

Microverontreinigingen in oppervlaktewater verdienen aandacht

Anja Derksen (AD eco advies/STOWA), Erwin Roex (Deltares)

Er komt steeds meer aandacht voor geneesmiddelen, hormonen, microplastics en andere microverontreinigingen in water. Dit artikel geeft een overzicht van de stand van de wetenschap. Waar komen deze microverontreinigingen vandaan, hoe komen ze in het water terecht, hoe erg is dat en wat kunnen we er aan doen? Van sommige groepen microverontreinigingen weten we meer dan van andere. Daardoor is de beleidsvorming niet voor alle stofgroepen even ver. Hoewel we veel nog niet weten, zouden mogelijke effecten handelen uit voorzorg kunnen rechtvaardigen. Een ketenaanpak, die zowel op bronmaatregelen als op *end-of-pipe* maatregelen inzet, lijkt het meest kansrijk.

De term microverontreinigingen is een verzamelnaam voor een grote groep stoffen met verschillende toepassingen en uiteenlopende chemische eigenschappen. Het gaat om geneesmiddelen, hormonen, weekmakers, brandvertragende stoffen, geperfluoreerde verbindingen, gewasbeschermingsmiddelen en biociden, geurstoffen, UV-filters, antioxidanten en meer. Door voortschrijdende kennis en steeds geavanceerdere analysemethoden kunnen we er steeds meer detecteren. Ook microplastics en nanodeeltjes vallen onder de microverontreinigingen.

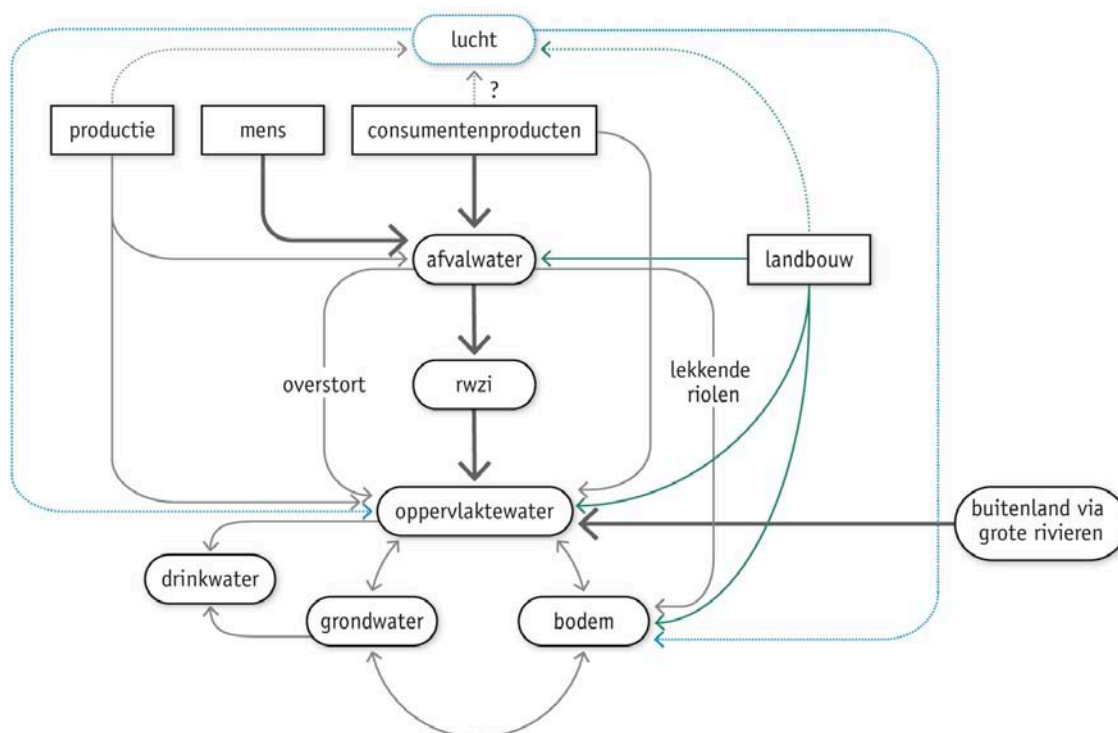
Dit artikel geeft een breed overzicht van de huidige kennis én kennislacunes op het gebied van microverontreinigingen. Het gaat in op de bronnen en verspreidingsroutes, aangetroffen concentraties en mogelijke effecten, beleid ten aanzien van microverontreinigingen en mogelijke maatregelen. Het artikel is mede gebaseerd op diverse overzichtsrapporten [1, 2, 3, 4, 5].

