

iStockphoto



## AUTEURS



Herman Evenblij en Niels Schoffelen  
(Royal HaskoningDHV)



## RANGSCHIKKING RWZI'S OP BASIS VAN METINGEN AAN GENEESMIDDELEN



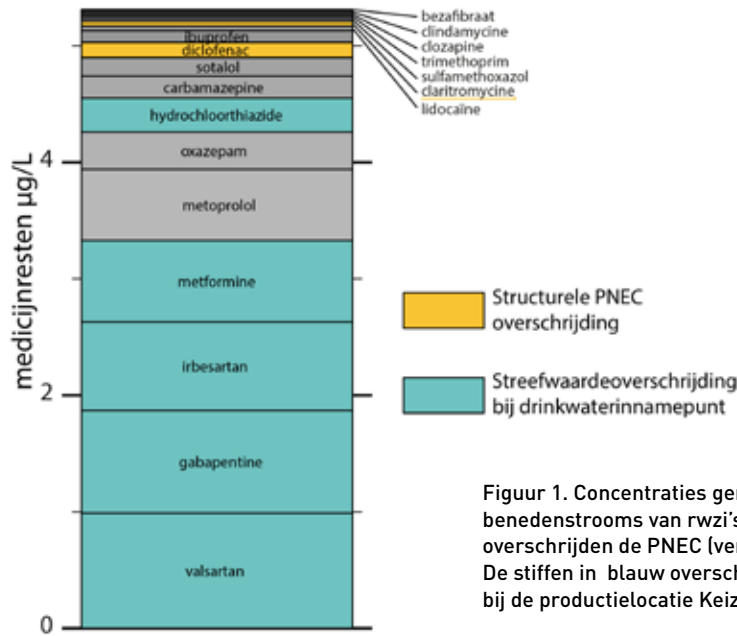
Roel Knoben  
(Royal HaskoningDHV)



Wim van der Hulst  
(waterschap Aa en Maas)

**Een meetcampagne, opgezet om de impact van geloosde geneesmiddelen uit zeven rioolwaterzuiveringsinstallaties (rwzi's) te bepalen, biedt de mogelijkheid om te bepalen of de juiste rwzi's zijn aangemerkt als hot spot. De gemeten concentraties blijken over het algemeen iets lager te zijn dan berekend in de Hotspotanalyse (HSA).**

Veel oppervlaktewateren in Nederland bevatten sporen van microverontreinigingen: medicijnresten, gewasbeschermingsmiddelen, huishoudelijke chemicaliën en industriële verontreinigingen (Moermond et al, 2016). De concentraties van deze stoffen zijn laag, variërend van enkele nano- tot microgrammen per liter. Hoewel de concentraties laag zijn, zijn er steeds meer aanwijzingen dat deze stoffen een negatieve impact hebben op het watermilieu (Stowa 2014-44). Een groot deel van de microverontreinigingen in oppervlaktewater is direct te relateren aan de effluentlozingen van rioolwaterzuiveringsinstallaties (Moermond et al, 2016). Om een beeld te krijgen van deze relatie in Nederland is in 2017 de HotspotAnalyse Geneesmiddelen RWZI's uitgevoerd (STOWA 2017-42), verder aangeduid als: HSA. Deze analyse was gebaseerd op een voor alle rwzi's identiek geschat gemiddeld verwijderingsrendement voor medicijnresten. De input voor de berekeningen was de totale vracht van een specifieke groep medicijnresten die was afgeleid uit metingen in eerdere studies. De vracht aan geneesmiddelen in het influent werd berekend op basis van een geschatte uitscheiding



Figuur 1. Concentraties geneesmiddelen in oppervlaktewater, benedenstrooms van rwzi's bij Aa en Maas. De stoffen in geel overschrijden de PNEC (verwachte geen effect concentratie). De stoffen in blauw overschrijden de signalwaarde voor inname bij de productielocatie Keizersveer

Tabel 1

amidotrizoïnezuur	bezafibraat	carbamazepine
ciprofloxacine	claritromycine	clindamycine
clozapine	diaminomethylideenureum	diclofenac
dimetridazol	fenazon (antipyryne)	gabapentine
hydrochloorthiazide	ibuprofen	irbesartan
jopamidol	ketoprofen	lidocaïne
metformine	metoprolol	oxazepam
pentoxifylline	pipamperone	sotalol
sulfamethoxazol	trimethoprim	valsartan

per aangesloten inwonereenheid. De concentraties in effluent en oppervlaktewater zijn vervolgens berekend aan de hand van een massabalans. Deze studie resulteerde in een landelijke rangschikking van rwzi's volgens een aantal maatlaten.

