

Terugdringen van geneesmiddelen in de waterketen van Limburg

Jan Hofman, Harry Tolkamp, Thomas ter Laak, Hans Huiting, Roberta Hofman-Caris (KWR), Peter van Diepenbeek (WML)

In de Maas en een aantal beken in Zuid-Limburg zijn relatief hoge concentraties geneesmiddelen en afbraakproducten hiervan aangetroffen. Vanwege de mogelijke ecologische effecten en vanwege de drinkwaterbereiding uit oppervlaktewater hebben deze stoffen extra aandacht van waterschappen en het drinkwaterbedrijf in Limburg. De verschillende mogelijkheden om de concentraties van deze stoffen terug te dringen zijn onderzocht.

Voor de lokale watersystemen (zoals de Geleenbeek en de Geul) kan een brongerichte aanpak of aanpassing van rioolwaterzuiveringsinstallaties (rwzi's) de oppervlaktewaterkwaliteit aanzienlijk verbeteren. Het effect hiervan voor de drinkwaterwinning bij Waterproductiebedrijf Heel (WPH) is echter gering of zelfs verwaarloosbaar. Significante verbetering van de Maaswaterkwaliteit vereist een grootschalige internationale aanpak, omdat een belangrijk deel van de emissiebronnen in het buitenland ligt. Om de drinkwatervoorziening op korte termijn te beschermen zou men de inname en zuivering van drinkwater robuuster kunnen maken. Dit biedt dan ruimte om op langere termijn onderzoek te doen naar de gevolgen van aanwezigheid van geneesmiddelen voor de aquatische ecologie in watersystemen en naar een efficiënte verwijdering ervan aan de bron of bij rwzi's. Het oplossen van het maatschappelijk vraagstuk rondom geneesmiddelen kost tijd en vereist internationale samenwerking tussen de drinkwatersector en de waterbeheerders.

Geneesmiddelen en hun afbraakproducten komen na gebruik via het riool op de rioolwaterzuiveringsinstallaties (rwzi) terecht. Sommige stoffen worden hier voor een deel verder afgebroken, andere komen ongewijzigd in het effluent en uiteindelijk in het ontvangende oppervlaktewater terecht. In Zuid-Limburg worden verschillende beken sterk beïnvloed door de effluenten van rwzi's. Deze beken monden uit in de Maas en dragen bij aan de vracht geneesmiddelen in de Maas. Bij Heel wordt Maaswater vanuit het Lateraalkanaal ingelaten voor de bereiding van drinkwater. In eerder onderzoek [1] werden verschillende geneesmiddelen en hun afbraakproducten aangetoond in de beïnvloede beken, de Maas en het Lateraalkanaal. De totale concentratie varieerde tussen 7 en 27 µg/l.

Er zijn twee verschillende werkvelden waarvoor geneesmiddelen in het oppervlaktewater een probleem kunnen vormen, namelijk de drinkwaterbereiding en de ecologie van het oppervlaktewater zelf. Voor deze twee werkvelden gelden andere uitgangspunten en urgenties.

De Nederlandse drinkwaterbedrijven, vertegenwoordigd door de Vewin, zijn van mening dat schoon, veilig en betrouwbaar drinkwater cruciaal is voor de volksgezondheid. Geneesmiddelen zijn ontwikkeld om bij lage concentraties een effect te veroorzaken bij mens en/of dier. Daarom moeten oppervlaktewater en grondwater tegen emissies van medicijnen beschermd worden. Aangezien de geneesmiddelconcentraties in het drinkwater zeer laag zijn, is er op dit moment nog geen acuut

gevaar voor de volksgezondheid. Volgens de Vewin zijn ze voor drinkwaterbronnen wel een urgent probleem. De vereniging stelt voor een norm te hanteren van 0,1 µg/l per geneesmiddel [2] en is van mening dat onderzoek moet uitwijzen welke overschrijdingen hiervan in de drinkwaterbronnen plaatsvinden.

