

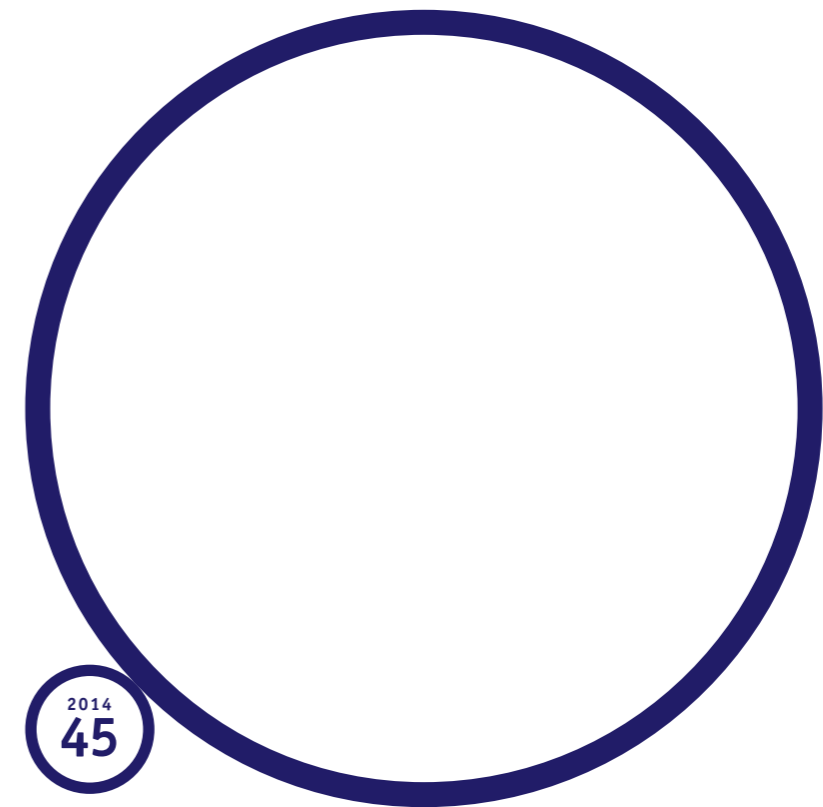
MICROVERONTREINIGINGEN IN HET WATER | EEN OVERZICHT



2014
45

stowa

**MICROVERONTREINIGINGEN
IN HET WATER | EEN OVERZICHT**



2014
45

INHOUDSOPGAVE

SAMENVATTING	5
STOWA IN HET KORT	7
1 INLEIDING	8
1.1 Aanleiding	8
1.2 Doel	8
1.3 Achtergrond	8
1.4 Afperking	10
1.5 Leeswijzer	10
2 STOFFEN EN STOFGROEPEN	11
2.1 Geneesmiddelen	11
2.2 Natuurlijke en synthetische hormonen	11
2.3 Stoffen met een onbedoelde hormonale werking	14
2.4 Bestrijdingsmiddelen en biociden	14
2.5 Overige stoffen	14
2.6 Microplastics	15
2.7 Nanodeeltjes	15
3 BRONNEN EN VERSPREIDING	16
3.1 Routes	16
3.2 Vrachten	18
4 CONCENTRATIES IN HET MILIEU	20
4.1 Analysemethoden	20
4.2 Aangetroffen concentraties	20
5 EFFECTEN	22
5.1 Algemeen	22
5.2 Acute en chronische effecten	23
5.3 Specifieke effecten	23
5.4 Combinatie-effecten	24
5.5 Bioaccumulatie	26
5.6 Effecten in effluent en oppervlaktewater	26
6 MOGELIJKHEDEN VOOR EMISSIEREDUCTIE	28
6.1 Bronmaatregelen	28
6.2 Verwijdering in de afvalwaterzuivering	28
6.3 Alternatieve aanpak: nieuwe sanitatie	30
6.4 Verwijdering in de drinkwaterbereiding	30
6.5 Buitenland	30
7 BELEID EN BELEIDSONTWIKKELINGEN	32
7.1 Spelers	32
7.2 Toelating	33
7.3 Europa	33
7.4 Nederland	34

8	SYNTHESE	37
8.1	Samenvatting	37
8.2	Hoe verder?	38
LITERATUUR		41
BIJLAGEN		
<i>Bijlage 1</i>		
	Aangetoonde effecten van microverontreinigingen in effluenten en oppervlaktewater	47
<i>Bijlage 2</i>		
	Belangrijkste activiteiten in het Nederlands beleid ten aanzien van geneesmiddelen in het milieu	49
<i>Bijlage 3</i>		
	Plan van aanpak Geneesmiddelen in de waterketen	50
<i>Bijlage 4</i>		
	Activiteiten van het NORMAN-netwerk	62

SAMENVATTING

Dit rapport geeft een overzicht van de huidige stand van zaken op het gebied van zogenoemde microverontreinigingen in het water. Het rapport gaat onder meer in op de aangetroffen concentraties, de (mogelijke) effecten op mens en dier en op de mogelijkheden voor emissiereductie. Ook komen kort de beleidsontwikkelingen rond dit onderwerp aan bod. Het rapport is met name bedoeld voor bestuurders, beleidsmakers en technologen uit de watersector.

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, bestrijdingsmiddelen en biociden, geurstoffen, UV-filters, antioxidanten en meer. Door voortschrijdende kennis en steeds geavanceerdere analysemethoden komen er steeds meer stoffen bij. Ook microplastics en nanodeeltjes vallen onder de microverontreinigingen.

Microverontreinigingen komen in het watermilieu terecht bij de productie van stoffen, via uitscheiding door mens en dier, bij bemesting of spuiten van bestrijdingsmiddelen. Ook komen ze vrij bij het gebruik van persoonlijke verzorgingsmiddelen of andere consumentenproducten. Veel microverontreinigingen komen via het afvalwater op rioolwaterzuiveringsinstallaties (rwzi) terecht. Hier wordt een deel van de stoffen verwijderd door afbraak en adsorptie aan actief slib. Wat niet wordt verwijderd, wordt met het effluent op het oppervlaktewater geloosd.

Rwzi's vormen voor veel microverontreinigingen een belangrijke route naar het oppervlaktewater, maar het is zeker niet de enige route. Microverontreinigingen verspreiden zich ook via uit- of afspoeling van de bodem. Ook komen ze vanuit het buitenland met de grote rivieren mee, en ze verspreiden zich via de lucht. Voor microplastics (plastic deeltjes kleiner dan vijf millimeter) vormt het uiteenvallen van grote stukken plastic in kleinere stukken een belangrijke route.

De kennis over de verschillende stoffen en stofgroepen bevindt zich in verschillende stadia. Geneesmiddelen krijgen veel aandacht. De bronnen, routes en vrachten naar het milieu hebben we goed in beeld, de effecten slechts gedeeltelijk. Voor hormonen en een aantal hormoonverstorende stoffen zijn effecten veelvuldig aangetoond, ook in het veld. Veel stoffen met een onbedoelde hormoonverstorende werking staan op de prioritair gevaarlijke stoffenlijst van de Kaderrichtlijn Water en worden uitgefaseerd. Het gebruik van bestrijdingsmiddelen en biociden is wettelijk gereguleerd. Over de andere microverontreinigingen is veel minder bekend. De bronnen en routes zijn in beeld, maar niet of nauwelijks gekwantificeerd. Ook over de mogelijke effecten op waterorganismen is meestal weinig bekend. Soms is alleen het voorkomen in het watermilieu aangetoond.

De concentraties van de aangetroffen stoffen in afvalwater, oppervlaktewater, grondwater en drinkwater zijn meestal laag. Ze liggen in de ordegrootte van nanogrammen tot microgrammen per liter.

Effecten voor de mens (via drinkwater) zijn onwaarschijnlijk. Effecten voor waterorganismen moeten echter, ondanks de lage concentraties, wel serieus genomen worden. Waterorganismen worden langdurig, vaak levenslang, blootgesteld aan een cocktail van microverontreinigingen. Een deel daarvan (geneesmiddelen, hormonen en bestrijdingsmiddelen) is speciaal ontworpen om doelgerichte biologische effecten te hebben, een ander deel heeft onbedoelde hormoonverstorende activiteit. Deze blootstellingswijze en type effecten vragen om een andere manier van monitoren; de huidige biologische meetmethoden om effecten te

bepalen richten zich vooral op effecten van individuele stoffen op overleving, groei en het aantal nakomelingen. Deze meetmethoden bieden onvoldoende bescherming voor microverontreinigingen met eerder nauwelijks onderzochte effecten zoals hormoonverstoring, verstoring van het zenuwstelsel of het immuunsysteem en gedragsveranderingen. Het betreft subtiele effecten, die echter wel grote gevolgen voor de populatie kunnen hebben.

Om deze effecten te kunnen bepalen moeten deels nog nieuwe biologische meetmethoden ontwikkeld worden. 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 zijn effecten in afvalwater en oppervlaktewater bij milieuconcentraties reëel als de chronische, specifieke en mengseffecten worden meegenomen in de risicobeoordeling van deze stoffen. Dit geldt met name voor kleinere wateren die sterk beïnvloed worden door rwzi-effluent.

Er zijn verschillende mogelijkheden voor emissiereductie van microverontreinigingen. Het betreft bronmaatregelen, technische maatregelen in de afvalwaterzuivering en drinkwaterbereiding, en alternatieve mogelijkheden waarbij deelstromen van afval of afvalwater apart worden behandeld (zogenoemde nieuwe sanitatie). Waar in de waterketen maatregelen het best genomen kunnen worden, en wie de kosten moet betalen, is nog onderwerp van een brede discussie. Via maatregelen op rwzi's kunnen lang niet alle microverontreinigingen verwijderd worden. Ten eerste omdat dat met de huidige inzameling en zuiveringstechnieken niet helemaal lukt, maar ook omdat er andere emissieroutes zijn dan via het afvalwater, bijvoorbeeld vanuit het buitenland via de grote rivieren, via uitgereden mest of via de lucht.

De Unie van Waterschappen en de Vewin hebben in november 2014 het 'Plan van aanpak geneesmiddelen in de waterketen' aangeboden aan de staatsecretaris van Infrastructuur en Milieu. Hierin wordt ingezet op drie sporen: 1) probleemanalyse (hoe erg is het?), 2) bronaanpak (hoe kunnen we voorkomen dat de stoffen in de waterketen komen?) en 3) ketenaanpak (waar kunnen maatregelen het best genomen worden?). Al deze drie sporen zouden tegelijkertijd aangepakt moeten worden. Uit de bijlage bij het plan van aanpak wordt duidelijk dat de waterschappen en drinkwaterbedrijven al veel doen en hebben gedaan.

Een belangrijk hulpmiddel bij het beantwoorden van de vraag waar maatregelen zinvol en kosteneffectief kunnen zijn, is een analyse van de zogenoemde hotspots van de emissie van nieuwe stoffen naar het oppervlaktewater. Het betreft die plekken waar de emissie de grootste impact kan hebben. Voor humane geneesmiddelen wordt een methodiek voor een hotspotanalyse uitgewerkt. Een dergelijke hotspotanalyse geeft inzicht in de vraag op welke locaties (rwzi's, zorginstellingen e.d.) maatregelen zinvol kunnen zijn (en waar niet), en waar de meeste emissiereductiewinst te behalen valt. Hierdoor kan met aanzienlijk minder kosten de impact van de emissie met een belangrijk deel worden teruggebracht. Humane geneesmiddelen kunnen daarbij als voorbeeldstofgroep dienen voor microverontreinigingen die zich verspreiden via rwzi's.

Daarnaast is het wenselijk om in te zetten op effectmetingen, het liefst met een batterij van testen voor algemene toxiciteit en testen gebaseerd op specifieke werkingsmechanismen van stoffen. In Nederland is hier nog weinig ervaring mee. In het buitenland hebben effectmetingen hun meerwaarde al bewezen.

Dit rapport is tegelijkertijd uitgebracht met de folder 'Geneesmiddelen, hormoonverstoorders en andere vreemde stoffen in het water' (STOWA, 2014).

STOWA IN HET KORT

STOWA is het kenniscentrum van de regionale waterbeheerders (veelal de waterschappen) in Nederland. STOWA ontwikkelt, vergaart, verspreidt en implementeert toegepaste kennis die de waterbeheerders nodig hebben om de opgaven waar zij in hun werk voor staan, goed uit te voeren. Deze kennis kan liggen op toegepast technisch, natuurwetenschappelijk, bestuurlijk-juridisch of sociaalwetenschappelijk gebied.

STOWA werkt in hoge mate vraaggestuurd. We inventariseren nauwgezet welke kennisvragen waterschappen hebben en zetten die vragen uit bij de juiste kennisleveranciers. Het initiatief daarvoor ligt veelal bij de kennisvragende waterbeheerders, maar soms ook bij kennisinstellingen en het bedrijfsleven. Dit tweerichtingsverkeer stimuleert vernieuwing en innovatie. Vraaggestuurd werken betekent ook dat we zelf voortdurend op zoek zijn naar de 'kennisvragen van morgen' - de vragen die we graag op de agenda zetten nog voordat iemand ze gesteld heeft - om optimaal voorbereid te zijn op de toekomst.

STOWA ontzorgt de waterbeheerders. Wij nemen de aanbesteding en begeleiding van de gezamenlijke kennisprojecten op ons. Wij zorgen ervoor dat waterbeheerders verbonden blijven met deze projecten en er ook 'eigenaar' van zijn. Dit om te waarborgen dat de juiste kennisvragen worden beantwoord. De projecten worden begeleid door commissies waar regionale waterbeheerders zelf deel van uitmaken. De grote onderzoeklijnen worden per werkveld uitgezet en verantwoord door speciale programmacommissies. Ook hierin hebben de regionale waterbeheerders zitting.

STOWA verbindt niet alleen kennisvragers en kennisleveranciers, maar ook de regionale waterbeheerders onderling. Door de samenwerking van de waterbeheerders binnen STOWA zijn zij samen verantwoordelijk voor de programmering, zetten zij gezamenlijk de koers uit, worden meerdere waterschappen bij één en het zelfde onderzoek betrokken en komen de resultaten sneller ten goede van alle waterschappen.

DE MISSIE VAN STOWA IS:

Het samen met regionale waterbeheerders definiëren van hun kennisbehoeften op het gebied van het waterbeheer en het voor én met deze beheerders (laten) ontwikkelen, bijeenbrengen, beschikbaar maken, delen, verankeren en implementeren van de benodigde kennis.

1

INLEIDING

1.1 AANLEIDING

Microverontreinigingen in het water staan al geruime tijd in de belangstelling. Ging het in eerste instantie vooral om bestrijdingsmiddelen en persistente organische stoffen zoals PAK's en PCB's, de laatste tijd komen daar steeds meer andere stofgroepen bij. Denk aan geneesmiddelen, hormonen, weekmakers, brandvertragers, stoffen uit persoonlijke verzorgingsproducten, microplastics en nanodeeltjes.

Er is al veel over microverontreinigingen geschreven, maar deze informatie is vaak versnipperd. Waterbeheerders die worden geconfronteerd met vragen over microverontreinigingen, hebben hierop dan ook niet altijd direct een antwoord. Er is behoefte aan een overzicht dat waterbeheerders antwoord geeft op vragen als: waar hebben we het over, is het een probleem, wat is de omvang van het probleem, wat kunnen we eraan doen (en wat kunnen we beter laten)?

1.2 DOEL

In dit rapport worden de kennis en kennislacunes over het onderwerp 'microverontreinigingen in water' gebundeld, en wordt het speelveld geschetst. Het document biedt een samenvatting voor bestuurders, maar geeft ook handvatten aan technologen die met het onderwerp aan de slag willen. De focus ligt op bestuurders, beleidsmakers en technologen uit de watersector.

1.3 ACHTERGROND

De term microverontreinigingen wordt gebruikt voor synthetische, organische stoffen die in wateren voorkomen in concentraties die kleiner of gelijk zijn aan enkele nano- of microgram per liter (ICBR, 2010a). Hieronder valt een breed scala aan stoffen en stofgroepen, zoals geneesmiddelen, hormonen, weekmakers, brandvertragers, geurstoffen, UV-filters, antioxidanten, schuimremmers, bestrijdingsmiddelen en biociden. Door voortschrijdende inzichten en steeds geavanceerdere analysemethoden komen hier steeds meer stoffen en stofgroepen bij.

Soms wordt voor microverontreinigingen de term 'nieuwe stoffen' gebruikt. Onder nieuwe stoffen worden verstaan 'hormoonverstorende stoffen, geneesmiddelen en andere potentieel schadelijke stoffen die in het oppervlaktewater kunnen voorkomen maar (nog) niet in het waterkwaliteitsbeleid worden meegenomen'. Deze definitie voldoet echter niet meer, want

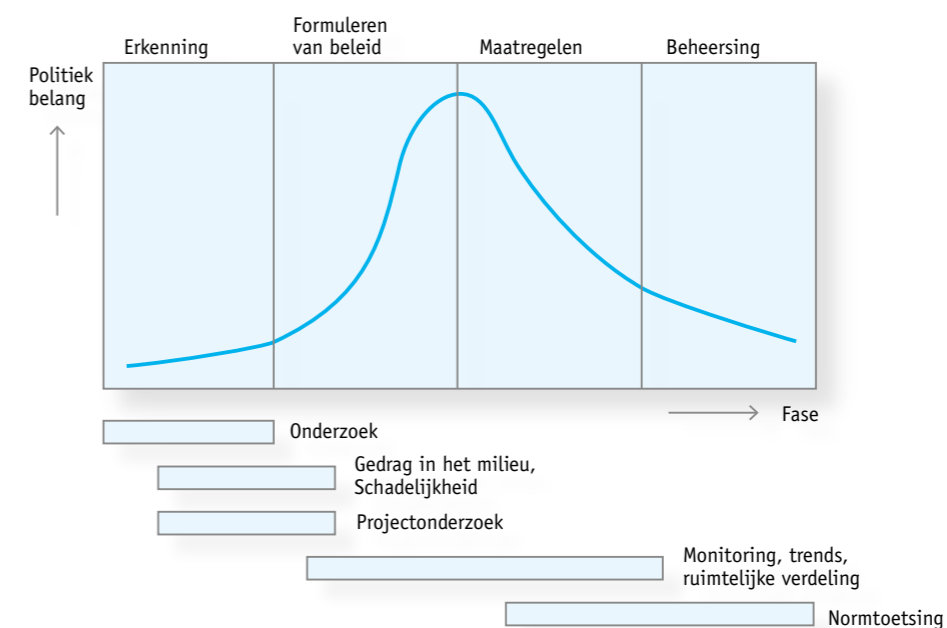
een deel van de 'nieuwe stoffen' wordt inmiddels al gereguleerd via wetgeving. Om die reden wordt in dit rapport de voorkeur gegeven aan de term microverontreinigingen.

De fase waarin de belangstelling voor microverontreinigingen zich bevindt, kan worden geduid aan de hand van de Beleidscyclus van Winsemius (figuur 1). 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 politiek 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.

Bestrijdingsmiddelen bevinden zich in de beheersfase; er zijn maatregelen geformuleerd om de emissie terug te dringen en er zijn normen afgeleid waaraan getoetst moet worden. Hormoonverstorende stoffen zijn met name eind jaren negentig, begin tweeduizend uitgebreid onderzocht. In Nederland is bijvoorbeeld het grootschalig Landelijk Onderzoek oEstrogene Stoffen (LOES) uitgevoerd (Vethaak et al., 2002). De onderzoeken hebben er onder andere toe geleid dat bepaalde hormoonverstorende stoffen zijn aangemerkt als prioritair gevaarlijke stoffen binnen de Kaderrichtlijn Water (Europees Parlement, 2008; Europees Parlement, 2013), 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.

Na uitgebreide onderzoeken worden voor geneesmiddelen nu mogelijke maatregelen bediscussieerd en zijn enkele conceptnormen afgeleid.

Voor microplastics is het beeld wat diffuser. De toepassing van microplastics als microbeads (kleine plastic bolletjes) in scrubs, tandpasta en persoonlijke verzorgingsproducten wordt op korte termijn gestopt. Voor microplastics die ontstaan door afbraak van grotere stukken plastic, is het onderzoek naar het gedrag in het milieu en de schadelijkheid nog volop gaande. Andere groepen van microverontreinigingen bevinden zich nog veel meer aan het begin van de beleidscyclus, in de erkenningsfase.



Figuur 1. Beleidscyclus van Winsemius (Winsemius, 1986). Microverontreinigingen bevinden zich in verschillende fasen van deze beleidscyclus, afhankelijk van de stof of stofgroep.

