



KWR Waterwijs
KWRW 2025.052 | Juni 2025

**Risicogebieden voor
de Richtlijn Stedelijk
Afvalwater (RSA)
vanuit drinkwater
perspectief**

Colofon

Risicogebieden voor de Richtlijn Stedelijk Afvalwater (RSA) vanuit drinkwater perspectief

Dit onderzoek is uitgevoerd in het kader van KWR Waterwijs, het collectieve drinkwateronderzoeksprogramma van KWR, de waterbedrijven en Vewin.

KWRW 2025.052 | Juni 2025

Projectnummer

404300/155/004

Projectmanager

Jos Frijns

Opdrachtgever

KWR Waterwijs – Beleidsonderbouwend Onderzoek

Auteur(s)

Thomas ter Laak, Jan Starke, Maria Lousada Ferreira, Tessa Pronk en Gijsbert Cirkel

Kwaliteitsborger(s)

Arnaut van Loon

Verzonden naar

Dit rapport is verspreid onder deelnemers aan het KWR Waterwijs-programma.

Openbaarheid

Dit rapport is openbaar.

Keywords

Quarternaire zuivering rioolwater effluent, medicijnresten, microverontreinigingen, Richtlijn Stedelijk Afvalwater

Jaar van publicatie
2025

Meer informatie
Dr. Thomas ter Laak

T +31306069657
E thomas.ter.laak@kwrwater.nl

PO Box 1072
3430 BB Nieuwegein
The Netherlands

T +31 (0)30 60 69 511
E info@kwrwater.nl
I www.kwrwater.nl

The logo for KWR (Kwaliteitswater Rijswijk) features the letters 'KWR' in a bold, blue, sans-serif font. The 'K' and 'W' are connected, and the 'R' is separate.

Juni 2025 ©

Alle rechten voorbehouden aan de KWR Waterwijs-deelnemers. Niets uit deze uitgave mag - zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van KWR - worden vereenvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of enig andere manier.

Inhoud

Colofon	1
Inhoud	2
Samenvatting	3
Nederlandse samenvatting	3
English Summary	4
1 Introductie	5
2 Juridische kaders van de Richtlijn Stedelijk Afvalwater	7
2.1 Eisen voor de implementatie van de quartaire behandeling	7
2.2 Definitiekenmerken van risicogebieden	8
2.3 Rol van drinkwaterproductie in de definitie van risicogebieden	9
2.4 Relevantie van grondwater als bron voor de productie van drinkwater	9
2.5 Juridische randvoorwaarden voor de ontwikkeling van een methode voor de definitie van risicogebieden	10
3 Aanvullende zuivering	11
3.1 Zuiveringstechnieken	11
3.2 Kosten van aanvullende zuivering	11
4 Impact rioolwatereffluent op drinkwaterwinnings	13
4.1 Rioolwaterzuiveringsinstallaties in Nederland	13
4.2 Welke rioolwaterzuiveringsinstallaties beïnvloeden bronnen van drinkwater?	13
4.3 Selectie van rioolwaterzuiveringsinstallaties voor ‘modernisering’	17
5 Conclusies en aanbevelingen	18
5.1 Waterlichamen bestemd voor drinkwater aanwijzen als risicogebieden	18
5.2 Instrumentarium voor uitwerking is voor handen	18
5.3 Inpasbaarheid van aanvullende zuiveringsstappen	19
5.4 Waar zijn aanvullende zuiveringsstappen nodig?	19
Referenties	20

Samenvatting

Nederlandse samenvatting

Sinds 1 januari 2025 is de gereviseerde Richtlijn Stedelijk Afvalwater (RSA) van kracht in de EU. Volgens de RSA moeten de lidstaten o.a. een deel van de rioolwaterzuiveringsinstallaties voorzien van een quartaire behandelingsstap om organische microverontreinigingen te verwijderen. Voor grotere rioolwaterzuiveringsinstallaties (> 150.000 inwonerequivalenten) is dit verplicht, en voor kleinere rioolwaterzuiveringsinstallaties (> 10.000 tot en met 150.000 inwonerequivalenten), moet dit alleen als deze zogenaamde 'risicogebieden' beïnvloeden vóór 2046. Onder risicogebieden worden o.a. oppervlaktewateren verstaan die worden gebruikt voor de productie van drinkwater of deze beïnvloeden. Daarnaast worden zwemwateren en gebieden waar aquacultuuractiviteiten plaatsvinden ook als risicogebied gezien, en zijn er diverse andere criteria waarmee risicogebieden kunnen worden geselecteerd.

Diverse technieken zijn beschikbaar om het rioolwatereffluent verder te zuiveren. De toepassing van deze zuiveringstechnieken zal de waterkwaliteit verbeteren, ook voor de productie van drinkwater.

Een groot deel van de rioolwaterzuiveringsinstallaties beïnvloedt oppervlaktewaterlichamen die worden gebruikt voor de productie van drinkwater. Daarnaast worden diverse grondwaterwinningen voor de productie van drinkwater beïnvloed door met effluent belast oppervlaktewater. Met behulp van hydrologische modellen kan zowel de individuele als de cumulatieve bijdrage van rioolwaterzuiveringen onder verschillende hydrologische condities (droog, nat) op risicogebieden inzichtelijk gemaakt worden. Dit betekent ook dat met deze modellen kan worden bepaald welke rioolwaterzuiveringen de grootste invloed hebben op risicogebieden voor drinkwater of andere functies. Daarmee kunnen deze modellen dus worden ingezet om de fasering van de tussentijdse doelen van de RSA én de selectie van kleinere rioolwaterzuiveringsinstallaties voor uitbreiding met quaternaire zuivering worden geoptimaliseerd voor het (zo snel en effectief mogelijk) beschermen van waterlichamen die relevant zijn voor de productie van drinkwater en andere risicogebieden.

De invloed van rioolwaterzuiveringsinstallaties op de waterkwaliteit van benedenstrooms gelegen risicogebieden wordt bepaald door de inrichting van het watersysteem en waterbeheer. De impact van modernisering van rioolwaterzuiveringsinstallaties zal daarom altijd op stroomgebiedsschaal beschouwd moeten worden. Dit betekent dat sommige waterschappen in bepaalde regio's de komende jaren een grotere inspanning zullen moeten leveren, dan waterschappen in andere regio's. Bovendien beperkt dit zich niet tot Nederland, maar zullen de extra zuiveringsinspanningen met waterbeheerders over de grens gecoördineerd moeten worden.

English Summary

Since January 1st, 2025, the revised Urban Waste Water Treatment Directive (UWWTD) has been in force in the EU. Before 2046, member states of the European Union must improve sewage treatment plants with a quaternary treatment step to remove organic micro-pollutants. This improvement is mandatory for larger sewage treatment plants (> 150,000 population equivalents), and is also mandatory for smaller sewage treatment plants (> 10,000 to 150,000 population equivalents) if they affect so-called “areas at risk” before 2046. Such areas that are sensitive to pollution with micropollutants include surface waters used for or affecting the production of drinking water. In addition, swimming waters and areas where aquaculture activities take place are also considered risk areas, and there are several other criteria by which areas at risk can be selected.

Several techniques are available to further treat sewage effluent. The application of these treatment techniques will improve water quality, including for the production of drinking water.

A large proportion of the sewage treatment plants affect surface water bodies used for drinking water production. In addition, several groundwater abstractions for drinking water production are also affected by effluent-impacted surface waters. The individual and cumulative contribution of sewage treatment plants can be modelled and visualized under different hydrological conditions (dry, wet) for areas at risk. This also means that these models can be used to determine which sewage treatments have the greatest influence on areas at risk for the production of drinking water or other vulnerable functions. Therefore, these models can be used to optimize the phasing of the interim goals of the UWWTD for larger sewage treatment plants and prioritize smaller sewage treatment plants for expansion with quaternary treatment to timely protect water bodies relevant for drinking water production and other areas at risk.

The impact of sewage treatment plants on the water quality of downstream areas at risk is determined by water system design and water management. Therefore, the impact of modernization of sewage treatment plants will always have to be considered on a river catchment scale. This means that some water authorities in certain regions have to modernize a larger fraction of its wastewater treatment plants than water authorities in other regions on a cross boundary catchment scale. This means that modernizing wastewater treatment plants have to be coordinated with authorities across the border.

