

Grip op opkomende stoffen in drinkwaterbronnen

Kirsten Baken (KWR Watercycle Research Institute), Merijn Schriks (Vitens), Henk Ketelaars (Evides Waterbedrijf), Gerard Stroomberg (RIWA Rijn), Annemarie van Wezel (KWR Watercycle Research Institute, Universiteit Utrecht)

Drinkwaterbedrijven worden geconfronteerd met een groot aantal chemische stoffen dat via verschillende routes de waterketen bereikt. Via beleidstrajecten en initiatieven vanuit de drinkwatersector wordt gewerkt aan kwaliteitsverbetering van het grond- en oppervlaktewater dat wordt benut voor drinkwaterproductie en aan manieren om chemische verontreinigingen in bronnen te signaleren en prioriteren. Voor prioritering is het belangrijk om vast te stellen wat het gezondheidsrisico zou zijn als stoffen in lage concentraties in het drinkwater terecht zouden komen. Voor het waarborgen van de veiligheid van drinkwater, nu en in de toekomst, is een krachtenbundeling tussen alle spelers in de waterketen essentieel.

De chemische stoffen waarmee het oppervlakte- en grondwater door menselijk toedoen wordt belast, worden aangeduid als antropogene stoffen. De drinkwaterbedrijven hebben een scala aan maatregelen voorhanden om het drinkwater te beschermen tegen structurele of incidentele verontreiniging met antropogene stoffen. Voor drinkwaterbedrijven die gebruik maken van grondwater vormt de bodem vaak een natuurlijke barrière. Waar oppervlaktewater wordt gebruikt voor drinkwaterbereiding wordt een uitgebreide zuivering toegepast om de concentraties antropogene stoffen te verlagen. Het drinkwater en de bronnen worden zeer regelmatig door gekwalificeerde laboratoria getest op een uitgebreide reeks kwaliteitsparameters. Biologische en chemische bewakingsystemen kunnen daarnaast chemische verontreinigingen tijdig signaleren, wat aanleiding kan zijn voor tijdelijke innamestops of gebruik van alternatieve drinkwaterbronnen. Door deze inspanningen wordt veilig drinkwater geproduceerd dat voldoet aan de strenge wettelijke eisen, maar dat desalniettemin niet volledig vrij is van sporen van antropogene stoffen.

Zowel door de sterke toename van productie en gebruik van chemische stoffen, als door de beschikbaarheid van gevoeligere analytisch-chemische instrumenten, worden steeds vaker nieuwe antropogene stoffen in drinkwaterbronnen aangetroffen. Van een aanzienlijk deel van deze stoffen is de chemische identiteit nog niet bevestigd en/of de toxiciteit niet bekend. Deze stoffen worden aangeduid als 'contaminants of emerging concern', ofwel 'opkomende stoffen': verontreinigingen, aangetroffen in het milieu, waarvan de exacte risico's voor mens en milieu nog onduidelijk zijn. In het waarborgen van de kwaliteit van drinkwater en bronnen onder de toenemende belasting met opkomende stoffen is niet alleen voor drinkwaterproducenten, maar ook voor lozers van stoffen (zoals de tuinbouwsector en industrie) en waterbeheerders (waterschappen en provincies) een rol weggelegd [1]. Dit artikel illustreert hoe de diverse spelers in de waterketen aan een proactieve aanpak voor opkomende stoffen in drinkwaterbronnen werken.

Bescherming van drinkwaterbronnen

Als gevolg van (i) een groeiende bevolking, (ii) een olopend gebruik van geneesmiddelen door vergrijzing, (iii) langduriger lagere waterstanden door klimaatverandering en (iv) ontwikkeling en

