



Water in the Circular Economy
WiCE 2025.006 | December 2025

UWF impact

watersysteem

Tussenrapportage Casus Woerden

de **Ultieme**
Water
fabriek

de **U**ltieme
Water
fabriek

wice by KWR

Water in the Circular Economy

Colofon

UWF impact watersysteem - Tussenrapportage Casus Woerden tussenrapport Ultieme Waterfabriek

Dit onderzoek is uitgevoerd in het kader van WiCE, het collectieve onderzoeksprogramma van KWR, de waterbedrijven, Vewin en hun partners in de circulaire economie.
Het onderzoek maakt deel uit van het initiatief de Ultieme Waterfabriek.

WiCE 2025.006 | December 2025

Projectnummer

404567

Projectmanager

Dr. Joep van den Broeke

Opdrachtgever

Ultieme Waterfabriek en WiCE

Auteurs

Jeroen Pelle MSc en dr. Sija Stofberg

Kwaliteitsborger

Prof. dr. ir. Ruud Bartholomeus

Verzonden naar

Dit rapport is verspreid onder deelnemers aan de Ultieme Waterfabriek en het WiCE-programma.

Openbaarheid

Dit rapport is openbaar.

Keywords

hergebruik; watersysteem; waterkwaliteit; alternatieve bronnen

Jaar van publicatie
2025

Meer informatie

Sija Stofberg
T
E sija.stofberg@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 (Koninklijk Water Research) features the letters 'KWR' in a bold, blue, sans-serif font. The 'K' and 'W' are connected, and the 'R' is slightly separated.

2025 ©

Alle rechten voorbehouden aan de WiCE-deelnemers. Niets uit deze uitgave mag - zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van KWR - worden verveelvoudigd, 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.

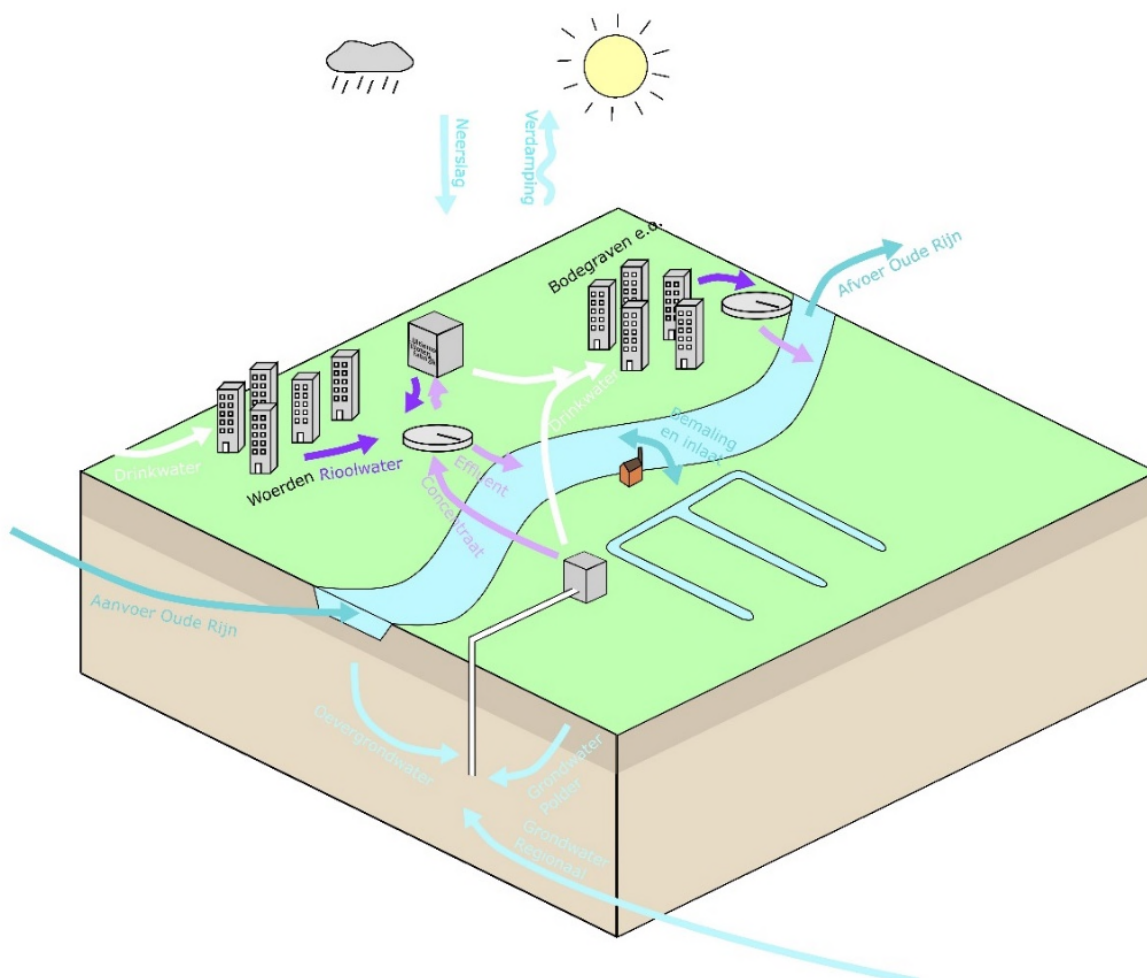
Samenvatting

UWF Woerden – impact watersysteem

Jeroen Pelle MSc en dr. Sija Stofberg

Verkenning van de impact van een UWF op het watersysteem in fictieve casus Woerden

In de Ultieme Waterfabriek (UWF) wordt onderzocht hoe, en onder welke voorwaarden, gezuiverd rioolwater als aanvullende bron voor drinkwater beschikbaar gemaakt kan worden. Eén van de deelprojecten hierbinnen is het onderzoek naar de impact van een UWF op watersystemen in Nederland. Dit onderwerp wordt voor enkele fictieve cases uitgewerkt. Dit rapport betreft de uitwerking voor de eerste fictieve casus: Woerden. In deze casus wordt samen met drinkwaterbedrijf Oasen en Hoogheemraadschap de Stichtse Rijnlanden (HDSR) verkend wat het zou betekenen als effluent uit rioolwaterzuiveringsinstallatie (RWZI) Woerden gebruikt zou worden om drinkwater van te maken, ter aanvulling op of in plaats van de oevergrondwaterwinning bij Kamerik.



Conceptueel model van het watersysteem rondom RWZI Woerden met een UWF

Watersysteendenken in coproductie met werkgroep

In coproductie met een werkgroep, bestaande uit casuseigenaren vanuit Oasen (drinkwaterbedrijf) en HDSR (waterschap, verantwoordelijk voor rioolwaterzuivering en eigenaar van RWZI Woerden) en een brede groep lokale experts en partners, zijn de mogelijke veranderingen ten aanzien van het watersysteem verkend, waarbij is gekeken naar zowel waterkwantiteit als waterkwaliteit. Uitgaande van kennis van de huidige situatie is de werking van het watersysteem verkend, zijn kwetsbaarheden (plekken en bepaalde perioden) benoemd en zijn scenario's uitgewerkt, waaronder een toekomst met autonome ontwikkelingen en uitwerkingen van de UWF.

Focus op waterkwantiteit en -kwaliteit in de Oude Rijn tijdens droge perioden

De eerste verkenning van (de mogelijke veranderingen) het watersysteem liet zien dat een UWF vooral effect zou hebben op de Oude Rijn, het watersysteem dat effluent vanuit RWZI Woerden, Bodegraven en (indien van toepassing) concentraat van drinkwaterproductielocatie Kamerik ontvangt, en waarin eventueel concentraat (ingedikte reststroom) van een UWF terecht zou kunnen komen. De Oude Rijn is vooral tijdens droge perioden relatief kwetsbaar, omdat dan de afvoer voor een relatief groot percentage uit effluent bestaat. Voor de analyse van de effecten op waterkwaliteit is de focus gelegd op stoffen die mogelijk problematisch zijn: zware metalen, PFAS en medicijnresten.

Scenario's

We hebben mogelijke toekomstige ontwikkelingen verkend en vergeleken met behulp van scenario's. Voor deze scenario's zijn de veranderingen in waterkwantiteit en waterkwaliteit uitgewerkt. Als startpunt zijn gegevens uit het verleden gebruikt, waarna deze aangepast zijn op een verandering in de huidige situatie: kort geleden is een omgekeerde osmose (RO) installatie in gebruik genomen bij de huidige drinkwaterwinning. Hierbij is gekeken naar de gemiddelde situatie, een droge situatie met inzet van de Klimaatbestendige Water Aanvoervoorzieningen (KWA, extra wateraanvoer voor Rijnland) en een droge situatie zonder inzet van de KWA. Vervolgens is naar de toekomst gekeken waarin méér mensen in het gebied wonen en daarmee zowel de drinkwatervraag als het aanbod effluent zal stijgen. In dit 'autonome' scenario is aangenomen dat het drinkwater afkomstig is uit de (in omvang toegenomen) oevergrondwaterwinning bij Kamerik. Dit scenario is vergeleken met verschillende varianten van de UWF: een minimale variant waarin slechts de stijging van de drinkwatervraag gedekt wordt (UWF min), een variant waarin zoveel mogelijk effluent van RWZI Woerden wordt gebruikt (UWF max) en ter verkenning, een variant waarin ook het effluent van RWZI Bodegraven wordt gebruikt (2 UWF's max). Voor de toekomstscenario's is alleen naar de droge scenario's zonder inzet van de KWA gekeken, omdat de effecten van een mogelijke UWF hierin het grootst zijn.