1 Introductie

Sinds 1 januari 2025 is de gereviseerde EU-richtlijn 2024/3019 over de behandeling van stedelijk afvalwater van kracht (Richtlijn Stedelijk Afvalwater (RSA), Urban Waste Water Treatment Directive (UWWTD)). De nieuwe bepalingen moeten nu in de lidstaten, waaronder Nederland, geïmplementeerd worden vóór 2046. Onder andere doelt de richtlijn op de modernisering van een groot aantal rioolwaterzuiveringsinstallaties (RWZI's) met een quartaire behandelingsstap. Deze is bedoeld om organische microverontreinigingen, zoals bijvoorbeeld medicijnresten, schadelijke stoffen uit persoonlijke verzorgingsproducten, bestrijdingsmiddelen, biociden en industriële stoffen uit het stedelijke afvalwater te verwijderen, zodat deze schadelijke stoffen niet in de leefomgeving belanden. Een wezenlijk onderdeel van het implementatieproces is de definitie van gebieden waar de concentratie of de accumulatie van microverontreinigingen uit lozingen van zuiveringsinstallaties voor stedelijk afvalwater een risico voor het milieu of de gezondheid van de mens inhoudt (in het vervolg: risicogebieden). Terwijl alle grote rioolwaterzuiveringsinstallaties (> 150.000 inwonerequivalenten) verplicht van een quartaire behandeling voorzien moeten worden, geldt deze eis voor kleinere rioolwaterzuiveringsinstallaties (> 10.000 tot en met 150.000 inwonerequivalenten) alleen als ze op deze risicogebieden lozen of cumulatief bijdragen aan het risico. Het is daarom van belang dat alle RWZI's worden geëvalueerd op hun impact op risicogebieden.

Eind 2022 is 46% van de Nederlandse bevolking aangesloten op rioolwaterzuiveringsinstallaties met een ontwerpcapaciteit van meer dan 150.000 inwonerequivalenten, 53% van de bevolking is dan aangesloten op rioolwaterzuiveringsinstallaties met een ontwerpcapaciteit van 10.000 tot en met 150.000 inwonerequivalenten. Dit betekent dat het afvalwater van bijna de gehele Nederlandse bevolking wordt gezuiverd door rioolwaterzuiveringen met een grotere capaciteit dan 10.000 inwonerequivalenten (8).

Het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat is hoofdverantwoordelijk voor de implementatie van de EU-richtlijn. De waterschappen hebben invloed op waar en wanneer aanvullende zuiveringsstappen worden toegepast. Hiervoor is het nodig om een gestandaardiseerde methode te ontwikkelen om ruimtelijk expliciet te maken welke rioolwaterzuiveringsinstallatie een significante impact heeft op een risicogebied. Om te bepalen welke (Nederlandse) zuiveringen onder welke hydrologische condities de grootste impact hebben op deze risicogebieden, is het relevant om de impact te bestuderen. De voorliggende studie doet dit vanuit een drinkwaterperspectief, maar de beschreven benadering is ook toe te passen op andere kwetsbare gebieden, zoals Natura 2000 gebieden of zwemwateren.

De productie van drinkwater is gebaat bij zo schoon mogelijke bronnen. Daarom is het van belang dat rioolwaterzuiveringen die een grote impact hebben op wateren die worden gebruikt voor de voorziening van drinkwater (als eerste) aanvullende zuivering krijgen. Drinkwater in Nederland wordt voor ongeveer 40% geproduceerd uit oppervlaktewater en voor 60% uit grondwater of oevergrondwater (9). De invloed op grondwaterwinningen is minder groot, maar niet verwaarloosbaar. Er is een aanzienlijk aantal (kwetsbare) grondwaterwinningen die wél worden beïnvloed door oppervlaktewater, en dus indirect ook door emissies van (lokale) rioolwaterzuiveringen. Drinkwaterbedrijf Vitens heeft bijvoorbeeld 17 kwetsbare winningen met invloed van oppervlaktewater geïdentificeerd, waarvan zeven winningen daadwerkelijk bedreigd worden door emissies gerelateerd aan rioolwaterzuiveringsinstallaties (3). Het gaat hierbij om met effluent belaste beken en kleine rivieren in hoog Nederland (5), maar ook om winningen nabij de grote rivieren en om winningen waarbij oppervlaktewater via slotensystemen wordt aangevoerd in het kader van droogtecompensatie. De effluentbelasting is daarbij niet alleen afkomstig uit Nederland, maar zowel in de grote rivieren als het regionale watersysteem ook deels afkomstig uit Duitsland en België. Het is daarom van belang om in de breedte te bepalen welke winningen worden beïnvloed door welke rioolwaterzuiveringsinstallaties en wat de bijdrage is van deze

afzonderlijke rioolwaterzuiveringen op de betreffende winningen. Op deze wijze kan worden bepaald welke rioolwaterzuivering moet worden voorzien van aanvullende zuivering.

In dit rapport worden de eisen uit de RSA samengevat en juridisch geduid, met het oog op de kwetsbaarheid van gebieden voor de drinkwatervoorziening. Vervolgens wordt een aanzet gegeven voor een uniforme bepaling welke kleinere rioolwaterzuiveringsinstallaties (10.000 - 150.000 inwonerequivalenten) een significante impact op een risicogebieden hebben en daarom onder de moderniseringseis voor de quartaire behandeling moet vallen.

2 Juridische kaders van de Richtlijn Stedelijk Afvalwater

Voor de ontwikkeling van een uniforme methode voor de definitie van risicogebieden staat de volgende juridische **kennisvraag** centraal: *Wat is het juridische kader voor de definitie van een risicogebied?* Hiervoor wordt in dit rapport met name ingegaan op de rol van eisen voor de drinkwaterproductie.

In dit hoofdstuk worden de eisen van de Richtlijn Stedelijk Afvalwater (RSA) voor de implementatie van de quartaire behandeling geschetst (2.1). Vervolgens worden de generieke definitiekenmerken van gebieden die gevoelig zijn voor verontreiniging met microverontreinigingen samengevat (2.2). Daarna verduidelijken we de rol van gebieden voor de productie van drinkwater (2.3), en evalueren we in hoeverre ook gebieden hieronder vallen, die relevant zijn voor grondwater als bron voor de productie van drinkwater (2.4). Het hoofdstuk sluit met de formulering van randvoorwaarden voor de ontwikkeling van een uniforme methode voor de definitie van risicogebieden (2.5).

2.1 Eisen voor de implementatie van de quartaire behandeling

De RSA maakt een onderscheid tussen *grotere RWZI's* met een capaciteit van 150.000 inwonerequivalenten of meer en *kleinere RWZI's* die afvalwater uit agglomeraties behandelen met een capaciteit van > 10.000 tot en met 150.000 inwonerequivalenten. Een agglomeratie is een gebied waar de bevolking voldoende geconcentreerd is om stedelijk afvalwater op te vangen, te zuiveren, en af te voeren, art. 2 (4) RSA. Eén inwonerequivalent is gedefinieerd als de hoeveelheid organisch materiaal dat over vijf dagen (BZV₅) een biochemisch zuurstofverbruik van 60 g zuurstof per dag heeft, art. 2 (10) RSA. Alle grotere RWZI's moeten uiterlijk op 31 december 2045 zijn voorzien van een quartaire behandelingsstap, art. 8 (1.c) RSA. Hierbij worden de technische voorwaarden uit deel B van bijlage I RSA in acht genomen. Daarvoor moeten de volgende stoffen voor minimaal 80% verwijderd worden ten opzichte van de influentvracht:

Categorie 1 (stoffen die zeer makkelijk kunnen worden verwijderd):

- amisulpride (CAS-nr. 71675-85-9);
- carbamazepine (CAS-nr. 298-46-4);
- citalopram (CAS-nr. 59729-33-8);
- claritromycine (CAS-nr. 81103-11-9);
- diclofenac (CAS-nr. 15307-86-5);
- hydrochloorthiazide (CAS-nr. 58-93-5);
- metoprolol (CAS-nr. 37350-58-6);
- venlafaxine (CAS-nr. 93413-69-5).

