

Waar komen de geneesmiddelen bij innamepunten voor drinkwaterbereiding vandaan? En wat zijn effecten van klimaatverandering?

Monique van der Aa (RIVM), Erwin Meijers (Deltares)

Carbamazepine, metoprolol, metformine en amidotrizoïnezuur zijn veel voorkomende probleemstoffen bij de innamepunten voor drinkwaterbereiding langs Rijn en Maas. De herkomst van deze geneesmiddelen blijkt sterk te verschillen. In de Rijn zijn ze, met uitzondering van metoprolol, voornamelijk afkomstig uit het buitenland. Bij de innamepunten langs de Maas is het aandeel vanuit Nederland ongeveer even groot als vanuit het buitenland, in droge perioden zelfs groter. In een zeer droog jaar kunnen de concentraties, in combinatie met snelle klimaatverandering, in 2050 met een factor 2 à 3 toenemen. Voor carbamazepine komt de concentratie dan in de buurt van milieu-risicogrenzen.

Restanten van humane geneesmiddelen komen voornamelijk via gezuiverd rioolwater in het oppervlaktewater terecht. Dit beïnvloedt niet alleen de kwaliteit van het oppervlaktewater en daarmee de ecologie, maar ook de drinkwaterproductie. Ongeveer 40% van het Nederlandse drinkwater wordt bereid uit oppervlaktewater. Daarom is het van belang dat dit water zo min mogelijk verontreinigingen bevat. In deze studie is met een rekenmodel onderzocht in hoeverre de waterkwaliteit bij de innamepunten voor de drinkwaterproductie wordt beïnvloed door restanten die vanuit Nederlandse rioolwaterzuiveringsinstallaties (rwzi's) in het oppervlaktewater terecht komen, dan wel door de aanvoer uit het buitenland via de Rijn en de Maas.

Dit onderzoek, uitgevoerd door het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM) samen met Deltares, richt zich op vier geneesmiddelen. Het gaat om carbamazepine (een anti-epilepticum), metoprolol (een bloeddrukverlager), metformine (een medicijn tegen diabetes type 2) en amidotrizoïnezuur (een röntgencontrastmiddel). Carbamazepine, metoprolol en metformine komen vooral via de lozingen van huishoudelijk afvalwater terecht in Rijn en Maas. Volgens onderzoek van STOWA [1] dragen metformine en het afbraakproduct guanyleurea voor meer dan de helft bij aan de totale geneesmiddelenvracht in oppervlaktewater. Röntgencontrastmiddelen als amidotrizoïnezuur worden toegepast bij radiologisch onderzoek in ziekenhuizen. Ze worden veelvuldig aangetroffen in huishoudelijk afvalwater, aangezien veel ambulante patiënten na een radiologisch onderzoek in een ziekenhuis deze contrastmiddelen pas thuis uitscheiden.

De vier geneesmiddelen zijn opgenomen in het monitoringprogramma van de Internationale Commissie ter Bescherming van de Rijn [2]. In oppervlaktewater dat wordt gebruikt voor de bereiding van drinkwater worden ze frequent aangetroffen in concentraties hoger dan 0.1 µg/L. Deze signaleringswaarde voor nieuwe, opkomende stoffen is opgenomen in het Protocol voor monitoring en toetsing drinkwaterbronnen van de Kaderrichtlijn Water (KRW). Deze waarde is gebaseerd op de streefwaarde die wordt gehanteerd door de internationale koepelorganisaties van drinkwaterbedrijven langs de grote Europese rivieren [3]. Deze geneesmiddelen worden dan ook als probleemstoffen beschouwd. Er bestaan geen wettelijke normen voor, maar inmiddels zijn er wel milieurisicogrenzen voor deze vier geneesmiddelen afgeleid [4]. Meetgegevens in Nederlandse oppervlaktewateren laten zien dat deze milieurisicogrenzen niet worden overschreden [5]. De meetgegevens betreffen echter grote rivieren en geen kleinere waterlichamen. In kleinere waterlichamen treedt minder verdunning van afvalwater op waardoor de concentraties lokaal hoger kunnen zijn.