Volgens de Unie van Waterschappen is de kennis over de effecten van geneesmiddelen in de natuurlijke omgeving nog te beperkt. Daardoor is het moeilijk aan te geven wat de gevolgen kunnen zijn voor populaties van planten en dieren in het water of voor de aquatische leefgemeenschap als geheel. Het is niet uit te sluiten dat er op langere termijn gevolgen zijn, maar we kennen ze nog niet. Het belangrijkste dilemma voor de waterschappen is dan ook hoever we als maatschappij op basis van het voorzorgsprincipe bereid zijn te investeren in maatregelen. De waterschappen vinden het wel belangrijk om meer kennis op te bouwen, zowel over de effecten van deze verontreinigingen als over effectiviteit en kosten van zuiveringsmethoden. Een belangrijk aspect daarbij is waar in de waterketen het beste maatregelen genomen kunnen worden om tot reductie van geneesmiddelen in het oppervlaktewater te komen.

De partners in de Limburgse waterketen – Waterleidingmaatschappij Limburg (WML), Waterschap Roer en Overmaas, Waterschap Peel en Maasvallei en het Waterschapsbedrijf Limburg – vinden het van belang om meer inzicht te krijgen in de geneesmiddelenproblematiek. KWR Watercycle Research Institute heeft, in opdracht van de Limburgse Waterketenpartners en met ondersteuning van Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer (STOWA), onderzoek gedaan naar het vóórkomen en de effecten van geneesmiddelen (fase 1) en mogelijke maatregelen en hun kosteneffectiviteit (fase 2). De resultaten van fase 1 zijn beschreven in een eerder artikel [3]. Hier worden de resultaten van fase 2 beschreven.

Mogelijkheden voor verminderen van concentraties geneesmiddelen in de waterketen

Er zijn verschillende mogelijkheden om de milieubelasting door geneesmiddelen te verminderen. In de tweede fase van het onderzoek is een aantal scenario's voor reducerende maatregelen uitgewerkt [4]. Ze kunnen worden verdeeld in vier groepen:

- maatregelen aan de bron en het voorkómen van emissie
- aanpassing van het watersysteem (bijvoorbeeld het verbeteren van doorstroming of verleggen van innamepunten)
- uitbreiding van de zuivering op de rwzi
- uitbreiding van de drinkwaterzuivering

Onder maatregelen aan de bron vallen onder andere het apart inzamelen van urine, ontwikkelen van nieuwe soorten geneesmiddelen ('green farmacieg'), aangepast voorschrijfbeleid et cetera. Ook aparte behandeling van afvalwater van zorginstellingen en ziekenhuizen is te zien als een bronmaatregel. In het onderzoek is hieraan minder aandacht besteed. Veel van deze maatregelen raken aan het gedrag van mensen of vragen om de ontwikkeling van nieuwe geneesmiddelen. Dat ligt voor een belangrijk deel buiten het werkveld van de waterbedrijven en de waterbeheerders. Wel is bij de ontwikkeling van een aantal scenario's rekening gehouden met de realisatie van een eigen afvalwaterzuivering bij de ziekenhuizen.

Voor de overige maatregelen zijn schattingen gemaakt van hun effect op de waterkwaliteit (oppervlaktewater en drinkwater), de kosten (investering, bedrijfsvoering, kosten voor de burger), de realisatiemogelijkheden, de overige milieueffecten (energie, chemicaliën en reststoffen) en de maatschappelijke acceptatie. Op basis hiervan kan worden afgewogen welk scenario het meest effectief, efficiënt, en maatschappelijk aanvaardbaar is.

Resultaten

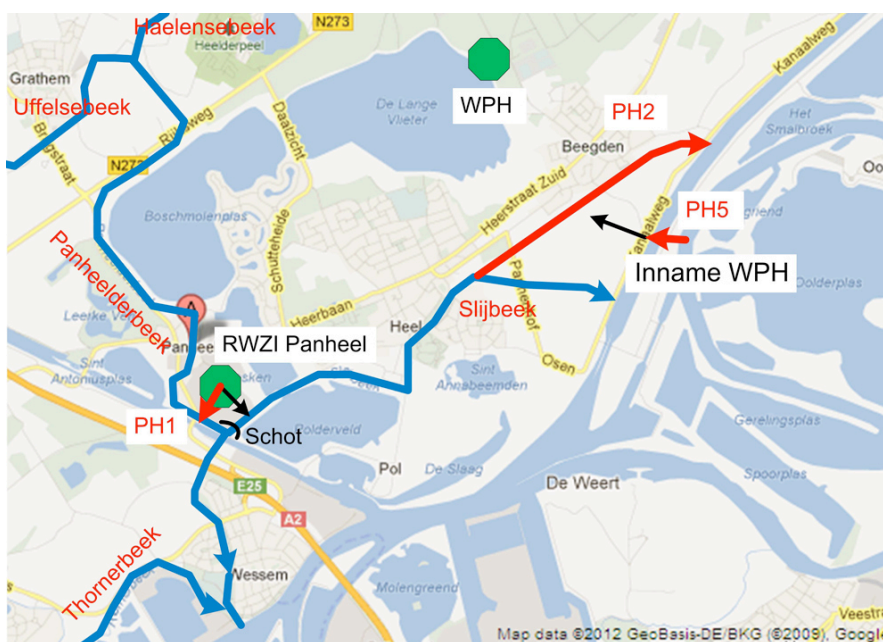
Niet alle onderzochte scenario's zullen in detail worden behandeld, daarvoor wordt verwezen naar het rapport [4]. Wij richten ons hier op de volgende scenario's:

- Scenario 1 Rwzi Panheel en reductie effluentbelasting Lateraalkanaal
- Scenario 2.1 Reductie effluentbelasting Geleenbeek
- Scenario 2.2 Reductie effluentbelasting Geul
- Scenario 2.3 Reductie effluentbelasting Maaswater (voor zover binnen het directe invloedsgebied van Waterschap Roer en Overmaas mogelijk is)
- Scenario 3 Aanpassing drinkwaterbereidingsproces WPH

Rwzi Panheel en vermindering effluentbelasting Lateraalkanaal

Voor de productie van drinkwater op Waterproductiebedrijf Heel (WPH) wordt water uit het Lateraalkanaal ingenomen. Circa 1 kilometer bovenstreams van het innamepunt mondt de Slijbeek uit in het Lateraalkanaal. Het effluent van de rwzi Panheel wordt op de Slijbeek geloosd, en is daarmee van directe invloed op de kwaliteit van het ingenomen water. Diverse scenario's zijn voor deze situatie onderzocht (afbeelding 1):

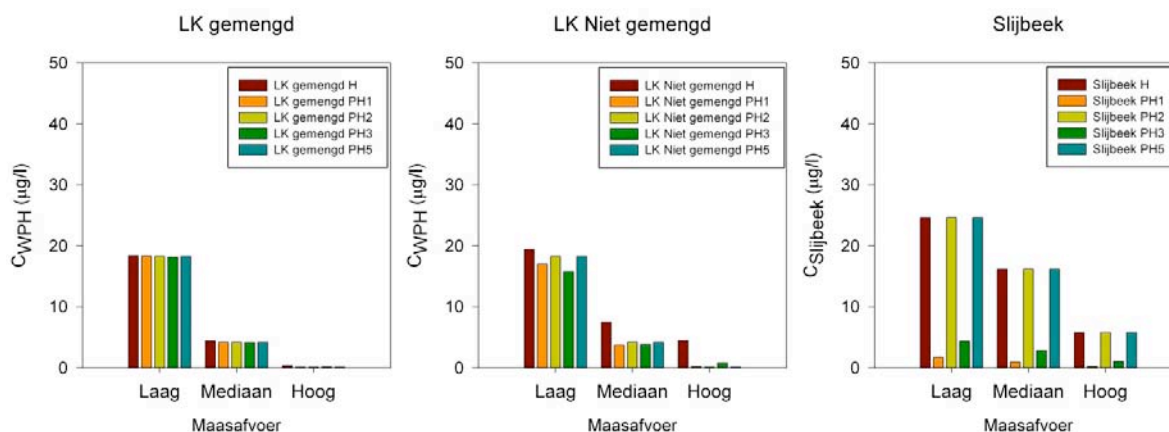
- 1.1 verplaatsen van de effluentlozing (PH1)
- 1.2 verplaatsen van de uitmonding van de Slijbeek (PH2)
- 1.3 invoeren van een extra zuiveringstap op de rwzi Panheel (PH3).
- 1.4 verplaatsen van het innamepunt voor het WPH naar de Maas zelf (PH5)



Afbeelding 1.
Huidige hydrologische situatie rond rwzi Panheel (blauwe lijnen) met scenario's PH1 (effluent naar Panheelderbeek), PH2 (verleggen beekloop Slijbeek) en PH5 (aanleg duiker naar Maas)

Een vijfde alternatief, het sluiten van de rwzi Panheel en aansluiten op een andere rwzi (bijv. Roermond) (PH4) werd als niet realistisch beoordeeld. Bij de beoordeling van de scenario's werd rekening gehouden met de mate van menging van het effluent met het water in het Lateraalkanaal, en verder werden ook verschillen meegenomen die op kunnen treden bij hoge, mediane en lage Maasafvoeren.