Bronnen

De belangrijkste bronnen van microverontreinigingen en de verspreidingsroutes naar het watermilieu worden weergegeven in afbeelding 1.

De bronnen verschillen per groep van microverontreinigingen.

- In allerlei productieprocessen komen producten en bijproducten vrij.
- Geneesmiddelen en natuurlijke hormonen worden met urine en feces uitgescheiden door de mens en komen zo in het afvalwater terecht.
- Een groot aantal microverontreinigingen komt vrij bij het gebruik en na het afdanken van consumentenproducten. Denk hierbij aan weekmakers in plastics, brandvertragers, geurstoffen, anti-oxidanten, UV-filters enzovoorts.
- De landbouw vormt een belangrijke route voor diergeneesmiddelen, hormonen, gewasbeschermingsmiddelen en biociden. Deze stoffen komen via drift en uit- of afspoeling vanuit de bodem in het water terecht. Daarnaast komen de zogenaamde niet-agrarische toepassingen van gewasbeschermingsmiddelen, zoals toepassing op verhardingen, steeds meer als bron onder de aandacht.



Afbeelding 1. Belangrijkste bronnen en verspreidingsroutes van microverontreinigingen naar het watermilieu ([1], met aanpassingen)

Mede door de maatschappelijke druk is bij de microplastics toe nu toe vooral gefocust op emissies uit cosmetica- en verzorgingsproducten, de zogenaamde microbeads. Er zijn echter aanwijzingen dat andere bronnen van microplastics veel belangrijker zijn. Zo laat een recente Noorse inventarisatie zien dat slijtage van autobanden veruit de belangrijkste bron van microplastics is [6]. Ook zwerfafval, schoonmaakmiddelen en verven worden als belangrijke bronnen gezien [2]. Hetzelfde geldt voor de nanodeeltjes; ook hiervoor is er een groeiend aantal toepassingen in allerlei consumentenproducten. De rwzi lijkt voor deze groep dan ook een belangrijke emissieroute, maar ook slijtage van producten, bijvoorbeeld in verkeer en vervoer, lijken hier belangrijk [5].

Verspreidingsroutes

De rwzi is voor veel microverontreinigingen een belangrijke route naar het watermilieu. Biologische afvalwaterzuiveringen zijn primair gericht op het verwijderen van organische stof en nutriënten, niet op het verwijderen van microverontreinigingen. Toch verwijdert een biologische zuivering ook een groot deel van de microverontreinigingen, hetzij door afbraak, hetzij door binding aan slib. Voor individuele stoffen kan het zuiveringsrendement echter variëren van nul tot honderd procent. Nederlands onderzoek van Deltares/IVM laat zien dat microplastics voor zo'n 90% verwijderd worden in de rwzi [7]. Het gedrag van nanodeeltjes in de waterzuivering is nog niet goed bekend.

Kwantitatieve gegevens over vrachten microverontreinigingen in het milieu ontbreken nog grotendeels. Geneesmiddelen vormen een uitzondering: hiervoor zijn de eerste globale

schattingen gemaakt en zijn kentallen beschikbaar om de emissie te kunnen berekenen. Duidelijk is wel dat rwzi's kwantitatief een belangrijke route zijn voor veel microverontreinigingen, maar zeker niet de enige. Andere routes, zoals aanvoer uit het buitenland via de grote rivieren, leveren voor alle microverontreinigingen (inclusief microplastics en nanodeeltjes) een belangrijke bijdrage. Daarnaast kunnen sommige microverontreinigingen, zoals brandvertragers en geperfluoreerde verbindingen, zich over grote afstanden via de lucht verplaatsen. Ze komen inmiddels over de hele wereld voor, zelfs op de polen.