Beleidsdiscussie

In haar brief over de ambitie ten aanzien van waterkwaliteit aan de Tweede Kamer van 2 juni 2014 [6] stelt de minister van Infrastructuur en Milieu dat er een maatschappelijke opgave ligt om de belasting van het oppervlaktewater met geneesmiddelen en andere microverontreinigingen terug te dringen. Om hieraan invulling te geven wordt een ketengerichte benadering voorgesteld. Uitgangspunt van de aanpak is het stimuleren van een brongerichte aanpak in het begin van de keten, aangevuld met maatregelen aan het einde van de keten. Rwwi's vormen veruit de belangrijkste route voor de emissies van humane geneesmiddelen naar het oppervlaktewater [1]. Vanwege de hoge kosten is het aanpassen van rwwi's echter alleen kansrijk bij de zogenoemde 'hotspots' [7]. Voor de meeste andere rwwi's is aanpassing financieel waarschijnlijk niet haalbaar [8]. Tijdens de Ministersconferentie van de Internationale Commissie ter Bescherming van de Rijn in oktober 2013 zijn afspraken gemaakt om de emissies van microverontreinigingen, inclusief geneesmiddelen, terug te dringen. Duitsland en Zwitserland hebben reeds initiatieven genomen om een deel van de rwwi's te gaan voorzien van een aanvullende zuiveringsstap. In 2017 moet de beslissing genomen worden welke gemeenschappelijke maatregelen in Rijnverband nodig zijn.

Doel

Dit onderzoek beoogt in beeld te brengen hoe de waterkwaliteit bij innamepunten voor drinkwaterproductie langs Rijn en Maas beïnvloed wordt door emissies van carbamazepine, amidotrizoïnezuur, metoprolol en metformine vanuit Nederland, maar ook vanuit het buitenland. Tevens zijn effecten van mogelijke klimaatverandering in 2050 en van mogelijke dalende emissies gesimuleerd. Het onderzoek beoogt hiermee een beter inzicht te geven in de effectiviteit van mogelijke maatregelen om de waterkwaliteit bij innamepunten voor drinkwater te verbeteren en daarmee het beleidsproces te ondersteunen.