1.4 AFPERKING

In dit rapport ligt de focus vooral op afvalwater en oppervlaktewater, en op ecologische effecten. Oppervlaktewater als bron voor drinkwater komt op hoofdlijnen aan de orde. Drinkwater, grondwater en effecten voor de mens worden slechts beknopt besproken. Klassieke microverontreinigingen als PAK's en PCB's worden niet meegenomen in dit rapport.

1.5 LEESWIJZER

In hoofdstuk 2 beschrijven we om welke stoffen en stofgroepen het gaat, en welke toepassingen en eigenschappen deze hebben. In hoofdstuk 3 wordt beschreven hoe de stoffen in het milieu komen, zich verder verspreiden en om welke hoeveelheden het gaat. De analysemogelijkheden en aangetroffen concentraties in het milieu lichten we toe in hoofdstuk 4. Hoofdstuk 5 gaat in op de effecten van de stoffen voor mens en milieu, en op waargenomen effecten van microverontreinigingen in effluenten en oppervlaktewater. De mogelijkheden voor emissiereductie worden besproken in hoofdstuk 6. Het beleid en de beleidsontwikkelingen op nationaal en internationaal niveau komen aan de orde in hoofdstuk 7. In hoofdstuk 8 volgt ten slotte de synthese.



STOFFEN EN STOFGROEPEN

In dit hoofdstuk worden de stoffen en toepassingen, alsmede de eigenschappen van verschillende stofgroepen besproken. In tabel 1 geven we een overzicht van een groot aantal stoffen en stofgroepen. Een aantal stofgroepen wordt in de tekst nader toegelicht. Dit zijn geneesmiddelen, natuurlijke en synthetische hormonen, stoffen met een onbedoelde hormonale werking (zoals weekmakers en brandvertragers), bestrijdingsmiddelen en biociden, microplastics en nanodeeltjes.

2.1 GENEESMIDDELEN

Geneesmiddelen vormen een belangrijke groep van microverontreinigingen. Het gaat om een hele diverse groep van stoffen, met verschillende eigenschappen en toepassingen. Geneesmiddelen worden meestal ingedeeld op basis van hun medische toepassing, bijvoorbeeld pijnstillers, hart- en vaatmiddelen, antibiotica enzovoorts. Een geneesmiddel bestaat uit een actieve stof en diverse hulpstoffen. Er zijn honderden actieve stoffen toegelaten in Nederland. De overeenkomst is dat alle geneesmiddelen *à priori* ontworpen zijn om biologisch actief te zijn.

Het gebruik van humane geneesmiddelen in Nederland is relatief laag vergeleken met andere Europese landen (Van der Aa et al., 2008). Op lange termijn wordt echter een toename in gebruik voorspeld door vergrijzing en medicalisering van de samenleving. De komende veertig jaar wordt een toename van 37 procent verwacht voor Nederland (Van der Aa et al., 2011). Diergeneesmiddelen worden gebruikt bij landbouwhuisdieren en gezelschapsdieren. Voor de emissie naar het water is de toepassing bij landbouwhuisdieren veruit het belangrijkste. Deze toepassing betreft voornamelijk antibiotica. Daarnaast worden antiparasitaire middelen, hormonen en diverse andere groepen diergeneesmiddelen gebruikt (Kools et al., 2008). Het gebruik van antibiotica in de veehouderij is sinds 2007 al met meer dan zestig procent gedaald en naar verwachting zet deze daling zich voort (SDa, 2014).

2.2 NATUURLIJKE EN SYNTHETISCHE HORMONEN

Natuurlijke hormonen zijn stoffen die door mens en dier worden geproduceerd. Ze worden uitgescheiden in urine en feces. Zeer veel biologische processen worden door hormonen geregeld, zoals groei, reproductie, seksuele rijping, seksueel gedrag, agressiviteit, immuunsysteem, stressreacties, eetlust en de vochtthuishouding. Voor een juiste regulatie van deze processen zijn vaak maar zeer lage concentraties hormonen nodig (nanogrammen per liter), maar vooral de juiste hormonen op de juiste plek op het juiste moment.

Tabel 1. Microverontreinigingen en hun toepassingen, eigenschappen en verspreidingsroutes naar het milieu.

Stofgroep	Voorbeelden	Toepassing	Eigenschappen/effecten	Bron/route	Verder lezen?
Humane geneesmiddelen	Diclofenac, carbamazepine, antibiotica	Behandeling van ziektes bij de mens	Zeer divers; antibiotica kunnen leiden tot antibioticaresistentie	Uitscheiding in urine en feces, in huishoudens, ziekenhuizen en zorginstellingen; via rwzi	Derksen & Ter Laak (2013)
Natuurlijke en synthetische hormonen	17β-Oestradiol, 17α-Ethinylestradiol	Regulering van vele biologische systemen; anticonceptie	(Zeer) krachtige oestrogenen (vervrouwelijkende stoffen)	Uitscheiding in urine en feces; via rwzi	ICBR (2011a), STOWA (2005), Vethaak et al. (2002)
Weekmakers / hulpstoffen in plastics	Di(2-ethylhexyl)ftalaat (DEHP*), bisfenol A, tributylfosfaat (TBP), TXIB	In vele plastic producten	DEHP: bindt sterk aan slib; hormoonverstorend (o.a. vervrouwelijkende en anti-mannelijke werking; effecten voor deel weekmakers slecht bekend	Uit consumentenproducten; via rwzi, deels ook via de lucht	Vethaak et al. (2002), Brorström-Lundén & Andersson (2011)
Brandvertragers	Polybroomdifenylenethers (PBDE's*), 1,2,5,6,9,10-hexabromocyclododecaan (HBCDD*), alkylfosfaatesters	O.a. in textiel, meubelbekleding en elektrische apparaten	Binden sterk aan slib en hopen op in organismen; effecten o.a. verstoring schildklierhormoon, anti-androgene (anti-mannelijke) werking en dioxineachtige werking	Industrie, uit consumentenproducten, komen vrij bij brand; via rwzi en via de lucht	ICBR (2012), Möller et al. (2012), Brorström-Lundén & Andersson (2011)
Oppervlakteactieve stoffen	Nonylphenolethoxylaten	In industriële reinigingsmiddelen	Binden sterk aan slib; breken af tot nonylfenol* dat hormoonverstorend is (o.a. vervrouwelijkende en anti-mannelijke werking)	Industriële lozingen	ICBR (2012), STOWA (2005), Vethaak et al. (2002)
Geperfluoreerde verbindingen*	Perfluorooctaansulfonaat (PFOS)	Vet en vuilafstotend maken van producten; blusmiddel	Breken niet of nauwelijks af en hopen sterk op in organismen; effecten slecht bekend; verstoring diverse hormoonsystemen	Industrie, uit consumentenproducten; via rwzi, ook via lucht; ook in drinkwater aangetroffen	ICBR (2012), Eschauzier et al. (2011), Schrap et al. (2004)
Desinfecterende middelen	Triclosan	O.a. in zepen, crèmes, tandpasta, deodorant	Binden aan slib, hopen op in organismen	Via rwzi	Von der Ohe et al. (2011)

Stofgroep	Voorbeelden	Toepassing	Eigenschappen/effecten	Bron/route	Verder lezen?
Geurstoffen	Galaxolide (HHCB), tonalide (AHTN)	O.a. in zepen, shampoo, cosmetica, wasmiddelen en schoonmaakmiddelen	Matig oplosbaar in water, slecht afbreekbaar, hopen sterk op in organismen; hormoonverstorend	Via rwzi	ICBR (2011b)
UV-filters	2-Ethylhexyl 4-methoxycinnonaat, benzofenon-3	In zonnebrandcrèmes	Aanwijzingen voor hormoonverstoring (o.a. vervrouwelijkend)	Via rwzi en direct in het oppervlaktewater	Kunz et al. (2006); Schreurs et al. (2005)
Antioxidanten	Butylhydroxytolueen (BHT)	In voeding, persoonlijke verzorgingsproducten en verpakkingsmateriaal	Weinig over bekend	Via rwzi	ICBR (2010b)
Schuimmemers	2,4,7,9-tetramethyl-5-decyne-4,7-diol (TMDD / Surfingol 104)	O.a. als industrieel antischuim-middel en in inkt	Slecht verwijderd in rwzi, hoge concentraties in effluent	O.a. rwzi, afvalwater papierrecycling	Guedez et al. (2010), Guedez & Pützmann (2014)
Benzotriazolonen	1H-Benzotriazol (1H-BT)	O.a. als anticorrosiemiddel, antivries en in vaatwastabletten	Matig afbreekbaar, slecht verwijderd in rwzi	Via rwzi	Giger et al. (2006), sKiss et al. (2009)
Bestrijdingsmiddelen en biociden	Glyfosaat, imidacloprid, DEET	O.a. herbiciden, insecticiden, fungiciden, ontsmettingsmiddelen, conserveringsmiddelen, insectenwerende middelen	Zeer diverse eigenschappen; sommige hebben anti-mannelijke werking	Landbouw, afspoeling, uit consumentenproducten via rwzi	www.bestrijdingsmiddelenatlas.nl; ICBR (2010b)
Microplastics	Microbeads, verweerd plastic	In scrubs, tandpasta; ontstaat bij wassen kleding, uiteenvallen van plastic, bandenslijtage en meer	Gedrag in milieu nog slecht bekend, hopen op in organismen; effecten nog slecht bekend; verhoogde blootstelling aan stoffen in en aan het plastic	In consumentenproducten, via rwzi; ontstaan bij wassen van synthetische kleding; ontstaan bij verwerking van plastic in milieu	STOWA (2013a), Verschoor et al. (2014)
Nanodeeltjes	Nanozilver, fullerenen	In cosmetica en kleding, verven, coatings, rubber, plastics, elektronica, antiklontermiddel in levensmiddelen	Gedrag en effecten in milieu nog slecht bekend; deels verwijderd in rwzi; deel klontert samen en bezinkt in milieu	Slecht bekend, in ieder geval deels via rwzi	STOWA (2013b); www.rivm.nl/Onderwerpen/N/Nanotechnologie

* Prioritair gevaarlijke stoffen uit de Kaderrichtlijn Water. Deze stoffen worden uitgefaseerd.

Het onderzoek naar hormonen in het watermilieu heeft zich aanvankelijk vooral op vrouwelijke hormonen (oestrogenen) gericht, maar daar zijn steeds meer andere hormonen bijgekomen. Bijvoorbeeld mannelijke hormonen (androgenen), glucocorticosteroiden (betrokken bij o.a. ontstekingsreacties), zwangerschapshormonen (progestogenen), schildklierhormonen en stresshormonen. Ook heeft het onderzoek zich uitgebreid naar hormonen die vrouwelijke hormonen of mannelijke hormonen tegenwerken (anti-oestrogenen en anti-androgenen).

Naast de natuurlijke hormonen zijn er ook synthetische hormonen die worden toegepast in de pil of voor de behandeling van mens en dier. Synthetische hormonen kunnen al bij zeer lage concentratie actief zijn. 17 α -ethinyloestradiol, het actieve bestanddeel uit de pil, is bijvoorbeeld tien keer zo actief als het natuurlijke vrouwelijke hormoon 17 β -oestradiol (Vet- haak et al., 2002).

2.3 STOFFEN MET EEN ONBEDOELDE HORMONALE WERKING

Naast natuurlijke en synthetische hormonen is er een groot aantal stoffen met een onbedoelde hormonale werking. Deze stoffen zijn meestal niet zo potent (krachtig) als natuurlijke hormonen of synthetische hormonen. Voorbeelden van stoffen met een onbedoelde hormonale werking zijn onder meer de weekmaker DEHP, bisfenol A, nonylfenol, broomhoudende brandvertragers (PDBE's) en bestrijdingsmiddelen. Veel van deze stoffen zijn op de lijst van prioritair gevaarlijke stoffen van de Kaderrichtlijn Water geplaatst, wat betekent dat deze stoffen uitgefaseerd worden en de emissie tot nul gereduceerd moeten worden (zie tabel 1 voor details).

Punt van aandacht is dat deze stoffen vervangen worden door andere stoffen met dezelfde functionele eigenschappen, maar ook grotendeels met hetzelfde gedrag in het milieu en met dezelfde hormoonverstorende werking. Voorbeeld van dergelijke vervangers die mogelijk even milieubezwaarlijk zijn, zijn de broomhoudende brandvertragers HBCDD (1,2,5,6,9,10 hexabromocyclododecaan) en TBBPA (tetrabromobisfenol A), chloorhoudende brandvertragers (dechloranen) en alkylfosfaatesters (o.a. TCPP, TCEP, TEP, TBP) die worden ingezet als brandvertrager en/of weekmakers (Brorström-Lundén & Andersson, 2011).

2.4 BESTRIJDINGSMIDDELEN EN BIOCIDEN

Bestrijdingsmiddelen of gewasbeschermingsmiddelen staan al tientallen jaren in de belangstelling. Het gaat onder andere om stoffen die worden toegepast tegen onkruid (loofdoedende, kiemremmende of groeiregulerende herbiciden), plaagorganismen (insecticiden), schimmels (fungiciden), nematoden (nematiciden), mijten (acariciden) en vogels. De laatste tijd is er veel aandacht voor neonicotoiden, een bepaalde groep van insecticiden die veel worden toegepast. Het bekendste voorbeeld is imidacloprid. Neonicotoiden worden o.a. in verband gebracht met grootschalige bijensterfte en effecten op waterorganismen (Blacquièrre et al., 2012; van Dijk et al., 2013; Vijver & van den Brink, 2014).

Biociden worden onder andere toegepast als beschermingsmiddelen voor coatings of koel-systemen, ontsmettingsmiddelen, conserveringsmiddelen, insectenwerende middelen en houtverduurzamingsmiddelen.

2.5 OVERIGE STOFFEN

Naast bovengenoemde stoffen is er een groot aantal andere microverontreinigingen, waaronder desinfecterende middelen, geurstoffen, antioxidanten, schuimremmers, anticorrosie-middelen en UV-filters. Veel van deze stoffen worden toegepast in consumentenproducten. Een belangrijke overeenkomst tussen deze stoffen is dat ze veelvuldig worden aangetoond in afvalwater en/of oppervlaktewater, soms zelfs in hoge concentraties (microgrammen per liter), maar dat meestal nog maar weinig bekend is over de vrachten en effecten. Van som-

mige stoffen is aangetoond of wordt vermoed dat ze hormoonverstorende eigenschappen hebben. Het desinfecterende middel triclosan staat in de belangstelling omdat al bij zeer lage concentraties (nanogrammen per liter) effecten op algen en blauwalgen zijn aangetoond (Von der Ohe et al., 2011).

2.6 MICROPLASTICS

Microplastics zijn plastic deeltjes en vezels kleiner dan vijf millimeter. Naast de microplastics worden nanoplastics (kleiner dan 1 nanometer) onderscheiden. Het onderzoek naar microplastics is tot op heden vooral in het mariene milieu uitgevoerd. Over nanoplastics is nog erg weinig bekend, mede door het ontbreken van een goede meetmethode.

Er moet onderscheid gemaakt worden tussen primaire deeltjes en secundaire deeltjes. Primaire deeltjes zitten in consumentenproducten zoals scrubs, douchegel, tandpasta en cosmetica. Ze worden gebruikt omdat microplastics goedkoper zijn dan alternatieven. Deze toepassing wordt binnen een aantal jaren beëindigd (zie paragraaf 7.4). Andere toepassingen van primaire microplastics zijn bijvoorbeeld de toepassing bij 'zandstralen' en in coatings op bijvoorbeeld autoruiten (m.n. nanoplastics). Secundaire microplastics ontstaan in het milieu of bij het wassen van kleding (zie paragraaf 3.1).

2.7 NANODEELTJES

Nanodeeltjes zijn doelbewust gefabriceerde structuren met een grootte van 0,1 tot 100 nanometer (nm). Nanodeeltjes kunnen producten sterker, kleiner, zuiniger en/of goedkoper maken. Het betreft een zeer diverse groep van stoffen met diverse eigenschappen, al zijn de meeste nanodeeltjes slecht oplosbaar en niet afbreekbaar. Er kan onderscheid gemaakt worden tussen metalen, metaaloxides en koolstoffen. Twee typen nanodeeltjes zijn dominant, te weten carbon black (wereldwijde productie 9,6 miljoen ton/jaar) en silica (wereldwijde productie 1,5 miljoen ton/jaar). De totale wereldwijde productie van nanodeeltjes wordt geschat op ca. 11,5 miljoen ton per jaar (EC, 2012).

Nanodeeltjes kennen een breed scala aan toepassingen, onder andere in consumentenproducten zoals cosmetica en kleding, maar ook in verven, coatings, rubber, plastics, elektronica, antiklontermiddel in levensmiddelen en meer (STOWA, 2013b). Carbon black wordt voornamelijk toegepast in autobanden, maar ook in kunststof, elektronica en antistatische materialen. Silica wordt onder meer toegepast in verf, coatings, tandvullingen en in levensmiddelen als antiklontermiddel.

rijkste bron van secundaire microplastic die ontstaan als grotere plastics in kleinere delen uiteenvallen. Andere secundaire bronnen zijn afspoeling van straatvuil (waaronder bandenslijtage), stofemissies van bouwplaatsen, landbouwplastics en de aanvoer van microplastics door rivieren uit het buitenland. In Verschoor et al. (2014) wordt beschreven via welke bronnen op het land microplastics in het watermilieu terecht komen.

Verspreidingsroutes nanodeeltjes

Er is nog weinig bekend over de verspreiding van nanodeeltjes in het milieu. Door hun kleine afmetingen gedragen ze zich anders dan andere stoffen. Een deel van de nanodeeltjes komt in ieder geval via rwzi's in het milieu terecht. Het lijkt er op dat daar een groot deel wordt verwijderd door adsorptie, flocculatie en/of bezinking (STOWA, 2013b). In het oppervlaktewater zal een groot deel samenklonteren of adsorberen aan organisch materiaal, waarmee de specifieke eigenschappen van nanodeeltjes verloren zullen gaan. Echter, de aanwezigheid van opgelost organisch materiaal verhindert dit proces. Maar het gedrag in het milieu blijkt slecht voorspelbaar. Dit maakt het gedrag van nanodeeltjes in het milieu slecht voorspelbaar (Quik, 2013).

Eenmaal in het oppervlaktewater vinden verschillende processen plaats. Polaire, goed oplosbare stoffen zullen met name in de waterfase blijven, terwijl hydrofobe, slecht oplosbare stoffen zich binden aan sediment en ophopen in waterorganismen. Ook vindt afbraak plaats, biologisch of onder invloed van licht.

3.2 VRACHTEN

Kwantitatieve gegevens over vrachten (kg) microverontreinigingen naar het milieu ontbreken nog grotendeels. Duidelijk is dat veel microverontreinigingen via rwzi's in het water terecht komen. Rwzi's vormen dus kwantitatief een belangrijke route voor microverontreinigingen, maar zeker niet de enige!

Aanvoer uit het buitenland met de grote rivieren vormt voor alle microverontreinigingen (inclusief microplastics) een belangrijke bijdrage.

De vrachten naar het milieu zijn het best uitgewerkt voor humane geneesmiddelen. Door Grontmij (2011) zijn de eerste globale schattingen gemaakt van vrachten humane geneesmiddelen (zie kader). De vracht aan andere microverontreinigingen is naar schatting meer dan tien keer zo groot als de vracht aan geneesmiddelen (Grontmij, 2011). Gedetailleerde getallen voor stoffen of stofgroepen ontbreken echter nog voor de meeste stoffen.

Voor microplastics is recent een eerste kwalitatieve inventarisatie en prioritering van bronnen en emissies gemaakt (Verschoor et al., 2014). Een kwantitatieve inschatting is nog niet mogelijk. Voor nanodeeltjes ontbreken schattingen van emissies en vrachten.

Vrachten geneesmiddelen naar het watermilieu

Studies naar de aanwezigheid en risico's van humane geneesmiddelen en diergeneesmiddelen hebben uitgewezen dat humane geneesmiddelen kwantitatief veruit de belangrijkste bron van geneesmiddelen naar het oppervlaktewater vormen (Derksen & ter Laak, 2013; Derksen & Roorda, 2005). In diverse studies is de emissie van humane geneesmiddelen verder onderzocht en gekwantificeerd. Berekeningen en metingen bij zorginstellingen en huishoudens hebben kentallen voor emissies van geneesmiddelen naar het watermilieu opgeleverd (STOWA, 2009; STOWA, 2011a). Op basis van deze kentallen zijn de vrachten op rwzi's en de bijdragen van verschillende bronnen (huishoudens, ziekenhuizen en zorginstellingen) goed te kwantificeren. De bijdrage vanuit ziekenhuizen is meestal <10 procent van de totale vracht op rwzi's (STOWA, 2009; STOWA, 2011b; ter Laak et al., 2013), die vanuit andere zorginstellingen meestal 1-5 procent (STOWA, 2011a). Lokaal kan de situatie echter sterk verschillen.