Categorie 2 (stoffen die makkelijk kunnen worden verwijderd):

- benzotriazool (CAS-nr. 95-14-7);
- candesartan (CAS-nr. 139481-59-7);
- irbesartan (CAS-nr. 138402-11-6);
- mengsel van 4-methylbenzotriazool (CAS-nr. 29878-31-7) en 5-methylbenzotriazool (CAS-nr. 136-85-6).

Deze eisen worden in het vervolg samengenomen onder het begrip '*modernisering*'. Tussentijdse doelen zijn de modernisering van 20% van deze RWZI's in 2033 en 60% in 2039. Kleinere RWZI's moeten volgens art. 8 (4) RSA alleen gemoderniseerd worden als ze op gebieden lozen waar de concentratie of de accumulatie van microverontreinigingen van zuiveringsinstallaties voor stedelijk afvalwater een risico voor het milieu of de

gezondheid van de mens inhoudt, zie Paragraaf 2.2. Alle kleinere RWZI's die aan deze voorwaarde voldoen moeten eveneens uiterlijk op 31 december 2045 gemoderniseerd zijn, met als tussentijdse doelen dat RWZI's in 10% van de agglomeraties tot eind 2033 gemoderniseerd worden, in 30% van de agglomeraties in 2036, en 60% van de agglomeraties in 2039. De eisen uit deel B van bijlage I RSA gelden dus ook voor deze kleinere RWZI's.

Voor de financiering van de quaternaire zuiveringsstap bepaalt art. 9 RSA dat producenten van cosmetische en farmaceutische producten in het kader van een uitgebreide producentenverantwoordelijkheid 80% van de kosten voor alle Europese lidstaten bijdragen. Deze bijdrage wordt echter door de farmaceutische industrie juridisch betwist.

2.2 Definitiekenmerken van risicogebieden

Art. 8 (2) RSA heeft een generieke definitie van risicogebieden die uiterlijk op 31 december 2030 moeten worden vastgesteld. Dit zijn *“gebieden op [het] nationaal grondgebied [van een lidstaat] waar de concentratie of de accumulatie van microverontreinigingen van zuiveringsinstallaties voor stedelijk afvalwater een risico voor het milieu of de gezondheid van de mens inhoudt.”*

De lijst van risicogebieden wordt in 2033 door de lidstaten geëvalueerd en daarna zo nodig om de zes jaar geactualiseerd. Als een zuiveringsinstallatie op een nieuw gedefinieerd risicogebied loost, dan moet deze installatie binnen zeven jaar na de actualisering, of uiterlijk binnen de onder 2.1. geschetste deadlines gemoderniseerd worden.

Onder risicogebieden vallen tenminste:

- **afwateringsgebieden voor onttrekkingspunten** van voor menselijke consumptie bestemd water zoals gekarakteriseerd in overeenstemming met artikel 8, lid 2, punt a) van de Drinkwaterrichtlijn (2020/2184), tenzij een risicobeoordeling in overeenstemming met artikel 8, lid 2, punt b), van die richtlijn aantoont dat de lozing van microverontreinigingen uit zuiveringsinstallaties voor stedelijk afvalwater geen potentieel risico vormt op waterkwaliteitsverslechtering met gevolgen voor de volksgezondheid;
- **zwemwater** dat binnen het toepassingsgebied van Zwemwaterrichtlijn (2006/7/EG) valt, tenzij uit het in artikel 6 en bijlage III van die richtlijn bedoelde zwemwaterprofiel blijkt dat de lozing van microverontreinigingen uit stedelijk afvalwater geen gevolgen heeft voor het zwemwater en de gezondheid van badgasten niet schaadt;
- gebieden waar **aquacultuuractiviteiten**, zoals gedefinieerd in artikel 4, punt 25, van Verordening (EU) nr. 1380/2013, plaatsvinden, tenzij de bevoegde nationale autoriteiten ervan overtuigd zijn dat de lozing van microverontreinigingen uit stedelijk afvalwater de veiligheid van het levensmiddel in zijn afgewerkte vorm niet in het gedrang brengt.

Op basis van een risicobeoordeling met oog op het milieu en menselijke gezondheid kunnen de volgende risicogebieden worden aangewezen:

- meren zoals gedefinieerd in artikel 2, punt 5 Kaderrichtlijn Water (Richtlijn 2000/60/EG);
- rivieren zoals gedefinieerd in artikel 2, punt 4, van de Kaderrichtlijn Water, of andere waterstromen, met een verdunningsverhouding van minder dan 10;
- gebieden waar aanvullende behandeling nodig is om aan de eisen van de Kaderrichtlijn Water, de Grondwaterrichtlijn (2006/118/EG) en de Waterkwaliteitsrichtlijn (2008/105/EG) te voldoen;

- speciale beschermingszones zoals gedefinieerd in artikel 1, punt I, van de Habitatrictlijn (92/43/EEG) en speciale beschermingszones die zijn aangewezen krachtens artikel 4, lid 1, vierde alinea, van de Vogelrichtlijn (2009/147/EG) die deel uitmaken van het ecologische netwerk Natura 2000.
- kustwateren zoals gedefinieerd in artikel 2, punt 7, van de Kaderrichtlijn Water;
- overgangswateren zoals gedefinieerd in artikel 2, punt 6, van de Kaderrichtlijn Water;
- mariene wateren zoals gedefinieerd in artikel 3, punt 1, van de Kaderrichtlijn Mariene Strategie (2008/56/EG).

De risicobeoordeling wordt op verzoek meegedeeld aan de Europese Commissie. Tevens mag de Europese Commissie uitvoeringshandelingen over de vorm en methode van deze beoordeling vaststellen. Dit is op het moment van schrijven (7-2025) nog niet gedaan.

Samenvattend hebben de lidstaten veel ruimte in de definitie van risicogebieden. Op basis van door de lidstaten doorgevoerde risicobeoordelingen kunnen gebieden wel of niet aan de lijst van risicogebieden worden toegevoegd. Gebieden kunnen ook weer van de lijst gehaald worden als een risicobeoordeling een ander beeld schetst dan voorheen. Wél moeten mogelijke uitvoeringshandelingen van de Europese Commissie in acht worden genomen.

2.3 Rol van drinkwaterproductie in de definitie van risicogebieden

De drinkwaterproductie heeft een speciale positie in de definitie van risicogebieden. De keuze van de Europese wetgever om afwateringsgebieden voor onttrekkingspunten van water voor de drinkwaterproductie als eerste punt in de opsomming van risicogebieden op te voeren, geeft aan dat deze gebieden als prioritair moeten worden gezien. Een mogelijke prioritering is echter niet expliciet opgenomen in de woordkeuze van de richtlijn. Volgens het voorzorgsbeginsel zouden alle afwateringsgebieden rond drinkwateronttrekkingspunten als risicogebieden moeten worden beschouwd. Alleen als uit een gebied-specifieke risicobeoordeling blijkt dat lozingen van microverontreinigingen geen risico vormen voor de waterkwaliteit en menselijke gezondheid, kan zo'n gebied als uitzondering worden gezien en niet als risicogebied worden aangemerkt. Daarnaast moet een gebied als risicogebied worden aangewezen, als uit een risicoanalyse blijkt dat een aanvullende behandeling nodig is om aan de eisen van andere Europese richtlijnen (onder andere de Kaderrichtlijn Water) te voldoen.

2.4 Relevantie van grondwater als bron voor de productie van drinkwater

Art. 8 (2) a) RSA verwijst voor de definitie van afwateringsgebieden voor onttrekkingspunten van water voor de drinkwaterproductie naar de Drinkwaterrichtlijn. De Drinkwaterrichtlijn noemt daarbij expliciet monitoringeisen voor zowel oppervlakte- als grondwater. Onttrekkingspunten vanuit grondwater vallen dus algemeen gezien onder de voorwaarden voor de definitie van risicogebieden, tenzij uit een risicobeoordeling blijkt dat microverontreinigingen in het grondwater, die afkomstig zijn van lozingen uit zuiveringsinstallaties, geen risico kunnen vormen voor de menselijke gezondheid, oftewel niet in schadelijke concentraties bij het onttrekkingspunt voorkomen.