Concentraties

Zoals de term microverontreinigingen al aangeeft zijn de aangetroffen concentraties in water meestal laag, in de orde van grootte van nanogrammen tot microgrammen per liter. De hoogste concentraties worden aangetroffen in het ruwe afvalwater. De concentraties nemen af in effluent, oppervlaktewater, grondwater en drinkwater. In oppervlaktewater worden de hoogste concentraties aangetroffen in kleinere wateren die onder invloed staan van rwzi-effluent of de landbouw. In drinkwater worden nog slechts sporen van microverontreinigingen aangetroffen. De concentraties van 'nieuwe' (d.w.z. niet frequent onderzochte) stoffen zijn vergelijkbaar met die van meer gangbare stoffen zoals bestrijdingsmiddelen of prioritaire stoffen uit de Kaderrichtlijn Water.

De monitoringsgegevens worden verzameld in verschillende databases. Voor oppervlaktewater onder andere in het Waterkwaliteitsportaal van het Informatiehuis Water, de Bestrijdingsmiddelenatlas en de RIWA-database. Monitoringsgegevens van rwzi-influent en effluent worden verzameld in de WATSON-database. Deze database wordt steeds meer gevuld met gegevens over nieuwe stoffen. De verwachting is dat binnenkort de microplastics ook worden toegevoegd. De data uit de WATSON-database worden gebruikt voor berekeningen van de emissie in de EmissieRegistratie.

Monitoringsgegevens voor nanodeeltjes zijn er nog nauwelijks, omdat analysemethoden voor deze groep van stoffen nog volop in ontwikkeling zijn.

Effecten

Op basis van de aangetroffen concentraties worden de effecten van microverontreinigingen in drinkwater voor de mens gering geacht, ook als rekening wordt gehouden met combinatietoxiciteit. De blootstelling via andere bronnen, zoals voedsel of huisstof, zal groter zijn dan via drinkwater. Wat wel speelt is de perceptie: we willen niet dat deze stoffen in ons drinkwater zitten.

De meeste wetenschappers zijn het er over eens dat we de (mogelijke) effecten van microverontreinigingen voor waterorganismen wel degelijk serieus moeten nemen. Redenen hiervoor zijn:

- Waterorganismen worden langdurig, vaak levenslang, blootgesteld aan een cocktail van microverontreinigingen.

- Bij blootstelling aan een mengsel van stoffen met een zelfde werkingsmechanisme kunnen de effecten bij elkaar worden opgeteld. Ook is het mogelijk dat stoffen in een mengsel elkaars werking versterken of juist verzwakken. Dit is niet altijd goed te voorspellen.
- Een deel van de stoffen (i.e. geneesmiddelen, hormonen, gewasbeschermingsmiddelen en biociden) is bedoeld om biologisch actief te zijn, en sommige kunnen daarom bij zeer lage concentraties (nanogrammen per liter) al effecten geven.
- Een aantal persistente stoffen blijkt zich op te hopen in organismen en daar onbedoelde hormoonverstorende effecten te hebben; dit geldt onder andere brandvertragers, weekmakers, geperfluoreerde verbindingen en sommige gewasbeschermingsmiddelen.
- Effecten van blootstelling aan hormoonverstorende stoffen tijdens gevoelige levensfasen worden soms pas zichtbaar in een latere levensfase of in volgende generaties.
- Subtiele effecten op bijvoorbeeld de prikkeloverdracht, het immuunsysteem en/of het gedrag kunnen grote effecten op populatieniveau hebben, bijvoorbeeld door verhoogde kans op predatie of door verminderd reproductiesucces.
- Microplastics worden opgegeten door organismen. Deze kunnen hierdoor verhongeren. Tegelijkertijd leiden de plastic deeltjes in het organisme ook tot verhoogde blootstelling aan stoffen die uit het plastic logen, of aan het plastic gebonden zijn.
- Nanodeeltjes hebben specifieke eigenschappen waardoor ze beter kunnen doordringen in organismen.