In Grontmij (2011) zijn de eerste globale schattingen gemaakt van vrachten humane geneesmiddelen en andere microverontreinigingen. De vracht humane geneesmiddelen in het influent van rwzi's wordt, met enig voorbehoud², geschat op 32 ton per jaar, in het effluent op 11 ton per jaar. Inclusief röntgencontrastmiddelen zijn deze vrachten 62 respectievelijk 24 ton per jaar. Daarnaast komt naar schatting jaarlijks 33 ton humane geneesmiddelen (65 ton inclusief röntgencontrastmiddelen) via de Rijn ons land binnen.

De bijdrage van overstortingen wordt geschat op minder dan één procent van de vracht die aankomt op rwzi's (Grontmij, 2011). Doordat dit water echter geen zuivering ondergaat, kan deze route relevant worden voor kleine ontvangende wateren. De bijdrage aan de totale vracht naar het oppervlaktewater wordt voor individuele geneesmiddelen geschat op één tot tien procent (ICBR, 2010a).

Het gebruik van antibiotica in de veehouderij neemt al jaren af, maar ligt nog steeds vele malen hoger dan het gebruik bij mensen (SDa, 2014). De route van diergeneesmiddelen naar het oppervlaktewater is echter veel indirecter dan die van humane geneesmiddelen³, en verloopt via diverse stappen. Dit maakt het lastig de emissie van diergeneesmiddelen goed te kwantificeren. Bij elke stap verdwijnt een deel van de diergeneesmiddelen.

Diergeneesmiddelen, voornamelijk antibiotica, komen in de mest terecht. Deze mest wordt meestal tijdelijk opgeslagen, om vervolgens op het land te worden uitgereden. Verspreiding naar het oppervlaktewater verloopt via oppervlakkige afspoeling naar het oppervlaktewater, en via uitspoeling naar het grondwater, dat via kwel weer in het oppervlaktewater terecht kan komen.

De beperkte studies naar verspreiding van antibiotica uit mest (Montforts et al., 2007; Van Schijndel et al., 2009, Lahr et al., 2014) lijken te bevestigen dat de verspreiding naar het oppervlaktewater (en grondwater) zeer beperkt is. Ook de verspreiding naar drainagewater is nog niet of nauwelijks onderzocht.

² Deze vrachten zijn gebaseerd op gemeten actieve stoffen. Er is geen rekening gehouden met actieve stoffen die niet gemeten kunnen worden, of met afbraakproducten.

³ Een uitzondering vormt de trend om mest te verwerken in mestverwerkingsinstallaties. Dit levert een effluentstroom op die behandeld wordt op de rwzi. Voor diergeneesmiddelen die via deze route in het watersysteem komen, geldt hetzelfde als voor humane geneesmiddelen die via een rwzi in het watersysteem komen.



4

CONCENTRATIES IN HET MILIEU

4.1 ANALYSEMETHODES

Dankzij moderne analysemethoden kan een steeds groter aantal stoffen als microverontreiniging in het milieu worden gedetecteerd. Desondanks bestaan er nog steeds maar voor een beperkt deel van alle microverontreinigingen analysemethoden. Zo is bijvoorbeeld slechts ongeveer een kwart van alle gebruikte geneesmiddelen onderzocht op het voorkomen in het water (Derksen & Ter Laak, 2013). Met name voor de vaste fase (sediment, zuiveringsslib, mest en bodem) ontbreken betrouwbare meetmethoden.

Van belang is dat de analyses altijd in pakketten worden aangeboden. De analysepakketten zijn vaak historisch gegroeid en hangen onder andere samen met de gekozen scheidingsmethode en de methode om de stof te detecteren. Er is geen enkel analysepakket waarmee alle microverontreinigingen in één analysegang gemeten kunnen worden.

Een analysegang bestaat uit een monsteropwerking, scheiding van de stoffen op een kolom (door middel van chromatografie) en detectie van de stof. De monstervoorbehandeling is een cruciale stap voor een nauwkeurige analyse, zeker als lage detectielimieten noodzakelijk zijn (bijvoorbeeld bij natuurlijke hormonen). In de meeste gevallen wordt een vaste fase extractie (SPE) toegepast. Afhankelijk van de te analyseren stoffen wordt de keuze gemaakt voor gaschromatografie (GC) of vloeistofchromatografie (LC), gekoppeld aan geavanceerde methoden voor de detectie van de stof.

Voor nanodeeltjes ontbreken goede meetmethoden nog grotendeels. Voor microplastics zijn er verschillende methoden, waarbij het milieumonster wordt gezeefd, het aantal deeltjes wordt geteld en het type deeltjes wordt bepaald. De toegepaste methoden zijn echter niet uniform, hetgeen invloed heeft op het resultaat.

4.2 AANGETROFFEN CONCENTRATIES

De concentraties van de aangetroffen stoffen in afvalwater, oppervlaktewater, grondwater en drinkwater zijn meestal laag. Ze liggen in de orde grootte van nanogrammen tot microgrammen per liter (o.a. Derksen & Ter Laak, 2013; Vethaak et al., 2002). Zoals verwacht mag worden, worden de hoogste concentraties aangetroffen in het ruwe afvalwater, en nemen de concentraties af in effluent en oppervlaktewater, grondwater en drinkwater. Ook in regenwater worden microverontreinigingen aangetroffen (Vethaak et al. (2002), Peters et al., 2008; Waterschap Zuiderzeeland, 2012). In het oppervlaktewater worden de hoogste concentraties

microverontreinigingen aangetroffen in kleinere wateren en in wateren met een groot aandeel rwzi-effluent (Grontmij | Aquasense, 2008; Grontmij | Aquasense, 2009; STOWA, 2011b; Laak et al., 2013). In drinkwater worden nog slechts sporen van microverontreinigingen aangetroffen.

De concentraties van 'nieuwe' (d.w.z. niet frequent onderzochte) stoffen blijken vergelijkbaar met meer 'gangbare' stoffen zoals bestrijdingsmiddelen of prioritaire stoffen uit de Kader-richtlijn Water (Kalf & Berbee, 2005; Derksen, 2010).

Punt van aandacht is dat door klimaatveranderingen meer extremen in de waterafvoer zullen voorkomen. Bij extreem lage afvoer is het aandeel effluent hoger en zullen de aangetroffen concentraties hoger zijn.



5

EFFECTEN

5.1 ALGEMEEN

Op basis van de aangetroffen concentraties worden de effecten van microverontreinigingen in drinkwater voor de mens gering geacht, ook als rekening wordt gehouden met combinatie toxiciteit. De blootstelling van de mens 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.
- Een deel van deze stoffen (i.e. geneesmiddelen, hormonen, bestrijdingsmiddelen en biociden) zijn bedoeld om biologisch actief te zijn, en sommige kunnen daarom bij zeer lage concentraties (nanogrammen per liter) al effecten geven.
- Een aantal persistente stoffen dat zich ophoopt in organismen, blijkt onbedoelde hormoonverstorende effecten te hebben (onder andere brandvertragers, weekmakers en geperfluoreerde verbindingen).
- 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.
- 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 het 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 waren.
- 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 monitoring

van effecten van microverontreinigingen in afvalwater en oppervlaktewater. Gezien de aard van de blootstelling en de stoffen dient de beoordeling van effecten zich te richten op chronische blootstelling, effecten gebaseerd op het werkingsmechanisme (specifieke effecten) en effecten van complexe mengsels van stoffen. Dit vraagt om een andere manier van monitoren; de huidige biologische meetmethoden om effecten te bepalen richten zich vooral op effecten van individuele stoffen op overleving, groei en het aantal nakomelingen. Deze meetmethoden bieden onvoldoende bescherming voor microverontreinigingen met eerder nauwelijks onderzochte effecten, zoals hormoonverstoring, verstoring van het zenuwstelsel of het immuunsysteem en gedragsveranderingen. Het betreft subtiele effecten, die echter wel grote gevolgen voor de populatie kunnen hebben.

Om deze effecten te kunnen bepalen moeten nieuwe biologische meetmethoden ontwikkeld worden. Hier wordt hard aan gewerkt, met name internationaal op wetenschappelijk niveau (o.a. Kienle, 2013). De resultaten wisselen en er zijn nog de nodige onzekerheden en onduidelijkheden. Echter, op basis van de huidige kennis zijn effecten in afvalwater en oppervlaktewater bij milieuconcentraties reëel als de chronische, specifieke en mengseffecten worden meegenomen in de risicobeoordeling van deze stoffen. Dit geldt met name voor kleinere wateren die sterk beïnvloed worden door rwzi-effluent.

Een uitgebreide review van effecten van microverontreinigingen op waterorganismen valt buiten de reikwijdte van dit rapport. De effecten van geneesmiddelen, hun afbraakproducten en mengsels van geneesmiddelen worden samengevat in Derksen & Ter Laak (2013). In de volgende paragrafen worden aanvullende voorbeelden gegeven van chronische effecten, specifieke effecten, combinatie-effecten en bioaccumulatie van andere microverontreinigingen, én van enkele nieuwe onderzoeken naar het effect van geneesmiddelen en desinfecterende stoffen op het gedrag van vissen. Tevens wordt ingegaan op aangetoonde effecten van microverontreinigingen in effluent en oppervlaktewater en de invloed van aanvullende zuiveringstechnieken daarop. Effecten van antibiotica (i.e. resistentieontwikkeling, microplastics en nanodeeltjes) worden in aparte kaders besproken.

5.2 ACUTE EN CHRONISCHE EFFECTEN

De concentraties die in het oppervlaktewater worden aangetroffen, zijn meestal aanzienlijk lager dan de concentraties waarbij onder laboratoriumomstandigheden acute (korte termijn) effecten te verwachten zijn (Fent et al., 2006; Cunningham et al., 2006; Webb, 2001; Weeks et al., 2012; Tisler et al., 2009; Li, 2009; Yamamoto et al., 2011). Dit geldt ook voor effecten in langdurende laboratoriumtesten waarbij naar traditionele eindpunten zoals groei of aantal nakomelingen wordt gekeken. In de meeste gevallen worden chronische effecten pas waargenomen bij concentraties die twee ordegrottes boven de milieuconcentraties liggen (Derksen & Ter Laak, 2013). Een uitzondering vormt het effect van antibiotica en het desinfecterende middel triclosan op de groei van algen en blauwalgen: voor deze stoffen liggen de effectconcentraties in dezelfde ordegrutte als milieuconcentraties (Webb, 2001; Derksen et al., 2001; Derksen, 2003; Halling-Sørensen, 2000; Holten Lützhøft et al., 1999; Von der Ohe et al., 2011).

5.3 SPECIFIEKE EFFECTEN

Bij specifieke effecten moet gedacht worden aan verschillende vormen van hormoonverstoring, verstoring van seksueel gedrag, zwemgedrag of voedingsactiviteit, effecten op de prikkeloverdracht (neurotoxiciteit), effecten op het immuunsysteem, maar bijvoorbeeld ook onverwacht hoge gevoeligheid van bepaalde groepen organismen of orgaanschade. Deze specifieke effecten kunnen gerelateerd zijn aan het werkingsmechanisme van de stof, maar dit is niet altijd het geval. Er zijn ook voorbeelden van onverwachte effecten, zoals nierschade bij vissen en vogels door de pijnstiller diclofenac. In Derksen & Ter Laak (2013) wordt een

groot aantal voorbeelden van specifieke en onverwachte effecten van geneesmiddelen gegeven.

Meer recent is het effect van geneesmiddelen en desinfectiemiddelen op het gedrag van vissen bestudeerd:

- Hedgespeth et al. (2014) vonden dat jonge baarzen die worden blootgesteld aan het antidepressivum sertaline (merknaam Zoloft) minder waterdiertjes eten. Dit kwam tot uitdrukking in zowel de frequentie van aanvallen als de benodigde tijd om de prooi te vangen. Een dergelijke verstoring van de voedselname kan gevolgen hebben voor predator-prooi relaties en daarmee voor het evenwicht in het hele waterecosysteem.
- Brodin et al. (2013) stelden in het laboratorium jonge baarzen bloot aan het veel gebruikte slaapmiddel oxazepam (merknaam Seresta), in concentraties ongeveer twee keer zo hoog als aangetroffen in Zweedse rivieren. Normaal zijn baarzen timide en blijven ze het grootste deel van de tijd op bekend terrein. Onder invloed van oxazepam verliezen ze hun terughoudendheid en gaan ze op verkenning. Daarbij voeden ze zich uitbundiger met zoöplankton (kleine waterdiertjes) dan normaal, en ze vermijden contact met hun soortgenoten. Het gedrag van de prooidieren - larven van de waterjuffer - werd niet beïnvloed (Brodin et al., 2014).
- Weinberger & Klaper (2014) onderzochten de invloed van het antidepressivum fluoxetine (merknaam Prozac) op het gedrag van de vis *Pimephales promelas* ('fathead minnow'⁴). Al bij een concentratie van één microgram per liter⁵ werden significante effecten waargenomen op paringsgedrag van mannelijke vissen, vooral op het bouwen en verdedigen van de nesten. Ook veranderde het prooiontwijkingsgedrag van zowel mannetjes als vrouwtjes. Bij hogere concentraties vertoonden de mannetjes daarnaast agressief en dwangmatig gedrag, en gingen ze zich afzonderen van hun soortgenoten.
- Martinović et al. (2010) onderzochten het effect van de pijnstiller ibuprofen op zebravissen. Ook zij vonden een negatief effect op het normale paringsgedrag van mannelijke vissen, bij een concentratie van vijftig microgram per liter (een concentratie die een ordegrrootte hoger ligt dan in afvalwater gevonden wordt).
- Schultz et al. (2012) stelden volwassen fathead minnows bloot aan de desinfecterende stoffen triclosan en triclocarban, alleen en in mengsels in concentraties zoals die voorkomen in het milieu (0,01 tot 0,5 microgram per liter). In het wild verdedigen de mannetjes de nesten tegen rivalen, na blootstelling aan triclosan en triclocarban veel minder.

Deze voorbeelden betreffen laboratoriumtesten bij concentraties die meestal iets (maar niet veel) hoger liggen dan concentraties die in het milieu voorkomen. In het veld worden de vissen echter niet blootgesteld aan één stof, maar aan een cocktail van stoffen, deels met hetzelfde werkingsmechanisme. Effecten van microverontreinigingen op het gedrag van vissen in het veld kunnen daarom niet uitgesloten worden, zeker niet in situaties waar concentraties hoog zijn zoals in kleinere wateren met een groot aandeel effluent. Effecten op seksueel gedrag, voedingsgedrag en/of prooiontwijking kunnen potentieel grote gevolgen hebben voor de populatie en voor andere waterorganismen in de voedselketen.

5.4 COMBINATIE-EFFECTEN

Effecten van mengsels van microverontreinigingen zijn vooral onderzocht voor hormonen en hormoonverstorende stoffen, voor andere stofgroepen veel minder. Voorbeelden van mengseffecten van geneesmiddelen worden gegeven in Derksen & Ter Laak (2013). In veel gevallen zijn mengseffecten voorspelbaar op basis van concentratie additie, dat wil zeggen dat de effecten opgeteld kunnen worden. Maar er vinden ook regelmatig interacties plaats,

⁴ Deze vissoort wordt regelmatig gebruikt in toxicologische studies. De vis heeft geen Nederlandse naam.

⁵ Deze concentratie wordt in het buitenland in sommige oppervlaktewateren aangetroffen. In Nederland is fluoxetine nog niet of nauwelijks onderzocht.

Antibioticaresistentie

Het gebruik van antibiotica in de gezondheidszorg en de veeteelt kan leiden tot antibioticaresistentie, met het risico dat ziekten minder goed behandeld kunnen worden.

Bacteriën worden resistent tegen antibiotica door willekeurige mutaties of door het uitwisselen van mobiele stukjes genetisch materiaal (plasmiden) waarop zich resistentiegenen bevinden. Resistentie kan zich verspreiden met de resistente bacteriën zelf of door overdracht van resistentiegenen van resistente naar niet-resistente bacteriën. Resistentiegenen volgen in principe de route naar het milieu die antibiotica ook volgen. Er spelen echter meer aspecten die moeilijker te voorspellen zijn dan die voor antibiotica: de bacteriën groeien of gaan dood, antibiotica kunnen zorgen voor selectie van resistente bacteriën en resistentiegenen kunnen worden doorgegeven naar andere bacteriën die daardoor resistent worden voor antibiotica.

Effecten van microplastics

Microplastics worden in de hele voedselketen teruggevonden (vissen, vogels, kreeftachtigen, schelpdieren, wormen). Effecten van microplastics op waterorganismen zijn onder andere remming van de fotosynthese in algen doordat de deeltjes het licht afschermen. Ook leiden microplastics tot ontstekingen en verstoren ze het vetmetabolisme. Daarnaast kunnen ze verstopping veroorzaken waardoor organismen uiteindelijk verhongeren. Bij zoogdieren worden microplastics aangetroffen in lymfesystemen. Ook worden ze doorgegeven door de placenta. Ze veroorzaken o.a. longontsteking, celschade en beïnvloeden de activiteit van verschillende enzymen. Opname van microplastics leidt ook tot verhoogde blootstelling aan stoffen die uit het plastic logen (bijvoorbeeld weekmakers), of stoffen die aan het plastic zijn gebonden.

Effecten van nanodeeltjes

Door het specifieke karakter van nanodeeltjes bepaalt niet de concentratie, maar de vorm en de afmeting van een nanodeeltje de toxiciteit (Struijs et al., 2007). De afmeting bepaalt hoeveel deeltjes aanwezig zijn: hoe kleiner het deeltje, hoe hoger de deeltjesconcentratie. De combinatie van deeltjeseigenschappen en samenstelling van het water bepaalt in welke mate deeltjes als nanodeeltje aanwezig blijven of dat ze samenklonteren.

De effecten van nanodeeltjes zijn nog slecht onderzocht, en de resultaten zijn niet eenduidig. Uit verschillende onderzoeken is echter wel duidelijk geworden dat nanodeeltjes worden opgenomen in planten en dieren, zowel via het maag-darmkanaal als via de huid.

Uit onderzoek van Van der Ploeg et al. (2013; 2014) blijkt dat nanodeeltjes weefselschade veroorzaken bij regenwormen. Dit is zowel voor zilvernano's als koolstofnano's aangetoond. De schade lijkt daarom meer samen te hangen met het deeltje op zich dan met het type nanodeeltje. In de bodem is aangetoond dat de toxiciteit van zilvernano-deeltjes gedurende lange tijd aanwezig blijft. Dit in tegenstelling tot de toxiciteit van zilvernitraat dat in de loop van de tijd minder wordt. Verder is uit een langdurig onderzoek (1,5 jaar) van Velzeboer et al (2013) gebleken dat de soortensamenstelling van waterbodemdieren verandert onder invloed van koolstofnano's.

zoals versterking van het effect. Opvallend is dat indien interacties plaatsvinden deze niet altijd constant zijn, maar bijvoorbeeld afhankelijk van de concentratie en/of de blootstellingsperiode, maar dan niet op een consistente manier. Dit maakt modellering van de effecten lastig (o.a. Flaherty & Dodson, 2005).

De normstelling van stoffen is gebaseerd op individuele stoffen, en houdt geen rekening met mengseltoxiciteit. Als alle stoffen voldoen aan de normen, kunnen mengsels nog steeds een effect geven. Dit werd recent aangetoond door Carvalho et al. (2014). Zij testten een mengsel van 14 prioritair stoffen uit de Kaderrichtlijn Water, en een mengsel van dezelfde 14 stoffen plus vijf mogelijk toekomstige prioritair stoffen. Er werden in het laboratorium 35 biologische testen (bioassays) uitgevoerd op elf verschillende organismen, waaronder testen die gebaseerd zijn op het werkingsmechanisme van de stoffen (bijvoorbeeld hormoonverstoring en immunotoxiciteit). De mengsels gaven toxische effecten op onder andere bacteriën, algen en watervlooien, en op de ontwikkeling van vissenembryo's en kikkerembryo's.

Ook Backhaus et al. (2011) toonden aan dat een mengsel van vijf geneesmiddelen en biociden, elk in concentraties gelijk aan hun individuele no-observed-effect concentrations (NOEC's), een effect heeft op de samenstelling van de biofilm in mariene wateren. Deze biofilm, die zich hecht aan oppervlakken in het water, bestaat uit een mengsel van algen, blauwalgen, bacteriën en schimmels.