Problematisch kan hierbij zijn dat volgens de verwoording in de RSA blijkt dat herleidbaar zou moeten zijn dat de in het grondwater aangetroffen microverontreinigingen afkomstig zijn van de lozing van een zuiveringsinstallatie. Er zijn echter persistente mobiele stoffen, zoals diverse zoetstoffen en geneesmiddelen, die karakteristiek zijn voor communaal afvalwater en daarom kunnen worden gebruikt om de invloed van rioolwater op grondwater te herkennen.

2.5 Juridische randvoorwaarden voor de ontwikkeling van een methode voor de definitie van risicogebieden

Samenvattend moet een methode voor de definitie van risicogebieden rekening houden met de volgende generieke punten:

- Prioritaire gebieden (afwateringsgebieden rondom onttrekkingspunten voor de drinkwaterproductie; zwemwateren; aquacultuur) zijn in principe risicogebieden. De drinkwaterfunctie is dus een prioritair criterium voor de aanwijzing van risicogebieden.
- Andere gebieden moeten als risicogebied worden aangewezen als uit een risicoanalyse blijkt dat dit nodig is om milieukwaliteitsdoelen te halen, bijvoorbeeld de kwaliteitsdoelen uit de Kaderrichtlijn Water of de Vogel- en Habitatrichtlijnen.
- Hierbij dient rekening worden gehouden met accumulatie van verontreinigingen, waardoor bovenstroomse gebieden met invloed op prioritaire of andere gebieden ook als risicogebied moeten worden aangewezen.
- Gebied-specifieke uitzonderingen kunnen gedefinieerd worden. Dit moet voor elk gebied onderbouwd worden door een risicoanalyse.

De definitie van tussentijdse doelen maakt het bovendien wenselijk om in de methode voor de definitie van risicogebieden niet alleen te definiëren *dat* een kleinere RWZI op een risicogebied loost (of deze beïnvloedt) maar ook te prioriteren *welke* RWZI's de meeste impact hebben op een risicogebied, zodat beleidmakers kunnen afwegen waar modernisering de grootste invloed heeft. Hierbij moet de ook economische haalbaarheid in acht worden genomen.

3 Aanvullende zuivering

Aanvullende zuivering van rioolwatereffluent kan op verschillende manieren met behulp van verschillende zuiveringstechnieken. In dit hoofdstuk worden de technieken en de kosten van zuivering toegelicht.

3.1 Zuiveringstechnieken

In de gereviseerde EU-richtlijn over de behandeling van stedelijk afvalwater schrijft de Europese Unie voor om een groot aantal rioolwaterzuiveringsinstallaties uit te breiden met een quartaire behandelingsstap om organische microverontreinigingen stedelijke afvalwater te verwijderen. Er zijn verschillende verwijderingsmechanismen die kunnen worden ingezet om het afvalwater aanvullend te zuiveren, namelijk adsorptie, oxidatie, filtratie en biologische afbraak, ook wel biotransformatie genoemd. Diverse van deze technieken hebben zich al op praktijkschaal bewezen en worden toegepast.

- Adsorptie is de binding van microverontreinigingen van uit opgeloste aan een vaste fase (Stowa 2023-31). Daarbij wordt gebruik gemaakt van een adsorptiemedium zoals actieve kool of zeolieten. Dit kan in een filter worden toegepast (zie Punt 3) of als poeder aan de waterfase worden gedoseerd en later met het slib afgevangen (10).
- Oxidatie is de afbraak van microverontreinigingen door het gebruik van oxidatiemiddelen (Stowa 2023-43), zoals ozon of waterstofperoxide. Waterstofperoxide kan tevens samen met UV licht worden toegepast. Dit kan leiden tot directe fotolyse (omzetting van microverontreiniging door licht) en indirecte fotolyse (vorming van OH-radicalen uit peroxide die reageren met microverontreinigingen). Het kan echter ook leiden tot de vorming van ongewenste reactieproducten zoals bromaat, waarvoor in Nederland een kwaliteitseis van 1 µg/L geldt (11).
- Filtratie is het verwijderen van microverontreinigingen op basis van hun grootte en lading. Daarbij wordt gebruik gemaakt van membraantechnologieën, zandfilters, poederkool dosering en granulaire actieve koolfilters (respectievelijk Stowa 2023-53, Stowa 2022-47, Stowa 2024-28).
- Biotransformatie is wanneer micro-organismen microverontreinigingen afbreken tot andere, in de regel minder schadelijke stoffen (Stowa 2023-43).

Afhankelijk van de toegepaste technologie kunnen één of meer verwijderingsmechanismen plaatsvinden. In granulaire actieve koolfilters kunnen bijvoorbeeld zowel adsorptie-, biotransformatie- als filtratie-processen parallel plaatsvinden.

3.2 Kosten van aanvullende zuivering

De kosten en het verwijderingsrendement van deze methoden verschilt per techniek en is afhankelijk van ontwerpcriteria en de kwaliteit en kwantiteit van het effluent van rioolwaterzuivering. De EU-richtlijn stelt dat 80% van de microverontreinigingen door de aanvullende zuivering moeten worden verwijderd. Dit betekent dat de ontwerpcriteria en de optimale techniek niet voor alle rioolwaterzuiveringsinstallaties gelijk hoeft te zijn. De kosten van aanvullende technologieën worden gewoonlijk genormaliseerd weergegeven in m³ behandeld effluent. Stowa 2024-28 vermeldt de indicatieve kosten van 0,18-0,26 €/m³ voor granulaire geactiveerde koolfilters; en van 0,08-0,12 €/m³ voor ozonisatie en poederkooldosering; voor een gemiddelde jaarlijkse verwijdering van microverontreinigingen van 80-85%. Deze resultaten suggereren dat de relatie tussen kosten en capaciteit lineair is

of binnen de gestelde range valt. Dit is echter niet noodzakelijkerwijs waar. Het is bekend dat de genormaliseerde kosten (per m³ gezuiverd effluent) zullen afnemen met de omvang van de installatie, d.w.z. grotere rioolwaterzuiveringsinstallaties realiseren lagere genormaliseerde kosten (12). Ook presteren grotere installaties meestal stabiel, waardoor een beoogd verwijderingsrendement van bijvoorbeeld 80% met een beperktere overcapaciteit kan worden bereikt dan bij kleinere installaties.

4 Impact rioolwatereffluent op drinkwaterwinningen

De fasering van aanvullende zuivering op grote rioolwaterzuiveringsinstallaties (>150.000 inwonerequivalenten) en selectie van aanvullende zuivering op kleinere rioolwaterzuiveringsinstallaties (10.000 tot en met 150.000 inwonerequivalenten) vraagt om inzicht in de impact van microverontreinigingen op risicogebieden, zoals wateren die worden gebruikt voor de productie van drinkwater, of deze indirect beïnvloeden. Eerst wordt een overzicht gegeven van de Nederlandse rioolwaterzuiveringsinstallaties (4.1) en welke daarvan drinkwater uit oppervlaktewater én grondwater kunnen beïnvloeden (4.2). Daarna wordt besproken hoe kan worden bepaald welke rioolwaterzuiveringsinstallaties de grootste invloed hebben op risicogebieden, zoals locaties waar drinkwater wordt geproduceerd (4.3).

4.1 Rioolwaterzuiveringsinstallaties in Nederland

Nederland heeft 313 communale rioolwaterzuiveringsinstallaties (13) en 181 industriële afvalwaterzuiveringen (14). De communale afvalwaterzuiveringsinstallaties behandelen het afvalwater van de inwoners in het voorzieningsgebied en diverse bedrijven en vallen daarbij onder de Richtlijn Stedelijk Afvalwater. Industriële afvalwaterzuiveringen behandelen enkel het afvalwater van één bedrijf of conglomeraties van meerdere bedrijven en vallen niet binnen dit juridische kader. Voor industrieel lozingen geldt de Richtlijn Industriële Emissies (15).