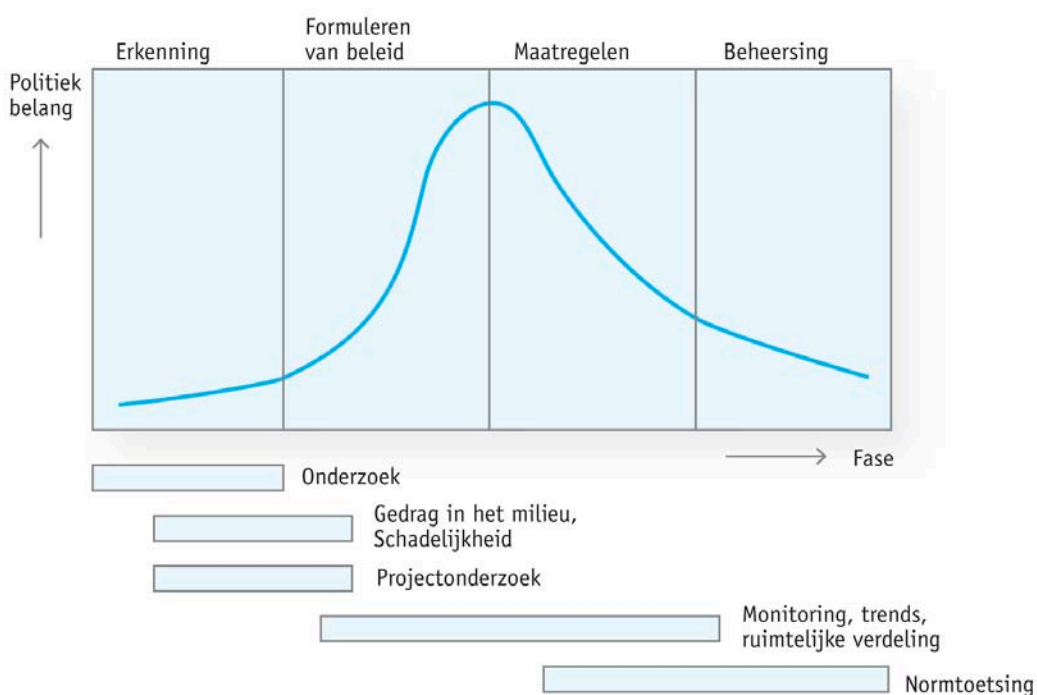
Waargenomen effecten kunnen een sterke motivatie zijn voor implementatie van emissiereducerende maatregelen. Op dit moment ontbreekt een consistente strategie voor het monitoren van effecten van microverontreinigingen in afvalwater en oppervlaktewater. Gezien de aard van de blootstelling dient de beoordeling van effecten zich te richten op chronische blootstelling, effecten gebaseerd op de beoogde werking (specifieke effecten) en effecten van complexe mengsels van stoffen. Dit vraagt om een andere manier van monitoren; de huidige biologische meetmethoden richten zich vooral op effecten van individuele stoffen op overleving, groei en het aantal nakomelingen. Deze meetmethoden bieden onvoldoende zicht op microverontreinigingen met eerder nauwelijks onderzochte effecten, zoals hormoonverstoring, verstoring van het zenuwstelsel of het immuunsysteem en gedragsveranderingen.

Om deze effecten te kunnen bepalen zijn nieuwe biologische meetmethoden nodig. Hier wordt hard aan gewerkt, met name internationaal op wetenschappelijk niveau. De resultaten wisselen, en er zijn nog de nodige onzekerheden en onduidelijkheden. Echter, op basis van de huidige kennis is het reëel om effecten in oppervlaktewater bij milieuconcentraties te verwachten. Dit geldt met name voor kleinere wateren die sterk beïnvloed worden door rwzi-effluent of door landbouw.

Om de effecten van microverontreinigingen beter in beeld te brengen is het wenselijk om behalve op stofgerichte monitoring ook in te zetten op effectgerichte monitoring, en om een betere koppeling te maken tussen de chemische en de ecologische kwaliteit. Dit wordt onder andere uitgewerkt binnen het raamwerk van de Ecologische Sleutel Factoren (ESF) van de STOWA [8], en wel in het deelproject 'toxiciteit' (ESF8).