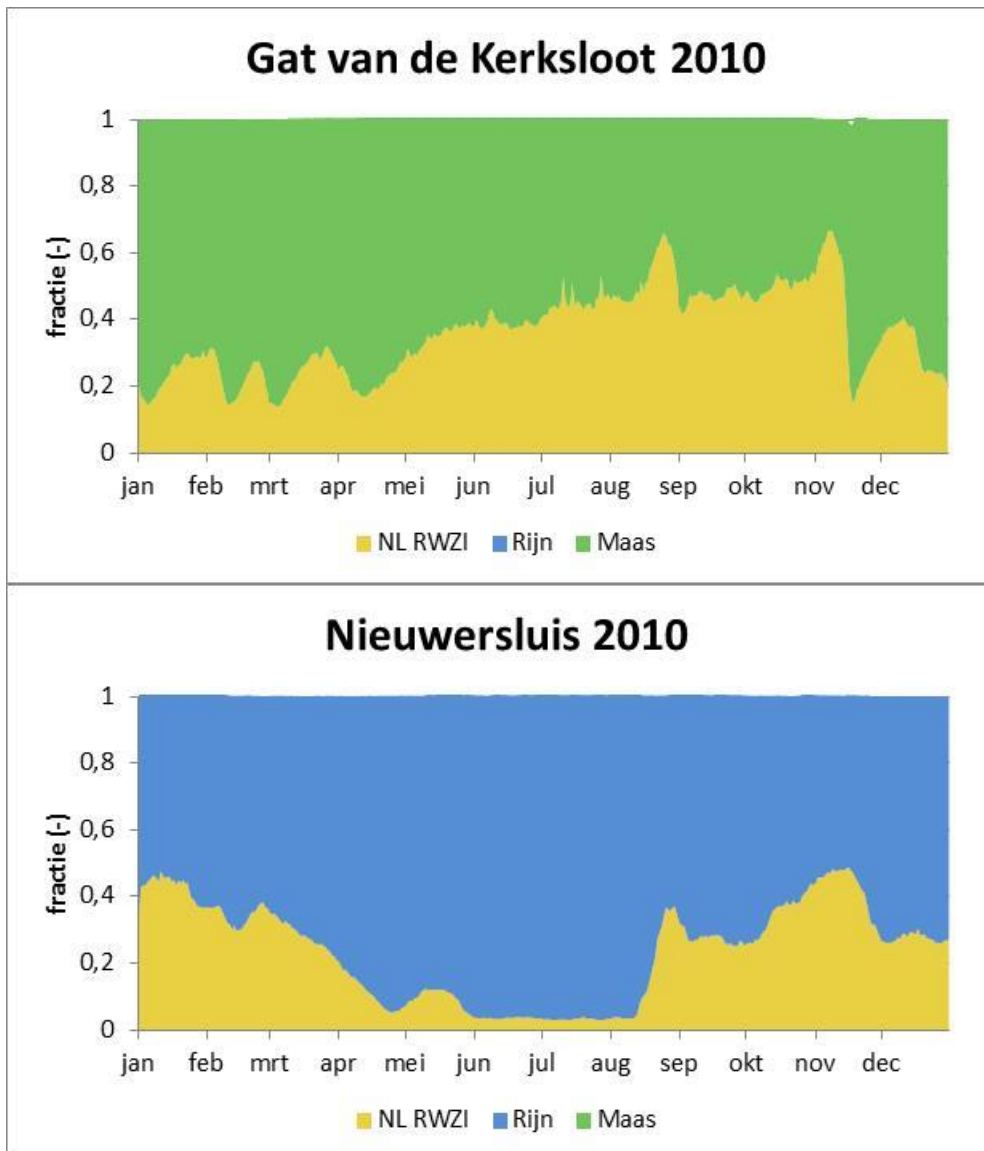
Opzet modelberekeningen

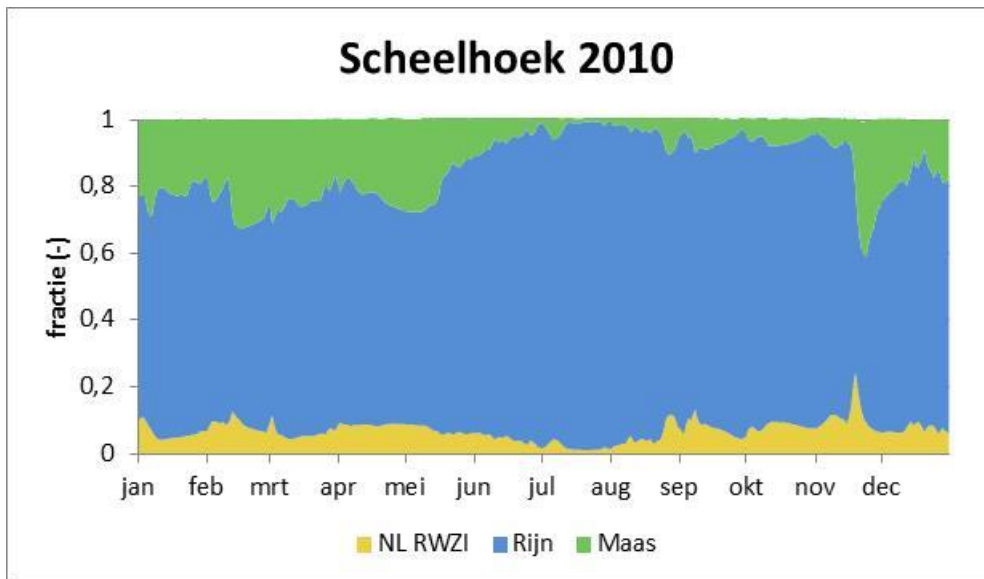
Voor deze studie is gebruik gemaakt van het Landelijk Sobek Model (LSM, onderdeel van het Nationaal Water Model) waarmee de waterbeweging van de belangrijkste oppervlaktewateren wordt beschreven. De berekeningen zijn uitgevoerd voor de jaren 2009 tot en met 2012. Klimatologisch waren de jaren 2009 en 2011 relatief droog met lage rivierafvoeren, 2010 was een gemiddeld jaar en 2012 juist een nat jaar [9]. De rivierafvoeren in de periode 2009-2012 zijn daardoor te beschouwen als iets beneden het langjarige gemiddelde. Aan het waterbewegingsmodel is een waterkwaliteitsmodel toegevoegd waarmee de verspreiding van de geneesmiddelen wordt berekend. De geneesmiddelen zijn gemodelleerd als conservatieve stof. Dat wil zeggen dat er geen omzetting in het milieu is meegenomen in het model, een *worst case*-benadering. Vervolgens zijn op de belangrijkste instromingspunten emissies van de geneesmiddelen toegevoegd. Dit betreft de buitenlandse aanvoer via de Rijn en de Maas op basis van gemeten vrachten en de bijdrage via de effluënten van 337 Nederlandse rwwi's. Industriële lozingen, emissies van landbouw en afspoeling van wegen en dergelijke zijn niet meegenomen. De emissies vanuit rwwi's zijn berekend op basis van schattingen van het aantal inwoners dat is aangesloten op de betreffende rwwi, vermenigvuldigd met de Nederlandse gemiddelde emissie voor het betreffende geneesmiddel via rwwi-effluent op basis van beschikbare metingen. Uitgebreidere informatie over de opzet van de modelberekeningen is na te lezen in [10]. Door de verschillende emissies een label (tracer) mee te geven, kan per innamepunt worden aangegeven wat de herkomst van het water is voor verschillende afvoersituaties. Deze rapportage presenteert de modelresultaten voor zeven innamepunten waarvoor kwaliteitsproblemen worden verwacht ten gevolge van klimaatverandering, zoals beschreven door Wuijts [8].