Uit meerdere onderzoeken blijkt dat verwijderingsrendementen voor geneesmiddelen variëren van 0 tot 99%. Het rendement is hierbij onder andere afhankelijk van specifieke stofeigenschappen. Daarnaast is inmiddels bekend dat ook het verwijderingsrendement van rwzi's onderling sterk varieert (o.a. Watson database, Maas et al, 2017, Wubbels et al, 2018, en vergelijk STOWA 2018-02, STOWA 2018-46).

De HSA houdt in de rangschikking geen rekening met de ecologische impact van de geloosde geneesmiddelen maar alleen met de hoeveelheid: hoe groter de geloosde vracht ten opzichte van het verdunnend vermogen in het ontvangende water, hoe hoger de uiteindelijke concentraties (en dus hoe hoger de plek in de rangschikking). Dit artikel beschrijft de resultaten van vervolgonderzoek, waarbij ook actuele verwijderingsrendementen, actuele concentraties in

het oppervlaktewater, én ecotoxicologische relevantie worden meegenomen in de analyse. Zo kunnen we bepalen of de juiste rwzi's als hot spot worden aangemerkt en prioriteit krijgen voor het verbeteren van het zuiveringsrendement.

Dit artikel is het eerste van twee die ingaan op metingen van microverontreinigingen in influent, effluent en oppervlaktewater, en hoe de resultaten gebruikt kunnen worden om de HSA Geneesmiddelen verder uit te werken. Het artikel beschrijft een meetcampagne, opgezet om de impact van geloosde geneesmiddelen uit zeven rwzi's te bepalen.

### Monstername

De meetcampagne is uitgevoerd in het beheersgebied van waterschap Aa en Maas. In de campagne lag de focus op de relatie tussen de effluentlozing en de kwaliteit van het ontvangend oppervlaktewater. Gedurende in totaal 12 maanden (2017/2018) werd maandelijks een steekmonster genomen van influent en effluent van elk van de zeven rwzi's, en in het oppervlaktewater bovenstrooms en benedenstrooms

Welke rwzi's zijn werkelijke hotspots medicijnresten?

36

Tabel 2. Vergelijking van modelberekeningen in de Hotspotanalyse en gemeten concentraties benedenstrooms van rwzi's

WWTP	Hotspot-analyse benedenstrooms (µg/L)	Gemeten concentraties benedenstrooms (µg/L)	Ranking o.b.v. metingen	Ranking o.b.v. Hotspot-analyse	Ranking o.b.v. PNECs *
Aarle-Rixtel	7,5	8,5	1	4	1 (2)
Oijen	11,9	7,5	2	2	1 (2)
Dinther	8,6	6,8	3	3	2 (1)
Vinkel	6,1	5,8	4	5	2 (1)
Land van Cuijk	13,1	3,8	5	1	3 (0)
's-Hertogenbosch	3,3	3,2	6	7	3 (0)
Asten	3,7	3,1	7	6	3 (0)

\* Tussen haakjes de aantallen stoffen waarvan de PNEC overschreden is

van het effluentlozingspunt. De monsters werden vervolgens geanalyseerd op 27 verschillende medicijnresten (zie bijlage tabel 1). De analyses zijn uitgevoerd door Aquon laboratorium (Schoffelen, 2018).