emissie van nieuwe stoffen, zullen naar verwachting in de toekomst steeds meer antropogene stoffen in toenemende concentraties in drinkwaterbronnen worden aangetroffen. De drinkwaterbedrijven monitoren de kwaliteit van drinkwater en -bronnen intensief en signaleren regelmatig nieuwe stoffen. Dit heeft in het verleden geleid tot maatregelen om verontreiniging van drinkwaterbronnen met onder andere methyl-tert-butylether (MTBE), ethyl-tert-butylether (ETBE), tolylfluonide en glyfosaat/AMPA te reduceren. Recente voorbeelden zijn de detectie van pyrazool, dimethoaat, GenX, melamine, ethyleendiaminetetra-azijnzuur (EDTA) en trifluoroazijnzuur in drinkwater(bronnen). Veel van deze stoffen hebben een industriële oorsprong. Registratie, vergunningverlening en monitoring van stoffen die via industrieel effluent in het oppervlaktewater worden geloosd, vindt momenteel slechts beperkt plaats. De Europese wetgeving op chemische stoffen (Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals, REACH) stimuleert fabrikanten om stoffen te produceren met een relatief lage ophoping in de voedselketen en het milieu. Juist deze goed wateroplosbare en mobiele stoffen zijn vaak slecht te verwijderen in de diverse zuiveringsprocessen. Bovendien kunnen bij afvalwaterzuivering, in het milieu en tijdens zuiveringsstappen in het drinkwaterproductieproces transformatieproducten gevormd worden. Methoden om te voorspellen en meten welke transformatieproducten worden gevormd en wat hun mogelijke effecten op de gezondheid zijn, zijn nog in ontwikkeling.

Bescherming van drinkwaterbronnen staat in Nederland (en andere delen van Europa) al geruime tijd hoog op de beleidsagenda. De aandacht voor emissies van industriële stoffen maar ook van geneesmiddelen en gewasbeschermingsmiddelen neemt daarbij toe. Zo werken overheden, maatschappelijke organisaties en kennisinstituten sinds 2016 nauw samen binnen de Delta-aanpak Waterkwaliteit en Zoetwater om onder andere emissies van antropogene stoffen terug te dringen en een goede kwaliteit van grondwater- en oppervlaktewaterwinningen te realiseren voor de drinkwatervoorziening [2]. In de 'Ketenaanpak Medicijnresten uit Water' richten de Rijksoverheid, Vereniging Innovatieve Geneesmiddelen (Nefarma), Unie van Waterschappen, Vereniging van Rivierwaterbedrijven (RIWA), vereniging van drinkwaterbedrijven (Vewin), gemeenten en partijen uit de zorgsector zich op maatregelen bij de ontwikkeling, toepassing en zuivering van geneesmiddelen om de aanwezigheid van medicijnresten in oppervlakte- en grondwater terug te dringen. De grootschalige lozing van geneesmiddelenresten via rioolwaterzuiveringen brengt immers zowel problemen voor het milieu als voor de drinkwaterzuivering met zich mee [3]. Voor de glastuinbouw is in het 'Hoofdlijnenakkoord zuivering glastuinbouw' vastgelegd dat per 1 januari 2018 ten minste 95 procent van de toegepaste gewasbeschermingsmiddelen uit afvalwater moet zijn verwijderd voordat het op het oppervlaktewater wordt geloosd. Wanneer middelen die toegepast worden op landbouwgewassen in te hoge concentraties uitspoelen naar het grondwater nabij de drinkwaterwinputten, wordt gebruik van minder of andere middelen gestimuleerd [4]. Daarnaast overlegt de drinkwatersector op eigen initiatief met partijen in de waterketen, zoals regelgevers en agrariërs, over de invloed van opkomende stoffen op de drinkwaterkwaliteit.

Signalering van opkomende stoffen

Mede naar aanleiding van de lozing van pyrazool in de Maas in de zomer van 2015 [5] werkt het ministerie van Infrastructuur en Milieu (IenM) een stappenplan uit voor langdurige incidenten met niet-genormeerde stoffen die de drinkwatervoorziening kunnen bedreigen. Daarnaast wordt een