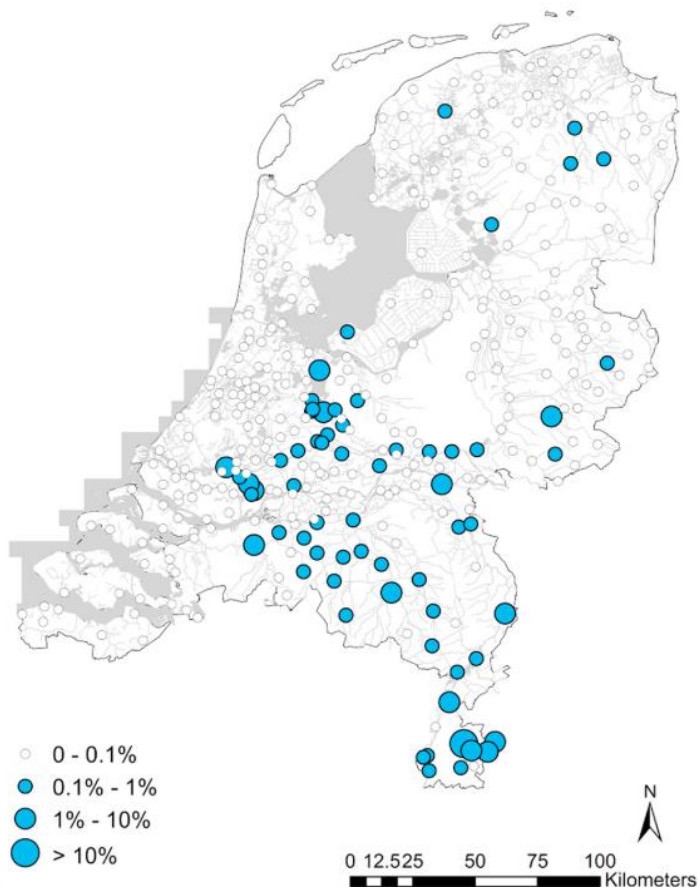
De impact van een rioolwaterzuivering op de chemische waterkwaliteit van het ontvangende watersysteem wordt bepaald door 1) de omvang en samenstelling van het aangeboden rioolwater, 2) de efficiëntie van de rioolwaterzuivering, 3) het volume van het ontvangende oppervlaktewater en 4) de mate waarin het ontvangende watersysteem zelf in staat is de verontreinigingen te verwijderen. De bovengenoemde factoren zijn niet statisch, zowel de samenstelling van het aangeboden rioolwater (bijvoorbeeld seizoensgebonden of situationeel gebruik van chemicaliën), als omgevingsomstandigheden (bv. temperatuur, hydrologie en watermanagement) zijn van invloed op de concentraties in het oppervlaktewater en daarmee op de impact van rioolwaterzuiveringsinstallaties op de waterkwaliteit op een specifieke locatie. Voor de impact op grondwaterwinningen speelt ook de reactiviteit van de ondergrond en reistijd van het infiltrerende oppervlaktewater naar de winning een rol.

Het is in principe mogelijk om binnen Nederland en per stroomgebied van rivieren onder verschillende hydrologische condities (bv. droog, nat, gemiddeld) per waterlichaam te modelleren welk deel van de microverontreinigingen afkomstig is van welk van alle achterliggende rioolwaterzuiveringsinstallaties. In deze modellen kan tevens de mogelijk afbraak van verontreinigingen in het watersysteem tussen emissielocaties en risicogebieden worden berekend op basis van gemiddelde reistijden van het water en (geschatte) halfwaardetijden van de betreffende microverontreinigingen tussen emissielocaties en risicogebieden (6). Wanneer een specifiek waterlichaam fungeert als bron voor de productie van drinkwater of het grondwater dat dient als bron beïnvloedt, kan de cumulatieve bijdrage van de rioolwaterzuiveringsinstallaties op deze drinkwaterbron onder verschillende omstandigheden en voor verschillende verontreinigingen worden berekend (6).

4.2 Welke rioolwaterzuiveringsinstallaties beïnvloeden bronnen van drinkwater?

Bij lage afvoeren is de impact van het effluent meestal het grootst omdat de verontreinigingen dan minder worden verdund. Doordat sommige microverontreinigingen gedeeltelijk worden afgebroken of op andere wijze worden verwijderd tijdens het transport door het watersysteem, hebben nabijgelegen rioolwaterzuiveringsinstallaties in de

regel relatief meer invloed dan installaties (met gelijke emissie) die verder van het innamepunt verwijderd zijn. De microverontreinigingen die de rioolwaterzuiveringsinstallatie passeren zijn echter meestal redelijk mobiel, omdat de minder mobiele organische microverontreinigingen aan het actieve slib binden. Dit betekent dat vooral de meer mobiele microverontreinigingen in het effluent terecht komen (16). Juist deze stoffen zijn moeilijk te verwijderen door bodempassage en zuivering.



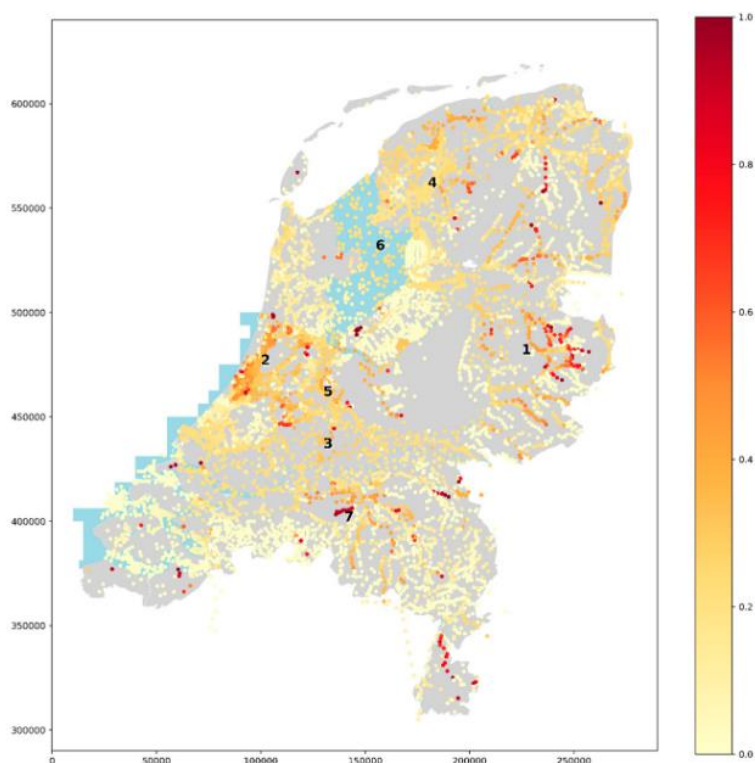
Figuur 1: Geschaalde relatieve aandeel van het geneesmiddel carbamazepine afkomstig van Nederlandse rioolwaterzuiveringsinstallaties op oppervlaktewateren die worden gebruikt om drinkwater uit te produceren. bron: (6).

Kwetsbare grondwaterwinningen worden vaak beïnvloed door kleinere wateren die effluent van één of enkele rioolwaterzuiveringsinstallaties ontvangen (17). Dit zijn vaak relatief kleine, lokale rioolwaterzuiveringsinstallaties. Deze liggen bijvoorbeeld op de hogere zandgronden in het midden, oosten en het zuiden van het land.

In de onderstaande boxen is aan de hand van voorbeelden uitgewerkt hoe rioolwaterzuiveringsinstallaties de kwaliteit van water dat wordt gebruikt voor de productie van drinkwater voor specifieke drinkwaterwinningen beïnvloeden. Daarbij worden drie situaties geschetst. Het gaat hierbij om (Box 1) de beïnvloeding van drinkwater dat wordt geproduceerd uit oppervlaktewater, (Box 2) de beïnvloeding van grondwaterwinningen, en (Box 3) hoe maatregelen ter voorkoming van grondwaterstandsverlagingen in oost Nederland leiden tot de introductie van microverontreinigingen uit effluent belast oppervlaktewater in het grondwater, waarbij deze stoffen deels afkomstig zijn van emissies uit het buitenland.