Innamepunten voor drinkwaterbereiding langs Maas

De drie grootste innamepunten langs de Maas zijn Heel, Keizersveer (oftewel Gat van de Kerksloot, Brabantse Biesbosch) en Brakel (ook wel Andelse Maas). Ze zijn hydrologisch zeer verschillend. Bij

Heel wordt water ingenomen uit het Lateraalkanaal van de Maas. De winning Andelse Maas neemt bij Brakel oppervlaktewater in uit de Afgedamde Maas, een zijtak van de Maas, aangevuld met polderwater uit de Bommelerwaard. Gat van de Kerksloot is het innamepunt van Maaswater voor de spaarbekkens van de Brabantse Biesbosch. Afbeelding 1 toont voor enkele innamepunten modelberekeningen waarmee het water in ruimte en tijd te herleiden is naar zijn herkomst. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen de bijdrage van buitenlands Maas- en Rijnwater enerzijds, en de bijdrage van Nederlandse rwzi's die direct of via zijrivieren lozen op het watersysteem. Afbeelding 1 laat zien dat het aandeel buitenlands Maaswater bij Gat van de Kerksloot in de wintermaanden circa 70-80% bedraagt, maar in de zomermaanden daalt naar circa 50-60%. In de zomermaanden is de bijdrage vanuit Nederlandse rwzi's die direct of via zijrivieren lozen op de Maas groter.





Afbeelding 1. Seizoensvariatie in herkomst oppervlaktewater op basis van modelberekeningen tracer

Innamepunten voor drinkwaterbereiding langs Rijn

De drie grootste innamepunten langs de Rijn zijn Nieuwegein, Nieuwersluis en Bergambacht. Bij Nieuwegein wordt water ingenomen uit het Lekkanaal. Nieuwersluis betreft een calamiteiten-innamepunt langs het Amsterdam-Rijnkanaal. Bergambacht betreft een oevergrondwaterwinning ten noorden van de rivier de Lek. In de nabijheid van dit zuiveringsstation ligt tevens het noodinnamepunt Bergambacht, een inlaat voor oppervlaktewater vanuit de Lek als back-up voor het innamepunt Andelse Maas.

Bij Nieuwersluis varieert het aandeel buitenlands Rijnwater tussen circa 90% in de zomermaanden en circa 60% in de wintermaanden. In de wintermaanden is de bijdrage vanuit Nederlandse rwzi's die direct of via zijrivieren lozen op de Rijn, groter (zie afbeelding 1). Dit heeft te maken met de hydrologische situatie van het watersysteem Nederrijn-Lekkanaal-Amsterdam-Rijnkanaal. Wuijts [8, 12] gaat hier nader op in. Het innamepunt Stellendam (ook wel Scheelhoek) bevindt zich aan het Haringvliet. Het wordt voornamelijk gevoed door Rijnwater, waarbij het aandeel Maaswater in de droge zomermaanden verder afneemt (zie afbeelding 1). Bij Nieuwegein en Bergambacht bedraagt het aandeel buitenlands Rijnwater meer dan 90%. Een seizoensvariatie is niet duidelijk waarneembaar.

Bijdrage van binnenlandse en buitenlandse emissies aan concentraties bij innamepunten

De modelberekeningen geven inzicht in de bijdrage van binnenlandse en buitenlandse emissies aan de geneesmiddelen concentraties in het water. Afbeelding 2 toont voor de zeven innamepunten voor drinkwaterbereiding langs Rijn en Maas de herkomst van het oppervlaktewater en de bijdrage van de verschillende bronnen aan de concentraties van de vier geneesmiddelen ter plekke. Het betreft gemiddelden van de modelberekeningen voor de periode 2009-2012. Afbeelding 2 laat zien dat de bijdrage vanuit het buitenland en die vanuit Nederland sterk kunnen verschillen per stof, rivier, innamepunt en afvoersituatie. Van de vier geneesmiddelen is voor metoprolol de bijdrage vanuit Nederlandse rwzi's het grootst. Zelfs bij het vlak over de grens gelegen innamepunt Heel, waar het aandeel buitenlands Maaswater in de periode 2009-2012 gemiddeld circa 90% bedraagt, wordt de concentratie metoprolol toch voornamelijk bepaald door de bijdrage vanuit Nederlandse rwzi's. De reden hiervoor is dat metoprolol veel wordt gebruikt in Nederland, maar weinig in België. Daar ligt het gebruik (volgens Ter Laak et al.) per inwoner een factor 8 lager en wordt meer sotalol gebruikt [11].