structurele aanpak voor opkomende stoffen in drinkwaterbronnen ontwikkeld. Onderdelen van deze aanpak zijn (i) de signaleringsparameter voor 'overige antropogene stoffen' in de drinkwaterwetgeving, (ii) risicogebaseerde monitoring van opkomende stoffen, en (iii) de vergunningverlening aan partijen die afvalwater op oppervlaktewater lozen. Het RIVM evalueert momenteel de huidige signaleringsparameter van 1 µg/L voor drinkwater (Drinkwaterbesluit) en bronnen (Drinkwaterregeling), die in Nederland wordt toegepast om de kwaliteit van drinkwaterbronnen te beschermen. Wanneer drinkwaterbedrijven een overschrijding van de signaleringswaarde constateren, wordt in overleg met de inspecteur de betekenis voor de drinkwaterkwaliteit vastgesteld. Sinds september 2015 geldt daarnaast voor waterbeheerders een signaleringswaarde van 0,1 µg/L (90^e percentiel van een meetreeks van drie jaar) voor opkomende stoffen in directe drinkwaterbronnen, vastgelegd in een protocol onder het Besluit Kwaliteitsdoelstellingen en Monitoring Water (BKMW). Deze waarde is gebaseerd op de streefwaarden uit het Europese Rivierenmemorandum (ERM), waarop de drinkwaterbedrijven de beschrijving baseren van de oppervlaktewaterkwaliteit die nodig is om met een eenvoudige zuivering betrouwbaar drinkwater te kunnen produceren. Doordat deze signaleringswaarde een factor 10 lager is dan die in de Drinkwaterregeling, kunnen toenemende concentraties van stoffen tijdig gesignaleerd worden. Volgens het protocol geeft een overschrijding van de signaleringswaarde in oppervlakte- of grondwater een indicatie dat de Kaderrichtlijn Water (KRW)-doelen mogelijk in het geding zijn. Er wordt dan ingeschat wat het risico van de betreffende stof is voor de menselijke gezondheid, waarbij rekening wordt gehouden met het effect van een gecombineerde blootstelling en het voorzorgbeginsel. Ook consumentenvertrouwen, kleur/smaak/geur en zuiveringsrendement kunnen onderdeel uitmaken van de risicoanalyse. Een werkgroep van diverse belanghebbenden werkt op dit moment aan de verdere invulling.

Gezondheidskundige duiding

Bij overschrijding van de genoemde signaleringswaarden is een belangrijke vraag wat langdurige blootstelling aan de gedetecteerde stoffen in lage concentratieniveaus betekent voor de menselijke gezondheid. Voor een risicoanalyse moeten de identiteit en concentratie van de stoffen bekend zijn; jaarlijks worden bijvoorbeeld tientallen onbekende verbindingen in de Maas gemeten [6]. Gezondheidskundige streefwaarden worden berekend op basis van toxiciteitsgegevens, waarbij ruime veiligheidsmarges worden gehanteerd. Deze waarden worden vervolgens vergeleken met de (geschatte) hoeveelheid van de stof waaraan mensen via drinkwater, lucht of voedsel worden blootgesteld. Hoe groter de bijdrage van lucht of voedsel aan de blootstelling is, hoe lager de concentratie die in drinkwater wordt toegestaan. Slechts voor een beperkt aantal antropogene stoffen zijn gezondheidskundige drinkwaterstreefwaarden afgeleid; concentraties die aangetroffen worden in drinkwater liggen daar in de regel ordegrotten onder [7,8]. Het afleiden van richtlijnen is echter arbeidsintensief. Bovendien is het niet haalbaar om voor de steeds langer wordende lijsten met opkomende stoffen wettelijke normen op te stellen en daarop te monitoren en te handhaven. Voor opkomende stoffen ontbreekt daarnaast vaak de benodigde toxicologische informatie om een stofspecifieke risicobeoordeling uit te voeren. De aanpak via de signaleringsparameters (en gezondheidskundige risicobeoordeling bij overschrijding daarvan) en breed screenende meetmethoden, naast een beknopte lijst genormeerde doelstoffen, blijkt een efficiënte werkwijze om alert te blijven op veranderingen in de chemische waterkwaliteit.