Box 1: Invloed rioolwatereffluent op oppervlaktewater

De bijdrage van geneesmiddelen in het water voor de productie van drinkwater van verschillende binnenlandse en buitenlandse rioolwaterzuiveringsinstallaties is voor een drinkwaterproductielocatie in Limburg onderzocht (2). Hieruit blijkt dat: (i) zowel Nederlandse als buitenlandse rioolwaterzuiveringen bijdragen aan de vracht geneesmiddelen in het ingenomen water; (ii) de bijdrage van de verschillende rioolwaterzuiveringen (gecorrigeerd voor de inwonerequivalenten) verschilt; en (iii) de verhouding tussen binnenlandse en buitenlandse vracht met de afvoer varieert. In de Hotspot analyse van Derksen et al (4) voor de STOWA is de impact van alle afzonderlijke rioolwaterzuiveringsinstallaties onderzocht om te kunnen laten zien welke rioolwaterzuiveringsinstallatie op welke oppervlaktewater invloed heeft. Terwijl een studie van Coppens et al (6) laat zien in welke mate rioolwaterzuiveringen het oppervlaktewater dat wordt ingenomen voor drinkwaterproductie beïnvloeden. Ten slotte illustreert Beard et al (7) het aandeel effluent in oppervlaktewater en het de-facto hergebruik van effluent van binnenlandse en buitenlandse bronnen door de landbouw tijdens droge periodes. Uit deze studie blijkt dat in droge periodes grote delen van het oppervlaktewatersysteem door effluent belast worden en dat het aandeel effluent in het (regionale) watersysteem op kan lopen tot 80-100%. Grote impact is er op het watersysteem tussen grofweg de Oude Rijn en het Noordzeekanaal (nr. 2 op de kaart) en delen van Overijssel (nr. 1). Opvallend is ook de invloed van effluent uit Rijn en Maas in het rivierengebied (nr. 3) maar via inlaat uit het IJsselmeer ook in Noord Nederland (nr. 4). Onder natte condities is het aandeel effluent in het watersysteem veel kleiner.



Figuur 2: Berekend aandeel effluent afkomstig van Nederlandse en buitenlandse rioolwaterzuiveringsinstallaties onder droge condities (Q2 2011) bron: (7).

Deze studies laten zien dat niet elke rioolwaterzuivering per aangesloten inwoner een gelijke invloed heeft op wateren die specifieke risicogebieden of kwetsbare functies vertegenwoordigen. Daarnaast varieert deze invloed per seizoen en is afhankelijk van hydrologische condities. Dit betekent dat strategische keuzes welke rioolwaterzuiveringsinstallaties (eerst) van aanvullende zuivering worden voorzien kan helpen om risicogebieden het meest efficiënt te beschermen.

Box 2: Invloed rioolwatereffluent op grondwater voor de productie van drinkwater

Invloed van door rioolwaterzuiveringsinstallatie-effluent belast oppervlaktewater ligt voor de hand bij directe inname en bij oeverfiltraatwinnings. Echter, een groot aantal drinkwaterwinnings die te boek staan als grondwaterwinning, staan ook onder invloed van oppervlaktewater en dus mogelijk ook rioolwaterzuiveringsinstallatie-effluent. Vitens heeft 17 kwetsbare winningen die onder invloed staan van oppervlaktewater. Het gaat hierbij om 2 oeverfiltraatwinnings, 2 infiltratiewinnings en 13 grondwaterwinning en (3). Tien van deze winningen hebben waterkwaliteitsproblemen, waarvan zes beïnvloed lijken door effluent van rioolwaterzuiverings. Daar worden o.a. medicijnresten aangetroffen. Het gaat hierbij om winningen die water ontvangen van infiltrerende slootjes en vijvers, zoals de winningen Groenekan, Goor, Noordijkerveld, Olden Eibergen, en winningen die water ontvangen uit groot oppervlaktewater, zoals de winning Bremerberg die water ontvangt uit het Veluwemeer. Door infiltrerend oppervlaktewater in de nabijheid van een grondwaterwinning kunnen stoffen uit het rioolwaterzuiveringsinstallatie-effluent dus ook grondwaterwinnings bedreigen. Voor de andere waterbedrijven is een dergelijke lijst nog niet opgesteld, maar ook daar zijn diverse winningen die worden beïnvloed door oppervlaktewater en rioolwaterzuiveringsinstallatie-effluent. Voorbeelden zijn de grondwaterwinning Roodborn van WML met invloed van rioolwaterzuiveringsinstallatie Simpelveld door infiltratie vanuit de Eyserbeek op het winveld (5) en grondwaterwinning De Groeve bij Waterbedrijf Groningen waar de invloed van de met effluent belaste Hunze is toegenomen door het natuurontwikkelingsproject 'Tusschenwater' waarvoor (grond) waterstanden zijn verhoogd.

Of, in welke mate, en op welke termijn een grondwaterwinning door infiltrerend oppervlaktewater en RWZI-effluent wordt beïnvloed en bedreigd vraagt om gedegen kennis over het lokale watersysteem en de geohydrologie. Deze kennis is in gebiedsdossiers en bij de drinkwaterbedrijven aanwezig, maar moet deels nog geïnventariseerd worden. De door Vitens opgestelde 'Relevantiematrix Kwetsbare Winningen' waarin infiltratie van oppervlaktewater, type bedreigings en geohydrologische eigenschappen en reistijden van het water zijn opgenomen, kan hiervoor als leidraad dienen. Door deze informatie te combineren met het aandeel effluent in het oppervlaktewatersysteem op basis van analyses met de KRW-verkenner kan ook voor grondwaterwinnings een prioritering van de aanpak van rioolwaterzuiveringsinstallatie-effluent worden ontworpen.

Box 3: Invloed van aanvoer van oppervlaktewater belast met buitenlands effluent voor droogtecompensatie

De onttrekking van grondwater voor de drinkwaterproductie kan schade veroorzaken aan gewasproductie en infrastructuur en bebouwing door verlaging van het grondwaterpeil. In de voormalige Waterwet (art. 7.18, lid1), was opgenomen dat een vergunninghouder is gehouden om maatregelen te treffen ter beperking of compensatie van deze schade. Deze regeling is opgenomen in het overgangsrecht, (art. 4.76 Invoeringswet Omgevingswet) en vanaf 2024 geldt de Omgevingswet (hst. 15) waarin dit ook staat. Bovendien kan het voorkomen van schade door onttrekking gezien worden als onderdeel van de zorgplicht art. 3 van de Drinkwaterwet. Om deze redenen wordt sinds de jaren tachtig bij diverse winningen oppervlaktewater ingelaten/aangevoerd om daling van het grondwaterpeil te beperken (1). Een voorbeeld hiervan is de winning Haarlo-Olden Eibergen, waar water uit de Berkel via het slotenstelsel en infiltratievijvers wordt geïnfiltrerd. Op en direct rond winveld Olden Eibergen gaat het om ca. 325.000 m³ Berkelwater per jaar (3). Het aandeel Berkelwater kan hierdoor in enkele pompputten oplopen tot zeker 50%. Het aangevoerde Berkelwater wordt bovenstrooms van rioolwaterzuiveringsinstallatie Haarlo ingelaten en is dus niet belast door Nederlands RWZI-effluent. Op het bovenstroomse Duitse deel van de Berkel lozen wel Duitse RWZI's. Daardoor is het aangevoerde water, zeker in droge periodes, sterk belast met Duits RWZI-effluent. Als gevolg daarvan worden diverse RWZI-gerelateerde organische microverontreinigings in het grondwater waargenomen. Dit voorbeeld illustreert dat een goede oppervlaktewaterkwaliteit cruciaal is voor (vaak gewenste) compensatie en adaptatiemaatregelen rond winningen. Dit moet altijd op (internationaal) stroomgebiedsniveau worden beschouwd.