Beleid ten aanzien van microverontreinigingen

De fase waarin de beleidsvorming voor microverontreinigingen zich bevindt, kan worden geduid aan de hand van de Beleidscyclus van Winsemius (afbeelding 2). Deze loopt van erkenning van het probleem, via formuleren van beleid, naar het nemen van maatregelen en ten slotte het beheersen van het probleem. Deze fasen worden ondersteund door diverse typen onderzoek, resulterend in het afleiden van normen en/of beheersmaatregelen. Gedurende de onderzoeken neemt het politieke belang toe, om daarna weer af te nemen na het nemen van maatregelen en in de beheersfase. Microverontreinigingen bevinden zich in verschillende fasen van deze beleidscyclus, afhankelijk van de stof of stofgroep.



Afbeelding 2. Beleidscyclus van Winsemius [9]

Microverontreinigingen bevinden zich in verschillende fasen van deze beleidscyclus, afhankelijk van de stof of stofgroep.

Gewasbeschermingsmiddelen

Gewasbeschermingsmiddelen bevinden zich in de beheersfase. Er zijn maatregelen geformuleerd om de emissies terug te dringen en er zijn normen afgeleid waaraan getoetst moet worden. Overigens blijkt soms dat er behoefte is aan aanscherping van deze kaders, zoals nu het geval is bij de discussie rond de risicobeoordeling van de groep van neonicitinoïden [10] en glyfosaat [11].

Hormoonverstorende stoffen

Hormoonverstorende stoffen zijn met name eind 20^e, begin 21^e eeuw uitgebreid onderzocht. In Nederland is bijvoorbeeld het grootschalig Landelijk Onderzoek oEstrogene Stoffen (LOES) uitgevoerd. De onderzoeken hebben er onder andere toe geleid dat bepaalde

hormoonverstorende stoffen onder de Kaderrichtlijn Water zijn aangemerkt als prioritair gevaarlijke stoffen [12], te weten gebromeerde vlamvertragers (PBDE's), de weekmaker DEHP, en geperfluoreerde verbindingen (o.a. PFOS). Voor deze stoffen gelden strenge normen en de emissie moet op termijn naar nul gereduceerd worden.

Geneesmiddelen

Voor geneesmiddelen is het beleid nog volop in ontwikkeling. Er is een aantal uitgebreide onderzoeksprojecten geweest die de problematiek op de kaart hebben gezet [3]. Ook zijn de kosten voor verwijdering van geneesmiddelen uit afvalwater berekend [13]. Dit heeft geresulteerd in een gezamenlijk 'Plan van aanpak geneesmiddelen in de waterketen' van de Unie van Waterschappen en de Vereniging van waterbedrijven in Nederland (VEWIN), dat eind 2014 is aangeboden aan de staatssecretaris voor Infrastructuur en Milieu. Dit plan bestaat uit drie sporen: probleemanalyse, bronaanpak en ketenanalyse. Het komende jaar wordt verder invulling gegeven aan het nationale beleid op het gebied van geneesmiddelen, waarbij wordt ingezet op een ketenbrede aanpak met betrokkenheid van alle spelers, en in samenhang met een bredere aanpak van de waterkwaliteit.

Tegelijkertijd is een aantal geneesmiddelen op Europese en Nederlandse watchlists geplaatst, wat inhoudt dat ze de komende tijd intensief gemonitord worden en op termijn mogelijk opgenomen worden in Europese en nationale wetgeving. Verder wordt op Europees niveau gewerkt aan een 'EU strategy on pharmaceuticals'.

Microplastics

Voor microplastics is het beeld wat diffuser. De toepassing van microplastics als microbeads in scrubs, tandpasta en persoonlijke verzorgingsproducten wordt op korte termijn aangepakt. Voor secundaire microplastics, ontstaan door afbraak van grotere stukken plastic, is het onderzoek naar bronnen (d.w.z. kwantificeren), het gedrag in het milieu en de schadelijkheid nog volop gaande. Het beleid hiervoor staat dan ook nog in de kinderschoenen. Wel heeft de Nederlandse overheid hierop vooruitlopend recent besloten om gratis plastic tasje voor eenmalig gebruik vanaf 2016 te verbieden.

Overige microverontreinigingen

Andere groepen van microverontreinigingen, zoals stoffen die in persoonlijke verzorgingsproducten worden toegepast en nanodeeltjes, bevinden zich nog veel meer aan het begin van de beleidscyclus, in de erkenningsfase.