#### Vergelijking met de Hotspotanalyse

Op basis van de resultaten is in elk monster de som berekend van de 19 geneesmiddelen die zijn gebruikt in de Hotspotanalyse. De gemeten concentraties in de ontvangende waterlichamen zijn vergeleken met de berekende waarden van de Hotspotanalyse, zie tabel 2. Per maand zijn de individuele geneesmiddelenconcentraties opgeteld en gemiddeld over het hele jaar. Met uitzondering van de locatie Aarle Rixtel zijn deze gemeten concentraties lager dan de berekende waarden uit de HSA. Dit is mogelijk te verklaren doordat in de Hotspotanalyse gerekend is met een mediaan-debiet voor de zomerperiode. Met name in de winter zal meer verdunning optreden, waardoor de gemiddelde concentratie lager wordt.

De rangschikking die ontstond uit de gemeten data is aanzienlijk anders dan die uit de Hotspotanalyse. De nummer één uit de Hotspotanalyse (rwzi Land van Cuijk) blijkt op basis van de metingen beter te scoren en is in de nieuwe rangschikking terug te vinden op plaats vijf. Deze verschuiving wordt waarschijnlijk veroorzaakt doordat in de Hotspotanalyse het effect van een nageschakelde zuiveringstrap niet is meegenomen.

RWZI Aarle Rixtel, nummer vier in de hotspotanalyse, is volgens de gemeten waarden de rwzi met de hoogste concentraties benedenstrooms. Verder blijkt dat de spreiding in de gemeten concentraties kleiner is dan in de berekende concentraties: de hoogste gemeten waarde (8,5 µg/l) is 35% lager dan de hoogste berekende HSA-waarde (13,1 µg/l).

Een nadere beschouwing van de data laat zien dat er

verschuivingen optreden in de relatieve bijdrage van individuele stoffen. In de Hotspotanalyse wordt berekend dat Metformine de hoogste concentratie heeft in oppervlaktewater. In de metingen heeft Valsartan de hoogste concentratie, terwijl metformine op de vierde plaats staat, zie figuur 1.

#### Relatie met waterkwaliteit in oppervlaktewater: PNEC's

De totale vracht aan geneesmiddelen is niet noodzakelijk gecorreleerd aan toxicologische impact van de lozing. Verwacht mag worden dat er grote verschillen per stof zijn in de concentratie-effect-relatie, die wordt uitgedrukt met bijvoorbeeld de PNEC.

Figuur 1 presenteert de totale vracht geneesmiddelen in benedenstroomse oppervlaktewater van de rwzi's van Aa en Maas. Deze totale vracht bestaat voor meer dan 50% uit vier stoffen met een relatief hoge concentratie maar met een geringe ecologische impact, waarbij de PNEC niet wordt overschreden. Diclofenac (pijnstiller), aanwezig in een veel lagere concentratie, komt qua vracht pas op plaats 10. Echter, de concentratie diclofenac overschrijft de PNEC, waardoor deze stof een toxicologisch relevante impact heeft.

De andere stof waarvan de PNEC overschreden wordt, clarithromycine (antibioticum), staat qua concentratie op plaats 13. Op vier locaties werd een of beide PNEC's overschreden. Opvallend is dat de rangschikking die zich baseert op gemeten concentraties, overeenkomt met de rangschikking waarbij PNEC's worden betrokken.

#### Relatie met drinkwaterbereiding

De effluenten van alle beschouwde rwzi's komen uiteindelijk in de Maas terecht. Verder benedenstrooms wordt dit water gebruikt voor de drinkwaterproductie. Drinkwaterbedrijven houden een signaalwaarde aan

voor microverontreinigingen zoals geneesmiddelen. Als deze overschreden wordt, is waakzaamheid geboden. Afhankelijk van de aard van de stof kan stoppen van de inname nodig zijn. Bij alle locaties waren de concentraties voor vijf stoffen benedenstrooms van de rwzi hoger dan deze signaalwaarde, het betrof valsartan, gabapentine, irbesartan, metformine en hydrochloorthiazide, zie figuur 1.