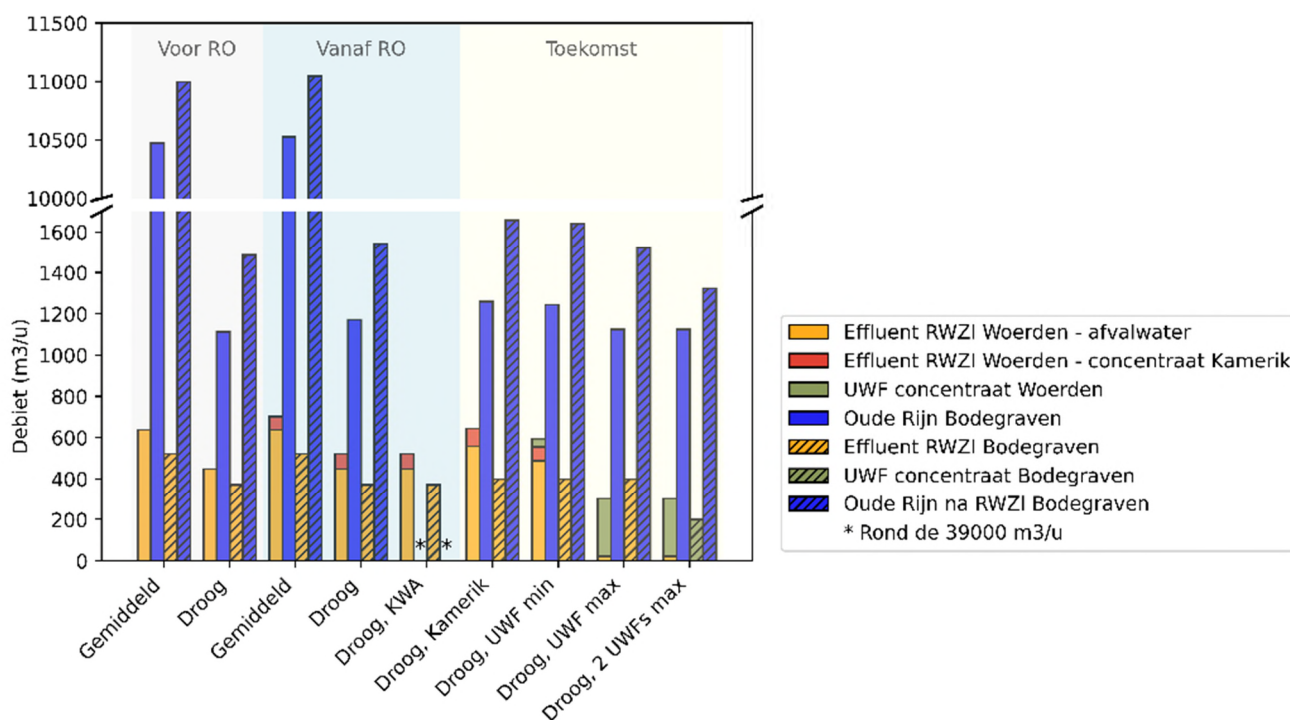
Uitwerking waterkwantiteit

In gemiddelde situaties is de afvoer van de Oude Rijn zeer groot ten opzichte van de hoeveelheid effluent, maar in droge perioden is het effluent een aanmerkelijk deel van de totale afvoer ('Voor RO' in onderstaande afbeelding). Vanaf 2025 wordt omgekeerde osmose toegepast bij oevergrondwaterwinning Kamerik, waarbij de concentraatstroom wordt toegevoegd aan het influent bij RWZI Woerden ('Vanaf RO' in onderstaande afbeelding). Als de Klimaatbestendige Water Aanvoervoorzieningen (KWA, extra wateraanvoer voor Rijnland) beschikbaar zijn in droge perioden en worden toegepast is de afvoer van de Oude Rijn zo hoog dat eventuele veranderingen van effluent in het niet vallen.

Voor de toekomst ('Toekomst' in onderstaande afbeelding) is ervan uitgegaan dat de KWA niet altijd beschikbaar zal zijn en wordt alleen gekeken naar droge perioden zonder KWA, aangezien juist dan effecten worden verwacht. In het autonome scenario ('Droog, Kamerik') wordt verwacht dat de hoeveelheid effluent toeneemt (meer inwoners) en dat er door de toegenomen drinkwatervraag ook meer concentraat uit de drinkwaterproductie bij Kamerik vrijkomt. Hoewel dit netto een lichte stijging van de afvoer kan betekenen, moet er rekening mee gehouden worden dat hier geen klimaatscenario's zijn meegenomen: bij grote droogte kan de afvoer in principe zelfs volledig stoppen wanneer de KWA niet kan worden ingezet. In scenario's met Ultieme Waterfabrieken neemt

de hoeveelheid geloosd effluent af, doordat dit wordt toegepast voor drinkwater. Dit kan leiden tot een afname van de afvoer.

Voor het debiet van de Oude Rijn zijn geen expliciete criteria of normen bekend (afgezien van de KWA), waardoor harde conclusies niet getrokken kunnen worden. Naar verwachting zullen de mogelijke veranderingen niet problematisch zijn.



Uitwerking van de waterkwantiteit in de Oude Rijn bij verschillende scenario's.

Uitwerking waterkwaliteit

Voor analyse van de effecten op waterkwaliteit zijn veel aannames gedaan. Hierdoor beschrijven de resultaten een zogenaamde 'worst case benadering' en geven een richting en orde grootte aan. Ze zijn daarmee slechts indicatief en nadrukkelijk niet exact of definitief en dienen ook zo beschouwd te worden in de interpretatie.

De gevolgen voor waterkwaliteit geven een wisselend beeld, afhankelijk naar welke stoffen is gekeken. Voor medicijnresten geldt dat deze voor een groot deel worden verwijderd in de 4^e trap nazuivering (voor veel rioolwaterzuiveringsinstallaties (RWZI's) verplicht vanaf 2035) en de UWF waardoor de concentraties naar verwachting lager worden dan de waterkwaliteitsnormen. Voor zware metalen en PFAS is het beeld anders: door de verwachte toekomstige groei van de hoeveelheid effluent (bij gelijkblijvende PFAS-concentraties in het effluent) nemen ook de vrachten van de stoffen daarin toe, en daarmee ook concentraties in de Oude Rijn.

Het effect van een UWF ten opzichte van het autonome scenario is ook niet eenduidig, en verschilt per onderzochte stof. De volgende factoren zijn daarbij bepalend:

- Bij de toepassing van een UWF veranderen de vrachten van veel stoffen (behalve organische micro's en andere stoffen die door de UWF worden verwijderd) uit het effluent niet. De concentraties in het effluent worden wel hoger, omdat er minder water in zit. Voor stoffen waar het effluent een belangrijke bron is (zoals chroom of PFOS) zullen de concentraties in de Oude Rijn licht stijgen.
- Voor stoffen waarvoor het effluent voor verdunning zorgt (doordat de concentraties in de Oude Rijn hoger zijn, dit is bij arseen het geval), zal ook de concentratie stijgen, omdat een UWF leidt tot minder verdunning.

- Voor stoffen die vooral vrijkomen bij de productie van drinkwater uit het oevergrondwater (concentreert vanuit Kamerik, bijvoorbeeld PFOA) geldt dat deze als gevolg van een UWF (en het minderen of staken van productie bij Kamerik) juist een lagere concentratie in de Oude Rijn zullen opleveren.

De verschillen in concentraties als gevolg van een UWF (ten opzichte van het autonome toekomstscenario) zijn in het algemeen relatief klein. Opvallend is dat de verschillen tussen de huidige situatie en de verwachte autonome toekomstsituatie zonder UWF een stuk groter zijn dan de verschillen tussen de verschillende toekomstscenario's met of zonder UWF.

In de grafieken zijn de resultaten van de stofconcentraties vergeleken met de geldende milieukwaliteitsnormen (MKN). Voor droge situaties is de maximaal aanvaardbare concentraties (MAC) de meest voor de hand liggende vergelijkingsnorm, daarnaast zijn ook de jaargemiddelde normen en drinkwaterrichtwaarden in beeld gebracht. Voor een deel van de stoffen indiceren de berekeningen dat deze (ruim) onder de norm zijn en blijven, en voor een deel van de stoffen dat normen of richtwaarden in alle onderzochte situaties worden overschreden.

In de verschillende scenario's zien we geen stoffen die als gevolg van de veranderingen (toekomstscenario of bronkeuze) een norm overschrijden, met uitzondering van zink (die in de uitgangssituatie al tegen de norm aan zat). Wel zien we dat de normoverschrijding van de meeste stoffen die reeds te hoge concentraties hadden steeds groter wordt. Echter, gezien de aannames die ten grondslag liggen aan deze berekeningen, kunnen deze slechts als eerste indicatie van veranderingen worden beschouwd.