Indien stoffen worden gedetecteerd waarvoor toxicologische gegevens ontbreken, kan een risicobeoordeling worden gebaseerd op 'read-across'. Aan de hand van overeenkomsten in chemische structuur tussen stoffen met onbekende en bekende biologische effecten wordt een schatting van toxicologische eigenschappen gemaakt. Zo kan op basis van structuur worden vastgesteld welke opkomende stoffen prioriteit krijgen voor verder onderzoek, monitoring en zuivering. Een andere aanpak die hiervoor kan worden gebruikt, maar die zich baseert op concentratieniveaus, is de *Threshold of Toxicological Concern* (TTC). Deze biedt een generieke drempelwaarde voor blootstelling die is gebaseerd op stoffen met bekende structuur en toxiciteit. Beneden deze drempelwaarde worden nagenoeg geen nadelige gezondheidseffecten verwacht. Voor een aantal groepen stoffen zijn dergelijke drempelwaarden berekend. Op basis daarvan kan een snelle inschatting worden gemaakt van potentiële gezondheidseffecten van aanwezige concentraties van niet-toxicologisch gekarakteriseerde stoffen. Mons et al. [9] hebben de TTC-waarden, die oorspronkelijk ontworpen zijn voor voedingsmiddelen, vertaald naar drinkwater. Hieruit volgden een TTC van 0,1 µg/L voor verontreinigingen in het algemeen en 0,01 µg/L voor stoffen waarvan op basis van de chemische structuur een biologische activiteit, zoals mutageniteit, wordt verwacht. Een recente evaluatie, waarbij TTC-waarden werden berekend voor in drinkwater(bronnen) aangetroffen stoffen, liet zien dat voor de niet-genotoxische stoffen (m.u.v. gewasbeschermingsmiddelen) een TTC van 1,0 µg/L ook zou volstaan [10]. Het is echter niet uit te sluiten dat voor een klein percentage stoffen de stofspecifieke gezondheidskundige richtlijnen lager zijn dan de TTC-waarden.

Bij gezondheidskundige risicobeoordeling wordt informatie met betrekking tot gecombineerde blootstelling aan stoffen niet standaard meegenomen. In Europees verband wordt momenteel wel een strategie voor de risicobeoordeling van mengsels voorbereid [11]. Een methode die bij uitstek geschikt is om effecten van mengsels in beeld te brengen, is de analyse van watermonsters met behulp van *in vitro* bioassays. Bioassays maken gebruik van levende (dierlijke of menselijke) cellen die reageren op de aanwezigheid van antropogene stoffen in monsters waaraan ze blootgesteld worden. Op deze manier kan de aanwezigheid van (groepen van) stoffen en de toxicologische relevantie daarvan in beeld worden gebracht. Er bestaan diverse bioassays, die zich onder andere onderscheiden in de biologische effecten die worden bestudeerd, het modelsysteem en de gebruikte laboratoriumtechniek [12]. KWR doet onderzoek naar tests die geschikt zijn om de drinkwaterkwaliteit te monitoren. Het vertalen van de testresultaten van bioassays naar kwantitatieve gezondheidsrisico's is vooralsnog lastig, maar voor verschillende tests zijn inmiddels relevante drempelwaarden gedefinieerd. Een stofspecifieke risicobeoordeling kan worden uitgevoerd als de stoffen die het effect veroorzaken geïdentificeerd en gekwantificeerd zijn. Hiervoor kan een 'Effect Directed Analysis' (EDA) worden gebruikt, waarbij resultaten van chemische en bioassay-metingen in hetzelfde watermonster met elkaar worden vergeleken. Optimalisatie van testprocedures, zoals implementatie van systemen waarmee gelijktijdig meerdere effecten worden geanalyseerd, automatisering en koppeling van chemische en biologische metingen, kunnen het gebruik van bioassays in de signalering en prioritering van opkomende stoffen verder versterken.