Afbeelding 2. Herkomst oppervlaktewater en bijdrage van de verschillende bronnen aan de concentraties van 4 geneesmiddelen bij 7 innamepunten voor drinkwaterbereiding langs Rijn en Maas, op basis van modelberekeningen (gemiddelden 2009-2012)

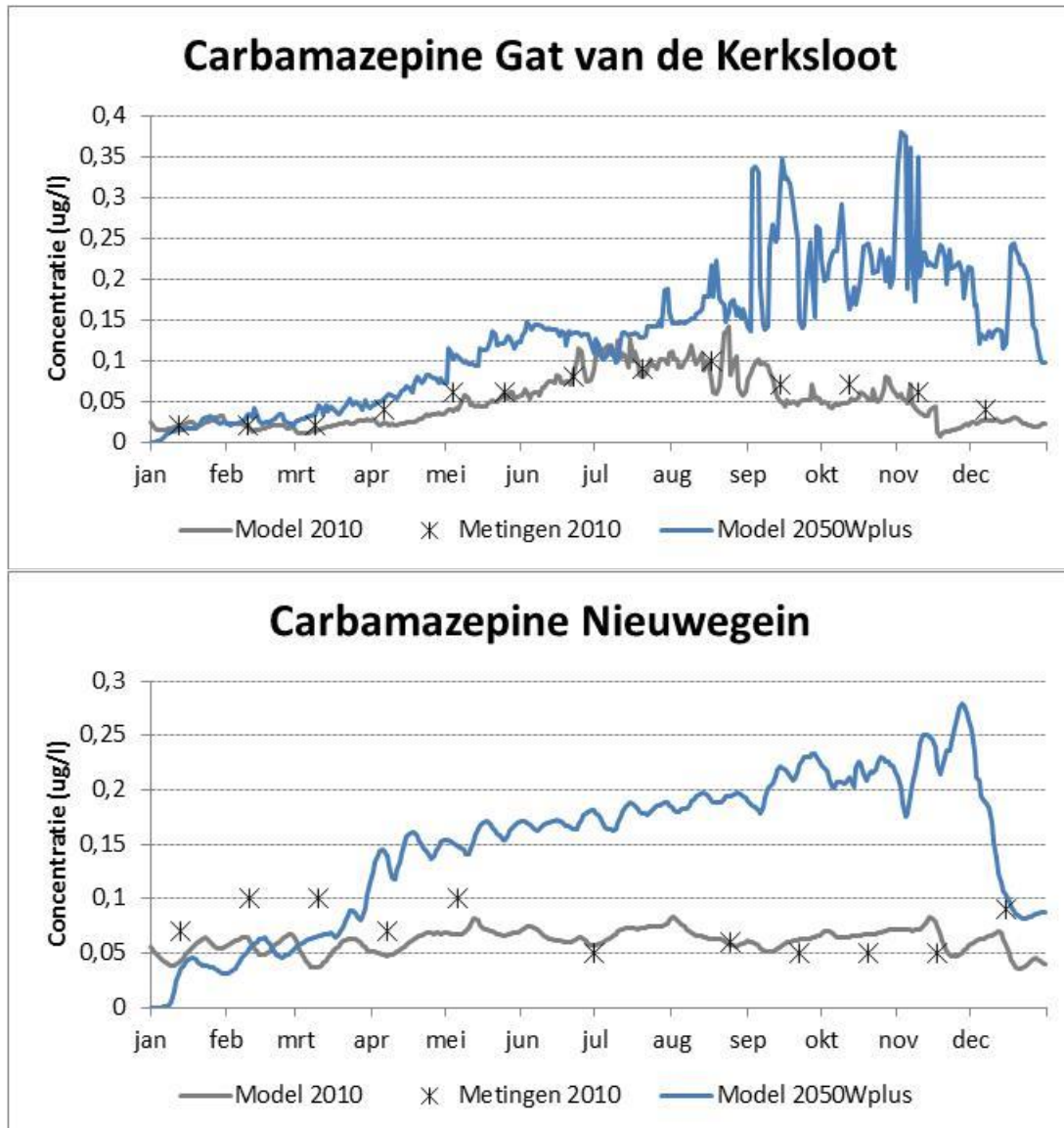
Bij innamepunt Heel wordt de concentratie carbamazepine voor ruim de helft bepaald door aanvoer via de Maas vanuit het buitenland. Voor amidotrizoïnezuur en metformine is de bijdrage vanuit het buitenland groter. Bij de benedenstrooms gelegen innamepunten Gat van de Kerksloot en Andelse Maas wordt de bijdrage vanuit Nederlandse rwzi's belangrijker, omdat daar het aandeel water via zijrivieren (inclusief rwzi's die daarop lozen) relatief groot is. Dit wordt versterkt in droge periodes of in jaren met lage rivierafvoeren; dan is de bijdrage vanuit Nederlandse rwzi's belangrijker dan buitenlandse aanvoer via de Maas. Voor metformine is het effect van de buitenlandse aanvoer op de concentratie groter door de relatief grote vracht metformine die via de Maas vanuit het buitenland wordt aangevoerd.