5.5 BIOACCUMULATIE

Onderzoek naar bioaccumulatie van microverontreinigingen heeft zich vooral gericht op dieren bestemd voor menselijke consumptie (vissen, mosselen e.d.) en op zeezoogdieren. Bioaccumulatie is aangetoond voor sterk bioaccumulerende stoffen zoals gebromeerde brandvertragers (PBDE's), geperfluoreerde verbindingen (PFOS e.d.), organochloorbestrijdingsmiddelen (zoals DDT en drins). Maar ook andere stoffen zoals musken, geneesmiddelen, triclosan en UV-filters zijn aangetoond in diverse soorten waterorganismen (Van Leeuwen, 2009; Brorström-Lundén & Andersson, 2011; Möller et al., 2012; Ahrens & Bundschuh, 2014; Vorkamp & Rigét, 2014; Meredith-Williams et al., 2012; Brodin et al., 2013; Brodin et al., 2014; Jonsson et al., 2014; Gago-Ferrero et al., 2012; Mottaleb et al., 2009; Bedoux et al., 2012; Rüdél et al., 2006). Voor zover ingeschat, zijn de risico's voor de mens door visconsumptie laag (Van Leeuwen, 2009; Van Emmerik, 2014). Een vertaling naar risico's voor de organismen zelf, en naar doorvergiftigingsrisico's naar organismen hoger in de voedselketen, wordt niet of nauwelijks gemaakt.

5.6 EFFECTEN IN EFFLUENT EN OPPERVLAKEWATER

In bijlage 1 wordt een aantal voorbeelden gegeven van waargenomen effecten van microverontreinigingen in effluënten en oppervlaktewater, en het effect van aanvullende zuiveringsstappen daarop.

De meeste studies naar effecten in effluent en oppervlaktewater zijn uitgevoerd met vissen en mosselen, hetzij door ze in het laboratorium aan effluent of oppervlaktewater bloot te stellen, hetzij door ze in kooien uit te hangen, hetzij door ze in het veld te verzamelen en in het laboratorium te onderzoeken. Onderzoeken naar effecten van microverontreinigingen op populatieniveau in het veld zijn zeer schaars.

Hormoonverstorende effecten zijn duidelijk en veelvuldig aangetoond, ook in veldsituaties. Verantwoordelijke stoffen blijken vooral de natuurlijke hormonen oestron en 17beta-oestradiol, het synthetische hormoon uit de pil (17alfa-ethinyloestradiol) en nonylfenol(ethoxylat) en⁶ (industriële reinigingsmiddelen). Andere onderzoeken duiden op een combinatie van oestrogene en anti-androgene stoffen, d.w.z. respectievelijk stoffen die vrouwelijke hormonen nabootsen, danwel stoffen die mannelijke hormonen tegenwerken (Jobling et al., 2009;

Zhao et al., 2011; Stalter et al., 2011). Beide leiden tot vervrouwelijking. Daarnaast verstoort effluent het immuunsysteem en de neurochemie bij vissen en mosselen. Ook nemen biomarkers ('biologische indicatoren') voor aanwezigheid stoffen en/of oxidatieve stress toe. Dergelijke effecten zijn, bij mosselen die zijn uitgehangen in de effluentpluim, meetbaar tot soms wel kilometers stroomafwaarts (Gagné et al., 2007; Gagné et al., 2004).

Aanvullende zuiveringsstappen lijken effecten te kunnen verwijderen, in ieder geval deels. Echter, bij de keuze voor aanvullende zuiveringsstappen is het van belang ook naar de toxiciteit te kijken. Geavanceerde oxidatieprocessen zoals ozon, verwijderen uitgangsstoffen chemisch het best, maar er zijn aanwijzingen voor het ontstaan van (toxische) afbraakproducten, afhankelijk van de toegepaste ozonconcentratie en behandelingsduur. Deze toxische effecten lijken echter eenvoudig te verwijderen, bijvoorbeeld door zandfiltratie (Abegglen et al., 2010).

⁶ De emissie van deze nonylfenol(ethoxylat)en is inmiddels gereduceerd, dus mogelijk dat deze stoffen nu minder bijdragen.



6

MOGELIJKHEDEN VOOR EMISSIEREDUCTIE

In dit hoofdstuk wordt beschreven wat de mogelijkheden zijn voor emissiereductie van microverontreinigingen. Het gaat om bronmaatregelen, technische maatregelen in de afvalwaterzuivering en drinkwaterbereiding, en om alternatieven waarbij deelstromen van afval of afvalwater apart worden behandeld (zogenoemde nieuwe sanitatie). Waar in de waterketen maatregelen het best genomen kunnen worden, is nog onderwerp van discussie (zie paragraaf 8.2).

6.1 BRONMAATREGELEN

Bronmaatregelen zijn maatregelen die voorkomen dat microverontreinigingen in het afval of afvalwater terechtkomen. Het betreft onder meer:

- aanpassingen in het toelatingsbeleid, bijvoorbeeld het verbieden van bestrijdingsmiddelen of het uitfaseren van prioritair gevaarlijke stoffen van de Kaderrichtlijn Water;
- verminderen van het gebruik, bijvoorbeeld door voorlichting en bewustwording;
- aanpassen van het gebruik, bijvoorbeeld door doelgerichter voorschrijven en/of toedienen;
- het apart inzamelen van afvalstromen, bijvoorbeeld inzamelen van niet gebruikte geneesmiddelen, of kuurspecifieke inzameling van urine van mensen die behandeld zijn met bepaalde geneesmiddelen⁷;
- het stimuleren van de ontwikkeling van beter afbreekbare stoffen.

Brongerichte maatregelen zijn in het verleden bij onder andere bestrijdingsmiddelen en industriële stoffen effectief gebleken. Wat niet in het water terechtkomt, hoef je er immers ook niet uit te halen. Echter, bronmaatregelen zijn niet voor alle stofgroepen realiseerbaar (zoals voor vrouwelijke hormonen) of effectief.

6.2 VERWIJDERING IN DE AFVALWATERZUIVERING

Een biologische afvalwaterzuivering is primair gericht op het verwijderen van organische stof en nutriënten, niet op het verwijderen van microverontreinigingen. Toch verwijdert een biologische zuivering een groot deel van de stoffen, hetzij door afbraak, hetzij door binding aan slib. De verwijdering is het best onderzocht voor geneesmiddelen. In een rwzi met een biologisch actief-slibstelsysteem wordt gemiddeld 65 procent van de geneesmiddelen verwijderd.

⁷ <http://www.wgs.nl/schoon-water/grip-medicijnresten/>

Voor individuele stoffen kan het zuiveringsrendement echter variëren van nul tot honderd procent. Er zijn dus stoffen die volledig verwijderd worden en stoffen die in het geheel niet verwijderd worden (STOWA, 2011a; Grontmij, 2011). Daarnaast verschilt het zuiveringsrendement ook binnen verschillende actief-slibsystemen. De sturende factoren zijn nog onvoldoende onderzocht (Derksen & Ter Laak, 2013). Het lijkt erop dat omstandigheden die gunstig zijn voor een goede nitrificatie, d.w.z. een lange slibretentietijd, ook gunstig zijn voor de verwijdering van microverontreinigingen (Clara et al., 2005). Stoffen die goed aan het actief slib binden, worden goed verwijderd (STOWA, 2011c).

Een punt van aandacht is de vorming van afbraakproducten. De huidige biologische waterzuivering leidt niet altijd tot complete verwijdering van stoffen, maar produceert een breed scala aan afbraakproducten (Ternes, 2012; Escher & Fenner, 2011). Een aantal van deze afbraakproducten is (veel) stabiel en soms ook giftiger dan de uitgangsstof. Het verdwijnen van een uitgangsstof betekent dus niet per se dat alle microverontreinigingen zijn verdwenen.

Er zijn in binnen- en buitenland diverse onderzoeken gedaan naar andere, of nageschakelde⁸ zuiveringstechnieken om microverontreinigingen verder te verwijderen. Met name in Zwitserland (EAWAG)⁹ en Duitsland¹⁰ zijn grootschalige onderzoeken uitgevoerd. De onderzochte technieken zijn onder andere membraanbioreactoren (MBR's), ozonbehandeling en andere geavanceerde oxidatieprocessen, toepassing van actiefkool, een 1-step filter en diverse andere filtratietechnieken (STOWA, 2006; STOWA, 2009c; STOWA, 2010b; STOWA, 2009b; Radjenovic et al., 2007; Radjenovic et al., 2008; Petrovic et al., 2009; Radjenovic et al., 2009; FOEN, 2012; Ruhrverband, 2011). Het algemene beeld dat uit deze onderzoeken naar voren komt is dat MBR's iets beter presteren dan actief slib, maar dit hangt af van de stoffeigenschappen. Actief kool werkt goed, maar is relatief duur. Geavanceerde oxidatieprocessen zoals ozon verwijderen uitgangsstoffen chemisch het best, maar er zijn aanwijzingen voor het ontstaan van (toxische) afbraakproducten, afhankelijk van de toegepaste ozonconcentratie en behandelingsduur.

Voor Nederland zijn de kosten voor aanpassen van rwzi's uitgewerkt binnen het project 'Zuivering geneesmiddelen uit afvalwater' (Grontmij, 2011). Hierbij zijn geneesmiddelen als uitgangspunt genomen, andere microverontreinigingen liften mee met aanpassingen op de zuivering. Het uitbreiden van alle rwzi's met bijvoorbeeld oxidatieve en adsorptieve zuiveringsstappen zou ongeveer 77 procent van de geneesmiddelen extra verwijderen, terwijl de netto jaarlijkse kosten van de afvalwaterbehandeling zouden toenemen van ca. 1 miljard tot ca. 1,8 miljard, d.w.z. een kostenstijging van 77 procent.

Indien andere keuzes worden gemaakt, bijvoorbeeld door slechts een deel van de rwzi's aan te passen, of minder vergaande zuivering toe te passen, vallen de kosten lager uit. Uitbreiding van alle rwzi's met alleen actief kool bijvoorbeeld geeft 60 procent extra verwijdering en zou circa 570 miljoen per jaar extra kosten (een stijging van 55 procent). Uitbreiding van alleen de rwzi's >100.000 i.e. die lozen op kwetsbaar water zou circa 90 miljoen per jaar extra kosten (een stijging van 9 procent) (Grontmij, 2011).

⁸ Aanvullende zuiveringstechnieken, die na de conventionele biologische afvalwaterzuivering worden geschakeld, alleen of in combinatie.

⁹ MicroPoll project, <http://www.bafu.admin.ch/>; topics; water protection, micropollutants.

¹⁰ Milieuministerie Nordrhein-Westfalen (MKULNV) project 'Elimination von Arzneimitteln und organischen Spurenstoffen', www.micropollutants.net (12 deelprojecten, diverse technieken, ook fullscale).

6.3 ALTERNATIEVE AANPAK: NIEUWE SANITATIE

Behalve verwijdering van microverontreinigingen op rwzi's kunnen ook deelstromen apart behandeld worden. Denk bijvoorbeeld aan het apart behandelen van ziekenhuisafvalwater. Speciaal hiervoor is het Pharmafilterconcept ontwikkeld, een totaalconcept waarbij afval en afvalwater in ziekenhuizen tezamen worden behandeld. Dit bespaart werk, logistieke handelingen en afvoer van afvalstoffen, en levert schoon water op (STOWA, 2012).

Andere mogelijkheden zijn het apart behandelen van urine, met daarin een groot deel van de geneesmiddelen en natuurlijke hormonen, of van het huishoudelijk afvalwater afkomstig uit de keuken, wasmachine en badkamer ('grijs water'), met daarin de meeste personal care products. Er zijn ook alternatieven waarbij toiletwater ('zwart water') op wijkniveau samen met keukenafval wordt vergist en biogas oplevert. Deze aparte, of andere behandeling van deelstromen wordt ook wel nieuwe sanitatie genoemd. Belangrijke drijfveren voor het implementeren van nieuwe sanitatievormen zijn het terugwinnen van energie en grondstoffen, en de mogelijkheid om microverontreinigingen aan te pakken.

Hoe effectief en efficiënt deze alternatieven zijn in het verwijderen van microverontreinigingen, ligt buiten de scope van dit document. Bij aanpassing van rwzi's is duidelijk dat de emissie van microverontreinigingen naar het milieu afneemt, bij nieuwe-sanitatieconcepten is de invloed op de emissie echter niet altijd evident. De invloed van het anders omgaan met afval(water)stromen op de emissie van geneesmiddelen wordt uitgewerkt in Derksen & Moermond (in voorbereiding).

6.4 VERWIJDERING IN DE DRINKWATERBEREIDING

In de drinkwaterbereiding worden geavanceerde technieken toegepast, zoals ozon en/of actief kool, UV-desinfectie en UV-peroxide behandeling. Met deze technieken wordt het overgrote deel van de microverontreinigingen uit het water verwijderd. Drinkwater bevat nog slechts sporen van stoffen. Dit betreft vooral polaire, goed oplosbare stoffen (Derksen & Ter Laak, 2013). Punt van aandacht is de vorming van desinfectiebijproducten bij de toepassing van oxidatieve technieken. Van een aantal van deze stoffen is aangetoond dat ze genotoxisch zijn (Richardson et al., 2007).

6.5 BUITENLAND

Duidelijk is dat voor alle microverontreinigingen (inclusief microplastics) de grote rivieren voor een belangrijke aanvoer uit het buitenland zorgen. Voor geneesmiddelen is dit zelfs meer dan de helft (Derksen & Ter Laak, 2013). Om de oppervlaktewaterkwaliteit in Nederland te verbeteren is het noodzakelijk dat ook de vrachten vanuit het buitenland terug worden gebracht. Dit vraagt om internationale samenwerking binnen de stroomgebieden om gezamenlijk de emissie terug te dringen. Dit gebeurt onder andere al binnen de Internationale Commissie ter Bescherming van de Rijn (ICBR).

Stroomopwaarts langs de Rijn in Zwitserland worden al concrete maatregelen genomen (zie kader). Daarnaast worden in Duitsland op verschillende plekken op lokaal initiatief rwzi's uitgebreid met extra zuiveringsstappen¹¹. Hierdoor zal de vracht die via de Rijn Nederland binnen komt in de toekomst waarschijnlijk afnemen. In het Maasstroomgebied (België) richt men zich nog voornamelijk op het aansluiten van een groter aandeel van de huishoudens op rwzi's en het verbeteren van (de capaciteit van) zuiveringen (SPGE, 2006).

Aanpassing rwzi's: de Zwitserse aanpak

In Zwitserland is de planvorming voor aanpassing van rwzi's met een extra zuiveringsstap in een vergevorderd stadium uitgewerkt. Het parlement heeft besloten om vergaande zuiveringstechnieken te gaan toepassen op:

- rwzi's met een zuiveringscapaciteit >100.000 i.e;
- rwzi's waarvan het effluent een aanzienlijk aandeel (>10 procent) vormt van het ontvangende oppervlaktewater;

- rwzi's die lozen op wateren waarvan het oppervlaktewater wordt gebruikt als grondstof voor de drinkwaterbereiding.

Over een periode van twintig jaar zullen ongeveer 100 van de 700 Zwitserse rwzi's worden aangepast. Hiervoor zijn twee technieken voorgesteld: 1) Poederkool gevolgd door zandfiltratie en 2) Ozon plus een biologisch zandfilter. Om de financiering mogelijk te maken is een wetswijziging doorgevoerd. Voor de laatste stand van zaken zie BAFU (2014).

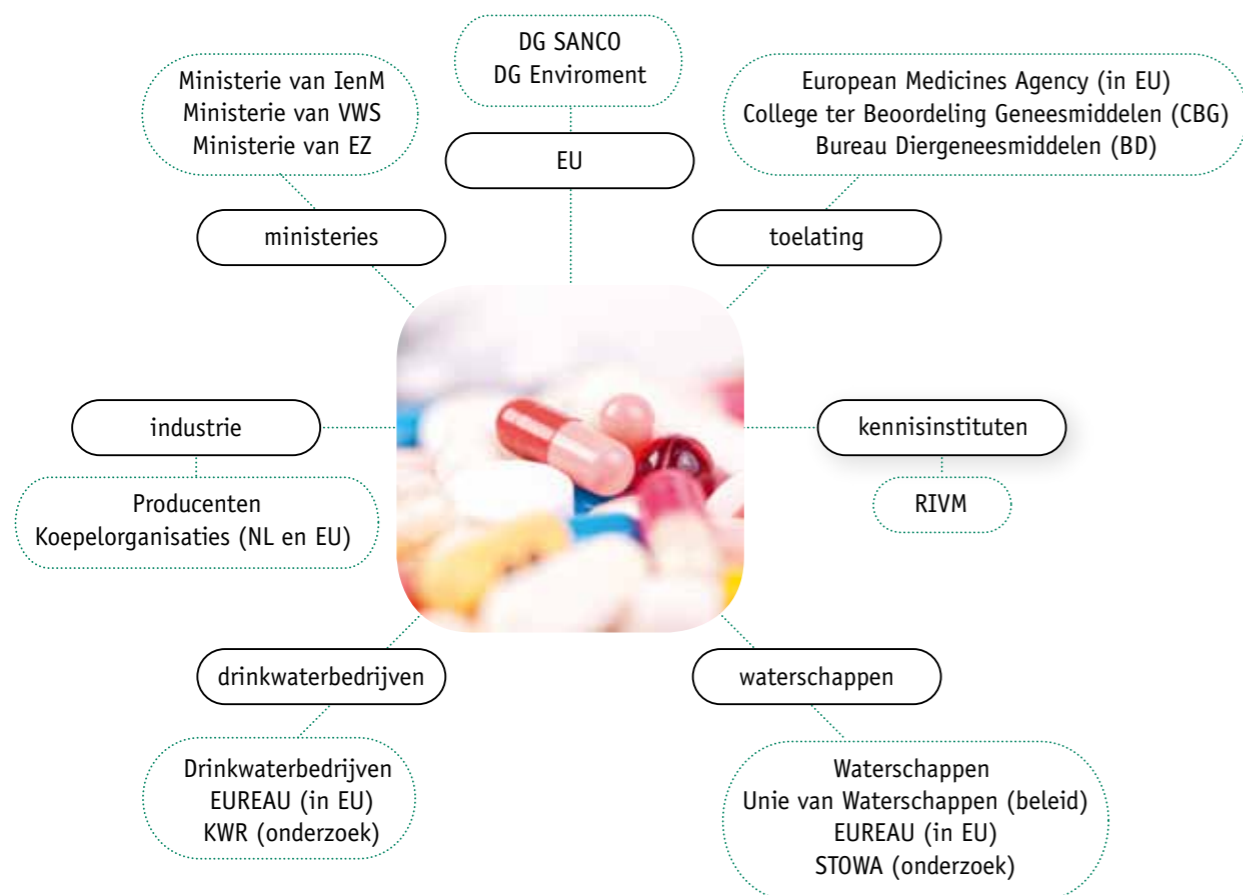
¹¹ Zie <http://www.masterplan-wasser.nrw.de>.

7

BELEID EN BELEIDSONTWIKKELINGEN

7.1 SPELERS

Bij het onderwerp microverontreinigingen in de waterketen is een groot aantal spelers betrokken. In figuur 3 wordt dit geïllustreerd voor geneesmiddelen. Het gaat om producenten, organisaties die zich met de toelating bezighouden, beleidsmakers op Europees en nationaal niveau, kennisinstituten, waterschappen, drinkwaterbedrijven en koepelorganisaties.



Figuur 3. Spelers betrokken bij het onderwerp geneesmiddelen in de waterketen (Moermond, 2014a).

Een opvallende nieuwe speler bij de microplastics zijn de NGO's: de internationale campagne 'Beat the microbead' van de Plastic Soup Foundation en de Stichting Noordzee heeft een belangrijke rol gespeeld bij de vrijwillige uitfasering van plastic deeltjes (microbeads) in cosmetica door de cosmetische industrie¹².

7.2 TOELATING

Een uitgebreide beschrijving van de toelating van microverontreinigingen valt buiten de reikwijdte van dit rapport. Daarom wordt hier volstaan met een korte opsomming en een verwijzing naar verdere informatiebronnen in tabel 2, en naar de website van het Centrum voor Risico's en Stoffen van het RIVM (http://www.rivm.nl/rvs/Stoffen_producten). In het algemeen kan gesteld worden dat voor toelating van een stof een milieurisicobeoordeling nodig is. Echter, ook als er een milieurisico is aangetoond, kan een stof onder bepaalde omstandigheden toch worden toegelaten, bijvoorbeeld als er grote sociaal-economische belangen zijn. Voor humane geneesmiddelen moet wel een milieurisicobeoordeling worden uitgevoerd, maar mag dit nooit reden zijn om de toelating van een middel af te wijzen.