Risicoperceptie

Nederlandse consumenten zijn over het algemeen positief over de kwaliteit en de veiligheid van drinkwater [13]. Wel worden - ook kleine hoeveelheden - chemische verontreinigingen vaak als een risico gezien. Dit komt onder andere doordat consumenten kunstmatige (antropogene) stoffen wantrouwen, weinig kennis hebben over chemische stoffen en het beleid ten aanzien van deze stoffen in drinkwater(bronnen), en doordat er onzekerheid bestaat over de gezondheidseffecten van opkomende stoffen [14]. Daadwerkelijke gezondheidsrisico's worden juist vaak klein ingeschat, met name wanneer men deze zelf kan beïnvloeden (zoals roken) en men er (vermeend) voordeel van ondervindt (zoals van bepaalde eetgewoonten) [15]. Eén van de oorzaken van dit verschil in perceptie is het feit dat experts een risico definiëren als de kans op een ongewenst effect, meestal uitgedrukt in het aantal ziekte- of sterfgevallen per jaar, terwijl voor consumenten emoties en sociaal-psychologische factoren vaak bepalen welke risico's aanvaardbaar zijn. Zo ervaren burgers het risico op een catastrofe (zoals een kernongeval of terroristische aanslag) doorgaans als een grotere bedreiging dan een chronisch risico dat deel uitmaakt van het dagelijks leven [16]. Het is nog niet goed bekend hoe Nederlandse drinkwaterconsumenten aankijken tegen opkomende stoffen in drinkwater. Niet alleen de aanwezigheid van antropogene stoffen in (bronnen van) drinkwater en de gezondheidkundige duiding, maar ook de risicoperceptie door de drinkwaterconsument verdient daarom de aandacht. Zorgvuldige communicatie over de monitoring en beoordeling van opkomende stoffen, en het in perspectief plaatsen van eventuele risico's, kunnen de perceptie van consumenten ten aanzien van antropogene stoffen in drinkwater mogelijk positief beïnvloeden.

Toekomstschets

Op basis van de huidige kennis kan worden geconcludeerd dat niet alle opkomende stoffen in (bronnen van) drinkwater gezondheidkundig relevant zijn. Gezien de verwachte toename van antropogene stoffen in de waterketen is het desalniettemin belangrijk om de waterkwaliteit verder te beschermen en doorlopend te monitoren en beoordelen. De humaan-toxicologische risicobeoordeling van opkomende stoffen kent diverse kennishiaten die te maken hebben met:

1. het ontbreken van toxicologische informatie, met name wat betreft de mogelijke effecten van langdurige blootstelling aan lage concentraties;
2. gebrek aan nauwkeurige blootstellingsgegevens via verschillende routes;
3. onvoldoende inzicht in de vorming van transformatieproducten in de waterketen;
4. regiospecificiteit, zoals diversiteit in bronnen en zuiveringsprocessen;
5. de gelijktijdige aanwezigheid van verschillende antropogene stoffen in het milieu en in kleinere aantallen en hoeveelheden ook in drinkwater;
6. beperkt wetenschappelijk inzicht om (som)effecten zoals gemeten in bioassays om te zetten naar gezondheidkundige effecten.

Daarom is het belangrijk om slimme methoden te ontwikkelen, valideren en verfijnen, om (clusters van) stoffen die nadere aandacht verdienen te onderscheiden. Dit kan bovendien inzicht opleveren in benodigde aanpassingen in bestaande regelgeving. Zo biedt de recente herziening van de Europese Drinkwaterrichtlijn ruimte om meetprogramma's risicogestuurd op te stellen en om bioassays en screeningstechnieken in te zetten bij de monitoring. De drinkwatersector werkt momenteel samen met het ministerie van IenM, de inspectie en het RIVM aan de invulling van dergelijke meetprogramma's. Hierbij is in eerste instantie een cyclus ontworpen voor de monitoring van opkomende stoffen. Daarbij worden mogelijk relevante stoffen voor de drinkwaterbereiding

geselecteerd en vervolgens per winning geprioriteerd op basis van gedrag in de waterketen, toxiciteit, verwijdering door zuivering, imago en eventueel te verwachten overschrijdingen [17]. Tot slot is het van groot belang dat de verschillende spelers in de waterketen elkaar opzoeken en hun krachten bundelen, zodat er gezamenlijke verantwoordelijkheid genomen kan worden voor het beperken van de aanwezigheid en verspreiding van opkomende stoffen naar drinkwaterbronnen.