Conclusies

De tussenresultaten van deze eerste casus laten zien dat een UWF kansen biedt als aanvullende bron voor de drinkwatervoorziening, maar dat het reeds ongunstige ontwikkelingen met betrekking tot oppervlaktewaterkwaliteit versterkt. Hoewel de effecten hiervan ten opzichte van gangbare alternatieven genuanceerd zijn, vraagt de inzet van een UWF ook om aanvullende beleidskeuzes, zoals maatregelen die de lozing van stoffen op het oppervlaktewater tegengaan.

Een UWF bij RWZI Woerden kan extra drinkwater opleveren voor de regio, maar heeft effect op de waterkwantiteit en kwaliteit van de Oude Rijn. De gevolgen voor het watersysteem door veranderingen in kwantiteit (minder afvoer van de Oude Rijn) lijken beperkt. Hoewel formele eisen ontbreken, wordt verwacht dat de gevolgen voor de waterkwantiteit niet problematisch zullen zijn.

Een UWF levert daarnaast aandachtspunten op voor de waterkwaliteit, zoals voor enkele zware metalen en PFAS. Hoewel een UWF niet leidt tot een verandering van vrachten van deze stoffen, nemen concentraties in het effluent wel toe. In periodes van beperkte afvoer leidt dit tot hogere concentraties in de Oude Rijn, waaronder van stoffen die reeds leiden tot overschrijdingen. Deze concentratieveranderingen zijn relatief beperkt ten opzichte van de grote toename van vrachten en concentraties als gevolg van verwachte bevolkingsgroei (en eventuele lagere afvoeren). De gevolgde systeembenadering geeft inzicht in ontwikkelingen van de waterkwaliteit, waaruit volgt dat de aanpak van waterkwaliteit niet los gezien kan worden van de aanpak van het drinkwatervraagstuk. Zowel de toename van vrachten van stoffen (als gevolg van de verwachte autonome veranderingen) als de verhoogde concentraties als gevolg van een eventuele UWF benadrukken de noodzaak voor bronaanpak en verbeterde zuivering voor de waterkwaliteit van het oppervlaktewater.

Aangezien casus Woerden een eerste casus is in een serie verkenningen, waarin de methodiek steeds verder wordt uitgewerkt, kan niet worden uitgesloten dat vervolgcases tot nieuwe inzichten leiden, waarbij ook andere aspecten van belang blijken te zijn. Hier wordt na afronding van de cases op gereflecteerd. Daarmee dient deze rapportage ook nadrukkelijk als tussenproduct worden beschouwd.

Inhoud

Colofon	2
Samenvatting	3
UWF Woerden – impact watersysteem	3
Inhoud	7
1 Introductie	9
1.1 De Ultieme Waterfabriek	9
1.2 Ultieme Waterfabriek in het watersysteem	9
1.3 Casus Woerden	11
2 Methoden	13
2.1 Aanpak	13
2.2 Activiteiten casus Woerden	17
2.3 Waterkwantiteit	19
2.4 Waterkwaliteit	19
2.5 Data	20
2.6 Evaluatie methode	21
3 Resultaten	22
3.1 Inleiding	22
3.2 Verkenning van het watersysteem	22
3.3 Waterkwantiteit heden	24
3.4 Toekomstige, autonome ontwikkelingen	31
3.5 Toekomstscenarios (kwantiteit)	32
3.6 Vergelijking stromen in verschillende situaties en scenario's	38
3.7 Waterkwaliteit	39
4 Discussie	50
4.1 Interpretatie resultaten	50
4.2 Niet-uitgewerkte scenario's	51
4.3 Aannames en methodes	52
4.4 Vraagstukken buiten de scope	54
4.5 Evaluatie van de methode	55
5 Conclusies en aanbevelingen	57
5.1 Conclusies	57
5.2 Aanbevelingen	57
Referenties	59
I Voorbeeld van omgang met kwaliteitsgegevens	61

II	Resultaten werksessies	62
II.I	Werksessie 1	62
II.II	Werksessie 2	66
II.III	Werksessie 3	73
III	Onderbouwing kwantiteit componenten RWZI influent	80
IV	Normen waterkwaliteit	81
V	Resultaten waterkwaliteit overige parameters	83
V.I	Cadmium (Cd)	83
V.II	Chroom (Cr)	84
V.III	Koper (Cu)	85
V.IV	Kwik (Hg)	86
V.V	Nikkel (Ni)	87
V.VI	Lood (Pb)	88
V.VII	Barium (Ba), Boor (B), Lithium (Li) en Chloride (Cl)	88

1 Introductie

1.1 De Ultieme Waterfabriek

Dit rapport beschrijft de eerste resultaten van het onderzoek naar de impact op watersystemen van het initiatief de Ultieme Waterfabriek (UWF). UWF is een samenwerkingstraject van partijen in de watersector¹ die willen laten zien hoe, en onder welke voorwaarden, gezuiverd rioolwater als aanvullende bron voor drinkwater beschikbaar gemaakt kan worden (STOWA, 2025).

Ons watersysteem loopt tegen zijn grenzen aan door toenemende droogte, te snelle waterafvoer, toenemend watergebruik, vervuiling en verzilting. Voor een klimaatrobust watersysteem zijn drinkwaterbesparing en bewust gebruik, maatregelen om water te infiltreren en vast te houden, en blijvende bescherming van de kwaliteit van grond- en oppervlaktewaterbronnen van belang. Daarnaast worden, naast het uitbreiden van bestaande bronnen, mogelijkheden voor aanvullende bronnen (zoals brak grondwater, regenwater of zeewater) verkend. Eén van de aanvullende bronnen voor drinkwaterproductie zou ook gezuiverd rioolwater (rwzi-effluent) kunnen zijn.

In UWF wordt in een demonstratie installatie de technische haalbaarheid van de productie van drinkwater uit gezuiverd rioolwater onderzocht, inclusief een uitgebreid monitoringsprogramma van de kwaliteit van het eindproduct. In regionale labs wordt met betrokken organisaties de effecten op het watersysteem verkend en de acceptatie onderzocht van het gebruik van gezuiverd rioolwater als mogelijke bron voor drinkwater. De governance en juridische aspecten die van belang zijn bij deze systeemverandering komen eveneens aan bod in UWF. Voor een compleet overzicht van de onderwerpen die worden onderzocht binnen de Ultieme Waterfabriek en de opbouw van het overkoepelende project wordt verwezen naar STOWA (2025).

KWR neemt als kennispartner deel vanuit het programma Water in de Circulaire Economie – WiCE (KWR, 2025b), hoofdzakelijk voor de onderdelen *Maatschappelijke en institutionele acceptatie* en *Impact op watersysteem* (dit tussenrapport). Daarnaast zorgt KWR voor de *Kennisontsluiting en verbinding* met de drinkwaterbedrijven.

De UWF activiteiten zijn voor een brede doelgroep van belang: drinkwaterbedrijven, waterschappen, bevoegd gezag, kennisinstellingen en gebruikers. Er wordt gericht samengewerkt met betrokken partijen in de regionale labs, inclusief drinkwaterbedrijven. De strategisch medewerkers en besluitvormers bij alle drinkwaterbedrijven en de Vewin worden betrokken bij de kennisontsluiting.

1.2 Ultieme Waterfabriek in het watersysteem

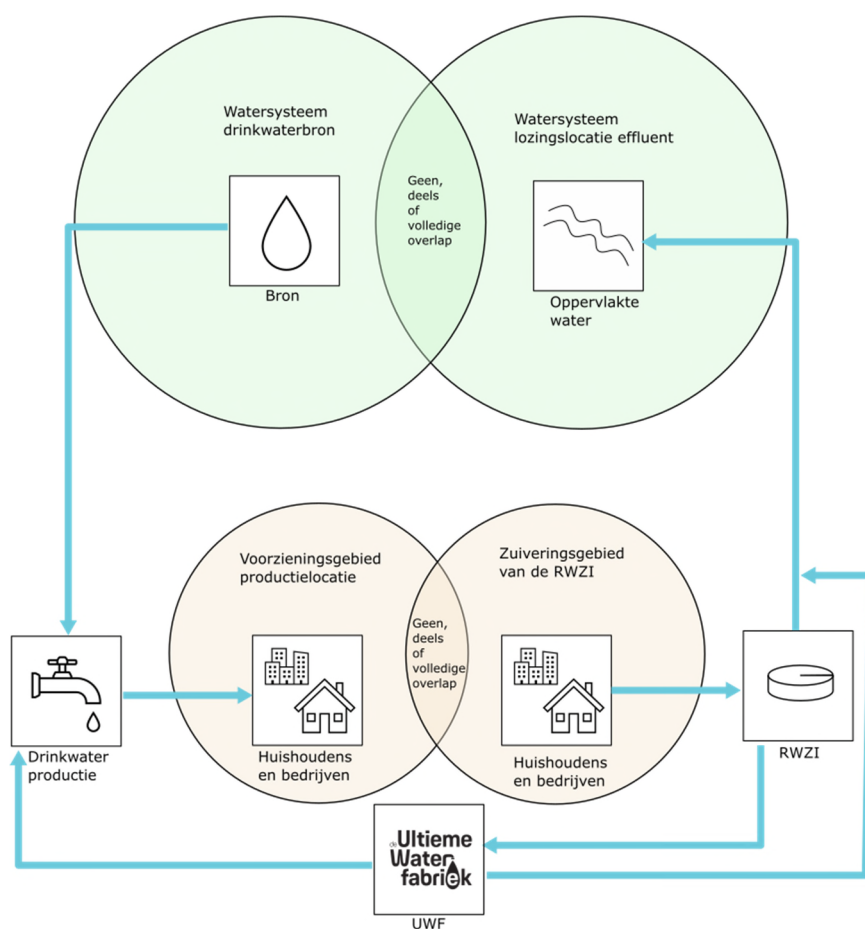
De waterketen (bron tot kraan, watergebruik, riolering en RWZI) en het watersysteem (oppervlakte- en grondwateren) zijn nauw verbonden, waardoor veranderingen in de één, impact kunnen hebben op de ander. De eventuele keuze voor een UWF is een verandering in de waterketen, waarbij de effecten mogelijk kunnen doorwerken in het verdere watersysteem. Voor een Ultieme Waterfabriek wordt effluent van een RWZI gebruikt om drinkwater van te maken. Bij dit proces ontstaat een concentraatstroom die geloosd wordt. In het deelonderzoek ‘Ultieme waterfabriek – Impact watersystemen’ wordt onderzocht op welke manieren een UWF het watersysteem kan beïnvloeden (zie ook Figuur 1-1), en wat dit kan betekenen voor de mogelijkheden en