Indien er in het Lateraalkanaal, bovenstrooms van het innamewerk WPH, volledige menging optreedt van het water uit de Slijbeek, dan hebben deze scenario's weinig effect op de uiteindelijke kwaliteit van het Maaswater voor de productie van drinkwater. De grootste vracht wordt immers via het Maaswater aangevoerd en niet via de Slijbeek. Als er zich echter een situatie voordoet waarbij het water uit de Slijbeek zich niet of onvoldoende mengt met het water uit het Lateraalkanaal, dan heeft het verplaatsen van de effluentlozing van de rwzi naar de Panheelderbeek of het aanpassen van de rwzi het grootste effect. Aangezien de Slijbeek voornamelijk bestaat uit rwzi-effluent heeft het verplaatsen van de lozing van het effluent of aanpassing van de rwzi effect op de waterkwaliteit van deze beek zelf. In afbeelding 2 zijn de effecten van al deze scenario's in beeld gebracht.



Afbeelding 2. Berekende concentraties geneesmiddelen en afbraakproducten in het innamewater van WPH voor de scenario's rondom de Slijbeek

Links: inname WPH bij volledige menging in Lateraalkanaal. Midden: geen menging in Lateraalkanaal, Rechts: oppervlaktewater in Slijbeek. (H = Huidig)

Scenario's gericht op het verminderen van de effluentbelasting van het oppervlaktewater (Geleenbeek, Geul en Maas)

Bovenstrooms van het innamepunt van WPH hebben de Maas en de grotere zijbeken (Geleenbeek, Geul) de grootste invloed. De waterkwaliteit in deze stromen wordt beïnvloed door lozingen van rwzi's op Nederlands grondgebied. De Maas heeft echter bovenstrooms van Eijsden een zeer groot stroomgebied met vele zijlopen afkomstig uit Vlaanderen en Wallonië waarop zowel rwzi's als ongezuiverde lozingen uitmonden. Met name de rwzi's bij Luik spelen hierin een belangrijke rol.

De verschillende mogelijkheden die zijn doorgerekend voor de Geleenbeek (scenario 2.1) betreffen:

- het sluiten van rwzi Heerlen en aansluiten op de rwzi Hoensbroek, of
- het bouwen van een extra zuivering voor geneesmiddelen in Hoensbroek en Susteren en aanvullende zuivering voor ziekenhuizen in Heerlen en Sittard-Geleen.

Voor de Geul (scenario 2.2) betreft dit:

- het sluiten van de rwzi Simpelveld en aansluiten op rwzi Wijlre, of
- het uitbreiden van de rwzi Wijlre en de rwzi's in België met een stap om geneesmiddelen te verwijderen, of
- het vervangen van de rwzi Simpelveld door een nieuwe zuivering.

Voor de Maas is gekeken naar de invloed van de rwzi's rondom Maastricht (scenario 2.3):

- Het bouwen van extra geneesmiddelenzuivering op de rwzi's Limmel en Heugem, of
- een eigen zuivering invoeren voor het Academisch Ziekenhuis Maastricht (AZM), of
- het doorvoeren van een volledig nieuwe zuiveringsinfrastructuur in Maastricht (rwzi's Heugem, Limmel, Bosscherveld), aangevuld met een eigen zuivering voor het AZM.

Scenario 2.1: reductie effluentbelasting Geleenbeek

Het onderzoek heeft aangetoond dat de Geleenbeek relatief zwaar belast is met geneesmiddelen, met een gemiddelde concentratie van 26,6 µg/l en een vracht van 3,2 kg/dag. Op de rwzi Heerlen is ca. 75% van de geneesmiddelen in het effluent afkomstig van het ziekenhuis in Heerlen, hetgeen zeer uitzonderlijk is (landelijk is gemiddeld slechts 4% van de geneesmiddelen in het water afkomstig van ziekenhuizen). Het ziekenhuis van Sittard-Geleen draagt voor ca. 25% bij aan de vracht geneesmiddelen op rwzi Susteren.

