hergebruik kan opgevangen regenwater zijn, maar kan ook afkomstig zijn van bronnen als rwzi-effluent of industrieel afvalwater.

Verontreinigingen in het te hergebruiken water kunnen risico's opleveren, afhankelijk van het voorgenomen gebruik. Er is een degelijke inschatting nodig van die risico's, en onderbouwing voor de selectie van eventuele risicobepalende maatregelen. Gangbare analysetechnieken om de waterkwaliteit te bepalen, leveren daarvoor te beperkte informatie. Dit artikel pleit voor de inzet van een combinatie van analysetechnieken, die samen een breder en betrouwbaarder beeld geven.