¹ Deelnemende partners zijn Oasen, Waternet, Dunea, NieuWater, Vechtstromen, HDSR, Aa en Maas, Delfland, WBL, HHSK, Hollandse Delta, Brabantse Delta, Stowa en KWR

wenselijkheid van een UWF in verschillende typen gebieden. Dit onderzoek omvat verschillende deelvragen, waarvan de eindrapportage in 2026 wordt verwacht.

Eén van de onderdelen binnen dit onderzoek betreft de uitwerking van een UWF voor enkele fictieve regionale cases. In de regionale cases wordt gepoogd de mogelijke effecten van een UWF op het regionale watersysteem te verkennen en de reikwijdte en (onbedoelde) bijwerkingen van deze effecten in beeld te brengen. Het doel hiervan is tweeledig: enerzijds wordt binnen de cases kennis verzameld van mogelijke (doorwerking van) effecten van een UWF, anderzijds wordt een methode ontwikkeld om dergelijke verkenningen uit te voeren. Het doel van de cases is niet om een definitief oordeel te vormen over de implementatie van een UWF in een gebied, maar om kansen en knelpunten te identificeren die van belang zijn.

Per casus verkennen onderzoekers samen met experts van de betrokken organisaties en overige stakeholders de effecten op waterkwantiteit en waterkwaliteit middels systeemdenken: een benadering waarbij verschillende onderdelen van en verbanden tussen watersysteem en waterketen expliciet worden beschouwd, betrokkenen worden meegenomen in de opzet en analyse, zonder daarbij complexe modellering toe te passen. In de aanpak wordt steeds uitgegaan van het fysieke watersysteem, de wensen en eisen van stakeholders ten aanzien van het watersysteem en een bredere context (zie ook Figuur 1-2). Vervolgens wordt gekeken hoe dit zich zal ontwikkelen in de toekomst, en hoe een mogelijke maatregel (in dit geval een UWF) zich globaal verhoudt tot een toekomstbeeld zonder deze maatregel.



Figuur 1-1. Schematische weergave van een UWF in relatie tot waterketen en watersystemen. Een UWF is een ingreep in de waterketen, waarbij effecten kunnen ontstaan in het watersysteem van de (oorspronkelijke) bron van drinkwater en het watersysteem waarin het effluent en concentraat wordt geloosd. Deze twee watersystemen kunnen geheel overlappend zijn, of (deels) gescheiden.



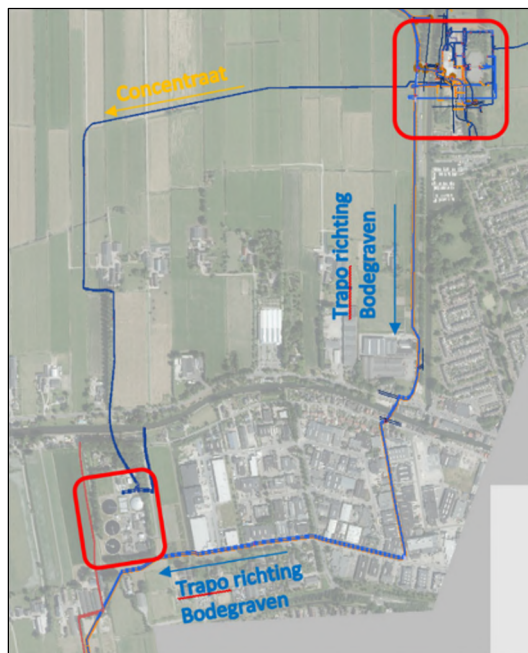
Figuur 1-2. Overzicht van onderwerpen die aan bod komen in het onderdeel 'Impact watersysteem' van de regionale cases.

1.3 Casus Woerden

De eerste casus die wordt verkend in de regionale cases is casus Woerden. Oasen en Hoogheemraadschap de Stichtse Rijnlanden (HDSR) hebben het initiatief genomen voor deze casus. De 'casushouders' zijn Maarten Lut (Oasen) en Nico Admiraal (HDSR).

In deze fictieve casus wordt verkend wat het zou betekenen voor het watersysteem als (een deel van) het effluent van RWZI Woerden gebruikt zou worden om drinkwater van te maken. Dit drinkwater zou toegevoegd kunnen worden aan de transportleiding van productielocatie Kamerik die richting het voorzieningsgebied van Bodegraven gaat en al vlak langs de RWZI Woerden loopt (Figuur 1-3).

In dit rapport wordt de gehanteerde methode beschreven (Hoofdstuk 2). Daarna worden de resultaten beschreven (Hoofdstuk 3), waarin eerst de huidige situatie beschreven, dan een toekomstverkenning gedaan wordt en de mogelijke scenario's met en zonder UWF vergeleken worden. Eerst wordt daarin de waterkwaliteit beschreven, waarna de waterkwaliteit, daarop gebaseerd, gepresenteerd wordt. Na een discussie (Hoofdstuk 4) volgen conclusies en aanbevelingen (Hoofdstuk 5).



Figuur 1-3. Overzichtskaart transportleidingen voor drinkwater (trapo) en concentraat rond drinkwaterproductielocatie Kamerik en RWZI Woerden. Een eventuele UWF nabij RWZI Woerden zou gekoppeld kunnen worden aan bestaande transportleidingen.

2 Methoden

2.1 Aanpak

In deze paragraaf wordt de algemene aanpak voor de regionale cases beschreven. In de daaropvolgende paragrafen wordt beschreven hoe deze aanpak specifiek voor casus Woerden is toegepast.

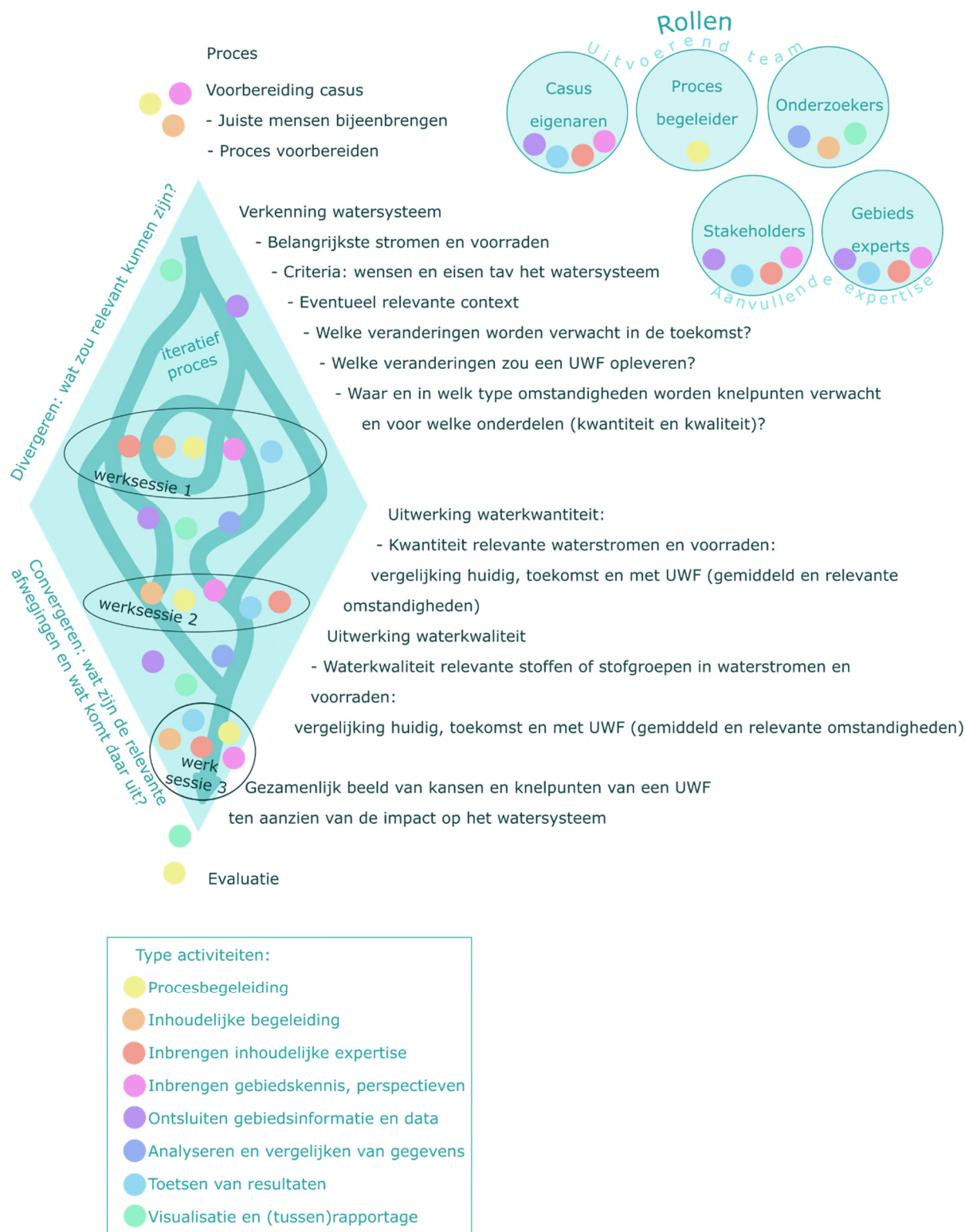
Voor de verkenning van impact van een UWF op het watersysteem in casus Woerden is *watersysteemdenken* toegepast, waarbij onderzoekers, experts en stakeholders gezamenlijk het watersysteem als geheel benaderen (volgens de principes van het systeemdenken), hierin de belangrijkste onderdelen en criteria identificeren en de (doorwerking van) mogelijke veranderingen in kaart brengen. Voor de achtergrond van deze methodiek wordt verwezen naar eerder onderzoek, zoals Krajenbrink et al. (2021), Stofberg et al. (2022), Stofberg et al. (2024) en Stofberg et al. (2025).