7.3 EUROPA

Kaderrichtlijnen

Sinds eind 2000 is de Europese Kaderrichtlijn Water (KRW) van kracht (Europees Parlement, 2000). De KRW is gericht op het bereiken van een goede chemische en ecologische toestand van het oppervlaktewater, uiterlijk in 2027. In de KRW is vastgelegd hoe de EU-lidstaten de waterkwaliteit moeten monitoren en dat zij maatregelen moeten nemen om de waterkwaliteit voortdurend te verbeteren.

De beoordeling van de chemische toestand wordt gebaseerd op de normen in de Prioritaire Stoffenlijst. Prioritaire stoffen worden beschouwd als stoffen met een risico voor het watermilieu. Een deel van de stoffen uit de lijst is aangemerkt als prioritair gevaarlijke stoffen. Het gebruik van prioritair gevaarlijke stoffen wordt uitgefaseerd en de emissie moet naar nul gereduceerd worden. Veel van de stoffen op de lijst zijn stoffen met een onbedoelde hormonale werking (zie paragraaf 2.3). De lijst bevatte in eerste instantie 33 stoffen (Europees Parlement, 2008). In 2013 zijn hieraan twaalf nieuwe stoffen toegevoegd en is een aantal normen gewijzigd (Europees Parlement, 2013). Met name drie kandidaat prioritaire stoffen riepen veel discussie op: de pijnstiller diclofenac en twee hormonen, waaronder het werk-

Tabel 2. Wettelijke kaders voor toelating van verschillende stofgroepen.

Stofgroep	Wetgeving	Verdere informatie
Humane geneesmiddelen	Directive 2001/83/EC, gewijzigd in 2004/27/EC	http://www.cbg-meb.nl/cbg/nl
Diergeneesmiddelen	Directive 2001/82/EC	http://www.cbg-meb.nl/cbg/nl
Bestrijdingsmiddelen en biociden	Wet gewasbeschermingsmiddelen en biociden (NL); EU verordening gewasbeschermingsmiddelen (EG 1107/2009)	http://www.ctgb.nl/
Chemische stoffen	REACH: Europese Verordening (EG 1907/2006)	http://www.rivm.nl/Onderwerpen/R/REACH
Primaire microplastics	REACH (?): Europese Verordening (EG 1907/2006)	http://www.rivm.nl/Onderwerpen/R/REACH
Nanodeeltjes	REACH: Europese Verordening (EG 1907/2006)	http://www.rivm.nl/Onderwerpen/N/Nanotechnologie ; Struijs et al. (2009)

¹² Zie www.beatthemicrobead.org/nl

zame bestanddeel van de pil. Deze stoffen hebben de prioritair stoffenlijst niet gehaald, vooral vanwege de (zeer) lage conceptnormen. Om deze normen te kunnen halen zouden grootschalige investeringen in (dure) nabehandelingstechnieken op rwzi's noodzakelijk zijn. De stoffen zijn wel op een Watchlist geplaatst, hetgeen betekent dat deze stoffen de komende planperiode van zes jaar uitgebreid gemonitord moeten worden. De overige stoffen op de Watchlist worden in 2015 vastgesteld.

Naast de prioritair stoffen moet de waterkwaliteit beoordeeld worden op specifiek verontreinigende stoffen¹³. Deze stoffen wegen mee in de beoordeling van de ecologische toestand. De lijst met specifiek verontreinigende stoffen wordt per stroomgebied vastgesteld. Er staan ongeveer honderd stoffen op de lijst.

Voor het zoute water geldt de Europese Kaderrichtlijn Mariene Strategie (KRM) (Europese Commissie, 2010). Ook de KRM verplicht EU-lidstaten tot het nemen van de maatregelen om in hun mariene wateren een goede milieutoestand te bereiken en/of te behouden. De uitvoering van de KRM valt buiten de reikwijdte van dit rapport. Wat echter wel van belang is, is dat in de KRM is vastgelegd dat voor de beoordeling van de kwaliteit o.a. de aanwezigheid van zwerfvuil, waaronder (micro)plastics, moet worden onderzocht. Hoe dit precies moet gebeuren, is nog niet vastgelegd.

Microplastics

Binnen het internationale zeeverdrag OSPAR wordt gewerkt aan gezamenlijke maatregelen om microplastics in cosmetica en uit andere bronnen uit te faseren dan wel te beperken. Een Europees verbod op microplastics in cosmetica wordt voorbereid (Tweede Kamer, 2014).

Geneesmiddelen

In december 2013 is er een rapport van SANCO verschenen over de milieurisico's van geneesmiddelen in het milieu (SANCO, 2013). Hierin is aangekondigd dat de Europese Commissie in 2015 met een strategische aanpak voor waterverontreiniging door geneesmiddelen komt. Voor 2017 is een Europees maatregelenpakket voorzien.

Internationale samenwerking

De Nederlandse waterschappen en drinkwaterleidingbedrijven zijn via de Unie van Waterschappen en de Vewin vertegenwoordigd in EUREAU. EUREAU is een Europese federatie van nationale organisaties die zich met (afval)waterkwaliteit bezig houden¹⁴. EUREAU heeft een gezamenlijk standpunt geleverd op 'source control' en 'emerging substances'. Daarbij ligt de focus op aanpak aan de bron.

Daarnaast wordt op stroomgebiedsniveau (Rijn en Maas) samengewerkt om de emissie van microverontreinigingen terug te dringen (zie paragraaf 6.5).

7.4 NEDERLAND

Het beleid richt zich vooral op bestrijdingsmiddelen, prioritair stoffen uit de Kaderrichtlijn Water en geneesmiddelen. Meer recent is er ook aandacht voor microplastics. De routes naar het water worden in beeld gebracht en er wordt aangestuurd op een nationaal en Europees verbod op de toepassing van microplastics in persoonlijke verzorgingsproducten (Tweede Kamer, 2014).

Normstelling

Normen voor microverontreinigingen zijn er vooral voor bestrijdingsmiddelen en voor prio-

¹³ Deze werden eerder ook wel 'overige relevante verontreinigende stoffen' genoemd.

¹⁴ Zie www.eureau.org

ritair stoffen uit de Kaderrichtlijn Water (zie paragraaf 7.3). Deze normen zijn vastgelegd in landelijke normenkaders¹⁵. Voor overige stoffen ontbreekt het normenkader grotendeels.

In 2012 is de Nederlandse lijst met specifieke verontreinigende en drinkwater relevante stoffen onder de Kaderrichtlijn Water herzien (Smit & Wuijts, 2012). Bij deze herziening zijn vijf stoffen op de 'Nederlandse watchlist' geplaatst, te weten het röntgencontrastmiddel amidotrizoïnezuur, de geneesmiddelen carbamazepine, metformine en metoprolol en de industriële stof diisopropylether. Deze vijf stoffen zijn afgelopen jaren uitgebreid gemonitord. Begin 2015 worden deze gegevens geëvalueerd om een besluit te kunnen nemen of deze stoffen in de Ministeriële Regeling monitoring Kaderrichtlijn Water (MR) worden opgenomen. Voor de drie geneesmiddelen zijn conceptnormen afgeleid (Moermond, 2014b).

Bescherming drinkwaterbronnen

In de Beleidsnota Drinkwater (Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 2014) is aangegeven dat de kwaliteit van drinkwaterbronnen onder druk staat, onder meer door de vele stoffen die in deze bronnen terechtkomen. Dit vraagt om extra aandacht voor de bescherming van drinkwaterbronnen. Voor de aanpak van microverontreinigingen in het oppervlaktewater wordt primair aangesloten bij de aanpak van geneesmiddelen (zie hieronder). Daarnaast:

- zal een nadere verkenning plaatsvinden naar mogelijkheden om concrete probleemsituaties bij drinkwaterwinningen gericht op te lossen;
- zal de brongerichte aanpak worden verbreed naar andere microverontreinigingen die specifiek vanuit drinkwateroptiek een probleem vormen;
- zal de minister van IenM waar nodig maatregelen waar de medewerking van buurlanden voor nodig is, agenderen in de internationale Maas- of Rijncommissie;
- wordt onderzocht of het aanwijzen van (een) signaleringswaarde(n) de aanpak kan ondersteunen.

Geneesmiddelen

Sinds een jaar of tien is de werkgroep '(dier)geneesmiddelen en watermilieu' actief. Hierin zitten onder andere vertegenwoordigers van de ministeries, toelating instanties, onderzoeksinstituten en de drinkwatersector. De werkgroep voert beleidsvoorbereidende activiteiten uit.

Er zijn verschillende kamerbrieven verschenen over effecten van geneesmiddelen op het milieu en de mogelijkheden van zuivering en ketenaanpak. Ook is er een Algemeen Overleg geweest en is er begin 2014 een rondetafelgesprek gevoerd over geneesmiddelen in drinkwater en milieu. De belangrijkste activiteiten in het Nederlands beleid ten aanzien van geneesmiddelen in het milieu worden in bijlage 2 samengevat. De fase van verkenning van de mogelijkheden tot emissiereductie is afgesloten. Het ministerie van Infrastructuur en Milieu voert gesprekken met o.a. apothekersorganisaties, koepelorganisaties van de industrie, de Unie van Waterschappen en de Vereniging van Waterbedrijven In Nederland (Vewin). Gevraagd wordt om concrete acties vanuit de marktpartijen. Anderzijds vragen deze partijen juist om een regiorol van het Rijk.

Om de impasse te doorbreken hebben de Unie van Waterschappen en de Vewin een plan van aanpak geschreven om de ernst van het probleem van geneesmiddelen in de waterketen en

¹⁵ De prioritair stoffen uit de Kaderrichtlijn Water zijn in Nederland geïmplementeerd via het Besluit kwaliteitseisen en monitoring water (BKMW); de nationale, 'specifieke verontreinigende stoffen' (in het verleden ook wel aangeduid als 'overige relevante stoffen') zijn uitgewerkt in de Ministeriële Regeling monitoring kaderrichtlijn water (MR). Een overzicht van alle Nederlandse normen is te vinden op <http://www.rivm.nl/rvs/Normen>.

de mogelijke oplossingen in kaart te brengen (zie bijlage 3). Dit plan is op 11 november 2014 aangeboden aan de staatssecretaris van Infrastructuur en Milieu.

Het plan bestaat uit drie sporen: probleemanalyse, bronaanpak en ketenaanpak. In het eerste spoor wordt in beeld gebracht wat de omvang van het probleem is en hoe hierin geprioriteerd kan worden. In het tweede spoor wordt gekeken hoe voorkomen kan worden dat medicijnresten in het water komen en in het derde spoor wordt onderzocht waar resten van geneesmiddelen die toch in het water komen, er het best kunnen worden uitgethaald.

Het plan is gemaakt op basis van een ketenaanpak. Dit betekent dat iedereen, van geneesmiddelenproducent tot en met gebruikers, mee zal moeten doen om het plan te laten slagen. De watersector is bereid de verantwoordelijkheid voor het derde spoor te nemen. Eind 2016 moeten er concrete resultaten zijn. De Unie van Waterschappen en Vewin vragen het ministerie de regierol op zich te nemen.

Microplastics

Het Nederlandse beleid op het gebied van microplastics zet in op drie trajecten. Het eerste traject betreft het uitfasen van microplastics in cosmetica in Nederland. De meerderheid van de bedrijven die bij de Nederlandse Cosmetica Vereniging (NCV) zijn aangesloten, zijn vrijwillig gestopt met het toepassen van microplastics in cosmetica, of gaan dit binnenkort doen. Het tweede traject betreft het verminderen van emissies van microplastics uit andere bronnen dan cosmetica. Het RIVM-onderzoek 'Inventarisatie en prioritering van bronnen en emissies van microplastics' (Verschoor et al., 2014) vormt aanleiding om de emissie uit een aantal bronnen verder te verkennen. Ten slotte wordt in het derde traject op Europees niveau samengewerkt aan gezamenlijke maatregelen om microplastics in cosmetica en uit andere bronnen uit te faseren dan wel te beperken. Deze trajecten zullen ook worden opgenomen en nader worden toegelicht in het KRM-Programma van Maatregelen dat onderdeel zal uitmaken van het Nationaal Waterplan 2015-2021 (Tweede Kamer, 2014).



SYNTHESE

8.1 SAMENVATTING

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, bestrijdingsmiddelen en biociden, en stoffen die vrijkomen uit consumentenproducten. Door voortschrijdende kennis en steeds geavanceerdere analysemethoden komen daar steeds meer stoffen bij.

De kennis over de verschillende stoffen en stofgroepen verschilt. Geneesmiddelen krijgen veel aandacht. We hebben de bronnen, routes en vrachten naar het milieu goed in beeld, de effecten slechts gedeeltelijk. Voor hormonen en een aantal hormoonverstorende stoffen zijn effecten veelvuldig aangetoond, ook in het veld. Veel stoffen met een onbedoelde hormoonverstorende werking zijn op de prioritair gevaarlijke stoffenlijst van de Kaderrichtlijn Water terechtgekomen en worden uitgefaseerd. Het gebruik van bestrijdingsmiddelen en biociden is gereguleerd. Over de andere microverontreinigingen is veel minder bekend. De bronnen en routes zijn in beeld, maar niet of nauwelijks gekwantificeerd. Ook over de mogelijke effecten op waterorganismen is meestal weinig bekend. Soms is alleen het voorkomen in het watermilieu aangetoond.

De concentraties van de aangetroffen stoffen in afvalwater, oppervlaktewater, grondwater en drinkwater zijn meestal laag. Ze liggen in de orde van grootte van nanogrammen tot microgrammen per liter.

Rwzi's vormen een belangrijke route voor veel microverontreinigingen, maar zeker niet de enige. Microverontreinigingen verspreiden zich ook via uit- of afspoeling van de bodem, komen vanuit het buitenland met de grote rivieren mee en/of verspreiden zich via de lucht). Een biologische afvalwaterzuivering is primair gericht op het verwijderen van organische stof en nutriënten en niet op het verwijderen van microverontreinigingen. Toch verwijdert een rwzi een aanzienlijk deel van de stoffen, hetzij door afbraak, hetzij door binding aan slib. De zuiveringsrendementen verschillen sterk per stof (van 0 - 100 procent verwijdering). Door toepassing van andere of aanvullende zuiveringstechnieken is het mogelijk een groter deel van de microverontreinigingen te verwijderen, maar dit kost (veel) geld. Doordat er ook andere routes naar oppervlaktewater en grondwater zijn, blijft geavanceerde drinkwaterzuivering altijd nodig.

Waargenomen effecten kunnen een sterke motivatie zijn voor implementatie van emissiereducerende maatregelen. Effecten van microverontreinigingen in drinkwater voor de mens zijn onwaarschijnlijk.

Over effecten van microverontreinigingen op waterorganismen moet nog veel uitgezocht worden. De huidige biologische meetmethoden geven onvoldoende inzicht in de effecten van microverontreinigingen met vaak specifieke effecten zoals hormoonverstoring, verstoring van het zenuwstelsel of het immuunsysteem en gedragsveranderingen. Het gaat om subtiele effecten, die echter wel grote gevolgen voor de populatie kunnen hebben. Om deze effecten te kunnen bepalen, moeten deels nieuwe biologische meetmethoden ontwikkeld worden. De resultaten zijn wisselend, en er zijn nog de nodige onzekerheden en onduidelijkheden. Echter, op basis van de huidige kennis zijn effecten van microverontreinigingen in afvalwater en oppervlaktewater bij milieuconcentraties reëel als de chronische, specifieke en mengseffecten worden meegenomen in de risicobeoordeling van deze stoffen. Dit geldt met name voor kleinere wateren die sterk beïnvloed worden door rwzi-effluent.

Er zijn verschillende mogelijkheden voor emissiereductie van microverontreinigingen. Het betreft bronmaatregelen, technische maatregelen in de afvalwaterzuivering en drinkwaterbereiding, en alternatieven waarbij deelstromen van afval en/of afvalwater apart worden behandeld (nieuwe sanitatie). Waar in de waterketen maatregelen het best genomen kunnen worden, en wie de kosten moet betalen, is nog onderwerp van discussie. Via maatregelen op rwzi's kunnen we lang niet alle microverontreinigingen verwijderen. Ten eerste omdat dat met de huidige inzameling en zuiveringstechnieken niet helemaal lukt, maar ook omdat er andere emissieroutes zijn dan via het afvalwater, bijvoorbeeld vanuit het buitenland via de grote rivieren, via uitgereden mest of via de lucht.

8.2 HOE VERDER?

End-of-pipe maatregelen

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 vormen ook geen oplossing voor microverontreinigingen die via andere routes in het milieu terechtkomen (via 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, terwijl in het 'Bestuursakkoord Water 2011' is afgesproken dat deze kosten juist omlaag moeten. Er is geen overeenstemming hoe en door wie de extra kosten betaald moet worden. Binnen de projectgroep 'Modernisering zuiveringsheffing' wordt, onder regie van het ministerie van Infrastructuur en Milieu, gewerkt aan alternatieven voor de huidige zuiveringsheffing (Hooijmeijer, 2014).

Naast de vraag wie de extra kosten moet 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/of hydraulische omstandigheden) worden nog onvoldoende begrepen en dienen beter uitgewerkt te worden. Bovendien dient bij het maken van een keuze voor een emissiereducerende maatregel ook rekening te worden gehouden met andere aspecten, zoals het mogelijk ontstaan van toxische afbraakproducten, het energiegebruik, het ontstaan van afvalstromen (actief kool), de samenhang met andere microverontreinigingen, het risico op verspreiding van antibioticaresistentie, de mogelijkheden voor niet-technische maatregelen enzovoorts (Derksen & Ter Laak, 2013).

Inzet op drie sporen

Het 'Plan van aanpak geneesmiddelen in de waterketen' dat de Unie van Waterschappen en de Vewin recent hebben aangeboden aan de staatsecretaris van Infrastructuur en Milieu (bijlage 3) zet heel duidelijk in op drie sporen: 1) probleemanalyse (hoe erg is het?), 2) bron-aanpak (voorkomen dat de stoffen in de waterketen komen) en 3) ketenaanpak (waar kunnen maatregelen het best genomen worden?). Al deze drie sporen zouden tegelijkertijd aangepakt moeten worden. Uit de bijlage bij het plan van aanpak wordt duidelijk dat de waterschappen en drinkwaterbedrijven ook al veel doen en hebben gedaan in die richting.

Hotspotanalyse

Een belangrijk hulpmiddel bij het bepalen waar maatregelen zinvol en kosteneffectief kunnen zijn, is een analyse van de hotspots van de emissie van nieuwe stoffen naar het oppervlaktewater. Voor humane geneesmiddelen wordt een methodiek voor een dergelijke hotspotanalyse uitgewerkt (Coppens et al., 2014; STOWA, in voorbereiding). Een dergelijke hotspotanalyse geeft inzicht in de vraag op welke locaties (rwzi's en/of zorginstellingen) maatregelen zinvol kunnen zijn (en waar niet), en waar de winst te behalen valt. Humane geneesmiddelen kunnen daarbij als voorbeeldstofgroep dienen voor microverontreinigingen die zich verspreiden via de rwzi.

Coppens et al. (2014) hebben een eerste globale, landsdekkende prioritering van rwzi's gemaakt op basis van de emissie van geneesmiddelen. Hierbij is gebruik gemaakt van de KRW-verkenner en van de emissiemodule die wordt gebruikt voor de Emissieregistratie. Deze instrumenten zijn vrij grofmazig. De waterschappen hebben aangegeven behoefte te hebben aan een betere inbreng van specifieke gebiedskennis en de mogelijkheid om bestuurlijke afwegingen binnen het waterschap mee te nemen. Dit wordt door STOWA en een aantal waterschappen in een eenvoudige, robuuste methodiek uitgewerkt (Derksen et al., in voorbereiding). Deze methodiek moet leiden tot een prioritering van hotspots op basis van vracht, concentratie en milieurisico.

Uit Coppens et al. (2014) kunnen al wel een aantal belangrijke conclusies worden getrokken:

- Meer dan tweederde van de waterlichamen wordt niet substantieel beïnvloed door rwzi's.
- Voor de meeste waterlichamen die beïnvloed worden door rwzi-effluent, is de Nederlandse bijdrage van overheersend belang.
- Ongeveer een vijfde van alle Nederlandse rwzi's blijkt verantwoordelijk voor het leeuwendeel van de impact voor de drinkwaterfunctie. Voor gebieden met een hoge natuurfunctie (Natura 2000 gebieden) is dit ongeveer twee vijfde. Rwnzi's met een grote capaciteit hebben vaker invloed.
- Bij lage afvoer wordt via beheersmaatregelen water vastgehouden en herverdeeld. Onder die omstandigheden worden, zeker in het lage westen van Nederland, waterlichamen beïnvloed, die daar bij hoge afvoer geen rwzi-effluent ontvangen.