Deze bijdrage is tot stand gekomen dankzij het collectieve onderzoek van de Nederlandse drinkwaterbedrijven (BTO). De auteurs danken Milou Dingemans en Stefan Kools (KWR) voor hun bijdragen aan deze publicatie.

Referenties

1. Ministerie van Infrastructuur en Milieu en Ministerie van Economische Zaken (2015). *Nationaal Waterplan 2016-2021*. Den Haag: Ministerie van IenM.
2. Ministerie van Infrastructuur en Milieu (2016). *Intentieverklaring Delta-aanpak Waterkwaliteit en Zoetwater tussen overheden, maatschappelijke organisaties en kennisinstellingen*. Den Haag: Ministerie van IenM.
3. Moermond, C.T.A., Smit, C.E., Leerdam, R.C. van, Aa, N.G.F.M. van der, Montforts, M.H.M.M. (2016). *Geneesmiddelen en waterkwaliteit*. RIVM Briefrapport 2016-0111. Bilthoven: Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM).
4. Swartjes, F.A., Linden, A.M.A. van der, Aa, N.G.F.M. van der (2016). *Bestrijdingsmiddelen in grondwater bij drinkwaterwinningen: huidige belasting en mogelijke maatregelen*. RIVM Rapport 2016-0083. Bilthoven: Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM).
5. Baken, K., Kolkman, A., Diepenbeek, P. van, Ketelaars, H., Wezel, A. van (2016). Signalering van 'overige antropogene stoffen', en dan? De pyrazool-casus. *H2O-Online*, 11 september 2016.
6. RIWA (2016). Jaarrapport 2015 De Maas. *De kwaliteit van het Maaswater in 2015*. Maastricht: RIWA - Vereniging van Rivierwaterbedrijven Sectie Maas.
7. Schriks, M., Heringa, M.B., Kooi, M.M.E. van der, Voogt, P. de, Wezel, A.P. van, (2010). Toxicological relevance of emerging contaminants for drinking water quality. *Water Research* 44, 461-476.
8. Baken, K., Schriks, M., Sjerps, R. (2016). BTO 2015.056 *Toxicologische risicobeoordeling geprioriteerde stoffen*. Nieuwegein: KWR Water Cycle Research Institute.
9. Mons, M.N. et al. (2013). Use of the Threshold of Toxicological Concern (TTC) approach for deriving target values for drinking water contaminants. *Water Research* 47, 1666-1678.
10. Baken, K., en Sjerps, R. (2016). BTO 2016.069 *The Threshold of Toxicological Concern (TTC): refinement of the concept and application to drinking water*. Nieuwegein: KWR Water Cycle Research Institute.
11. European Food Safety Authority. <https://www.efsa.europa.eu/en/topics/topic/chemical-mixtures>. Geraadpleegd 16 februari 2017.
12. Schriks, M. et al. (2015). *Selection criteria to select in vitro bioassays for implementation and use*. DEMEAU (FP7) report.
13. Vewin (2013). *Water in zicht 2012 – Bedrijfsvergelijking drinkwatersector*. Vewin nr. 2013/119/6281. Den Haag: Vereniging van Waterbedrijven in Nederland.

14. WRF (2013). *Consumer Perceptions and Attitudes Toward EDCs and PPCPs in Drinking Water*. Web Report #4323. Denver: Water Research Foundation.
15. Milieu- en Natuurplanbureau (MNP) (2003). *Nuchter omgaan met risico's*. RIVM rapport 251701047/2003. Bilthoven: Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM).
16. Roeser, S. (2011) *Morele emoties en risicopolitiek*. Oratie. Universiteit Twente, Nederland.
17. Houtman, C.J., Pieters, B.J., Velzeboer, I., Kroesbergen, J. (2015). Organische stoffen in het Drinkwaterbesluit: 1. Hoe geven we invulling aan de eisen voor 'overige' antropogene stoffen? *H2O-Online*, 12 oktober 2015.