

Datum: 27 februari 2024 Ons kenmerk: 1980434  
Aan: Pim van de Sar en Martijn Fokken,  
Van: Marlies Verhoeven  
Betreft: Keuze technologie voor medicijnverwijdering op rwzi Woerden  
Kopie: Marijn van de Ven, Nico Admiraal, Niels Lenting

---

## Inleiding

HDSR wil op de rwzi Woerden een aanvullende technologie realiseren voor het extra verwijderen van medicijnresten uit het afvalwater. In 2021 is al gestart met een verkenning van de toe te passen technologie, maar door veranderende wetgeving op het gebied van bromaat, stijgende prijs voor poedervormig actief kool, een handreiking opgesteld door Rijkswaterstaat voor de toepassing van ozon op rwzi's en door de goede bedrijfsresultaten van de ozoninstallatie op rwzi Houten, zijn voorgaande keuzes voor de technologie (eerst ozon en daarna nageschakelde dosering PAK) ingehaald door de actualiteit. Daarnaast worden ook de eisen die vanuit het ministerie van I&W worden gesteld voor de subsidieverlening aangepast aan de nieuwe Europese regelgeving via de Richtlijn Stedelijk afvalwater. Voldoende redenen om de keuze voor de toe te passen technologie te heroverwegen en de nieuwe uitgangspunten hierin mee te nemen:

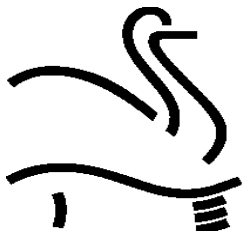
- Conform de nieuwe concept Richtlijn Stedelijk Afvalwater een verwijderingsrendement van 80% aanhouden over de daar genoemde stoffen (deze stoffen zijn net iets anders dan de gidsstoffen vanuit het ministerie I&W voor 70%)
- Toekomstige fosfaat (P) en stikstof (N) normen uit de concept Richtlijn Stedelijk Afvalwater meenemen in de multi criteria analyse (MCA) als meekoppelkansen;
- Handreiking Rijkswaterstaat voor bromaat producerende installaties niet afwachten (i.v.m. zeer onzekere doorlooptijd), maar bromaat-productie reduceren tot onder detectiegrens (<0,1 µg/l).

Daarnaast willen we ideeën uit het programma Circulaire Waterketen, dat medio 2023 is opgericht om invulling te geven aan de zuiveringsvisie (zoals modulair, circulair en klimaat adaptief bouwen) ook een plek geven in het ontwerp.

## Europese Richtlijn Stedelijk Afvalwater

In het huidige voorstel voor aanpassing van de Europese Richtlijn Stedelijk Afvalwater staat een groot aantal veranderingen ten opzichte van de huidige situatie. Er moeten onder andere verplicht rioleringsplannen opgesteld worden, aanpassingen gedaan worden op het gebied van aanleg riolering en overstorten, monitoring van de rwzi's moet worden uitgebreid voor microplastics en lachgas, rwzi's groter dan 150.000 ie moeten naar een lagere effluenteis voor stikstof van 8 mg N/l en fosfaat van 0,5 mg P/l. Daarnaast moeten de farmaceutische en cosmetische industrie voor minimaal 80% gaan bijdragen aan de kosten voor het verwijderen van deze microverontreinigingen.

En rwzi's groter dan 150.000 ie moeten minimaal 80% medicijnresten verwijderen. Voor kleinere rwzi's tussen 10.000 en 150.000 ie dient de 80% verwijdering medicijnresten op basis van een



risicobeoordeling uitgevoerd te worden. In Nederland is al een eerste risicobeoordeling uitgevoerd: de landelijke hotspotanalyse medicijnresten. De rwzi Woerden is vanuit de landelijke hotspotanalyse van 2017 een risico gebleken voor het ontvangende oppervlaktewater Oude Rijn en het benedenstroomse stroomgebied in Rijnland. Daarom geldt ook voor deze rwzi kleiner dan 150.000 ie een minimaal verwijderingsrendement van 80% voor de microverontreinigingen uit de richtlijn Stedelijk afvalwater. Voor het berekenen van het verwijderingsrendement is een lijst met 12 gidsstoffen opgesteld, verdeeld in 2 categorieën:

<b>Categorie 1</b>	<b>Categorie 2</b>
amilsulpride	benzotriazool
cabamazepine	mengsel van 4- en 5 methylbenzotriazool
citalopram	irbesarten
clarythromycine	candesartan
diclofenac	
hydrochloorthiazide	
metoprolol	
venlafaxine	

Voor het berekenen van het verwijderingsrendement moeten minimaal 6 stoffen worden gekozen uit categorie 1 en 2 in een verhouding van 2 staat tot 1.