Deze conclusies geven duidelijk de meerwaarde van een hotspotanalyse aan: met een relatief eenvoudige exercitie kan bepaald worden welke rwzi's bij voorkeur aangepakt moeten worden, en waar de meeste milieuwinst te behalen valt. Hierdoor kan met aanzienlijk minder kosten de emissie met een belangrijk deel worden teruggebracht.

Naar een effectgerichte monitoring

Microverontreinigingen komen voor in complexe mengsels met vele bekende en onbekende stoffen. Voor dergelijke mengsels bieden chemische analyses en vergelijking met normen onvoldoende houvast om een goede risicoschatting te kunnen maken. Dit kan ondervangen worden door effectmetingen, het liefst met een batterij van testen voor algemene toxiciteit en testen gebaseerd op specifieke werkingsmechanismen van stoffen (Kienle et al., 2013). In

Nederland is hier nog weinig ervaring mee. In het buitenland hebben effectmetingen hun meerwaarde al bewezen.

Effectmetingen kunnen eventueel worden gecombineerd met *passive samplers*. Passive samplers worden gedurende een bepaalde tijd uitgehangen in het water. Gedurende die tijd nemen ze stoffen op uit het water. De samplers worden vervolgens in het laboratorium opgewerkt, waarbij de stoffen in een extract worden opgevangen. Dit extract kan gebruikt worden voor de bepaling van tijdgemiddelde concentraties van microverontreinigingen, én voor het uitvoeren van effectmetingen. Voordeel is dat de effecten direct gekoppeld kunnen worden aan de blootstellingsconcentratie.

Daarnaast kunnen effectmetingen in miniatuurvorm (vaak met cellijnen) ook in combinatie met chemische analyses worden ingezet om de stoffen te bepalen die verantwoordelijk zijn voor een waargenomen effect (bijvoorbeeld hormoonverstoring). Hiervoor wordt een monster gescheiden in fracties, die elk apart getest worden. Alleen fracties die een effect geven, worden chemisch geanalyseerd. Deze techniek wordt Effect Directed Analysis genoemd¹⁶.

Binnen het STOWA-project Ecologische Sleutelfactoren¹⁷ wordt een uitwerking gemaakt van de invloed van microverontreinigingen op het ecologisch functioneren (sleutelfactor Toxiciteit).

Internationale samenwerking noodzakelijk

De grote rivieren zorgen voor een belangrijke aanvoer van microverontreinigingen uit het buitenland. Om de oppervlaktewaterkwaliteit in Nederland te verbeteren, is het dan ook noodzakelijk dat de vracht vanuit het buitenland terug wordt gebracht. Dit vraagt om internationale samenwerking binnen de stroomgebieden. Dit gebeurt onder andere al binnen EUREAU en de Internationale Commissie ter Bescherming van de Rijn (ICBR) (zie paragraaf 6.5).

Daarnaast nemen diverse Nederlandse partijen deel aan het NORMAN-netwerk (<http://www.norman-network.net>). Dit is een Europees netwerk van wetenschappers en andere belanghebbenden die zich bezig houden met 'emerging substances'. De doelen zijn uitwisselen en ontsluiten van kennis en gezamenlijk afstemmen en oppakken van activiteiten (zie bijlage 4).

¹⁶ <http://www.stowa.nl/projecten>, projectcode 433151

¹⁷ http://watermozaiek.stowa.nl/Achtergronden/Ecologische_Sleutelfactoren

LITERATUUR

- Aa, N.G.F.M. van der, G.J. Kommer, J.E. van Montfoort & J.F.M. Versteegh (2011). Demographic projections of future pharmaceutical consumption in the Netherlands. *Water Science and Technology*, 825-832.
- Aa, N.G.F.M. van der, G.J. Kommer, G.M. de Groot, & J.F.M. Versteegh (2008). Geneesmiddelen in bronnen voor drinkwater. Monitoring, toekomstig gebruik en beleidsmaatregelen. RIVM, Bilthoven.
- Abegglen, C., B. Escher, A. Häner, C. Ort, & M. Schärer (2010). Ozonung von gereinigtem Abwasser zur Elimination von organischen Spurenstoffen. Großtechnischer Pilotversuch Regensdorf (Schweiz). *KA Korrespondenz Abwasser, Abfall* 57(2): 155-160
- Ahrens, L. & M. Bundschuh (2014). Fate and effects of poly- and perfluoroalkyl substances in the aquatic environment: a review. *Environ Toxicol Chem.* 33(9):1921-9.
- Backhaus, T., T. Porsbring, A. Arrhenius, S. Brosche, P. Johansson & H. Blanck (2011). Single-substance and mixture toxicity of five pharmaceuticals and personal care products to marine periphyton communities. *Environ Toxicol Chem.* 30(9):2030-40.
- BAFU (2014). <http://www.bafu.admin.ch>; themen, gewässerschutz, mikroverunreinigungen, massnahmen, abwasserreinigung. Geraadpleegd op 21 november 2014.
- Bedoux, G., B. Roig, O. Thomas, V. Dupont & B. Le Bot (2012). Occurrence and toxicity of antimicrobial triclosan and by-products in the environment. *Environ Sci Pollut Res Int.* 19(4):1044-65.
- Blacquièrre, T., G. Smagghe, C.A. van Gestel & V. Mommaerts (2012). Neonicotinoids in bees: a review on concentrations, side-effects and risk assessment. *Ecotoxicology* 21(4): 973-992.
- Brodin, T., S. Piovano, J. Fick, J. Klaminder, M. Heynen & M. Jonsson (2014). Ecological effects of pharmaceuticals in aquatic systems-impacts through behavioural alterations. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci.* 369(1656).
- Brodin, T., J. Fick, M. Jonsson & J. Klaminder. (2013). Dilute concentrations of a psychiatric drug alter behavior of fish from natural populations. *Science* 339(6121): 814-815.
- Brorström-Lundén, E. & H. Andersson (2011). 'New' brominated flame retardants as emerging contaminants in the environment: sources, occurrence, pathways and measurement methods. Report of the NORMAN workshop, 23th-24th of November, 2011, Stockholm, Sweden. IVL Swedish Environmental Research Institute.
- Carvalho, R.N. et al., 2014. Mixtures of Chemical Pollutants at European Legislation Safety Concentrations: How Safe Are They? *Toxicological Sciences* 141(1): 218-233.
- Clara, M., B. Strenn, O. Gans, E. Martinez, N. Kreuzinger and H. Kroiss (2005). Removal of selected pharmaceuticals, fragrances and endocrine disrupting compounds in a membrane bioreactor and conventional wastewater treatment plants. *Water Research* 39(19): 4797-4807.
- 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.
- Cunningham, V.L., M. Buzby, T. Hutchinson, F. Mastrocco, N. Parke and N. Roden, 2006. Effects of human pharmaceuticals on aquatic life: next steps. How do human pharmaceuticals get into the environment, and what are their effects? *Environmental Science & Technology* 40(11): 3456-3462.
- Derksen & Moermond (in voorbereiding). Dealing with human and veterinary waste streams An overview of developments and possible consequences for pharmaceutical releases into the environment. Dutch national Institute of Public Health and the Environment (RIVM), Bilthoven, the Netherlands.
- Derksen, J.G.M. & T.L. ter Laak (2013). Humane geneesmiddelen in de waterketen. STOWA-rapport 2013-06. KWR-rapport 2013-006. Amersfoort.
- Derksen, A. (2010). Nieuwe stoffen: nieuwe kennis en inzichten. Presentatie op de werkdag van het STOWA-netwerk 'Monitoring nieuwe stoffen', 23 september 2010.
- Derksen, J.G.M. & J.H. Roorda (2005). Ketenanalyse humane en veterinaire geneesmiddelen in het watermilieu. In opdracht van het ministerie van Volksgezond, Ruimtelijke Ordening en Milieu (VROM). Grontmij, Amsterdam/ De Bilt/Houten. Grontmij rapportnummer 9908421.
- Derksen, A. (2003). Ecotoxicologie van (dier)geneesmiddelen Plan van aanpak. In opdracht van: Rijksinstituut voor Integraal zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling (RIZA). AquaSense, Amsterdam. Rapportnummer: 1690-4.

- Derksen, J.G.M., G.M. van Eijnatten, J. Lahr, P. van der Linde & A.G.M. Kroon (2001). milieu-effecten van humane geneesmiddelen. Aanwezigheid en risico's. In opdracht van Samenwerkende Rijn- en maaswaterleidingbedrijven (RIWA), Amsterdam en Rijksinstituut voor Integraal zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling (RIZA), Lelystad. RIZA-rapportnummer 2001.051
- Dijk, T.C. van, M.A. van Staalduinen & J.P. van der Sluijs (2013). Macro-invertebrate decline in surface water polluted with imidacloprid. PLOS ONE 8 (5) e62374.
- EC, 2012. Types and uses of nanomaterials, including safety aspects. Europese Commissie, Brussel. Rapport nr.: SWD 288.
- Emmerik, W.A.M. van (2014). Medicijnresten in de waterketen en risico's voor vissen. In opdracht van Sportvisserij Nederland, Bilthoven.
- Eschauzier, C., P. Scholte-Veenendaal & P. de Voogt (2011). Concentraties en gedrag van geperfluorideerde verbindingen in het drinkwaterproductieproces. H2O (20): 43-44.
- Escher, B.I., Fenner, K. (2011). Recent Advances in Environmental Risk Assessment of Transformation Products. Environmental Science & Technology 45, 3835-3847.
- Europees Parlement (2013). Richtlijn 2013/39/EU van het Europees Parlement en de Raad van 12 augustus 2013 tot wijziging van Richtlijn 2000/60/EG en Richtlijn 2008/105/EG wat betreft prioritair stoffen op het gebied van het waterbeleid. Brussel.
- Europees Parlement (2008). Richtlijn 2008/105/EG van het Europees Parlement en de Raad van 16 december 2008 inzake milieukwaliteitsnormen op het gebied van het waterbeleid. Brussel.
- Europees Parlement (2000). Kaderrichtlijn Water. Richtlijn 2000/60/EG van het Europees Parlement en de Raad tot vaststelling van een kader voor communautaire maatregelen betreffende het waterbeleid. Brussel.
- European Commission (2012). Proposal for a directive of the European Parliament and of the Council, amending Directives 2000/60/EC and 2008/105/EC as regards priority substances in the field of water policy. COM(2011) 876 final.
- Europese Commissie (2010). Besluit van de Commissie tot vaststelling van criteria en methodologische standaarden inzake de goede milieutoestand van mariene wateren (2010/477/EU).
- Fent, K., A.A. Weston & D. Caminada (2006). Ecotoxicology of human pharmaceuticals. Aquatic Toxicology 76(2): 122-159. Erratum in Aquatic Toxicology 78(2): 207.
- Flaherty, C.M. & S.I. Dodson (2005). Effects of pharmaceuticals on Daphnia survival, growth, and reproduction. Chemosphere 61(2): 200-207.
- FOEN (2012). Micropollutants in municipal wastewater. Processes for advanced removal in wastewater treatment plants. Federal Office for the Environment (FOEN), Bern, Swiss.
- Gagné, F., C. Blaise, C. André, C. Gagnon & M. Salazar (2007). Neuroendocrine disruption and health effects in *Elliptio complanata* mussels exposed to aeration lagoons for wastewater treatment. Chemosphere (4):731-43.
- Gagné, F., C. Blaise, J. Hellou (2004). Endocrine disruption and health effects of caged mussels, *Elliptio complanata*, placed downstream from a primary-treated municipal effluent plume for 1 year. Comp Biochem Physiol C Toxicol Pharmacol. 138(1):33-44.
- Gago-Ferrero, P., M.S. Díaz-Cruz & D. Barceló (2012). An overview of UV-absorbing compounds (organic UV filters) in aquatic biota. Anal Bioanal Chem. 404(9):2597-610.
- Geudens, P.J.J.G. (2012). Drinkwaterstatistieken 2012 - de watercyclus van bron tot kraan. Vewin (Vereniging van waterbedrijven in Nederland), Rijswijk, the Netherlands.
- Giger, W., C. Schaffner & H.P. Kohler (2006). Benzotriazole and tolyltriazole as aquatic contaminants. 1. Input and occurrence in rivers and lakes. Environmental Science & Technology 40 (23): 7186-7192.
- Grontmij (2011). Zuivering geneesmiddelen uit afvalwater. Eindrapportage. Projectnummer 285866. Grontmij Nederland B.V., Houten.
- Grontmij | AquaSense (2009). Monitoring hormoonverstorende activiteit in de Oude Rijn en de Kromme Rijn in 2008. In opdracht van Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden. Grontmij | AquaSense, Amsterdam. Projectnummer 244645.
- Grontmij | AquaSense (2008). Monitoring hormonen en geneesmiddelen: Analyses van effluent en oppervlaktewater. Rapport in opdracht van Waterschap de Dommel. Grontmij | AquaSense, Amsterdam. Rapportnummer 239607.
- Guedez, A.A., S. Frömmel, P. Diehl & W. Püttmann (2010). Occurrence and temporal variations of TMDD in the river Rhine, Germany. Environ Sci Pollut Res Int 17(2): 321-330.
- Guedez, A.A. & W. Püttmann (2014). Printing ink and paper recycling sources of TMDD in wastewater and rivers. Sci Total Environ (468-469): 671-676.
- Halling-Sørensen B. (2000). Algal toxicity of antibacterial agents used in intensive farming. Chemosphere 40: 731-739.
- Hedgspeth, M.L., P.A. Nilsson & O. Berglund (2014). Ecological implications of altered fish foraging after exposure to an antidepressant pharmaceutical. Aquat Toxicol. 151: 84-87.
- Holten Lützhøft H.C., Halling-Sørensen B. & Jørgensen S.E. (1999). Algal toxicity of antibacterial agents applied in Danish fish farming. Archives of Environmental Contamination and Toxicology 36: 1-6.
- Hooijmeijer, M. (2014). Breuk tussen industrie en rwzi? Zelf uw water zuiveren? Liever niet! H2O (11): p18-23.
- ICBR (2012). Evaluatierapport industriële chemicaliën. Internationale Commissie ter Bescherming van de Rijn (ICBR), Koblenz. Rapportnummer 202.
- ICBR (2011a). Evaluatierapport oestrogenen. Internationale Commissie ter Bescherming van de Rijn (ICBR), Koblenz. Rapportnummer 186.
- ICBR (2011b). Evaluatierapport geurstoffen. Internationale Commissie ter Bescherming van de Rijn (ICBR), Koblenz. Rapportnummer 194.
- ICBR (2010a). Bijlage bij ICBR-rapport 182, Evaluatierapport humane geneesmiddelen. Internationale Commissie ter Bescherming van de Rijn (ICBR), Koblenz. Rapportnummer 181.
- ICBR (2010b). Evaluatierapport biociden en corrosiewerende middelen. Internationale Commissie ter Bescherming van de Rijn (ICBR), Koblenz. Rapportnummer 183.
- Jobling, S., R.W. Burn, K. Thorpe, R. Williams & C. Tyler (2009). Statistical modeling suggests that antiandrogens in effluents from wastewater treatment works contribute to widespread sexual disruption in fish living in English rivers. Environmental Health Perspectives 117: 797-802.
- Jonsson, M., J. Fick, J. Klaminder & T. Brodin (2014). Antihistamines and aquatic insects: bioconcentration and impacts on behavior in damselfly larvae (Zygoptera). Sci Total Environ. 472: 108-111.
- Kalf, D.F. & R. P.M. Berbee (2005). Ketenaanpak van probleemstoffen. RIZA, Lelystad. RIZA rapportnummer 2005.005.
- Kienle, C. (2013). Welche Biotests zur Bestimmung der Wasserqualität? Oekotoxzentrum news 7, November 2013. Schweizerisches Zentrum für angewandte Oekotoxikologie | Eawag-EPFL.
- Kiss, A., E. Fries (2009). Occurrence of benzotriazoles in the rivers Main, Hengstbach, and Hegbach (Germany). Environ Sci Pollut Res Int 16(6): 702-710.
- Kools, S.A.E., J.F. Moltmann & T. Knacker (2008). Estimating the use of veterinary medicines in the European union. Regulatory Toxicology and Pharmacology 50(1): 59-65.
- Kunz, P.Y., H.F. Galicia & K. Fent (2006). Comparison of in vitro and in vivo estrogenic activity of UV filters in fish. Toxicological Sciences 90(2): 349-361.
- Laak, T. ter, H. Tolkamp & J. Hofman (2013). Geneesmiddelen in de Watercyclus in Limburg. Fase 1: Voorkomen, herkomst en ernst van geneesmiddelen in het watersysteem. KWR Watercycle Research Institute, Nieuwegein. KWR-rapport 2013.011.
- Lahr, J., T. ter Laak & A. Derksen (2014). Screening van hot spots van nieuwe verontreinigingen: een pilot studie in bodem, grondwater en oppervlaktewater. In opdracht van SKB, Gouda. Alterra Wageningen UR, Wageningen. Alterra-rapport 2538.
- Leeuwen, S. van (2009). Fluorinated, Chlorinated and Brominated Contaminants in Fish for Human Consumption. Methods and Measurements. PhD thesis. VU Amsterdam.
- Li, M.H. (2009). Toxicity of perfluorooctane sulfonate and perfluorooctanoic acid to plants and aquatic invertebrates. Environ Toxicol. 24(1):95-101.
- Martinovic, D., J. Marchuk, J. Albers, K. Delaney, K. Brunshidle, R. Anderson & K. Bloodworth(2010). Effects of non-selective cyclooxygenase inhibitor, Ibuprofen, on gene expression, prostaglandin synthesis and reproductive behavior in zebrafish. Presentation at the 7-11 November meeting of the Society of Environmental Toxicology and Chemistry in Portland, Oregon, USA.
- Meredith-Williams, M., L.J. Carter, R. Fussell, D. Raffaelli, R. Ashauer & A.B. Boxall (2012). Uptake and depuration of pharmaceuticals in aquatic invertebrates. Environ Pollut. 165:250-8.
- Ministerie van Infrastructuur en Milieu (2014). Beleidsnota Drinkwater. Schoon drinkwater voor nu en later. April 2014.
- Moermond, C. (2014). Geneesmiddelen van bron naar end of pipe. Welke beleidsopties zijn zinvol? Presentatie symposium 'Waterkwaliteit op de kaart', 2 okt 2014, Wageningen.