4.3 Selectie van rioolwaterzuiveringsinstallaties voor 'modernisering'

Microverontreinigingen die via rioolwaterzuiveringsinstallaties het oppervlaktewater bereiken hebben zowel invloed op drinkwater geproduceerd uit oppervlaktewater, als uit (kwetsbaar) grondwater. Met behulp van modellen, rekening houdend met verschillende hydrologische condities en de persistentie en mobiliteit van de microverontreinigingen in het watersysteem, kan worden bepaald welke rioolwaterzuiveringen de grootste invloed hebben op de waterkwaliteit van voor drinkwater relevante oppervlaktewaterlichamen (zie Figuur 1) en grondwaterbronnen. Daarnaast kan ook worden berekend in hoeverre het effluent wordt verdund onder diverse hydrologische condities. Oppervlaktewateren waarin het effluent minder dan een factor tien wordt verdund moeten ook als risicogebied worden aangemerkt, als uit een risicoanalyse blijkt dat de lozing van microverontreinigingen risico's oplevert voor het milieu of voor de gezondheid van de mens. Dit geldt voor een beperkt deel van individuele rioolwaterzuiveringsinstallaties die lozen op beken of kanalen met een lage afvoer (6). Wanneer echter rekening wordt gehouden met de *cumulatieve* bijdrage van alle bovenstrooms gelegen rioolwaterzuiveringsinstallaties geldt dit vooral onder droge condities voor veel meer wateren. Figuur 2 laat zien dat in een droog seizoen heel veel Nederlandse oppervlaktewateren voor meer dan tien procent uit effluent (door de cumulatieve bijdrage van meerdere rioolwaterzuiveringsinstallaties samen) bestaan (7). Bovendien moet ook rekening worden gehouden met het bereik van milieukwaliteitsdoelen uit andere EU-richtlijnen, onder andere de Kaderrichtlijn Water. Gebieden moeten eveneens als risicogebied worden aangewezen, als uit een risicobeoordeling blijkt dat aanvullende behandeling nodig is om deze kwaliteitsdoelen te halen.

De bijdrage van individuele rioolwaterzuiveringen op een risicogebied is afhankelijk van de omvang van de zuivering, omstandigheden zoals temperatuur, neerslag en de daarvan afgeleide afvoer én de specifieke locatie in het watersysteem. De impact kan ook worden geschaald naar het productievolume van de drinkwaterproductielocatie waarvan de bron een risicogebied betreft (oppervlaktewater) of daardoor wordt beïnvloed (grondwater). Figuur 1 laat zien welke rioolwaterzuiveringsinstallaties >0,1% van de cumulatieve bijdrage aan de vracht carbamazepine hebben op de drinkwaterproductielocaties die gebruik maken van oppervlaktewater. Dit zijn vooral relatief grote rioolwaterzuiveringsinstallaties in het zuiden en oosten van het land. Het is op basis van dit model ook mogelijk om het cumulatieve effect van de modernisering van al de rioolwaterzuiveringsinstallaties inzichtelijk te maken en te berekenen wanneer bijvoorbeeld cumulatief 90% of 95% van de maximaal realiseerbare verwijdering wordt behaald. Ten slotte kan met behulp van de karakteristieken van de rioolwaterzuiveringsinstallaties geschat worden wat de kosten van modernisering zijn. Met al deze informatie kunnen vervolgens rioolwaterzuiveringsinstallaties worden geprioriteerd op basis van de kosten van extra zuivering en de baten in vorm van de reductie van de belasting met microverontreinigingen als gevolg van extra zuivering.

De impact van rioolwaterzuiveringen op drinkwaterwinningen is dus niet gelijk voor alle rioolwaterzuiveringen, ook niet wanneer wordt gecorrigeerd voor het productievolume van de drinkwaterzuivering. Dit betekent dat het moderniseren van een deel van de rioolwaterzuiveringsinstallaties al kan leiden tot een relatief grotere bijdrage aan de waterkwaliteitsverbetering. Met behulp van de bovengenoemde instrumenten kan dit inzichtelijk worden gemaakt.

5 Conclusies en aanbevelingen

5.1 Waterlichamen bestemd voor drinkwater aanwijzen als risicogebieden

De Richtlijn Stedelijk Afvalwater stelt dat alle grotere zuiveringen gefaseerd moeten worden voorzien van een extra zuiveringsstap om de emissies van microverontreinigingen naar oppervlaktewater te beperken vóór 2046. Dit geldt ook voor kleinere zuiveringen, nadat is gedefinieerd welke van deze zuiveringen de waterkwaliteit van kwetsbare watersystemen beïnvloeden. Bronnen van drinkwater vallen juridisch onder zogenoemde 'risicogebieden'. Dit geldt zowel voor oppervlaktewater als grondwater dat wordt gebruikt als bron voor drinkwater. Gebieden waar aanvullende behandeling nodig is om milieukwaliteitsdoelen, onder andere uit de Kaderrichtlijn Water, te halen, kunnen ook als risicogebied worden aangewezen. Daarnaast kunnen bijvoorbeeld gebieden waar het effluent (in een droog seizoen) minder dan tien keer wordt verdund in het oppervlaktewater ook als risicogebied aangemerkt worden (art. 2.4 van de RSA). De verdunningsfactor van <10 in rivieren en andere wateren biedt een overzichtelijke manier voor de identificatie van mogelijke risicogebieden, naast de door de RSA verplichte risicogebieden (drinkwaterproductie, aquacultuurlocaties, en zwemwater). De verdunningsfactor van wateren varieert echter sterk, afhankelijk van neerslag en verdamping. In lijn met de Emissietoets, kan het 10 percentiel van de afvoer voor toetsing worden gekozen, dit is de afvoerniveau waarbij de afvoer 90% van de tijd is de groter is (22).

De uitbreiding van grotere en te selecteren kleinere zuiveringen met aanvullende technieken zal ontegenzeggelijk de waterkwaliteit verbeteren, ook voor de productie van drinkwater. Het biedt daarmee een tegenwicht tegen toenemend gebruik van geneesmiddelen (18) en verhoogde concentraties door verminderde verdunning gerelateerd aan lange droge perioden, die met de verandering van het klimaat te verwachten zijn (19). Mitigatie van deze drukfactoren is noodzakelijk voor een toekomstbestendige drinkwatervoorziening.

Het is daarom aan te bevelen op basis van de RSA risicogebieden aan te wijzen en daarbij gebruik te maken van de milieukwaliteitsdoelen van de Kaderrichtlijn Water (20) en toetsingscriteria voor het evalueren van verdunningsfactoren uit de Emissietoets (22). Dit betreft ook oppervlaktewaterlichamen belast met effluent die invloed hebben op de kwaliteit van grondwater.

5.2 Instrumentarium voor uitwerking is voor handen

Het voorliggend rapport laat zien dat er voldoende kennis en een instrumentarium aanwezig is om te modelleren wat de bijdrage van individuele rioolwaterzuiveringsinstallaties op risicogebieden onder verschillende hydrologische condities (droog of nat seizoen) is, en wat de cumulatieve bijdrage van alle rioolwaterzuiveringsinstallaties samen is. Een analyse van de cumulatieve bijdrage maakt inzichtelijk welke kleine RWZI's in welke mate de waterkwaliteit van risicogebieden (voor drinkwaterproductie) beïnvloeden en dat dit op het niveau van stroomgebieden (internationaal) moet worden geïnventariseerd.

Bovendien kan de waterkwaliteitsverbetering als gevolg van aanvullende zuivering op een specifieke waterlichaam (20), zoals een innamepunt voor de productie van drinkwater of een waterlichaam dat de grondwaterkwaliteit beïnvloedt (een risicogebied), worden gemodelleerd en geschaald naar het productievolume van de drinkwaterproductielocatie. Ook kan de relatieve bijdrage van verschillende rioolwaterzuiveringsinstallaties vóór en ná toepassing van aanvullende zuivering onder diverse hydrologische condities worden gemodelleerd. Ten slotte kan de impact van aanvullende zuivering t.z.t. worden gevalideerd met behulp van meetgegevens afkomstig uit (inter)nationale monitoring programma's voor oppervlaktewater (6, 21). Voor grondwater is deze validatie

complexer omdat maatregelen pas op lange termijn invloed hebben op de kwaliteit van het onttrokken grondwater, afhankelijk van de reistijd van de microverontreinigingen door de bodem.

Dit biedt de mogelijkheid om de grotere rioolwaterzuiveringsinstallaties (>150.000 inwonerequivalenten) met de grootste invloed op (bijvoorbeeld) bronnen van drinkwater te prioriteren voor het eerder installeren van aanvullende zuivering voor het behalen van de tussentijdse doelen van de Richtlijn Stedelijk Afvalwater. Daarnaast kan dezelfde kennis ook worden ingezet om kleinere rioolwaterzuiveringsinstallaties (10.000 tot 150.000 inwonerequivalenten) te prioriteren voor aanvullende zuivering. Zo kunnen de opgestelde tussentijdse doelen worden geoptimaliseerd voor het (zo snel en effectief mogelijk) beschermen van risicogebieden, zoals gebieden met water dat wordt gebruikt voor de productie van drinkwater.