Het huidige voorstel voor de Europese Richtlijn Stedelijk Afvalwater zal worden ter bekrachtiging worden aangeboden in het Europees Parlement en de Milieuraad. De definitieve formele tekst wordt verwacht in februari/maart 2024 en de formele publicatie in alle talen in september 2024. Vanaf dat moment heeft de Nederlandse staat 2,5 tot 3 jaar de tijd om de afspraken te vertalen in de nationale wetgeving, de Omgevingswet.

### **Subsidieverlening door ministerie I&W voor medicijnverwijdering**

Het ministerie van I&W heeft voor de eerste tranche gekozen voor een lijst van 11 gidsstoffen, waaruit de 7 beste gemiddeld een verwijderingsrendement van 70% moest worden bereikt. Voor de tweede tranche gaat het ministerie voor de subsidieverlening uit van de 12 gidsstoffen van de EU-richtlijn en de minimale verwijdering van 80 % over de rwzi.

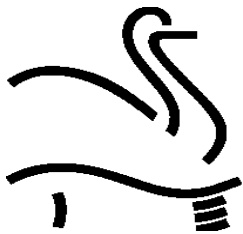
Als de Europese Richtlijn Stedelijk Afvalwater vertaald is in de Nederlandse wetgeving, mag het ministerie hiervoor geen subsidie meer verlenen. Daarom loopt de tweede tranche waarschijnlijk tot aan eind 2026 (goedkeuring EU in maart/april 2024 + 2,5 jaar Nederlandse implementatie).

### **In effluent RWZI Woerden mag geen bromaat aangetoond worden**

In 2022 is een oppervlaktewaternorm voor bromaat vastgesteld op maximaal 1 µg/liter. Een lozing mag de huidige concentratie bromaat in het oppervlaktewater met niet meer dan 10% verhogen.

De rwzi Woerden lost het gezuiverde effluent op de Oude Rijn en vormt een vrij grote bijdrage aan dit oppervlaktewater. Afhankelijk van het seizoen bestaat de Oude Rijn uit 50 tot 80% effluentwater van de rwzi Woerden. De invloed van de rwzi is dus vrij groot. Om te bepalen wat de huidige bromaatconcentratie is in de Oude Rijn is in het najaar van 2023 bovenstrooms en benedenstrooms van de rwzi bemonsterd en geanalyseerd op bromaat. Uit de metingen komt naar voren dat de concentratie bromaat in de Oude Rijn altijd onder de detectiegrens van 0,1 µg/l ligt, zowel bovenstrooms als benedenstrooms.

Ook is in deze periode gemeten hoeveel bromaat er nu al in het effluent van de rwzi Woerden zit, en deze waarde ligt altijd onder de detectiegrens van 0,1 µg/l.



Deze metingen zijn terug te vinden in DM 1959021.

Deze metingen leiden ertoe dat de concentratie bromaat in het effluent van de rwzi Woerden, na de toepassing van een aanvullende technologie voor medicijnverwijdering, altijd lager moet blijven dan 0,1 µg/l. Dit betekent dat de aanvullende technologie geen meetbare hoeveelheid bromaat mag produceren.

### **Risico vorming oxidatieproducten op RWZI Woerden**

STOWA heeft een technische handreiking opgesteld met het oog op de vorming van oxidatieproducten bij ozonisatie op rwzi's. Deze handreiking is te vinden in STOWA 2022-48. Oxidatieproducten kunnen ontstaan door een reactie van ozon met bromide, chroom en nitrosamine. Deze oxidatieproducten kunnen een mogelijk ongewenst effect hebben op de waterkwaliteit en/of drinkwaterbronnen.

Nadat het project nageschakelde dosering PAK in de zomer van 2023 on hold is gezet, zijn er extra metingen uitgevoerd in het effluent van de rwzi Woerden volgens deze handreiking. Het doel hiervan was om na te gaan of toepassing van de ozontechnologie, als op zichzelf staande technologie, mogelijk zou zijn voor de rwzi Woerden. De resultaten van de metingen zijn te vinden in DM 1959021.