- Moermond, C.T.A. (2014). Environmental risk limits for pharmaceuticals - Derivation of WFD water quality standards for carbamazepine, metoprolol, metformin and amidotrizoic acid. Dutch national Institute of Public Health and the Environment (RIVM), Bilthoven, the Netherlands. RIVM report number 270006002.
- Möller, Axel, Zhiyong Xie, Renate Sturm, Hendrik Wolschke, Jürgen Gandraß, Ralf Ebinghaus (2012). Non-PBDE halogenated and non-halogenated flame retardants as global emerging contaminants. Presentation at the workshop Sampling and Analysis of Emerging Contaminants in the Aquatic Environment: Current and Future Challenges, Oslo, 1-2 March 2012.
- Montforts, M.H.M.M., G.B.J. Rijs, J.A. Staeb & H. Schmitt (2007). Diergeneesmiddelen en natuurlijke hormonen in oppervlakte-water van gebieden met intensieve veehouderij. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), Bilthoven. RIVM Rapport 601500004.
- Mottaleb, M.A., S. Usenko, J.G. O'Donnell, A.J. Ramirez, B.W. Brooks & C.K. Chambliss (2009). Gas chromatography-mass spectrometry screening methods for select UV filters, synthetic musks, alkylphenols, an antimicrobial agent, and an insect repellent in fish. *J Chromatogr A*. 1216(5):815-23.
- Ohe, P.C. von der, M. Schmitt-Jansen, J. Slobodnik & W. Brack (2012). Triclosan - the forgotten priority substance? *Environ Sci Pollut Res Int*. 19(2):585-91.
- Peters, R.J.B., H. Beeltje & R.J. van Delft (2008). Xenoprogenic compounds in precipitation. *J. Environ. Monit.* 10: 760 - 769.
- Ploeg, M.J. van der, R.D. Handy, P.L. Waalewijn-Kool, J.H. van den Berg, Z.E. Herrera Rivera, J. Bovenschen, B. Molleman, J.M. Baveco, P. Tronmp, R.J. Peters, G.F. Koopmans, I.M. Rietjens & N.W. van den Brink (2013). *Lumbricus rubellus* earthworms and particle characterization in relevant test matrices including soil. *Environ Toxicol Chem*. 33(4): 743-52.
- Ploeg, M.J. van der, R.D. Handy, L.H. Heckmann, A. van der Hout & N.W. van der Brink (2013). Effects of silver nanoparticles (NM-300K) on C60 exposure induced tissue damage and gene expression alterations in the earthworm *Lumbricus rubellus*. *Nanotoxicology* 7(4):432-40.
- Prioritaire stoffen richtlijn (2013). Richtlijn 2013/39/EU van het Europees Parlement en de Raad van 12 augustus 2013 tot wijziging van Richtlijn 2000/60/EG en Richtlijn 2008/105/EG wat betreft prioritaire stoffen op het gebied van het waterbeleid. Publicatieblad van de Europese Unie, L226/1-17.
- Quik, J.T.K. (2013). Nanoparticles in turbid waters. Aggregation and sedimentation. Presentation at MilieuChemTox symposium 'Think big, act nano', Amsterdam, 1 nov. 2013.
- Richardson, S.D., M.J. Plewa, E.D. Wagner, R. Schoeny & D.M. Demarini (2007). Occurrence, genotoxicity, and carcinogenicity of regulated and emerging disinfection by-products in drinking water: a review and roadmap for research. *Mutat Res*. 636(1-3):178-242.
- Rüdel, H., W. Böhmer & C. Schröter-Kermani (2006). Retrospective monitoring of synthetic musk compounds in aquatic biota from German rivers and coastal areas. *J. Environ. Monit.* 8: 812 - 823.
- Ruhrverband (2011). Untersuchungs- und Entwicklungsvorhaben im Bereich Abwasser zum Themenschwerpunkt Elimination von Arzneimitteln und organischen Spurenstoffen: Entwicklung von Konzeptionen und innovativen, kostengünstigen Reinigungsverfahren. Vergabenummer 08-058/1. Bezug: IV-7-042 600 001F. Schlussbericht Phase 1 'Elimination von Arzneimittelrückständen in kommunalen Kläranlagen'. Ruhrverband (RV), Essen, Deutschland.
- SANCO (2013). Study on the environmental risks of medicinal products. Final report. Executive Agency for Health and Consumers, 12 December 2013.
- Schijndel, J. van, J. Oosterwegel, R. Liefers, H. Schmitt, R. Schilt & J. Lahr (2009). Antibiotica in de bodem: een pilot study. Stichting Kennisontwikkeling en kennisoverdracht Bodem (SKB), Gouda. Rapport nr. PP8348.
- Schrap, S.M., J.A.M.C.M. Pijnenburg & R.B. Geerdink (2004). Geperfluoreerde verbindingen in Nederlands oppervlaktewater, een screening in 2003 van PFOS en PFOA. RIZA rapport 2004.025, RIKZ rapport 2004.037.
- Schreurs, R.H., E. Sonneveld, J.H. Jansen, W. Seinen, B. van der Burg (2005). Interaction of polycyclic musks and UV filters with the estrogen receptor (ER), androgen receptor (AR), and progesterone receptor (PR) in reporter gene bioassays. *Toxicol Sci*. 83(2):264-72.
- SDa (2014). Het gebruik van antibiotica bij landbouwhuisdieren in 2013. Trends, benchmarken bedrijven en dierenartsen. SDA autoriteit diergeneesmiddelen, Utrecht. Rapportnummer SDA/1145/2014.
- Slootweg, T. & C.J. Houtman (2012). Evaluatie van de brede screening van stoffen in de Rijn bij Lobith (2010-2011). Vereniging van Rijnwaterbedrijven (RIWA).
- Smit, C.E., & S. Wuijts (2012). Bijlage 3 bij RIVM-rapport 601714022. Specifieke verontreinigende en drinkwater relevante stoffen onder de Kaderrichtlijn water. Selectie van potentieel relevante stoffen voor Nederland. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), Bilthoven. RIVM rapport 601714022.
- Söffker, M. & C.R. Tyler (2012). Endocrine disrupting chemicals and sexual behaviors in fish-a critical review on effects and possible consequences. *Crit. Rev. Toxicol.* 42(8): 653-668.
- SPGE (2006). PASH Plan d'assainissement par sous-bassin hydrographique; sous-bassin de la Meuse Aval. Société Publique de Gestion de l'Eau.
- Stalter D, Magdeburg A, Wagner M, Oehlmann J. (2011). Ozonation and activated carbon treatment of sewage effluents: removal of endocrine activity and cytotoxicity. *Water Res.* 45(3):1015-24.
- STOWA (in voorbereiding). Hotspotanalyse geneesmiddelen. Methodiek om hotspots voor de emissie van geneesmiddelen vast te stellen. Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer (STOWA), Amersfoort.
- STOWA (2014). Geneesmiddelen, hormoonverstoorders en andere vreemde stoffen in het water: hoe zit het precies? Folder. Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer (STOWA), Amersfoort. STOWA rapportnummer 2014-44.
- STOWA (2013a). Microplastics in het zoetwater milieu. Een inventarisatie van mogelijke risico's voor waterschappen. Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer (STOWA), Amersfoort.
- STOWA (2013b). Nanodeeltjes in de afvalwaterketen. Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer (STOWA), Amersfoort.
- STOWA (2012). Evaluatierapport Pharmafilter. Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer (STOWA), Amersfoort. STOWA-rapportnummer 2012-29.
- STOWA (2011a). ZORG. Deel B. Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer (STOWA), Amersfoort. STOWA rapport 2011-W01 t/m W08 (8 individuele rapporten).
- STOWA (2011b). Gebiedstudie geneesmiddelen provincie Utrecht. Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer (STOWA), Amersfoort. STOWA rapport 2011-09.
- STOWA (2011c). Inventarisatie van emissie van geneesmiddelen uit zorginstellingen. ZORG, Deel C. Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer (STOWA), Amersfoort. STOWA rapport 2011-02
- STOWA (2009). Verg(h)ulde pillen, eindrapport deel B. Case studies bij het Refaja Ziekenhuis te Stadskanaal, het St. Antoniusziekenhuis te Nieuwegein en het Leids Universitair Medisch Centrum. Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer (STOWA), Utrecht. STOWA rapport 2009-06 en bijbehorende werkrapporten 2009-W01 t/m W03 (3 individuele rapporten).
- STOWA (2005). Verkennende monitoring van hormoonverstorende stoffen en pathogenen op rwzi's nageschakelde zuiveringstechnieken. Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer (STOWA), Amersfoort. STOWA rapport 2005-32.
- Struijs, J., D. van de Meent, W.J.G.M. Peijnenburg, E. Heugens, W. de Jong, W. Hagens, C. de Heer, J. Hofman & E. Roex (2007). Nanodeeltjes in water. RIVM rapport 607030001, Waterdienst (RIZA) rapport nr. 2007.028 en Kiwa rapport nr. BTO 2007.036.
- Ternes (2012). Transformation product: New emerging contaminants of the urban water cycle. Presentation at the NORMAN Workshop 'Sampling and Analysis of Emerging Contaminants in the Aquatic Environment: Current and future challenges', 1-2 March 2012 in Oslo, Norway.
- Tisler, T., A. Jemec, B. Mozetic & P. Trebse (2009). Hazard identification of imidacloprid to aquatic environment. *Chemosphere* 76(7):907-14.
- Tweede Kamer (2014). Appreciatie RIVM rapport en stand van zaken microplastics en geneesmiddelen - Waterbeleid. Vergaderjaar 2014-2015, 27 625, Nr. 329. Brief van de Staatssecretaris van Infrastructuur en Milieu, W.J. Mansveld.
- Velzeboer I., E.T.H.M. Peeters, A.A. Koelmans. 2013. Multiwalled Carbon Nanotubes at Environmentally Relevant Concentrations Affect the Composition of Benthic Communities. *Environ. Sci. Technol.* 47 (13): p7475-7482.
- Verschoor, A.J., L.R.M. de Poorter, E. Roex & B. Bellert (2014). Inventarisatie en prioritering van bronnen en emissies van microplastics. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), Bilthoven. RIVM Rapport 2014-0110.
- Vethaak, A.D., G.B.J. Rijs, S.M. Schrap, H. Ruiter, A. Gerritsen & J. Lahr (2002). Estrogens and xeno-estrogens in the aquatic environment of the Netherlands. Occurrence, Potency and Biological Effects. Institute for Inland Water Management and Waste Water Treatment (RIZA) and Institute for Coastal and Marine Management (RIKZ). RIZA/RIKZ-report no. 2002.001.

- Vijver MG, van den Brink PJ (2014). Macro-Invertebrate Decline in Surface Water Polluted with Imidacloprid: A Rebuttal and Some New Analyses. PLoS ONE 9(2): e89837.
- Vorkamp, K. & F.F. Rigét (2014). A review of new and current-use contaminants in the Arctic environment: evidence of long-range transport and indications of bioaccumulation. Chemosphere 111:379-95.
- Waterschap Zuiderzeeland (2012). Monitoring 'nieuwe' stoffen. Monitoring van nieuwe stoffen in hemelwater en de AWZI's van Almere en Zeewolde. Waterschap Zuiderzeeland, Lelystad.
- Webb, S.F. (2001). A data-based perspective on the environmental risk assessment of human pharmaceuticals I - collation of available ecotoxicity data. In: K. Kümmerer (ed.). Pharmaceuticals in the environment. Sources, fate, effects and risks. Universitätsklinikum Freiburg. Springer, Heidelberg. p175-201.
- Weinberger, J. & R. Klaper (2014). Environmental concentrations of the selective serotonin reuptake inhibitor fluoxetine impact specific behaviors involved in reproduction, feeding and predator avoidance in the fish *Pimephales promelas* (fathead minnow). Aquatic Toxicology (151): 77-83.
- Winsemius, P. (1986). Gast in eigen huis - Beschouwingen over milieumanagement, Alphen a/d Rijn.
- Yamamoto, H., I. Tamura, Y. Hirata, J. Kato, K. Kagota, S. Katsuki, A. Yamamoto, Y. Kagami & N. Tatarazako (2011). Aquatic toxicity and ecological risk assessment of seven parabens: Individual and additive approach. Sci Total Environ. (410-411):102-11.
- Zhao J.L., G.G. Ying, B. Yang, S. Liu, L.J. Zhou, Z.F. Chen & H.J. Lai (2011). Screening of multiple hormonal activities in surface water and sediment from the Pearl River system, South China, using effect-directed in vitro bioassays. Environmental Toxicology and Chemistry 30:2208-2215.

BIJLAGE 1

AANGETOONDE EFFECTEN VAN MICROVERONTREINIGINGEN IN EFFLUENTEN EN OPPERVLAKTEWATER

Gebaseerd op een presentatie van Anja Derksen (AD eco advies) tijdens een netwerkdag van het STOWA netwerk 'Monitoring nieuwe stoffen' op 26 jan 2012.

Hormoonverstoring bij vissen na blootstelling aan effluenten is veelvuldig onderzocht, in diverse blootstellingsscenario's. Effecten die zijn waargenomen zijn onder andere een verlaagde eiproductie, vervrouwelijking van de geslachtsorganen van jonge mannetjes, toename van het vitellogeninegehalte¹⁸ in mannetjes, een verstoring van de natuurlijke hormoonbalans, groeireductie, een vergrote lever en grotere of kleinere geslachtsorganen. Verantwoordelijke stoffen blijken vooral de natuurlijke hormonen oestron en 17beta-oestra-diol, het synthetische hormoon uit de pil (17alfa-ethinyloestradiol), nonylfenol(ethoxylat)en (industriële reinigingsmiddelen). Andere onderzoeken duiden op een combinatie van oestrogene en anti-androgene stoffen, d.w.z. respectievelijk stoffen die vrouwelijke hormonen nabootsen danwel stoffen die mannelijke hormonen tegenwerken. Beide leiden tot vervrouwelijking van vissen.

Effecten van effluent op het immuunsysteem zijn onderzocht bij mosselen en vissen, en met muis-cellenlijnen.

Een goed werkend immuunsysteem bestaat uit een algemene afweer en een gerichte afweer, welke bestaat uit een ingewikkeld samenspel van antilichamen, verschillende typen witte bloedcellen en diverse boodschapperstoffen. Na blootstelling aan effluenten zijn bij mosselen en vissen diverse verstoringen meetbaar, onder andere een verminderde immuunrespons, of een verhoging van de algemene afweer en een verlaging van de gerichte afweer, of een toename van boodschapperstoffen. Geneesmiddelen zijn als mogelijke oorzaak gesuggereerd (d.w.z. diverse geneesmiddelen kunnen hetzelfde type effecten veroorzaken in stoftesten, en deze geneesmiddelen zijn aangetoond in het effluent).

Ook zijn onderzoeken uitgevoerd naar de *neurotoxiciteit* bij uitgehangen en wilde mosselen vóór en na effluentpluimen. Deze onderzoeken richtten zich met name serotonine en dopamine, beiden neurotransmitters. Ze zijn betrokken bij een groot aantal processen o.a. signaal-overdracht in de hersenen, gedrag, eetlust, seksuele rijping bij vissen en mosselen en het vrijkomen van eicellen en zaadcellen. In effluent en de effluentpluim zijn bij mosselen effecten meetbaar in dopamine- en serotonine gehalten en op afbraakenzymen en transportsystemen van serotonine en dopamine, tot wel tienkilometer benedenstrooms. Gesuggereerde verantwoordelijke stoffen zijn oestrogenen, nonylfenol, morfine en diazepam. Voor deze stoffen zijn in laboratoriumtesten vergelijkbare effecten aangetoond. Daarnaast zouden op basis van hun werkingsmechanisme ook antidepressiva en drugs verantwoordelijk kunnen zijn.

Behalve deze effecten zijn bij mosselen ook metingen gedaan naar *biomarkers* ('biologische indicatoren'). In effluent(pluim)en zijn bij mosselen duidelijk verhoogde gehalten gemeten van enzymen die betrokken zijn bij de afbraak van stoffen, hetgeen duidt op de aanwezigheid van microverontreinigingen zoals oxidatieve stoffen, hormonen, geneesmiddelen en andere.

Geconcludeerd wordt dat de meeste studies naar effecten in effluent en oppervlaktewater zijn uitgevoerd met vissen en mosselen. Hormoonverstorende effecten van natuurlijke hor-

¹⁸ Vitellogenine is een dooiereiwit dat normaal alleen in vrouwtjes wordt aangemaakt, maar onder invloed van vervrouweljkende stoffen ook in mannetjes.

monen en nonylfenol(ethoxylaten) zijn duidelijk en veelvuldig aangetoond. Effluent vervuult vissen en mosselen, verstoort het immuunsysteem en neurochemie, en biomarkers voor de aanwezigheid van stoffen en/of oxidatieve stress nemen toe. Dergelijke effecten zijn meetbaar tot soms wel tien kilometer stroomafwaarts.

Wanneer aan maatregelen wordt gedacht, kunnen *aanvullende zuiveringstechnieken* bij rwzi's een optie zijn. Met name in Zwitserland (EAWAG) en Duitsland¹⁹ is een aantal grootschalige onderzoeken uitgevoerd bij conventionele actief-slibsystemen, membraanbioreactoren, ozonbehandeling en andere geavanceerde oxidatieprocessen, toepassing van actief kool en diverse filtratietechnieken. In deze onderzoeken zijn soms ook *effectmetingen* toegepast, bestaande uit een testbatterij bioassays voor algemene toxiciteit en/of specifieke toxiciteit (hormoonverstoring, dioxineachtige werking, genotoxiciteit, fytotoxiciteit, neurotoxiciteit, early life stage testen enzovoorts).

Het algemene beeld dat uit deze onderzoeken naar voren komt is dat actief-slibsystemen een zeer groot deel van de microverontreinigingen verwijderen, maar zeker niet alles. Membraanbioreactoren presteren iets beter dan actief slib, maar dit hangt af van de stoffeigenschappen. Actief kool werkt goed maar is relatief duur. Geavanceerde oxidatieprocessen zoals ozon verwijderen uitgangsstoffen chemisch het best, maar er zijn aanwijzingen voor het ontstaan van (toxische) afbraakproducten. Echter, de effecten lijken eenvoudig te verwijderen, bijv. door zandfiltratie. De toxiciteit lijkt afhankelijk van de toegepaste ozonconcentratie en behandelingsduur.

Dat toepassing van een extra zuiveringsstap de kwaliteit van het ontvangende oppervlaktewater kan verbeteren, blijkt uit een veldstudie in Zwitserland waarbij vlokreeften zijn uitgehangen in het ontvangende water, voor en na de implementatie van een full-scale ozonbehandeling. Voor implementatie van de ozoninstallatie bleek de voedselname van de uitgehangen vlokreeften verlaagd (op 150 meter van lozingspunt tot 90 procent), na ozonbehandeling was er geen reductie in voedselname meer.

De gegeven voorbeelden geven aan dat er specifieke effecten van nieuwe stoffen meetbaar zijn in effluënten, zoals hormoonverstoring, immunotoxiciteit en neurotoxiciteit. Aanvullende zuiveringsstappen lijken effecten te kunnen verwijderen, in ieder geval deels, maar het ontstaan van mogelijk toxische afbraakproducten vraagt om meer onderzoek.

BIJLAGE 2 | BELANGRIJKSTE ACTIVITEITEN IN HET NEDERLANDS BELEID TEN AANZIEN VAN GENEESMIDDELEN IN HET MILIEU

Datum	Wat	Hoofdpunten
11 nov '14	Brief Unie van Waterschappen en Vewin aan staatssecretaris Mansveld (Min. I&M)	Aanbieding 'Plan van aanpak geneesmiddelen in de waterketen'; vraag om regio- en ministerie
28 okt '14	Brief staatssecretaris Mansveld (Min. I&M)	Stand van zaken aanpak geneesmiddelen
30 jan '14	Rondetafelgesprek 'Geneesmiddelen in drinkwater en milieu'	Inspraak geneesmiddelensector, waterketenpartijen en wetenschappers / onderzoekers
25 jun '13	Brief staatssecretaris Mansveld (Min. I&M)	Afsluiting acties uit beleidsbrief 2007, reactie op toezeggingen algemeen overleg
4 sep '12	Brief staatssecretaris Atsma (Min. I&M)	Aanbieding rapport 'Zuivering geneesmiddelen uit afvalwater'
4 jul '12	Algemeen overleg over waterkwaliteit	Toezegging kamer te informeren over mogelijkheden emissiereductie geneesmiddelen
30 sep '09	Brief staatssecretaris	Voortgangsrapportage Uitvoeringsprogramma Diffuse Bronnen Waterverontreiniging inclusief geneesmiddelen
21 feb '07	Brief staatssecretaris	Voorgenomen en reeds gestarte acties t.b.v. emissiereductie (dier)geneesmiddelen: verkenning mogelijkheden bronmaatregelen, zuiveringstechnieken bij bronnen van geneesmiddelen naar het afvalwater (vóór aansluiting op riolering) en end-of-pipe zuiveringstechnische maatregelen (bij de rwzi's)

¹⁹ Milieuministerie Nordrhein-Westfalen (MKULNV) project 'Elimination von Arzneimitteln und organischen Spurenstoffen' (12 deelprojecten, diverse technieken, ook fullscale, metaboliëtvorming bij ozon)

Aan de Staatssecretaris van Infrastructuur en Milieu
 Mevrouw W.J. Mansveld
 Postbus 20901
 2500 EX DEN HAAG

datum	ons kenmerk	contactpersoon
11 november 2014	75088 JR	M.M.A. Bentvelsen L. Coonen
bijlage(n)	uw kenmerk	e-mail
2	-	mbentvelsen@uvw.nl coonen@vewin.nl
betreft		doorkiesnummer
Plan van aanpak geneesmiddelen in de waterketen		070-351 98 32

Geachte mevrouw Mansveld,

In aanvulling op onze eerdere brief van 7 april 2014 en in reactie op uw brief aan de Tweede Kamer van 28 oktober 2014 willen we als Vewin en de Unie van Waterschappen u graag een voorstel doen hoe om te gaan met de belasting van medicijnresten in water. Dit mede gelet op de toenemende politieke en maatschappelijk aandacht voor medicijn(resten) in het milieu.

In bijgaand voorstel (bijlage 1) geven we aan hoe een gezamenlijk onderzoeks- en beleidsvormingstraject er uit zou kunnen zien. Wij stellen voor dat het Rijk de regie neemt voor een nationaal plan van aanpak geneesmiddelen en water, waarin we ook belangrijke rollen zien voor de medische sector, de farmaceutische industrie en RIVM. Hiermee sluiten we aan bij de in uw brieven van 25 juni 2013 en van 2 juni 2014 genoemde bronaanpak en ketenbenadering. Wij geven aan welke activiteiten wij als watersector binnen een dergelijke aanpak willen oppakken. Randvoorwaarde daarbij is wel dat ook de mogelijkheden van bronaanpak serieus worden opgepakt. Een aantal activiteiten lopen al. In bijlage 2 is een opsomming gegeven van reeds uitgevoerde en lopende projecten in de watersector.