In deze methode wordt uitgegaan van een integrale en holistische aanpak, waarin alle componenten van zowel de waterketen (bijv. drinkwateraanvoer, RWZI) als het watersysteem (bijv. oppervlaktewater, grondwater) worden meegenomen. De grootte en samenhang van belangrijke waterstromen worden in beeld gebracht. Vanuit dit overzicht kunnen potentiële maatregelen en veranderingen verkend worden en de verandering in het systeem geduid worden, waarna een gericht beeld ontstaat voor vervolgonderzoek.

Een belangrijk verschil van de toegepaste aanpak ten opzichte van eerder werk, is dat in dit onderzoek de tweedeling van het proces van het ontwerpendenken (eerst het vraagstuk verkennen en vaststellen voordat naar mogelijke oplossingen gekeken wordt) niet wordt toegepast, omdat dit onderzoek juist gericht is op een mogelijke oplossing. In de cases worden wel steeds de vraagstukken (groeierende drinkwatervraag en eventuele andere vraagstukken) meegenomen in de analyse. Daarnaast wordt ten opzichte van eerdere toepassingen van deze methode ook waterkwaliteit meegenomen in de analyse.

In Figuur 2-1 is de globale aanpak van de casus schematisch weergegeven. In de aanpak wordt een proces vormgegeven waarin de casuseigenaren samen met onderzoekers en een procesbegeleider (uitvoerend team) met behulp van stakeholders en gebiedsexperts (aanvullende expertise) de verkenning uitvoeren door achtereenvolgens de divergeren (verkennen wat er zoal meegenomen zou kunnen worden) en te convergeren (de vraagstukken onderbouwen en afwegingen maken). Na een voorbereidingsfase wordt in dit proces het watersysteem verkend (divergeren) en worden vervolgens de onderwerpen waterkwantiteit en waterkwaliteit verder uitgewerkt (convergeren), met een gezamenlijk beeld als doel. Deze stappen worden met name uitgevoerd door het uitvoerende team, waarbij aanvullende expertise vooral tijdens de drie werksessies wordt meegenomen (of in aanvullend contact indien nodig, bijvoorbeeld om specifieke informatie op te vragen).

De rollen binnen het proces kunnen in de praktijk overlappen: casuseigenaren zijn in de praktijk gebiedsexperts en stakeholders. Daarnaast is het denkbaar dat zij ook de rol van procesbegeleider en onderzoeker op zich nemen.



Figuur 2-1. Schematische weergave van de aanpak, stappen in het proces, type activiteiten en rollen. Casuseigenaren, procesbegeleider en onderzoekers zijn vanaf het begin betrokken, na de voorbereidingsfase worden ook stakeholders en gebiedsexperts betrokken. Rollen zullen in de praktijk vaak onderling overlappen.

De (samenhang van de) informatie die in het proces wordt verzameld is weergegeven in Tabel 2-1. De verkenning van het watersysteem levert een overzicht op van de belangrijkste waterstromen en voorraden en de manier waarop deze verbonden zijn (conceptueel model). Dit biedt houvast voor het verdere gesprek over het watersysteem. Hier worden de wensen en eisen die men heeft ten aanzien van het watersysteem besproken, alsmede eventuele andere relevante context en mogelijke knelpunten of kwetsbaarheden (waar wordt (mogelijk) niet aan criteria voldaan?).

Om goed in te schatten wat een UWF kan betekenen zal naar de toekomst gekeken moeten worden: de UWF kan een oplossing vormen voor een toekomstige (toegenomen) watervraag en het proces naar een nieuwe bron voor drinkwater duurt enkele decennia. In een eerlijke vergelijking zal het alternatief meegenomen moeten worden: hoe zal het watersysteem er naar verwachting uit zien als er niet voor een UWF wordt gekozen? Hierin zal in ieder geval meegenomen moeten worden hoe de drinkwatervoorziening geregeld wordt en of er eventuele andere (concurrerende) toepassingen zijn voor het effluent.

Als allerlei mogelijkheden besproken zijn kunnen de keuzes worden gemaakt voor een definitieve afbakening en welke scenario's (en eventuele varianten) vergeleken worden, en waarnaar gekeken wordt (welke onderdelen van het watersysteem en voor welk soort perioden). Voor de waterkwaliteit wordt tevens besloten welke kwaliteitsparameters worden meegenomen (zoals chemische stoffen, stofgroepen, microbiologische parameters of temperatuur).

Hierna volgt de uitwerking van de waterkwantiteit. Hiervoor wordt allereerst data verzameld van de omvang van de waterstromen en/of voorraden die relevant zijn (waar aanmerkelijke veranderingen en mogelijke aandachtspunten worden verwacht) voor de huidige situatie en relevante perioden (bijvoorbeeld droge perioden). Deze data vormt de basis voor de uitwerkingen naar de toekomst, voor zowel het 'autonome' scenario (zonder UWF) als met een UWF. Hiervan zullen in soms (model)scenario's beschikbaar zijn (bijvoorbeeld de basisprognoses van de Deltascenario's), soms zullen andere gegevens beschikbaar zijn (zo kunnen bijvoorbeeld demografische prognoses gebruikt worden om de verandering van de drinkwatervraag te schatten) en soms zullen schattingen gemaakt moeten worden (waarbij de voorkeur bestaat voor een conservatieve benadering). De uitkomsten voor de waterkwantiteit worden vergeleken voor de verschillende scenario's, waarbij ook wordt vergeleken met eventuele normen of andere criteria.

De uitwerking van de waterkwantiteit is nodig om de waterkwaliteit uit te werken. Er worden kwaliteitsgegevens van de relevante waterstromen en voorraden verzameld (bij voorkeur data, anders proxy data van vergelijkbare situaties), waarna vrachten berekend worden. Bij het uitwerken worden vrachten en concentraties met behulp van de waterkwantiteitsscenario's geëxtrapoleerd naar de toekomst, waarbij gebruik gemaakt wordt van conservatieve aannames (worst case benadering). De uitkomsten voor de waterkwaliteit worden vergeleken voor de verschillende scenario's, waarbij ook wordt vergeleken met eventuele normen of andere criteria.

Ten slotte worden de resultaten samengevat in een product (de vorm hiervan staat niet vast) waarin de mogelijke effecten van een UWF op het watersysteem toegelicht worden.