Mogelijke maatregelen

Er zijn verschillende mogelijkheden voor emissiereductie van microverontreinigingen: bronmaatregelen, technische maatregelen in de afvalwaterzuivering en drinkwaterbereiding, en alternatieven waarbij deelstromen van afval of afvalwater apart worden behandeld (nieuwe sanitatie).

Bij bronmaatregelen moet men denken aan veranderen van het toelatingsbeleid, verminderen van het gebruik door voorlichting en bewustwording, aanpassen van het gebruik, toepassen

van alternatieven of het apart inzamelen van afvalstromen. Brongerichte maatregelen zijn in het verleden effectief gebleken voor onder andere bestrijdingsmiddelen en industriële stoffen. Echter, bronmaatregelen zijn niet voor alle stofgroepen realiseerbaar (zoals voor natuurlijke hormonen) of effectief.

Alternatieven waarbij deelstromen van afval of afvalwater apart worden behandeld zijn bijvoorbeeld het apart behandelen van ziekenhuisafvalwater, apart inzamelen en behandelen van urine, of vergisten van toiletwater met keukenafval. Dit apart behandelen van deelstromen wordt ook wel nieuwe sanitatie genoemd. Belangrijke drijfveer voor het implementeren van nieuwe sanitatievormen is het terugwinnen van energie en grondstoffen. De directe invloed op de emissie van microverontreinigingen is niet in alle gevallen duidelijk (bijvoorbeeld bij vergisting). Een geconcentreerdere stroom afvalwater is in principe efficiënter na te behandelen met bijvoorbeeld ozon en UV.

Er is in Nederland nog veel discussie over het nut en de noodzaak van zogenoemde *end-of-pipe* maatregelen bij rwzi's. *End-of-pipe* maatregelen hebben het voordeel dat veel microverontreinigingen tegelijk kunnen worden aangepakt. De beschikbare technieken kunnen een groot deel van de microverontreinigingen verwijderen, maar zeker niet alle, en ze zijn ook geen oplossing voor microverontreinigingen die langs andere weg in het milieu terechtkomen (door uit- of afspoeling, uit het buitenland en/of via de lucht). Bovendien leidt het aanpassen van rwzi's tot een sterke stijging van de zuiveringskosten [13], terwijl in het Bestuursakkoord Water 2011 is afgesproken dat deze kosten juist omlaag moeten. Er is ook nog geen overeenstemming over hoe en door wie de extra kosten betaald moeten worden.

Naast de vraag wie de extra kosten zou moeten betalen is - hoewel de technische mogelijkheden voor emissiereductie op hoofdlijnen bekend zijn - de keuze voor de beste techniek ook nog niet goed te maken. De sturende factoren (stofeigenschappen, zuiveringsontwerp en bedrijfsvoering, seizoensinvloeden en hydraulische omstandigheden) worden nog onvoldoende begrepen. Bovendien zijn bij het kiezen van een emissiereducerende maatregel ook andere aspecten van belang, zoals het mogelijk ontstaan van toxische afbraakproducten, het energiegebruik, het ontstaan van nieuwe afvalstromen (actief kool), de samenhang met andere microverontreinigingen, de kans op verspreiding van antibiotica-resistentie, en de mogelijkheden voor niet technische maatregelen.

Evident is dat extra zuivering bij de drinkwaterbereiding noodzakelijk zal blijven, ook als door bronmaatregelen en maatregelen bij de rwzi's de emissie wordt teruggedrongen. Er komen immers ook stoffen via de lucht, uit- of afspoeling en de grote rivieren in het (Nederlandse) water terecht.

Een belangrijk hulpmiddel bij het zoeken van zinvolle en kosteneffectieve maatregelen is een analyse van de hotspots van de emissies naar het oppervlaktewater. Hierbij wordt een watersysteemanalyse uitgevoerd, waarbij de emissie gekoppeld wordt aan kenmerken van het ontvangende oppervlaktewater. Voor humane geneesmiddelen wordt een methodiek voor een

dergelijke hotspotanalyse uitgewerkt [14, 15]. Een hotspotanalyse geeft inzicht in de vraag op welke locaties maatregelen zinvol kunnen zijn (en waar niet), en waar de winst te behalen valt. Humane geneesmiddelen kunnen daarbij als model dienen voor microverontreinigingen die zich verspreiden via de rwzi. Uit reeds uitgevoerde hotspotanalyses blijkt dat het aantal rwzi's dat een substantiële invloed heeft op de kwaliteit van het ontvangende oppervlaktewater beperkt is. Dit bewijst de meerwaarde van een dergelijke analyse: indien besloten wordt maatregelen te nemen kan, door juist de locaties met grote impact aan te pakken, met aanzienlijk minder kosten de emissie belangrijk worden teruggebracht.