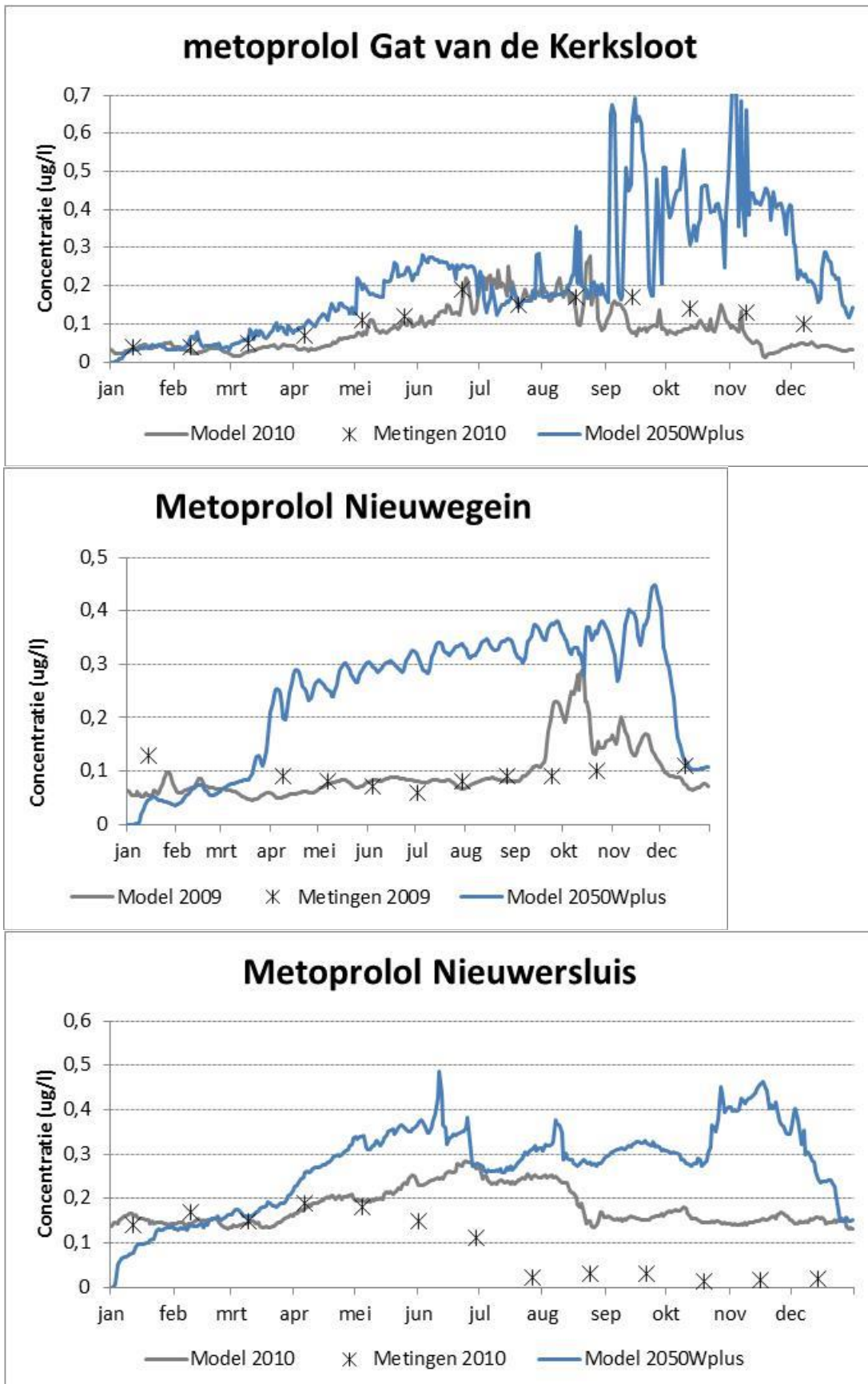
Bij de Rijninnamepunten Bergambacht en Nieuwegein is voor alle vier de geneesmiddelen de buitenlandse aanvoer via de Rijn belangrijker dan de aanvoer via Nederlandse rwzi's, zelfs in droge periodes. Ook bij Scheelhoek, gelegen aan het Haringvliet, dat wordt beïnvloed door zowel Rijn- als Maaswater, wordt de concentratie bij het innamepunt vrijwel volledig bepaald door aanvoer via de Rijn. Bij Nieuwersluis is de invloed van zijrivieren, en dus ook de Nederlandse rwzi's die hierop lozen, belangrijker.