### Conclusies en vooruitblik

1. Metingen van geneesmiddelen in oppervlaktewater leveren waardevolle informatie die kan worden gebruikt voor een nadere uitwerking van de Hotspotanalyse. Een meetcampagne op zeven rwzi's toont aan dat de Hotspotanalyse over het algemeen de benedenstroomse concentraties iets overschat.
2. De gemeten waarden leiden verder tot een andere rangschikking van rwzi's dan de berekende waarden uit de Hotspotanalyse. De conclusie hieruit is dat de prioritering van locaties waar eventueel aanvullend geneesmiddelen zouden moeten worden verwijderd, mede gebaseerd dient te zijn op gemeten waarden en niet op berekende waarden.
3. De rangschikking van de Hotspotanalyse verandert ook als ecologische impact wordt meegewogen door middel van PNECs. Deze rangschikking komt overeen met de rangschikking gebaseerd op gemeten vrachten.
4. Meewegen van signaalwaarden voor drinkwaterbereiding geeft ook een verandering in de rangschikking. Voor alle beschouwde locaties worden de signaalwaarden voor vijf stoffen overschreden.

In het volgende artikel worden de data uit de meetcampagne gebruikt om de verwijderingsrendementen per rwzi te bepalen. Deze data worden dan ook aangevuld met een meetcampagne op 18 rwzi's in het oosten van Nederland, in het Rijn-Oost gebied. In die meetcampagne lag de nadruk op het verklaren van verschillen in verwijderingsrendement per rwzi.

Herman Evenblij, Niels Schoffelen, Roel Knobben  
(*Royal HaskoningDHV*),  
Wim van der Hulst (*waterschap Aa en Maas*)

### Referenties

- Maas, P. van der; B. Bult; H. de Vries; O. Kluiving; 2017; Verwijdering van acsulfaam in rioolwaterzuiveringsinstallaties: wat bepaalt het verschil?, H2O, 17 juli 2017
- Moermond, C. et al, Geneesmiddelen en waterkwaliteit, RIVM, 2016-0111
- RIWA-Maas. 2018. Jaarrapport 2017 De Maas.
- Schoffelen, N.J. 2018, Geneesmiddelen rwzi's Aa en Maas.
- Wubbels et al. Biologische fingerprinting biedt inzicht in verwijdering van medicijnen en zoetstoffen in rwzi's zie hier STOWA 2017-42 Landelijke Hotspotanalyse geneesmiddelen RWZI's
- STOWA 2018-46 Zoetwaterfabriek awzi de Groot Lucht: pilotonderzoek ozonisatie en zandfiltratie
- STOWA 2018-02 PACAS – Poederkooldosering in actiefslib voor verwijdering van microverontreinigingen
- Watson database in de emissieregistratie;  
<http://www.emissieregistratie.nl/erpubliek/erpub/wsn/default.aspx>
- Wubbels et al. Biologische fingerprinting biedt inzicht in verwijdering van medicijnen en zoetstoffen in rwzi's

### SAMENVATTING

Influenten en effluenten van zeven rwzi's zijn gedurende een jaar gemonitord, evenals de oppervlaktewaterkwaliteit in de ontvangende waterlichamen. De verzamelde gegevens zijn vergeleken met de modelberekeningen van de Hotspotanalyse. De data zijn ook gebruikt om de ecologische impact van de effluentlozingen in te schatten, door deze te vergelijken met beschikbare geen-effect concentratie (PNEC) van een aantal geneesmiddelen. De impact op benedenstroomse inname voor drinkwaterproductie is ingeschat door de gegevens te vergelijken met de signaalwaarde voor drinkwaterproductie.

De gemeten concentraties blijken over het algemeen iets lager te zijn dan berekend in de Hotspotanalyse (HSA). Deze overschatting door de HSA is verklaarbaar vanuit de gehanteerde uitgangspunten. De gemeten concentraties geven verder een aantal grote veranderingen in de rangschikking van de Hotspotanalyse, waarbij een aantal rwzi's beter presteert dan verwacht. Als het aantal PNEC-overschrijdingen wordt gebruikt om een rangschikking op te stellen, blijkt deze ordening overeen te komen met de nieuwe rangschikking op basis van de gemeten vrachten. Als de impact op drinkwaterproductie wordt ingeschat met de signaalwaarden, blijkt dat alle rwzi-effluenten voor dezelfde vijf stoffen deze signaalwaarde overschrijden.

Welke rwzi's zijn werkelijke hotspots medicijnresten?