Uit de metingen kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- De gemiddelde concentratie bromide in het effluent van rwzi Woerden is 115 mg/l. Bij een waarde tussen 50 en 400 mg/l zijn maatregelen nodig om bromaatvorming te beperken, zoals de dosering van waterstofperoxide of toepassing van ozon gecombineerd met een andere verwijderingstechnologie zoals actief kool.
- De hoeveelheid chroom in het effluent is gemiddeld 0,73 mg/l. Deze waarde ligt onder de 1 mg/l waaronder de handreiking aangeeft dat deze stof niet significant aanwezig is en daarom dus geen risico oplevert voor de vorming van oxidatieproducten met chroom. De hoeveelheid chromaat kon niet gemeten worden door Aquon.
- De concentratie nitrosamine (NDMA) was bij alle metingen onder de 0,5 microgram/liter. Om te kunnen aangeven of er een risico op vorming van oxidatieproducten is, had de meting in nanogram per liter moeten zijn, maar deze lage detectiegrens kon niet geleverd worden door Aquon.
- De gemiddelde DOC-concentratie in het effluent is 14,7 mg/l en deze ligt hoger dan de 10 tot 11 mg DOC/l die in de handreiking wordt gehanteerd. Dit betekent dat de ozondosering iets hoger ligt, waardoor er meer risico op de vorming van oxidatieproducten bestaat.

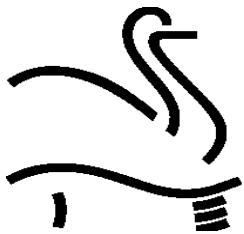
### **Vorming oxidatieproducten met combinatie techniek te beperken**

Het risico op vorming van oxidatieproducten is op basis van de samenstelling van het effluent van de rwzi Woerden iets groter dan bij de rwzi Houten. De toepassing van de ozontechnologie als op zichzelf staande technologie is daarom niet aan te raden.

Om het risico op vorming van oxidatieproducten te minimaliseren is een combinatie technologie van actief kool en ozon een goede keuze, omdat de verwijdering van medicijnresten hierbij door 2 verschillende technologieën wordt uitgevoerd en omdat de toe te passen ozondosering hierbij gehalveerd kan worden. Uit pilotproeven bij andere waterschappen is gebleken dat bij zeer lage ozondoseringen geen bromaatvorming optreedt.

### **BAKF en ozon (BO3)**

Een van de mogelijkheden voor het toepassen van een combinatie tussen actief kool en ozon is de BO3-technologie, gepatenteerd door RHDHV. Voor rwzi Zeist is de keuze voor de medicijntechnologie op deze BO3-technologie gevallen. In DM 1938155 is de systeemkeuze voor rwzi Zeist na te lezen. Bij de systeemkeuze zijn 3 combinatie technologieën van ozon en actief kool beschouwd. De BO3 technologie



kwam bij deze vergelijking als beste naar voren omdat de kans op bromaatvorming het kleinst is, er een lager energieverbruik nodig is, een lagere CO<sub>2</sub> footprint door lange stand tijd van de actief kool en omdat de technologie beter met schommelingen in de effluentkwaliteit kan omgaan.

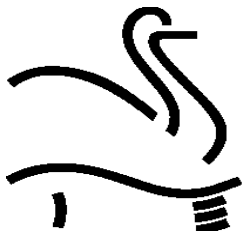
In deze technologie wordt gebruik gemaakt van een Biologisch Actief Kool Filter (BAKF) dat wordt belucht met zuivere zuurstof. Het granulaire (korrelvormige) actief kool adsorbeert medicijnresten en door groei van bacteriën op de actief kool worden deze medicijnresten weer afgebroken. Zo blijft de adsorptiecapaciteit van het granulaire actief kool aanwezig en kan de kool gedurende meerdere jaren medicijnresten blijven adsorberen. De te verwachten stand tijd van het granulaire actief kool is 10 tot 15 jaar. In het BAKF wordt ook een deel van de DOC (opgelost organisch koolstof) afgebroken en vindt er een volledige omzetting van ammonium en nitriet naar nitraat plaats. Inkomende zwevende stof wordt gedeeltelijk in het filter ingevangen. Het BAKF dient ongeveer 0,5 tot 2 maal per week teruggespoeld te worden.