Wanneer de rwzi Heerlen wordt gesloten en de rwzi's Hoensbroek en Susteren van een geneesmiddelenzuivering (met een rendement van 85%) worden voorzien, zouden de concentraties in de Geleenbeek kunnen dalen tot onder de 10 µg/l. Zelfs in het geval van een lage Maasafvoer, en dus een geringe verdunning en een relatief hoge concentratie in de Maas, zou dit slechts een gering effect hebben op de ingenomen hoeveelheid geneesmiddelen bij WPH. Bij een hoge Maasafvoer, en dus relatief veel verdunning, is het effect zelfs verwaarloosbaar. Indien aanvullend een eigen zuivering voor de ziekenhuizen in Heerlen en Sittard-Geleen gerealiseerd zou worden, kan het totale zuiveringsrendement wel iets hoger worden. Ook dit heeft echter een gering effect op de waterkwaliteit in de Maas en het ingenomen water voor de drinkwaterbereiding in Heel.

Als alleen een eigen zuivering bij de ziekenhuizen zou worden gebouwd, zou dat voor de Geleenbeek maar een gering effect opleveren, omdat slechts ca. 9% van de totale geneesmiddelenvracht in de Geleenbeek afkomstig is van de ziekenhuizen in Heerlen en Geleen-Sittard; de rest komt via huishoudens en kantoren in het afvalwater terecht. Van deze maatregel zou dus een effect van hooguit ca. 10% te verwachten zijn. Voor de inname uit de Maas bij Heel is het effect verwaarloosbaar.

Scenario 2.2: reductie effluentbelasting Geul

Sluiting of vernieuwing van de rwzi Simpelveld in combinatie met het uitbreiden van de rwzi Wijlre met geneesmiddelenverwijdering kan in de Geul tot een aanzienlijke verlaging van de geneesmiddelenconcentraties leiden. Doordat het water van de Geul maar een kleine bijdrage levert aan de afvoer van de Maas, is de effectiviteit voor de kwaliteit van het innamewater echter verwaarloosbaar. Hetzelfde geldt voor de rwzi's die in Wallonië (Plombières) en Vlaanderen (Teuven) op de Geul lozen: ondanks een verlaging van de concentraties in de Geul met ca. 30 % zal het effect niet merkbaar zijn in het ruwwater in Heel.

Scenario 2.3: reductie effluentbelasting Maas

Indien de rwzi's die vanuit Maastricht op de Maas lozen van een extra zuiveringsstap voor geneesmiddelen worden voorzien, leidt dit tot een geringe daling van de concentraties in de Maas ter plekke van de lozing. Nadat het water in de Maas weer gemengd is, zal het effect weer verwaarloosbaar zijn. waardoor dit geen effect heeft op de concentraties in het ingenomen water in Heel. Additionele eigen zuivering door het Academisch Ziekenhuis Maastricht levert aanzienlijke concentratieverlagingen op in de effluentlozingen, maar het effect op de drinkwaterinname is beperkt door de relatief hoge concentraties in de Maas afkomstig van bovenstroomse lozingen. Hetzelfde geldt voor het eventueel volledig herstructureren van de zuiveringen in Maastricht.

Aanpassing drinkwaterzuivering in Heel

Een alternatieve aanpak is het invoeren van een extra zuiveringsstap bij de bereiding van drinkwater. Een meer robuuste zuivering vereist een extra barrière voor polaire organische microverontreinigingen. Voor WPH zijn twee opties bekeken: membraanfiltratie (nanofiltratie of omgekeerde osmose) of geavanceerde oxidatie (AOP). Een andere mogelijkheid die onderzocht kan worden is de inzet van vlok- of adsorptiemiddelen in het bekken 'De Lange Vlieter'.

Voor AOP zal ook de actievekoolfiltratie moeten worden aangepast omdat de vorming van assimileerbaar organisch koolstof aanleiding kan geven tot microbiologische nagroei in het leidingnet. Bij membraanfiltratie zal de hardheid van het water weer moeten worden verhoogd tot de minimale waarde voor drinkwater. Bovendien ontstaat een zoute concentraatstroom (circa 20%) die moet worden afgevoerd. Het productieverlies dat daarmee gepaard gaat moet worden gecompenseerd. Met elk van beide technieken – membraanfiltratie en AOP – kan circa 80% van de verontreinigende stoffen worden verwijderd.