Het is daarom aan te bevelen om relatieve bijdrage van verschillende rioolwaterzuiveringsinstallaties en de impact van aanvullende zuivering op de waterkwaliteit van waterlichamen die worden gebruikt voor de productie van drinkwater (of andere risicogebieden) met modellen op stroomgebiedsniveau (internationaal) inzichtelijk te maken. Deze modellen kunnen worden gebruikt om RWZI's te prioriteren en daarmee (i) de fasering van de modernisering van grotere RWZI's te optimaliseren, (ii) kleinere RWZI's te selecteren en (iii) ook hun fasering van de modernisering te optimaliseren.

5.3 Inpasbaarheid van aanvullende zuiveringsstappen

Zowel ozonbehandeling als actief koolbehandeling zijn beschikbaar en worden inmiddels op diverse RWZI's toegepast om minimaal 80-85% van de microverontreinigingen uit het rioolwatereffluent te verwijderen. De toepassing van deze technieken als quaternaire zuiveringsschap kost tussen de 0,08 en 0,26 €/m³, waarbij ozonbehandeling aan de onderkant van deze range valt en granulair actief koolbehandeling aan de bovenkant.

Rioolwaterzuiveringsinstallaties worden ontworpen en afgeschreven voor een periode van 25-30 jaar maar gaan doorgaans zo'n 50 jaar mee. Dit betekent dat voor een relevante fractie van de rioolwaterzuiveringsinstallaties reguliere renovatie binnen de twintigjarige implementatieperiode van de aanvullende zuivering van de Richtlijn Stedelijk Afvalwater valt. Bovendien leidt de bevolkingsgroei in Nederland en trend van samenvoeging van rioolwaterzuiveringsinstallaties er toe dat een renovatie of nieuwbouw vaak gepaard gaat met een schaalvergroting.

Het is daarom aan te bevelen om de modernisering met aanvullende zuivering ook in te passen in de renovatie of vernieuwingscyclus van rioolwaterzuiveringsinstallaties.

5.4 Waar zijn aanvullende zuiveringsstappen nodig?

Hoewel de voorliggende studie de kleinere RWZI's nog niet heeft geprioriteerd, laten diverse studies zien dat kleinere RWZI's in bepaalde regio's (bijvoorbeeld in het oosten en zuiden van het Nederland) een grotere cumulatieve bijdrage leveren aan de microverontreinigingen in risicogebieden voor de productie van drinkwater dan andere kleinere RWZI's (6). Dit betekent dat waterschappen in bepaalde regio's de komende jaren een grotere inspanning zullen moeten leveren dan waterschappen in andere regio's. Bovendien beperkt dit verschil zich niet tot Nederlandse waterschappen, het geldt ook voor waterbeheerders in het buitenland die deel uitmaken van de stroomgebieden van de in Nederland aanwezige rivieren.

Het is daarom van belang om aandacht te hebben voor kleine RWZI's die lozen op kleine beken die lokaal grote invloed kunnen hebben op de waterkwaliteit. Daarbij vindt in sommige gevallen de emissie en impact aan weerszijde van de landsgrens plaats waardoor maatregelen in het ene land nodig zijn om een risicogebied in het andere land te beschermen.

Referenties

1. VAN DER VELDE G. Compensatie bij grondwaterwinning. KIWA Mededeling, Nieuwegein, The Netherlands: KIWA; 1985.
2. TER LAAK T., KOOIJ P., HOFMAN J., TOLKAMP H. Different compositions of pharmaceuticals in Dutch and Belgian surface waters explained by consumption patterns and treatment efficiency, *Environmental Science and Pollution Research* 2014: 21 (22): 12843-12855.
3. CIRKEL G. Kwantificeren korte reistijden door middel van traceronderzoek: tracerproef Olden Eibergen, Nieuwegein, The Netherlands: KWR Water Research Institute; 2017.
4. DERKSEN A. Hotspotanalyse Geneesmiddelen - methodiek voor waterbeheerders om RWZI's te prioriteren, Amersfoort, the Netherlands: STOWA; 2015, p. 36.
5. TIMMERS P., VAN DER SCHANS M. Opsporing van fecale besmettingsbronnen in grondwaterwinningen met multi-tracing technieken: casus Roodborn Nieuwegein, the Netherlands: KWR Water Research Institute; 2022.
6. COPPENS L. J. C., GILS J. A. G., TER LAAK T. L., RATERMAN B. W., VAN WEZEL A. P. Towards spatially smart abatement of human pharmaceuticals in surfacewaters: Defining impact of sewage treatment plants in susceptible functions, *Water Research* 2015: 81: 356-365.
7. BEARD J. E., BIERKENS M. F. P., BARTHOLOMEUS R. P. Following the Water: Characterising de facto Wastewater Reuse in Agriculture in the Netherlands, *Sustainability* 2019: 11: 5936.
8. MINISTERIE VAN INFRASTRUCTUUR EN WATERSTAAT. Inzameling, transport en behandeling van afvalwater in Nederland; Situatierapport 2022 ex artikel 16, Situatie op 31 december 2022, Den Haag, the Netherlands; 2024, p. 20.
9. VEWIN. Kerngegevens drinkwater 2024, Rijswijk: Vewin; 2024.
10. BERKHOF D., BOERSMA A., EVENBLIJ H., ROELEVELD P., KUJAWA-ROELEVELD K., S S. et al. PACAS - POEDERKOOLDOSERING IN ACTIEFSLIB VOOR VERWIJDERING VAN MICROVERONTREINIGINGEN, Amersfoort, The Netherlands: STOWA; 2018, p. 124.
11. KRUIHOF J. C., MEIJERS R. T. Presence and formation of bromate in Dutch drinking water treatment, *Water Supply* 1995: 13: 117-125.
12. BREPOLS C. Operating Large Scale Membrane Bioreactors for Municipal Wastewater Treatment; 2010.
13. DUTCH CENTRAL BUREAU OF STATISTICS (CBS). Aantal inwoners per RWZI verzorgingsgebied 2024; 2025.
14. VAN WEZEL A. P., VAN DEN HURK F., SJERPS R. M. A., MEIJERS E. M., ROEX E. W. M., TER LAAK T. L. Impact of industrial waste water treatment plants on Dutch surface water and drinking water sources, *Science of the Total Environment* 2018: 640-641: 1489-1499.
15. EUROPEAN COMMISSION. The Industrial Emissions Directive. 2010/75/EU, Brussels, Belgium; 2010.
16. TERNES T., JOSS A., KNACKER T., OEHLMANN J., VON GUNTEN U., SIEGRIST H. Conclusions of the workshop about the revision of the WFD priority substances based on the Neptune outcome (Work Package 5). New sustainable concepts and processes for optimization and upgrading municipal wastewater and sludge treatment (based on the NEPTUNE project), Koblenz, Germany: Federal Institute of Hydrology (BfG) 2010, p. 14.
17. VAN DRIEZUM I. H., BEEKMAN J., VAN LOON A., VAN LEERDAM R. C. W., S., RUTGERS M., BOEKHOLD S. et al. Staat Drinkwaterbronnen, Bilthoven, The Netherlands: RIVM; 2020, p. 139.
18. VAN DER AA N. G. F. M., KOMMER G. J., VERSTEEGH A. Current and future consumption of pharmaceuticals. "Huidig en toekomstig gebruik geneesmiddelen", *H2O* 2009: 33-35.
19. SJERPS R. M. A., TER LAAK T. L., ZWOLSMAN G. J. J. G. Projected impact of climate change and chemical emissions on the water quality of the European rivers Rhine and Meuse: A drinking water perspective, *Science of the Total Environment* 2017: 601-602: 1682-1694.

20. DELTARES. Welkom op de website van de KRW-Verkenner!, Utrecht, The netherlands: Deltares; 2025.
21. TER LAAK T. L., RATERMAN B., MEIJERS E. Ruimtelijke modellering van geneesmiddelen in het stroomgebied van de Dommel, Nieuwegein the Netherlands: KWR Watercycle Reserach Institute; 2016, p. 38.
22. KLEISSEN, F.M. Emissie-immissietoets voor oppervlaktewateren - Handleiding Webapplicatie - Versie: 3.0 - Deltares, the Netherlands p. 25.