Nadat het effluent door het BAKF-filter is gelopen, komt het terecht in een ozonreactor. De ozondosering zal hier lager zijn dan bij andere combinatietechnieken doordat al een deel van de medicijnresten is verwijderd, de DOC van het effluent is verlaagd en nitriet is omgezet naar nitraat. Door deze factoren kan de ozondosering veel lager zijn, naar verwachting 0,2 g ozon per g DOC. Door de lage ozondosering kan de verblijftijd in de ozonreactor relatief laag zijn, circa 7,5 tot 12,5 minuten is voldoende om alle ozon te laten reageren met de medicijnresten. In de onderstaande afbeelding is het BAKF-ozon principe in een animatie weergegeven.



Door het toepassen van een combinatietechnologie van actief kool en ozon, worden de nadelen van beide technologieën, zoals elektriciteitskosten, hoge kosten voor aanschaf actief kool, grote CO<sub>2</sub> footprint en het risico op vorming oxidatieproducten, beperkt. En zal er een breder palet aan medicijnresten en microverontreinigingen worden verwijderd door de verschillende eigenschappen van de technologieën. Bij deze brede verwijdering van microverontreinigingen heeft het ontvangende oppervlaktewater het meeste baat, is de verwachting. Ook kunnen microverontreinigingen die in de toekomst meer aandacht krijgen, waarschijnlijk gemakkelijker met een combinatie van technologieën verwijderd worden.

Met het oog op uniformiteit van beheer en onderhoud van de medicijn technologieën ligt het voor de hand om voor rwzi Woerden uit te gaan van eenzelfde technologie als bij rwzi Zeist. Daarom wordt BAKF-Ozon technologie ook voor rwzi Woerden gekozen.



## Ontwerp BAKF en ozonreactor

Rekening houdend met het toekomstige aanvoerdebiet tot 2050 is een inschatting gemaakt van de benodigde capaciteit van de aanvullende technologie. Uitgangspunt hiervoor zijn de uur debieten van de rwzi Woerden in de jaren 2022. De uur debieten van het jaar 2023 zijn niet gebruikt omdat er in 2023 zeer veel neerslag is gevallen, waardoor deze uur debieten niet representatief zijn.

Met behulp van de STOWA 2020-06 Hulpmiddel is het te behandelen debiet berekend voor een 80% verwijdering van medicijnresten op de rwzi. Het biologische zuiveringsproces verwijdert al 22% van de 12 gidsstoffen van de EU-richtlijn; dit is in het najaar van 2023 gemeten. Uit deze STOWA berekening blijkt dat de capaciteit van de nabehandeling in de huidige situatie 1.020 m<sup>3</sup>/h moet zijn. Als rekening wordt gehouden met groei van de aanvoer met 30% dan moet de capaciteit van de nabehandeling 1.250 m<sup>3</sup>/h zijn. Hierbij wordt rekening gehouden met 30% meer droogweeraanvoer, maar de regenweeraanvoer zal niet stijgen omdat nieuwe woonwijken worden aangelegd met een separate regenweerafvoer, waardoor dit regenwater niet extra op de rwzi zal aankomen.

De huidige belasting van de rwzi Woerden is gemiddeld over de afgelopen 5 jaar 74.000 ie en deze zal naar verwachting tot aan 2050 stijgen met 30% naar circa 96.200 ie (uitgangspunt Zuiveringsvisie en Strategisch Zuiveringsplan).

De resultaten van de benodigde capaciteit voor de aanvullende technologie voor medicijnverwijdering zijn in onderstaande tabel weergegeven:

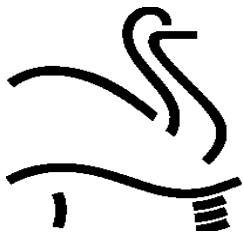
Jaardebiet rwzi 2022	5.271.390	m <sup>3</sup> /jaar
Jaardebiet rwzi 2050 (verhoging DWA)	6.595.060	m <sup>3</sup> /jaar
Jaardebiet nabehandeling medicijntechnologie	6.003.480	m <sup>3</sup> /jaar
Jaardebiet by pass medicijntechnologie	591.580	m <sup>3</sup> /jaar
Percentage behandeld in medicijntechnologie	91	%

## Dimensionering aanvullende technologie BO3

De BO3 technologie kan op verschillende wijzen vorm worden gegeven. Het BAKF kan de vorm hebben van bijvoorbeeld een zandfilter, zoals nu op rwzi Zeist en De Bilt wordt toegepast, waarbij het zand dan vervangen wordt door granulair actief kool (GAK). Het BAKF kan ook uitgevoerd worden in een modulaire vorm als drukketels, zoals in de UltraPuurWaterfabriek te Emmen. De benodigde capaciteit voor de medicijntechnologie is 1.250 m<sup>3</sup>/h; dit gelijk aan de benodigde capaciteit voor rwzi Zeist. Daarom is de dimensionering gelijk aan die voor de rwzi Zeist.