Tabel 2-1. Overzicht van kennis die wordt verzameld voor de casus

Onderdeel	Wat?	Opbrengst
Verkenning watersysteem	Belangrijkste waterstromen en voorraden	Conceptueel model watersysteem
	Criteria: wensen en eisen van stakeholders	Relevante onderdelen van het watersysteem en relevante perioden voor afweging
	Eventueel relevante context	
	Mogelijke knelpunten of kwetsbaarheden	
	Hoe zal het systeem in de toekomst (autonoom) veranderen?	
	Hoe zal het systeem veranderen als gevolg van een UWF	
Waterkwantiteit	Waterkwantiteit voor relevante onderdelen in gemiddelde situatie en in relevante perioden huidige situatie (op basis van data)	
	Verwachte waterkwantiteit voor relevante onderdelen in relevante perioden in de (autonome) toekomstige situatie	Vergelijking effecten UWF op waterkwantiteit
	Verwachte waterkwantiteit voor relevante onderdelen in relevante perioden als gevolg van een UWF	
Waterkwaliteit	Waterkwaliteit voor relevante onderdelen in gemiddelde situatie en in relevante perioden huidige situatie (op basis van data)	
	Verwachte waterkwaliteit voor relevante onderdelen in relevante perioden in de (autonome) toekomstige situatie	Vergelijking effecten UWF op waterkwaliteit
	Verwachte waterkwaliteit voor relevante onderdelen in relevante perioden als gevolg van een UWF	
Gezamenlijk beeld	Samenvatting waarin bovenstaande resultaten tot een samenhangende onderschreven product worden gevormd.	Overzicht van mogelijke effecten van een UWF in het watersysteem

2.2 Activiteiten casus Woerden

Voor casus Woerden is deze aanpak toegepast met behulp van een werkgroep van experts vanuit de betrokken organisaties (Oasen en HDSR). Deze groep is samengesteld in overleg met de initiatiefnemers, op basis van de expertises die eventueel relevant zouden kunnen zijn bij veranderingen in waterkwantiteit en kwaliteit in het studiegebied. De werkgroep bestond uit de volgende deelnemers:

- Hoogheemraadschap de Stichtse Rijnlanden:
 - Nico Admiraal (Casus eigenaar)
 - Procestechnoloog
 - Hydroloog
 - Ecoloog
 - Adviseur Water, Ruimtelijke Ordening en Klimaatadaptatie
 - Beleidsmedewerker waterkwaliteit
 - Gebiedsmanager
 - Projectleider circulaire waterketen
- Oasen:
 - Maarten Lut (Casus eigenaar)
 - Procestechnoloog
 - Hydroloog
 - Hydrologisch specialist
- Provincie Utrecht
 - Beleidsmedewerker grondwater
- Hoogheemraadschap van Rijnland
 - Adviseur Waterkwaliteit
 - Beleidsadviseur Voldoende Water
- Hoogheemraadschap van Delfland
 - Alliantiemanager Duurzaam Circulair
- Dunea
 - Adviseur bronnen
 - Drinkwatertechnoloog

Deelnemers vanuit Hoogheemraadschap van Delfland en Dunea waren als observant aanwezig bij de werksessies aangezien de volgende casus bij hen zal zijn. De werkgroepen zijn begeleid door Katinka Bergema en Judith Hoogenboom (VanWaarde), Sija Stofberg, Jeroen Pelle en Ruud Bartholomeus (KWR).

De activiteiten zoals uitgevoerd gedurende deze casus zijn beschreven in Tabel 2-2.

Tabel 2-2. Overzicht van activiteiten voor Casus Woerden.

Soort activiteit	Beschrijving activiteit
Voorwerk	• Vaststellen casus en deelnemers • Eerste schets watersysteem • Voorbereiden werksessie 1
Werksessie 1 (22 oktober 2025)	• Brainstormen over alle relevante componenten van het watersysteem a.d.h.v. eerste schets watersysteem • Identificeren belangrijkste systeemcomponenten en verbindingen, belangen en behoeften van stakeholders ten aanzien van het watersysteem, eerste blik op mogelijke effecten van een UWF en mogelijk relevante knelpunten en vraagstukken
Onderzoek	• Ordenen van relevante componenten van het watersysteem • Kwantificeren van relevante componenten van het watersysteem • Voorbereiden werksessie 2
Werksessie 2 (18 februari 2025)	• Controleren ordening en kwantificatie van watersysteem • Bepalen belangrijke criteria (zowel kwaliteit als kwantiteit) • Bepalen (toekomst)scenario's om uit te werken
Onderzoek	• Uitwerken scenario's • Doorrekening kwaliteitsparameters per scenario • Vergelijking uitkomsten met criteria • Voorbereiden werksessie 3
Werksessie 3 (18 Maart 2025)	• Bespreking uitkomsten scenario's • Voorzichtige conclusies trekken • Evaluatie casus en methode
Afronding	• Verwerken laatste input/feedback uit werksessie 3 • Reflectie op methode en uitkomsten casus • Rapportage maken • Voorbereiden volgende casus

2.3 Waterkwantiteit

De omvang van de (relevante) waterstromen en voorraden uit het conceptueel model voor relevante tijdsperioden op te vragen uit openbare bronnen of op te vragen bij de betrokken organisaties. Met behulp van de data en de input uit de werksessies zijn relevante perioden geselecteerd die bijdragen aan inzicht in de situatie en mogelijke aandachts- of knelpunten. Er is gebruik gemaakt van een worst-case benadering, waarbij er bij verschillende opties altijd gekozen is voor het meest impactvolle scenario. Voor scenario's of situaties waar geen data bestaat is de omvang van de waterstromen zo mogelijk ingeschat of beredeneerd op basis van literatuur of expertkennis. De omvang van de stromen en voorraden voor de relevante perioden en scenario's zijn in beeld gebracht middels Sankey-diagrammen.

2.4 Waterkwaliteit

De waterkwantiteit is als basis genomen voor de waterkwaliteitsanalyse. Samen met de deelnemers is vastgesteld welke waterkwaliteitsveranderingen te verwachten zijn en hoe deze mogelijk relevant kunnen zijn. Verder is er met een kleinere groep experts een selectie gedaan voor relevante stofgroepen en specifieke stoffen. Voor deze stoffen zijn data opgevraagd en hiermee zijn vracht- en concentratieberekeningen uitgevoerd. Hiertoe worden de verhoudingen van waterstromen genomen als uitgangspunt en wordt gerekend met de volgende formule:

$$\text{concentratie} = \frac{\text{vracht}}{\text{debiet}}$$

Verder zijn de volgende aannames gedaan:

- Bij keuzes is steeds de optie gekozen die zou leiden tot de hoogste concentratie. Dit maakt het een worst case benadering, zodat in de praktijk de concentraties waarschijnlijk lager zullen zijn:
 - De concentraties van het concentraat zijn geschat op basis van het ruwwater. Daarbij werd een gemiddelde en een maximum geleverd, waaruit het gemiddelde is toegepast op de gemiddelde situaties en het maximum op de droge situaties.
 - Bij sommige metingen van sommige stoffen is de detectielimiet bereikt. Wanneer de detectielimiet door de tijd verlaagd is, kunnen er metingen in de tijdserie zijn die lager zijn dan deze detectielimiet. In dit geval zijn de metingen waarbij de detectielimiet was bereikt, verwijderd (Zie Bijlage I voor een voorbeeld van hoe dit toegepast wordt). Wanneer er geen lagere metingen zijn dan de metingen waarbij de detectielimiet is bereikt, is aangenomen dat de concentratie van de stof de detectielimiet betrof. Voorbeeld: wanneer de detectielimiet van 0,5 µg/l is bereikt, wordt een concentratie van 0,5 µg/l aangenomen.
- In een UWF wordt 80% van de medicijnresten afgebroken.
- Om de concentraties in de droge situatie te bepalen, zijn de metingen genomen waarbij het corresponderende debiet lager was dan het gemiddelde. Dit geldt voor zowel de Oude Rijn als RWZI Woerden. Zie Bijlage I voor een voorbeeld van hoe dit toegepast wordt.
- Er vindt slechts menging plaats. Sorptie is niet meegenomen en afbraak slechts bij de UWF(s) en de 4^e trap van RWZI Woerden.
- De geldende KRW normen zijn een maatlat voor eventuele ecologische effecten.

2.5 Data

Gedurende dit onderzoek is data van verschillende typen verzameld. Allereerst is voortgeborduurd op de resultaten van het lokale lab. Daarnaast zijn publieke databases en GIS bestanden geraadpleegd, is er contact geweest met de betrokken organisaties en is informatie opgehaald tijdens de werksessies.

Zie Tabel 2-3 voor de databases die in deze casus gebruikt zijn om de waterstromen en concentraties en vrachten van stoffen te kwantificeren.

Tabel 2-3. Overzicht van de gebruikte tijdserie databases.

Data	Beschrijving	Herkomst data
BODEGRAVEN ADCP_4313- K_BODEGRAVEN ADCP debietmeter	Tijdserie debiet Oude Rijn bij Bodegraven, beschikbaar van 1991-heden, meetfrequentie van 15 minuten.	Publiek beschikbaar: HDSR (https://hdr.lizard.net/viewer/map)
MeetgegevensBodegraven	Meetgegevens kwaliteit oppervlaktewater Oude Rijn te Bodegraven, beschikbaar van 2014-2024.	Contact HDSR (Niels Lenting)
RWZI Woerden 2014-2024 – Concentraties en vrachten in de waterlijn r2.4.1	Tijdserie influent en effluent RWZI Woerden, beschikbaar van 2014-2024. Zowel debiet als concentraties van zware metalen en medicijnresten, dagdata.	Contact HDSR (Minke van Rossem)
Neerslag Zegveld	Tijdserie neerslag station Zegveld (stationnummer 470, gelegen in zuiveringsgebied RWZI Woerden), 24-uur som. Beschikbaar van 1928-heden.	Publiek beschikbaar: Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut (KNMI)

2.6 Evaluatie methode

In de laatste werksessie is met de deelnemers gereflecteerd op de methode, het proces en de uitkomsten. Hieruit zijn evaluatiepunten opgehaald die meegenomen kunnen worden in de volgende cases. Zo kunnen de methode en het proces verbeterd worden.