Kosten en effecten

Een overzicht van de effecten van de verschillende oplossingsrichtingen staat in tabel 1. Ook de kosten en voor- en nadelen zijn vermeld. De extra totale kosten omvatten de jaarlijkse kosten voor afschrijving op de investering van de extra zuiveringsstappen en de operationele kosten (bijvoorbeeld onderhoud, chemicaliën en energie). De kosten zijn afhankelijk van de gekozen zuiveringstechnologie. Ze zijn ingeschat met de Kostencalculator van Royal HaskoninDHV. Voor de berekening van de kosten bij aanpak van de rwzi's is aangenomen dat een extra zuiveringsstap wordt gerealiseerd op de rwzi Panheel, alle rwzi's langs de Geleenbeek en de Geul, en de rwzi's Heugem en Limmel. Voor drinkwater is aangenomen dat maatregelen worden genomen zowel op Waterproductiebedrijf Heel als in Roosteren (oevergrondwaterwinning langs de Maas).

De extra kosten betekenen een lastenverzwaring voor watergebruikers in het onderzoeksgebied. De toedeling van deze kosten aan de individuele watergebruikers is moeilijk te geven vanwege de geografische indeling van het onderzoeksgebied.

Tabel 1. Overzicht van effecten, kosten en voor- en nadelen van de verschillende oplossingsrichtingen

Oplossingsrichting	Effect op drinkwater	Effect op oppervlaktewater	Extra totale kosten	Voordeel	Nadeel
Bronmaatregelen	Effectief	Effectief	Onduidelijk	Geen vreemde stoffen in milieu	Pas op langere termijn effectief
Andere inrichting watersysteem	Effectief	Geen effect	Laag	Snelle oplossing	Noodmaatregel
Aanpak rwzi individueel, lokaal.	Niet effectief, tenzij op groot aantal locaties wordt aangepakt.	Effectief voor lokale kleine ontvangende oppervlaktewateren	8-15 M€/j	Lokale verbetering van oppervlaktewater Voorbeeldfunctie voor grootschalige aanpak	Effecten voor drinkwater alleen op lange termijn bij opschaling naar grootschalige aanpak
Aanpak rwzi grootschalig, internationaal	Effectief	Effectief	8-15 M€/j ¹	Sterke reductie concentratie geneesmiddelen en afbraakproducten	Realisatie vergt lange termijn
Aanpak drinkwaterbehandeling	Effectief	Geen effect	4-8 M€/j	Op relatief korte termijn te realiseren	Geen verbetering oppervlaktewater

¹Alleen de extra kosten in het onderzoeksgebied

Waterkwaliteit oppervlaktewater

De belasting van lokale oppervlaktewateren en beken met geneesmiddelen, afbraakproducten en andere organische microverontreinigingen kan sterk worden verminderd door het realiseren van een extra zuiveringsstap bij de rwzi's. Indien alle rwzi's (ook in België en Frankrijk) worden aangepakt zal ook de waterkwaliteit in de Maas verbeteren. De kennis over verwijderingsrendementen of toepasbaarheid van de beschikbare technologie is nog onvolledig. Het is bovendien van belang om na te gaan of het toepassen van deze technologie geen effecten oplevert die vanuit oogpunt van drinkwaterbereiding of milieu ongewenst zijn of zelfs kwalijker dan de geneesmiddelen zelf. Als men een actieve reductie van de hoeveelheid geneesmiddelen in één van de waterlopen in Zuid-Limburg overweegt, dan heeft aanpak van het deelstroomgebied Geleenbeek het grootste effect op de waterkwaliteit van de Maas en dus ook op de inname van Maaswater voor de drinkwaterbereiding.

Inname van ruwwater voor de drinkwaterbereiding

Om geneesmiddelenconcentraties in oppervlaktewater voor de drinkwaterproductie terug te brengen, is een grootschalige internationale aanpak nodig die veel tijd kost. Voor de korte termijn kan een strikter innamebeleid en/of uitbreiding van de drinkwaterzuivering met een extra zuiveringsstap nodig zijn om drinkwater van goede kwaliteit te kunnen blijven garanderen. Dit levert geen verbetering van de oppervlaktewaterkwaliteit op.

Conclusies

De Limburgse waterketenpartners hebben dit onderzoek laten uitvoeren vanuit hun eigen belang. Het verzamelen van objectieve kennis over de geneesmiddelenproblematiek is van gezamenlijk belang. Het is waardevol dat de waterbeheerders en het drinkwaterbedrijf in dit project door elkaars bril naar de problematiek hebben leren kijken. De innames van oppervlaktewater voor de drinkwaterbereiding in Limburg zijn benedenstrooms van rwzi's geplaatst en hebben daardoor last van verontreinigingen uit die zuiveringen.