Conclusie

De term microverontreinigingen is een verzamelnaam voor een heel diverse groep van stoffen met uiteenlopende toepassingen en eigenschappen. Over een aantal stofgroepen weten we redelijk veel (gewasbeschermingsmiddelen, geneesmiddelen, hormonen en hormoonversturende stoffen), over andere nog weinig (personal care products, microplastics, nanodeeltjes). Op basis van de huidige kennis is het reëel om effecten in oppervlaktewater bij milieuconcentraties te verwachten, zeker als de chronische blootstelling en specifieke en mengseffecten worden meegenomen. Effecten op systeemniveau zijn lastiger aan te tonen en vooralsnog niet duidelijk.

De vraag is of mogelijke effecten eerst scherper in beeld moeten komen of dat beter gekozen kan worden voor handelen uit voorzorg. Als gekozen wordt voor dat laatste lijkt een keten-aanpak, die zowel op bronmaatregelen als op *end-of-pipe* maatregelen inzet, het meest kansrijk. Door middel van hotspotsanalyses kan bepaald worden op welke locaties maatregelen het meest zinvol en kosten-effectief zijn.

Referenties

1. Derksen, A. (2014). Microverontreinigingen in het water. Een overzicht. Amersfoort: STOWA. STOWA-rapportnr 2014-45.
2. Verschoor, A.J., L.R.M. de Poorter, E. Roex & B. Bellert (2014). Inventarisatie en prioritering van bronnen en emissies van microplastics. Bilthoven: RIVM. RIVM rapport 2014-0110.
3. Derksen, J.G.M. & T.L. ter Laak (2013). Humane geneesmiddelen in de waterketen. Amersfoort/Nieuwegein: STOWA/KWR. STOWA-rapport 2013-06. KWR-rapport 2013-006.
4. Roex, E., D. Vethaak, H. Leslie & M. de Kreuk (2013). Microplastics in het zoetwater milieu. Een inventarisatie van mogelijke risico's voor waterschappen. Amersfoort: STOWA.
5. Voorthuizen, E. van.& M. Schaafsma (2013). Nanodeeltjes in de afvalwaterketen. Amersfoort: STOWA.
6. Norwegian Environment Agency, 2014. Sources of microplastic pollution to the marine environment.

7. I. Langelaan, I. Nuytens, M. Jansen, E. Roex & A. Löhr (2015). Microplastics in de Nederlandse zoete wateren. H2O, januari, 2015.
8. http://www.stowa.nl/bibliotheek/publicaties/Ecologische_Sleutelfactoren_Begrip_van_het_watersysteem_als_basis_voor_beslissing_en
9. Winsemius, P. (1986). Gast in eigen huis - Beschouwingen over milieumanagement, Alphen a/d Rijn.
10. European Academies' Science Advisory Council (2015). Ecosystem services, agriculture and
11. Neonicotinoids.
12. International Agency for Research on Cancer (IARC) (2015). IARC Monographs Volume 112: evaluation of five organophosphate insecticides and herbicides.
13. Europees Parlement (2013). Richtlijn 2013/39/EU. Brussel.
14. Grontmij (2011). Zuivering geneesmiddelen uit afvalwater. Eindrapportage. Projectnummer 285866. Grontmij Nederland B.V., Houten.
15. Coppens, L., J. van Gils, T. ter Laak, B. Raterman & A. van Wezel (2014). Impact van rwzi's op geneesmiddelconcentraties in kwetsbaar oppervlaktewater. H2O-online 15 november 2014.
16. Derksen et al. (in prep). Hotspotanalyse geneesmiddelen. Methodiek om hotspots voor de emissie van geneesmiddelen vast te stellen. Amersfoort: STOWA.