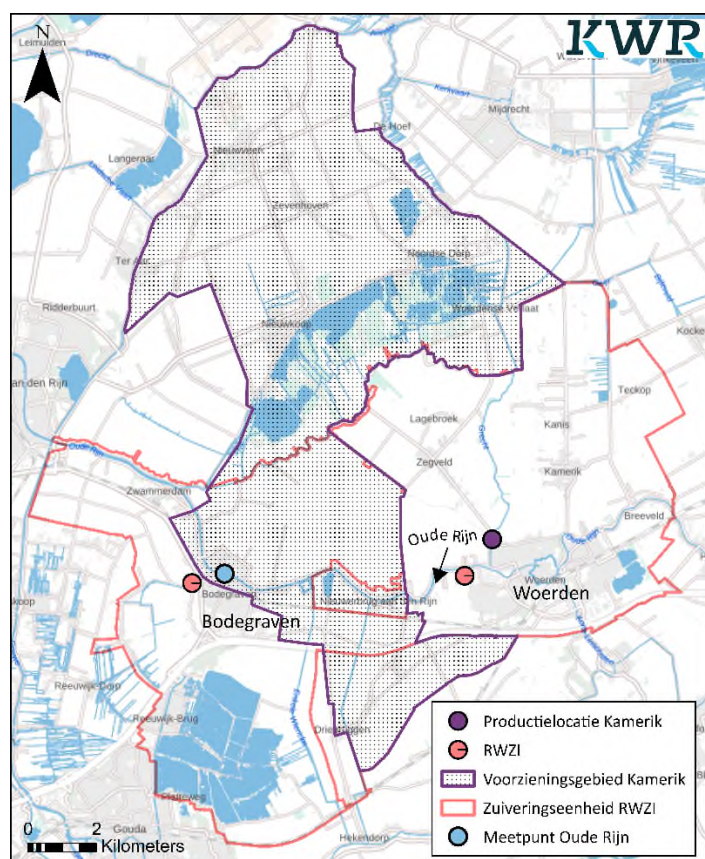
3 Resultaten

3.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden de resultaten van het volledige proces gepresenteerd. De resultaten van de afzonderlijke werksessies en de tussenstappen in het onderzoek zijn hierin verwerkt. De verslagen en powerpointpresentaties van de werksessies geven inzicht in de verschillende tussenresultaten en de kennis die bij de werksessies is opgehaald. Deze zijn opgenomen in bijlage II.

3.2 Verkenning van het watersysteem

In Figuur 3-1 is het studiegebied van deze eerste casus aangegeven, waarbij de productielocatie van Oasen (Kamerik) drinkwater levert aan het aangegeven gebied. Er is hierbij deels overlap met het zuiveringsgebied van rioolwaterzuiveringsinstallatie (RWZI) Bodegraven. Beide RWZI's (van Woerden en Bodegraven) lozen op de Oude Rijn. Deze rivier wordt volledig gereguleerd door stuwen die zijn gesitueerd in zowel de polders die aangesloten zijn op de Oude Rijn, als in de rivier zelf. De dominante stromingsrichting is van oost naar west, maar het doet zich sporadisch voor dat er geen stroming is of stroming van west naar oost.



Figuur 3-1. Overzichtskartaal studiegebied casus Woerden. Bron: PDOK.

De grenzen van het studiegebied zijn beperkt tot de twee zuiveringseenheden van RWZI Woerden en Bodegraven en het leveringsgebied van Kamerik, aangezien de stromen die zouden veranderen in de verschillende scenario's

met en zonder UWF(s) hierbinnen vallen. Dit zijn de stromen van de drinkwatervoorziening aan Bodegraven en omgeving en de stromen rondom de RWZIs van Woerden en Bodegraven en de Oude Rijn.

De volgende onderdelen van de waterketen zijn mogelijk betrokken bij (de gevolgen van) een Ultieme Waterfabriek:

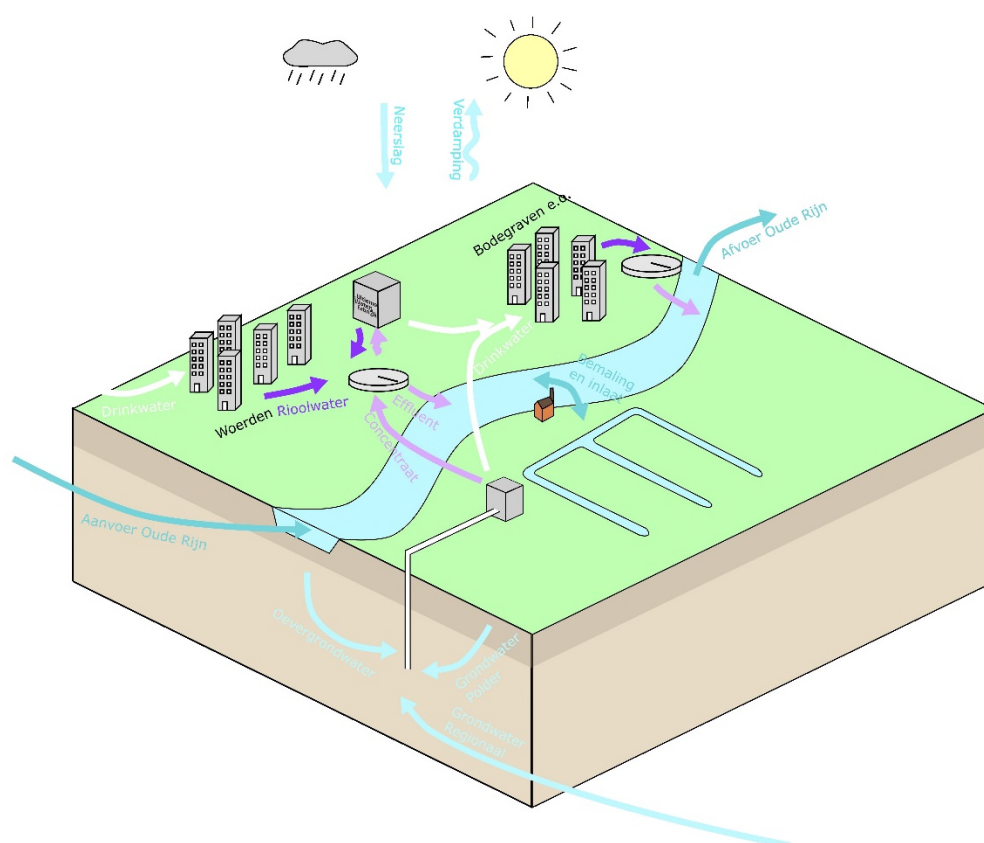
- RWZI Woerden, welke aangesloten is op een zuiveringsgebied in Woerden, en loost op de Oude Rijn
- Productielocatie Kamerik, waar oevergrondwater wordt gewonnen. Dit oevergrondwater bestaat naar schatting voor 20% uit lokaal oppervlaktewater uit de Grecht, een zijtak van de Oude Rijn, wat volgens de waterbeheerder als één reservoir functioneert met de Oude Rijn. Daarnaast bestaat het gewonnen water voor 50% uit het lokale poldersysteem, dat middels bemaling en aanvoer verbonden is met de Oude Rijn. Het overige deel van het water dat gewonnen wordt (30%) is afkomstig uit het regionale grondwatersysteem.
- RWZI Bodegraven, waar een eventuele toename van de drinkwatervoorziening van Bodegraven en omgeving zou leiden tot een toename van het effluent dat op de Oude Rijn geloosd wordt.

Eventuele veranderingen in kwantiteit en kwaliteit van bovenstaande stromen zouden met name tot uiting komen in de Oude Rijn.

Veranderingen in de kwantiteit en de kwaliteit van bovenstaande stromen (inclusief de Oude Rijn) raken mogelijk aan de volgende belangen en behoeften van stakeholders:

- Waterkwantiteit van de Oude Rijn in relatie tot de watervoorziening van Rijnland
- Waterkwaliteit van de Oude Rijn met betrekking tot de KRW en natuur in aangelegen poldergebieden

Bovenstaande aandachtspunten gelden voornamelijk bij droge situaties, waarin de afvoer van de Oude Rijn het laagst is. Daarom is gekozen om zowel gemiddelde als droge situaties te bekijken. De gemiddelde situatie functioneert daarmee als referentiekader, terwijl de droge situatie functioneert als worst case scenario, omdat de concentraties in de Oude Rijn hier het hoogst worden. Er wordt dus gefocust op de Oude Rijn en de mogelijk veranderende in- en uitgaande stromen, waarbij we starten met de gemiddelde situatie maar toespitsen op (zeer) droge situaties.



Figuur 3-2. Conceptueel model van de waterstromen die te maken hebben met een UWF bij Woerden.