In dit onderzoek zijn verschillende oplossingsrichtingen op een rij gezet en getoetst op effectiviteit en kosten. Het is belangrijk om de effectiviteit voor de drinkwaterkwaliteit te scheiden van de effectiviteit voor de oppervlaktewaterkwaliteit. Deze twee kunnen samengaan, maar dat is niet per se zo. Ook is de realisatietermijn van belang. De extra jaarlijkse maatschappelijke kosten voor additionele zuivering bij de drinkwaterbereiding zijn iets lager dan bij de zuivering van afvalwater, maar wel in dezelfde orde van grootte.

Bronmaatregelen

Vervuiling aanpakken bij de bron – het gebruik van geneesmiddelen – is principieel een belangrijke weg om te gaan. De verwachting is dat dit een langdurig proces is dat niet op korte termijn een oplossing biedt voor de belasting van het oppervlaktewater en de drinkwatervoorziening.

Brede aanpak van oppervlaktewaterkwaliteit

Om de oppervlaktewaterkwaliteit in het stroomgebied van de Maas te verbeteren en te zorgen voor schone drinkwaterbronnen is een grootschalige internationale aanpak nodig. Ook dat is een langdurig proces en levert op korte termijn geen oplossing voor de drinkwatervoorziening.

Aanpak lokale waterkwaliteit van door rwzi beïnvloede beken

Individuele maatregelen op rwzi's kunnen wel op kortere termijn gerealiseerd worden. In de kleinere beken zoals de Geleenbeek zal dit tot een aanzienlijke verbetering van de oppervlaktewaterkwaliteit leiden, maar de maatregelen hebben weinig effect op de waterkwaliteit in de Maas en de drinkwaterproductie.

Aanpassing drinkwaterzuivering creëert tijd

Een eventuele aanpassing van de inname en/of zuivering van drinkwater kan op relatief korte termijn gerealiseerd worden. Zo kan goede drinkwaterkwaliteit gegarandeerd blijven, terwijl ondertussen onderzoek kan worden gedaan naar de ernst van de effecten van geneesmiddelen in het watersysteem en naar effectieve zuiveringstechnologie voor de verwijdering van geneesmiddelen en andere microverontreinigingen uit communaal afvalwater. Dit creëert tijd om verder te werken aan internationaal beleid om emissies tegen te gaan en aan innovatieve oplossingen voor aanpak bij de bron.

Juist door rekening te houden met termijnen van de verschillende oplossingsrichtingen kan gewerkt worden aan een structurele en duurzame verbetering van drink- en oppervlaktewater.

Literatuur

1. T. ter Laak, H. Tolkamp en J. Hofman (2013). Geneesmiddelen in de Watercyclus in Limburg. KWR-rapport 2013.011.
2. VEWIN (2012) Position Paper: Geneesmiddelen in Prioritaire Stoffen Richtlijn. Beschikbaar via: <http://www.vewin.nl/SiteCollectionDocuments/Standpunten/Position%20Papers%202012/PP%20Geneesmiddelen-4-7.pdf>
3. **Hofman, J, Laak, T ter, Tolkamp, H. & Diepenbeek, P. Van)2013).** Geneesmiddelen in de waterketen: herkomst en effect. H2O-Online, http://www.vakblad2o.nl/index.php?option=com_easyblog&view=entry&id=91&Itemid=171
4. J. Hofman, H. Huiting, R. Hofman-Caris, H. Tolkamp en T. ter Laak (2013). Geneesmiddelen in de watercyclus in Limburg. Fase 2. Scenario's voor het terugdringen van geneesmiddelen in de watercyclus. KWR-rapport 2013.038.

Dankwoord

De auteurs zijn zeer erkentelijk voor de inbreng van de begeleidingscommissie van het onderzoek:

Andries Vonken en Ad de Man, Waterschapsbedrijf Limburg

Anja Derksen, AD Eco advies namens STOWA

Gabriel Zwart, waterschap Peel en Maasvallei

Luc Palmen, Waterleidingmaatschappij Limburg

Maurice Franssen, waterschap Roer en Overmaas

Mirabella Mulder, Mirabella Mulder Waste Water Management, namens STOWA

Bert Palsma, STOWA