Het is van belang om tot een integrale aanpak te komen met invulling door alle ketenpartijen, waarmee recht gedaan wordt aan het principe van bestrijding aan de bron en waarmee internationale kennis en ervaring optimaal ingezet wordt. Graag treden we met u in overleg over de uitvoering van het voorstel en ons verzoek om als Rijk een regisserende rol te vervullen.

Hoogachtend,



ir.ing. A.J. Vermuë,
 algemeen directeur Unie van Waterschappen



mr. Renée M. Bergkamp,
 directeur Vewin

cc *Ministers van EZ, I&M en VWS*
Leden Vaste Kamercommissie van I&M

Plan van aanpak geneesmiddelen in de waterketen

Introductie: Waarom dit sectorbrede plan van aanpak?

De afgelopen jaren is er nationaal en internationaal veel onderzoek gedaan naar het vóórkomen van medicijnresten in het oppervlaktewater, het grondwater en in de waterketen, en de gevolgen daarvan voor drinkwaterbronnen, effecten op waterorganismen, antibioticaresistentie en de voedselketen. Alhoewel er al veel informatie is, is de interpretatie van de meetgegevens ("hoe erg is het probleem?") nog onderwerp van discussie, zowel bij deskundigen, beleidsmakers als bestuurders. Het is duidelijk dat deze stoffen niet in drinkwaterbronnen - grond- en oppervlaktewater - moeten voorkomen. Er is echter nog geen duidelijk antwoord op de vraag wat de effecten voor het ecosysteem zijn en welke maatregelen zinvol en haalbaar zijn (bronaanpak en/of end-of-pipe). Er is dus nog geen sprake van een algemeen geaccepteerde oordeelsvorming.

De opzet van dit plan van aanpak is om de bestaande kennis en inzichten te structureren, eventuele witte vlekken in te vullen en het bestuurlijke debat te voeden. Gestreefd wordt naar een einddatum, waarop landelijke en regionale bestuurders gezamenlijk een op feiten gebaseerd oordeel over geneesmiddelen in de waterketen vormen en tot een gezamenlijke strategie (of enkele beleidsalternatieven) komen. Om dit doel te bereiken is het belangrijk om bestuurders gedurende het gehele proces mee te nemen.

Dit programma richt zich op humane en dierlijke medicijnresten. Daar waar echter maatregelen in de waterketen worden onderzocht, worden ook de consequenties voor andere microverontreinigingen in de keten meegenomen.

Dit programma richt op de interpretatie van onderzoek ten behoeve van beleidsvorming. Vanuit de watersector zijn de drinkwaterbedrijven (Vewin, RIWA) en de waterschappen (UvW en STOWA) partners. Andere partijen zijn de Ministeries van I&M, VWS en EZ, het RIVM, de medische sector en de farmaceutische industrie.

Programmaopzet

Er wordt uitgegaan van drie inhoudelijke sporen, daarnaast een apart "spoor" om de resultaten te communiceren.

Spoor 1: Probleemdefinitie : Ecologische en humane gezondheidseffecten

In dit spoor wordt de kennis die er is rond de vraag: "Wat zijn de effecten van microverontreinigingen op ecologie en drinkwatervoorziening?" zo goed mogelijk geïnventariseerd en geïnterpreteerd. Wetende dat ook ecologen en toxicologen nog moeite hebben om deze vraag helder te beantwoorden, en er dus geen éénduidig absoluut antwoord gegeven kan worden,

wordt getracht om de vraag te vertalen naar argumenten, overwegingen en beleidsalternatieven ten behoeve van bestuurders. Het eindresultaat moet politici in staat stellen een oordeel te kunnen vormen welke maatregelen zinvol en haalbaar zijn. Omdat er naar verwachting geen zwart-wit wetenschappelijk antwoord te geven zal zijn, is creativiteit en een bestuurskundige inbreng wenselijk. Er wordt voortgebouwd op vergelijkbare processen in landen als Zwitserland, Zweden, Duitsland en UK. Dit omdat met name die landen op dit vlak al een aantal stappen gezet hebben. Voorgesteld wordt dat het RIVM de trekker wordt van dit spoor.

Spoor 2 : Bronaanpak

Voor alle problemen met milieuverontreiniging geldt: als milieugevaarlijke stoffen niet geproduceerd worden, kunnen ze ook niet vrijkomen en hoeven ze niet gezuiverd te worden. Een bronaanpak is duurzamer en intrinsiek veiliger dan het inzamelen en verwerken van vrijkomende afvalstoffen en heeft wereldwijd effect. Verder geldt hoe dichterbij de bron, hoe geconcentreerder de stoffen en hoe makkelijker verontreinigingen verwijderd kunnen worden.

In dit spoor worden alle mogelijkheden en onmogelijkheden om geneesmiddelen te reduceren via een bronaanpak, dan wel een aanpak in de keten (waaronder farmaceutische industrie, ziekenhuizen, apothekers, ook veterinaire, dokters en patiënten) geanalyseerd en gewogen. Ook hier wordt nadrukkelijk gekeken naar de internationale ervaringen. Een kennisuitwisseling met bijvoorbeeld Svenskt Vatten is een mogelijkheid, Zweden investeert al jaren in een brongerichte aanpak. Binnen dit spoor neemt het Rijk de leiding om met de farmaceutische industrie en de medische sector tot een bronaanpak te komen.

Spoor 3 : Aanpak binnen de waterketen

In dit spoor wordt in kaart gebracht wat de mogelijkheden en de kosten zijn om in de waterketen microverontreinigingen te verwijderen. Een logische mogelijkheid is verwijdering van microverontreinigingen bij de RWZI (end-of-pipe). Dergelijke maatregelen hebben voor- en nadelen. Een nadeel van end-of-pipe maatregelen is dat het geen duurzame oplossing is. Een bijkomend effect is dat de noodzaak van het nemen van bronmaatregelen afneemt. Het voordeel van een aanpak in de waterketen, bijvoorbeeld een extra zuiveringstrap op de RWZI, is dat hiermee niet voor elke groep stoffen apart beleid gemaakt hoeft te worden, maar dat er een breed spectrum aan stoffen verwijderd kan worden. Het kan dus een pragmatische aanpak zijn (met als risico dat een fundamentele bronaanpak achterwege blijft!) We inventariseren in dit deel van het plan de aanpak binnen de waterketen: de rioolwaterzuivering, nieuwe sanitatie en maatregelen bij de drinkwaterproductie worden geïnventariseerd. Hierbij worden zowel de effectiviteit als de kosten van de mogelijke maatregelen in beeld gebracht. Binnen dit spoor passen bijvoorbeeld ook hot-spot-analyses - dat wil zeggen het koppelen van de emissie aan kenmerken van het ontvangende watersysteem om zodoende de RWZI's met de grootste impact te kunnen prioriteren. Verschillende waterschappen hebben al een dergelijke analyse uitgevoerd of zijn hier mee bezig. Binnen dit spoor worden ook diverse scenario's opgesteld. De aanpak die in Zwitserland gekozen is, is hier een goed voorbeeld van. De waterschappen en drinkwaterbedrijven pakken dit spoor op.

Resultaten nationaal plan van aanpak geneesmiddelen en water

- Een groot aantal deelstudies
- 3 deelrapporten (voor elk spoor 1)
- Een overkoepeld rapport met daarin enkele beleidsscenario's en financieringsopties
- Voorstellen voor een Nederlands standpunt mbt Europees beleid

Communicatie

Er wordt periodiek over de voortgang en de resultaten van de sporen gecommuniceerd door het programmateam. De belangrijkste doelgroep zijn de bestuurders en beleidsmakers bij Rijk, waterschappen en drinkwaterbedrijven. De doelgroep zal nauw betrokken zijn bij het proces en inspraak hebben in de diverse scenario's. Daarnaast wordt ook publiciteit nagestreefd in de media. Er komt hiertoe een communicatieplan, en in het programmateam wordt een communicatiedeskundige opgenomen.

Planning

Om de resultaten van het programma optimaal te gebruiken, wordt uitgegaan van een meerjarenplanning. Een globale planning ziet er als volgt uit:

- Plan van aanpak en besluitvorming partners: 1e kwartaal 2015
- Start 3 sporen: 2e kwartaal 2015
- Eindresultaten 4e kwartaal 2016

Middelen

Een belangrijk deel van het programma is het bundelen van bestaand en lopend onderzoek, pilot projecten, beleidsinitiatieven, etc. De waterschappen, gedeeltelijk via STOWA, en drinkwaterbedrijven leveren input met deelstudies, pilots en dergelijke. In bijlage 1 is aangegeven welke onderzoeken er nu reeds lopen. We gaan ervan uit dat ook het Rijk daarnaast inzet levert en ook andere partners informatie aanleveren, bijvoorbeeld relevante informatie uit de milieurisicoanalyses van de farmaceutische industrie of overige toxicologische informatie.

Voor bepaalde specifieke onderdelen zal het nodig zijn om enkele deelstudies te laten uitvoeren, waarbij de financiering een punt van overleg zal zijn. Het gaat hier in ieder geval om:

- Een studie die zich specifiek richt op spoor 1: oordeelsvorming;
- Bronmaatregelen;
- Inventarisatie mogelijkheden in de waterketen;
- Het opstellen van beleidsscenario's;
- Een deelstudie naar mogelijke financiering van maatregelen;
- Deelstudie internationale afstemming en Europees beleid;

Programma-organisatie

Het programma wordt aangestuurd door een programmamanager met een programmateam. Voor de drie deelsporen zijn er 3 thematrekkers. Daarnaast is er een thematrekker communicatie, en een thematrekker internationaal beleid, welke zich specifiek richt op de input in Europees beleid en afstemming met andere landen. In totaal ca. 6 leden, afkomstig uit de waterschappen, drinkwatersector en het Rijk. Elke thematrekker heeft een team tot zijn beschikking.

Boven dit programmateam is er een stuurgroep bestaande uit bestuurders van drinkwaterbedrijven, waterschappen onder voorzitterschap van het Ministerie van I&M, en er is een klankbordgroep.

Onderwerp	Waterschap
Vertegenwoordiging NORMAN Network (EU)	STOWA
Gebiedsstudie Utrecht	STOWA
1-Stepfilter RWZI	STOWA
Onderzoek naar waargenomen effecten van micro's in effluënten	STOWA
Onderzoek Ecologische status factor Toxicologie	STOWA
Hotspotanalyse RWZI's	STOWA
Gebiedsstudie Utrecht	STOWA/Anja Derksen Vallei en Veluwe
Pilot apothekers (2009)	Vechtstromen
Hotspotanalyse RWZI's + aanvullende monitoring effl./o.w. (2013)	Vechtstromen
Proposal Antimicrobial Resistance and Interventions in Surface water Environment - ARISE (2014)	Vechtstromen
Monitoring effluent (bioassays)	Vechtstromen
MEDUWA-Rijn-Oost - ketenbrede bronaanpak medicijnen (2012)	Vechtstromen
Verkenning Fuzzy logic - riool/RWZI Oldenzaal medicijnverwijdering	Vechtstromen
Eerste screening medicijnen in effluent en oppervlaktewater (2010)	Vechtstromen
Lab-on-a-chip (2013/2014)	Vechtstromen
Monitoring effluent	Vechtstromen
Routine monitoring oppervlaktewater	Vechtstromen
RWZI Oldenzaal medicijnverwijdering	Vechtstromen
Pharmafilter AMC en Tergooi ziekenhuis	Vechtstromen
Robuustheid drinkwater zuivering organische micro's	Waternet
Hotspotanalyse glastuinbouw+RWZI's bioassays & chemie	Waternet
1-Stepfilter RWZI	Waternet
Monitoring tbv drinkwater	Waternet

Onderwerp	Waterschap
TAPES (Transnational Action Program on Emerging Substances)	Waternet
Monitoring oppervlaktewater	Waternet
Monitoringsstrategie opstellen	wetterskip Fryslan
Ontwikkeling ILOW pakket 2013	Wetterskip Fryslan
Pilot Sneek ziekenhuiszuivering	Wetterskip Fryslan
Monitoring effluent	Wetterskip Fryslan
Monitoring oppervlaktewater	Wetterskip Fryslan
gebiedsstudie Limburg	WPM
Antibiotica onderzoek	WRU
TKI-project "Geneesmiddelenverwijdering uit effluent" ("fase 3")	WRO, WBL
Geneesmiddelen in de Watercyclus in Limburg - Fase 1 "Voorkomen, herkomst en ernst van geneesmiddelen in het watersysteem"	WRO, WPM, WBL
Geneesmiddelen in de Watercyclus in Limburg - Fase 2 "Scenario's voor het terugdringen van geneesmiddelen in de watercyclus"	WRO, WPM, WBL
Metingen van medicijnresten en hormonen in oppervlaktewater, waterbodembodem, rioolwater, influent, effluent, ingedikte slib. Twee meetrondes (zomer en winter).	WSRL
Metingen van medicijnresten in grondwater en bagger op de kant. Aanvulling op vorig jaar uitgevoerde onderzoek van stoffen in de waterbodembodem.	WSRL
Deelname aan Quickscan geneesmiddelen in grond- en oppervlaktewater in water provincie Gelderland (Gebiedsstudie)	WSRL
Pilot Zorginstellingen	WSRL
Verkenning Pilot Zorginstellingen (start tweede helft 2014)	WSRL
MedicijngebruikFlevoland incl. hotspot analyse	Zuiderzeeland

Activiteiten geneesmiddelenresten drinkwaterbedrijven (niet uitputtend)

Actie	Drinkwaterbedrijf
Initiatiefnemer Project Schone Maaswaterketen: verwijdering van geneesmiddelen bij RWZI's mogelijk tegen 25% van de huidige kosten voor vergaande zuivering	Evides
Monitoring geneesmiddelen	Evides
TOPWATER binnen meerjarig onderzoeksprogramma H2020 2014-2018: toekomstbestendige zuiveringstechnologie, met name voor verwijdering van geneesmiddelen	Evides
Delft Blue Water: onderzoek productie van gietwater uit rwzi-effluent, o.a. verwijdering geneesmiddelen	Evides
Onderzoek nieuwe stoffen Zeeland (geneesmiddelen) in het kader van Samenwerking Afvalwaterketen Zeeland plus	Evides
Robuustheidsonderzoek drinkwaterzuiveringen voor geneesmiddelen	Dunea
Meetnet voor geneesmiddelen	Dunea
Onderzoek robuustheid zuivering	Dunea
Project zuiver water Bommelerwaard: preventie	Dunea
Deelnemer project Schone Maaswaterketen	Dunea
Onderzoek uitbreiding zuivering: geavanceerde oxidatie	Dunea
Uitbreiding zuivering: combinatie van ozon/peroxide en lage druk UV	Dunea
Onderzoek verwijdering geneesmiddelen uit Hofpoort ziekenhuis te Woerden, RWZI en winning	Oasen
Periodieke screening op geneesmiddelen	Oasen
Onderzoek verwijdering geneesmiddelen via actief kool en/of membranen (met TU Delft/KWR)	Oasen
Voorbereiding tot het upgraden van alle zuiveringen metomgekeerde osmose membraanfiltratie	Oasen
Preventief gebiedsgericht onderzoek naar bronnen en maatregelen (Bethunepolder)	Waternet
Ontwikkeling van een 1-step filter als vierde stap in de afvalwaterzuivering	Waternet
Lead partner in EU TAPES project: Transnational Action Program on Emerging Substances	Waternet
Onderzoek robuustheid zuivering d.m.v. proefinstallaties	Waternet
Project Tusschenwater De Groeve: monitoring geneesmiddelen afkomstig van rwzi	Waterbedrijf Groningen
Monitoring geneesmiddelen oppervlaktewater	Waterbedrijf Groningen
Monitoring geneesmiddelen grondwater	Waterbedrijf Groningen
Project Geneesmiddelen afvalwater regio Groningen. Project in kader Technologische	Waterbedrijf Groningen
Samenwerking Noordelijke Waterketen: bijdrage ziekenhuizen aan geneesmiddelenvracht	Waterbedrijf Groningen
Onderzoek op het gebied van antibiotica en -resistentie in de watercyclus (met o.a. Wetsus)	Waterbedrijf Groningen
Intensieve monitoring geneesmiddelen	WML
Onderzoek naar voorkomen van geneesmiddelen in Limburgse waterstromen	WML
Vervolgonderzoek: geneesmiddelenverwijdering op RWZI	WML
Onderzoek met pilot geavanceerde oxidatie in Heel	WML

Periodiek brede screening op o.a. geneesmiddelen	Brabant Water
Project risicoinventarisatie nieuwe stoffen bij Brabantse winningen (met provincie Noord-Brabant)	Brabant Water
Onderzoek naar kwetsbaarheid van winningen als basis voor meetstrategie	Brabant Water
Participatie in onderzoek in Breda gericht op de medicijnketen en water	Brabant Water
Mogelijk deelname project Schone Maaswaterketen	Brabant Water
Onderzoek met waterschap Groot Salland bij de Isalaklinieken (zuiveren bij het ziekenhuis)	Vitens
Participatie in onderzoek naar medicijnresten in oppervlakte- en grondwater in Gelderland	Vitens
Metingen naar geneesmiddelen in ruw en rein water	Vitens
Monitoring van geneesmiddelen in pompputten	WMD
Toepassen van UV / peroxide / kool zuiveringsstap bij de directe zuivering van IJsselmeerwater tot drinkwater (Andijk)	PWN
Toepassen van UV / peroxide / kool zuiveringsstap voor de infiltratie van voorgezuiverd water in de duinen (Heemskerk)	PWN
Toepassen van membraan filtratie (RO) in Heemskerk	PWN
Onderzoek naar nieuwe zuiveringsconcepten door PWNT	PWN
Evaluerende studies van de resultaten naar aanwezigheid en risico's van geneesmiddelen gepubliceerd in wetenschappelijke tijdschriften	Het Waterlaboratorium
Methodeontwikkeling nieuwe geneesmiddelen incl. metabolieten	Het Waterlaboratorium
Samenwerkingsprojecten met TUDelft (CITG) waarin nieuwe (afval)waterzuiveringsconcepten worden beoordeeld op de verwijdering van geneesmiddelen	Het Waterlaboratorium
Ontwikkeling waterkwaliteit bij innamepunten van oppervlaktewater voor de drinkwatervoorziening	KWR Watercycle Research Institute
Literatuurstudie omzettingen producten in bronnen van drinkwater (fase 1)	KWR Watercycle Research Institute
Vele onderzoeken, geresulteerd in rapporten en artikelen	KWR Watercycle Research Institute

ACTIVITEITEN VAN HET NORMAN-NETWERK

Het NORMAN-netwerk (<http://www.norman-network.net>) is een Europees netwerk van wetenschappers en andere belanghebbende die zich bezig houden met nieuwe stoffen. De doelen zijn uitwisselen en ontsluiten van kennis en gezamenlijk activiteiten oppakken. Deze activiteiten zijn onder andere:

- het prioriteren van stoffen (onder andere ten behoeve van de herziening van de prioritaire stoffenlijst binnen de KRW),
- het verbeteren van methoden om onbekende stoffen te detecteren en identificeren,
- het afstemmen en valideren van biologische effectmetingen,
- Effect Directed Analysis (d.w.z. het bepalen van de stoffen die verantwoordelijk zijn voor waargenomen effecten),
- het bepalen van de rol antibioticaresistentie bij hergebruik afvalwater.

Diverse Nederlandse partijen zijn bij één of meerdere van deze activiteiten betrokken.

COLOFON

Amersfoort, januari 2015

Uitgave

Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer STOWA

Postbus 2180

3800 CD Amersfoort

Tekst

Anja Derksen, AD eco advies

Begeleiding

Bert Palsma, STOWA

Bas van der Wal, STOWA

Renée Talens, namens STOWA

Eindredactie

Bert-Jan van Weeren, tekst en van weeren

Vormgeving

Brigitte Beenen, Vormgeving Studio B

Fotomateriaal

Thinkstock

Druk

Drukkerij Uleman

STOWA-nummer: 2014-45

ISBN: 978.90.5773.657.5

Copyright

Teksten uit dit rapport mogen alleen worden overgenomen met bronvermelding.

Disclaimer

De in dit rapport gepresenteerde kennis en diagnosemethoden zijn gebaseerd op de meest recente inzichten in het vakgebied. Desalniettemin moeten bij toepassing ervan de resultaten te allen tijde kritisch worden beschouwd. De auteurs en STOWA kunnen niet aansprakelijk worden gesteld voor eventuele schade die ontstaat door toepassing van het gedachtegoed uit dit rapport.

stowa

STICHTING
TOEGEPAST ONDERZOEK WATERBEHEER

stowa@stowa.nl www.stowa.nl
TEL 033 460 32 00
Stationsplein 89
POSTBUS 2180 3800 CD AMERSFOORT