Vergelijking modelresultaten met metingen

Afbeelding 3 toont voor enkele innamepunten tijdreeksen van berekende en gemeten concentraties carbamazepine en metoprolol in de periode 2009-2012. Bij Gat van de Kerksloot, Scheelhoek en Nieuwegein komen de berekende concentraties carbamazepine zeer goed met de metingen overeen. De berekeningen en metingen van carbamazepine en metoprolol verschillen minder dan een factor 2 van elkaar. Bij Nieuwersluis voorspelt het model de concentraties iets minder goed. Dit heeft te maken met de complexe hydrologische situatie ter plekke, met veel menging en relatief hoge

verblijftijden. Ook bij het innamepunt Heel is de overeenkomst tussen model en metingen minder goed. Dit heeft te maken met het relatief lage debiet. Voor metformine en amidotrizoïnezuur is het verschil vooral bij de Maasinnamepunten iets groter, hoewel ook voor deze stoffen in de meeste gevallen het verschil minder dan een factor 2 bedraagt. Voor metformine overschat het model de concentraties bij veel innamepunten. Dit wordt waarschijnlijk veroorzaakt doordat metformine in het milieu wordt omgezet in guanylurea, een proces dat niet is meegenomen in de modellering.





Afbeelding 3. Vergelijking tussen gemeten en door het model berekende concentraties bij enkele innamepunten en berekende concentraties bij een zeer droog jaar (1976) in combinatie met snelle klimaatverandering (2050Wplus)

Effecten van klimaatverandering

Voor enkele innamepunten is berekend wat de toekomstige concentraties zouden zijn bij een zeer droog jaar in combinatie met snelle klimaatverandering. Dit sluit aan bij de scenario's in het kader van het Deltaprogramma Zoetwater [12]. Als zeer droog jaar dat eenmaal per 100 jaar voorkomt, is uitgegaan van 1976 als referentie. Als klimaatscenario voor 2050 is uitgegaan van het scenario 2050Wplus. Deze combinatie (1976 en Wplus) kan worden beschouwd als de meest ongunstige situatie voor de ontwikkeling van de waterkwaliteit. Afbeelding 3 toont de berekende concentraties metoprolol en carbamazepine voor dit klimaatscenario. Het model voorspelt dat de concentraties bij Gat van de Kerksloot, Nieuwegein en Nieuwersluis in dit scenario toenemen met een factor 2 à 3. Voor carbamazepine wordt een maximale concentratie van circa 0,3 µg/L berekend, voor metoprolol 0,6 µg/L. Voor carbamazepine komt deze concentratie in de buurt van de milieurisicogrenzen [4].

Effecten van dalende emissie in Nederland en buitenland

Om te bepalen hoe de waterkwaliteit bij innamepunten wordt beïnvloed door een eventuele aanpak van emissiebronnen, zijn drie mogelijke adaptatiescenario's doorgerekend. Allereerst is een afname van de vracht die via Rijn en Maas ons land binnenkomt met 50% gesimuleerd (Scenario-BL). Ten tweede zijn dalende emissies vanuit alle Nederlandse rwzi's met 50% gesimuleerd (Scenario-NL). Scenario-combi tenslotte, simuleert een combinatie van beide. De keuze voor 50% daling is een theoretische aanname. Ter vergelijking: bij de geplande verbetering van rwzi's in Zwitserland wordt als criterium gehanteerd dat van enkele indicatorstoffen, waaronder carbamazepine, ten minste 80% verwijderd moet worden. De modelberekeningen laten zien dat bij Heel het scenario-BL ongeveer een even groot effect heeft als het scenario-NL. Bij de benedenstrooms gelegen innamepunten Andelse Maas en Gat van de Kerksloot is daarentegen het effect van scenario-NL het grootst.

Bij de innamepunten langs de Rijn bepaalt scenario-BL vrijwel het totale effect bij Nieuwegein. Een afname van de vracht vanuit Nederlandse rwzi's heeft nauwelijks effect op de concentratie bij dit innamepunt. Ook bij Scheelhoek en Bergambacht is het effect van buitenlandse aanvoer via de Rijn op de concentratie carbamazepine dominant. Bij Nieuwersluis is de invloed van zijrivieren en Nederlandse rwzi's die hierop lozen belangrijker; bij dit innamepunt is het effect van beide scenario's ongeveer even groot.

Conclusies en discussie

De modelberekeningen laten zien dat de bijdragen vanuit het buitenland en Nederland sterk verschillen per stof, rivier en innamepunt. In de Rijn zijn de geneesmiddelen carbamazepine, metformine en amidotrizoïnezuur voornamelijk afkomstig uit het buitenland, maar dit geldt niet voor metoprolol dat vooral in Nederland wordt gebruikt. Bij de innamepunten langs de Maas is voor de vier geneesmiddelen het Nederlandse aandeel ongeveer even groot als dat vanuit het buitenland, in droge perioden zelfs groter.