Het BAKF heeft de volgende dimensionering:

Capaciteit	1.250	m <sup>3</sup> /uur
EBCT (empty bed contact time) bij maximale aanvoer	20	minuten
EBTC bij gemiddelde aanvoer	30	minuten
Volume filtermedium GAF	417	m <sup>3</sup>
Hoogte filterbed	2,75	m
Aantal filter units	4	
Oppervlakte per unit	38	m <sup>2</sup>
Filtratiesnelheid bij maximale aanvoer	8,3	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /h
Filtratiesnelheid bij gemiddelde aanvoer	5,0	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /h
Concentratie zuurstof in aanloop BAKF	>19	mg O <sup>2</sup> /l



De ozontechnologie kan vorm worden gegeven zoals op de rwzi Houten in een reactor van beton met tussenwanden in de reactor voor een goede verdeling van de ozon en inbreng van de ozon via diffusers in een aantal compartimenten. De verblijftijd kan door de lagere ozondosering lager zijn dan op de rwzi Houten.

De ozoninstallatie heeft de volgende dimensionering:

Capaciteit	1.250	m <sup>3</sup> /h
Specifieke ozondosering	0,2	g ozon/g DOC
Capaciteit ozongenerator	1,8	kg ozon/h
Contacttijd bij maximale aanvoer	7,5	minuten
Contacttijd bij gemiddelde aanvoer	12,5	minuten
Volume contacttank	155	m <sup>3</sup>
Hoogte waterkolom	5,75	m
Oppervlakte contacttank	27	m <sup>2</sup>

## Kosten aanvullende technologie medicijnverwijdering

Bouwkosten	BAKF	4.310.000	Euro excl. BTW
	Ozon	3.750.000	Euro excl. BTW
Investeringskosten	BAKF	6.896.000	Euro incl. BTW
	Ozon	6.000.000	Euro incl. BTW
Vaste kosten per jaar	Kapitaal	860.000	Euro
	Onderhoud	142.000	Euro
	GAK (eenmalig)	10.000	Euro
	Totaal vaste kosten per jaar	1.012.600	Euro
Variabele kosten per jaar	Elektriciteit	136.000	Euro
	Zuurstof	68.000	Euro
	Personeel	20.000	Euro
	Totaal variabele kosten per jaar	223.000	Euro

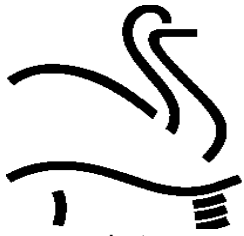
## Review keuze technologie

Aan RHDHV en Witteveen+Bos is gevraagd om de gekozen technologie voor medicijnverwijdering te reviewen. Dit heeft plaatsgevonden in april 2024. De reviewdocumenten van de beide adviesbureaus zijn terug te vinden in DM 1992018 Notitie Review RHDHV rwzi Woerden en DM 1993311 Notitie Review Witteveen+Bos rwzi Woerden.

De conclusie c.q. het advies vanuit RHDHV is vooral een bevestiging van de keuze voor de BO3-technologie (nieuw naam Aurea).

En de conclusie c.q. het advies vanuit Witteveen+Bos is dat de combinatie van een biologisch actief kool filter met ozon een goede keuze is en dat de technologieën in de volgorde BAKF-ozon en ozon-BAKF heel dicht bij elkaar liggen als deze beoordeeld en gewogen worden. Dit is ook gebleken bij de systeemkeuze voor rwzi Zeist (DM 1938155).

Op basis van de van Witteveen+Bos heeft de projectgroep besloten om de volgorde van de technologieën los te laten bij de uitvraag voor de rwzi Woerden. Deze keuze geeft aan de marktpartijen



HOOGHEEMRAADSCHAP  
DE STICHTSE  
RIJNLANDEN

# MEMO

meer ruimte voor een invulling van de technologie en zijn er naar verwachting meer en om op deze manier meer marktpartijen geïnteresseerd in het realiseren van een medijntechologie voor de rwzi Woerden, wat kostenbeperkend kan werken.

Afhankelijk van de keuze van de volgorde van BAKF en ozon zullen bovenstaande dimensioneringen in beperkte mate aangepast worden.