De gepresenteerde methodiek is goed in staat om de concentraties carbamazepine en metoprolol bij de innamepunten voor drinkwater te berekenen. Voor metformine en amidotrizoïnezuur is het verschil tussen modelberekeningen en gemeten waardes vooral bij de Maasinnamepunten iets groter. Voor metformine overschat het model de metingen, aangezien omzetting van deze stof in het milieu niet is meegenomen in de modellering. Het model kan hier op aangepast worden.

Bij een snelle klimaatverandering in combinatie met een zeer droog jaar voorspelt het model dat concentraties metoprolol en carbamazepine in 2050 met een factor 2 à 3 kunnen toenemen. Voor carbamazepine komt deze concentratie in de buurt van de milieurisicogrenzen.

Bij zowel de Rijn als de Maas zal de waterkwaliteit verbeteren als de emissies in het buitenland dalen. Als emissies vanuit Nederlandse rwzi's afnemen, heeft dat een groter effect bij de innamepunten langs de Maas dan langs de Rijn, vooral stroomafwaarts. Er wordt in deze studie niet ingegaan op de vraag hoe de dalende emissies bereikt kunnen worden. Behalve door verbeterde rioolwaterzuivering (een zogenaamde end-of-pipe-maatregel) kunnen ook brongerichte maatregelen, zoals een afnemend gebruik door ander voorschrijfgedrag, hieraan bijdragen.

Deze conclusies zijn gebaseerd op een landelijk model met daarbij passende schematisatie. Lokaal kan het beeld anders zijn, evenals bij kleinere wateren in Nederland die niet zijn meegenomen in deze studie en waar de invloed van Nederlandse rwzi's groter kan zijn. Om het effect van maatregelen beter in beeld te brengen zijn gebiedsstudies nodig, zoals onder meer [7] laat zien. Hierbij kan meer gedetailleerde informatie over het hydrologische systeem, locaties waar individuele rwzi's lozen alsmede overige bronnen zoals ziekenhuizen, worden toegevoegd.

Referenties

1. Derksen, A en Ter Laak, T. (2013), Humane geneesmiddelen in de waterketen. STOWA rapport 2013-06/KWR rapport 2013-006. STOWA/KWR: Amersfoort, the Netherlands.
2. ICBR/IKSR/CIPR (2011) Rijnstoffenlijst 2011. Koblenz, Duitsland, Internationale Commissie ter Bescherming van de Rijn.
3. IAWR (2013) Memorandum regarding the protection of European rivers and watercourses in order to protect the provision of drinking water.
4. Moermond, C.T.A. (2014) Environmental risk limits for pharmaceuticals - Derivation of WFD water quality standards for carbamazepine, metoprolol, metformin and amidotrizoic acid. RIVM Letter report 270006002/2014. www.rivm.nl
5. Postma en Keijzers (2015) Landelijke screening nieuwe stoffen – prioritaire en specifiek verontreinigende stoffen. Ecofide, in opdracht van Kring monitoring (via Waterschap Hollandse Delta).
6. Ministerie van Infrastructuur en Milieu (2014) Waterkwaliteit. Brief aan de Tweede Kamer.
7. Derksen, A. (2015) Hotspotanalyse geneesmiddelen. STOWA rapport 2015-032. ISBN 978.90.5773.702.2
8. Wuijts, S., Van der Grinten, E., Meijers, E., Bak-Eijsberg, C.I., Zwolsman, J.J.G. (2013) Impact klimaat op oppervlaktewater als bron voor drinkwater. Van knelpunten naar maatregelen. RIVM rapport 609716007/2013. www.rivm.nl
9. Riwa (2009-2012) Jaarrapporten Rijn en Maas 2009 - 2012, Vereniging van Rivierwaterbedrijven.
10. Van der Aa, N.G.F.M., Moermond, C.T.A., Meijers, E., Bak-Eijsberg, C.I. (2015). Drinkwaterbereiding uit oppervlaktewater: verkennende analyse herkomst vier geneesmiddelen. RIVM Rapport 2014-0059. www.rivm.nl
11. Ter Laak, T., Kooij, P., Hofman, J, Tolkamp, H. (2014). Different compositions of pharmaceuticals in Dutch and Belgian surface waters explained by consumption patterns and treatment efficiency. Environmental Science and Pollution Research 21(22): 12843-12855.
12. Wuijts, S., Bak-Eijsberg, C.I., Velzen, E.H. van, Aa, N.G.F.M. van der (2012) Effecten klimaatontwikkeling op de waterkwaliteit bij innamepunten voor drinkwater - Analyse van stofberekningen. RIVM rapport 609716004/2012. www.rivm.nl