3.3 Waterkwantiteit heden

3.3.1 Heden, gemiddeld

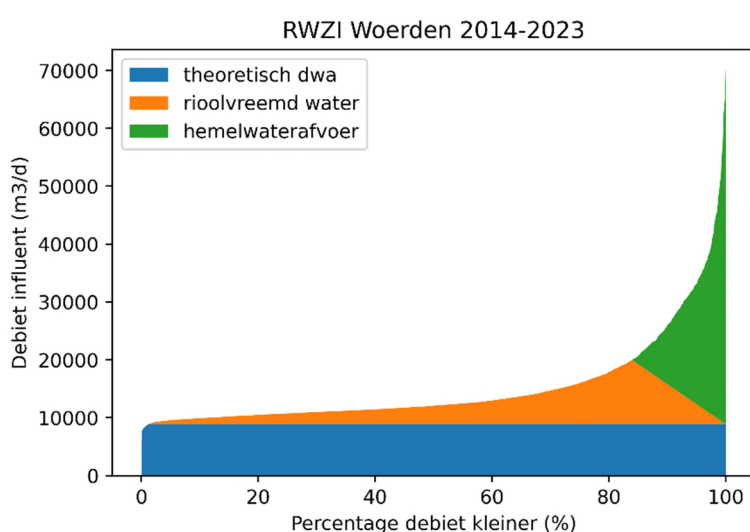
Voor elke stroom is het gemiddelde debiet voor de beschikbare tijdsperiode genomen. De uitgangssituatie hiervoor is de periode van 2014 tot 2023 zoals beschikbaar is voor de Oude Rijn, hoewel niet elke stroom dezelfde beschikbaarheid van data heeft. Dit is voor de methode van systeemdenken echter ook niet noodzakelijk, aangezien het doel is om een (stationair) conceptueel model te creëren van het systeem en de relaties binnen het systeem. De volgende data van de verschillende stromen is gebruikt:

- *Oude Rijn*. Gemiddelde van 2014 tot 2023. Hierbij is het gemiddelde van alle kwartierwaarden over de totale reeks genomen. In 2024 was een substantieel deel van het jaar geen debiet gemeten waardoor dit jaar niet is meegenomen.
- *Productielocatie Kamerik*.
 - *Drinkwaterproductie Kamerik*. Gemiddelde winning voor 2025 (pers. comm. Kees Zijderveld, Oasen). Dit water is afkomstig uit rivierwater, polderwater en dieper grondwater.
 - *Drinkwaterlevering*. De drinkwatervraag in het gebied is 2.4 Miljoen m³/jaar (pers. comm. Kees Zijderveld, Oasen). De aanname is dat dit voor dit gebied allemaal geleverd wordt door Kamerik. Voor de grenzen van dit gebied, zie Figuur 1-3.
- *RWZI Woerden*. De verschillende componenten van het influent in de RWZI (theoretische droogweerafvoer, rioolvreemd water en hemelwaterafvoer) zijn berekend op basis van de Weiss-Brombach methode (Stichting RIONED, 2003; van de Kerk & van Wieringen, 2005; Voorhoeve & van de Kerk, 2003; Weiss et al., 2002). De

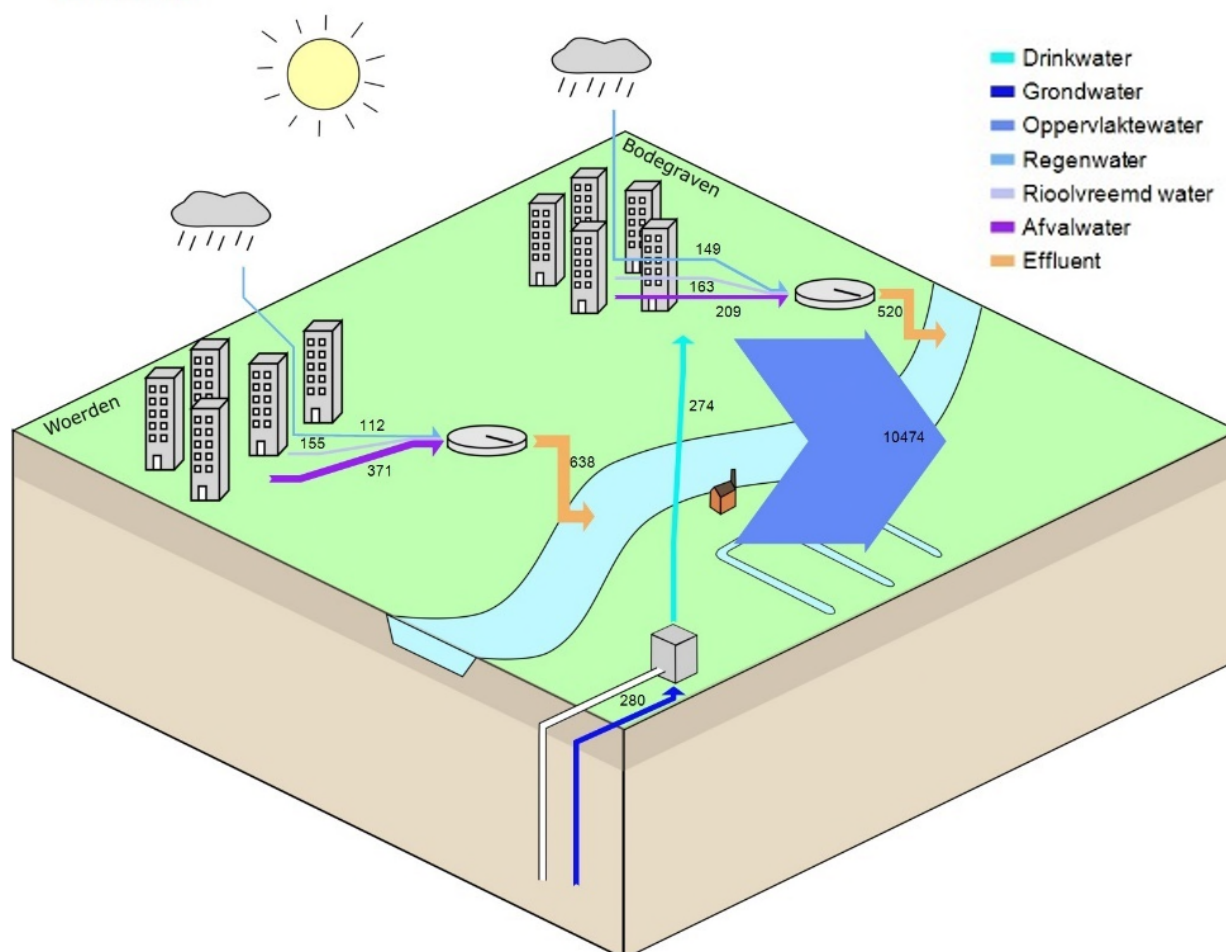
theoretische droogweerafvoer, die staat voor het afvalwater van huishoudens en industrie, is berekend op basis van het inwonersequivalent van de RWZI, wat gemiddeld 74200 was tussen 2019 en 2023 en een gemiddeld verbruik van 120 L/d/inwoner (ONRI-werkgroep, 2009; Voorhoeve & van de Kerk, 2003). De definitie van een droge dag is overgenomen van DWAAS (van de Kerk & van Wieringen, 2005; Voorhoeve & van de Kerk, 2003). Een droge dag is een dag waarop zowel op de dag zelf als de vorige en volgende dag minder dan 0.5 mm neerslag gevallen is. De debieten worden gesorteerd op hoeveelheid en het debiet waarna alle debieten dagen met neerslag zijn, wordt gemarkeerd en vanaf dat punt wordt een rechte lijn getrokken naar de theoretische droogweerafvoer bij het hoogste debiet (Figuur 3-3). Aangezien er één observatie van het effluentdebiet was op een dag zonder neerslag, die boven het 90 percentiel van effluentdebiet uitkwam, de laagste daarna rond de 83 procent was en het de veertien dagen voor deze hoge observatie, inclusief de dag ervoor heeft geregend en het deze dag zelf 0.4 mm regende, is besloten deze observatie als neerslag te zien. Het oppervlak tussen de theoretische droogweerafvoer en de daadwerkelijke debieten wordt gedefinieerd als rioolvreemd water (RVW). Deze twee componenten zorgen samen voor de daadwerkelijke droogweerafvoer. Het overige water is afkomstig van hemelwater. Voor een onderbouwing van de betrouwbaarheid van de resulterende getallen, zie Bijlage III. Er wordt aangenomen dat de hoeveelheid effluent gelijk is aan de hoeveelheid influent.

- *RWZI Bodegraven*. Uurgemiddelden van (theoretische) DWA en totale aanvoer uit 2023 zijn aangeleverd door Paul Versteeg (HvR), met de kanttekening dat de herkomst droogweerafvoer (DWA) van bedrijven uit 2018 komt. Ook hier is de aanname gemaakt dat effluent gelijk is aan influent. De aangeleverde uurgemiddelden lijken gebaseerd te zijn op een piekfactor waarbij er vanuit gegaan is dat al het afvalwater in 10 uur de RWZI bereikt en er de overige 14 uur geen influent is (ONRI-werkgroep, 2009). Deze uurgemiddelden zijn dus de gemiddelden gedurende de 10 uur dat er influent inkomt. Om hier een uurgemiddelde dat het gemiddelde over de gehele dag representeert, van te maken, is dit omgerekend met een factor 2,4 (24/10). Ook is afgeleid dat de aangeleverde DWA de theoretische DWA betreft (dus exclusief RVW) en de hemelwater afvoer inclusief de RVW is gerekend. Daarnaast is het aangeleverde jaarlijkse aandeel RVW op het totaal gebruikt om de hoeveelheid RVW te bepalen. Voor een onderbouwing van de betrouwbaarheid van de resulterende getallen, zie Bijlage 0.

De omvang van de waterstromen in de gemiddelde huidige situatie van het watersysteem is samengevat in Figuur 3-4



Figuur 3-3. Weiss-Brombach methode toegepast op RWZI Woerden.

Heden (voor 2025), gemiddeldEenheid: m³/u

Figuur 3-4. Sankey-diagram van gemiddelde situatie vóór de ingebruikname van de RO bij Kamerik (2025). De dikte van de stromingspijlen zijn in verhouding tot de respectievelijke grootte van die stroom.

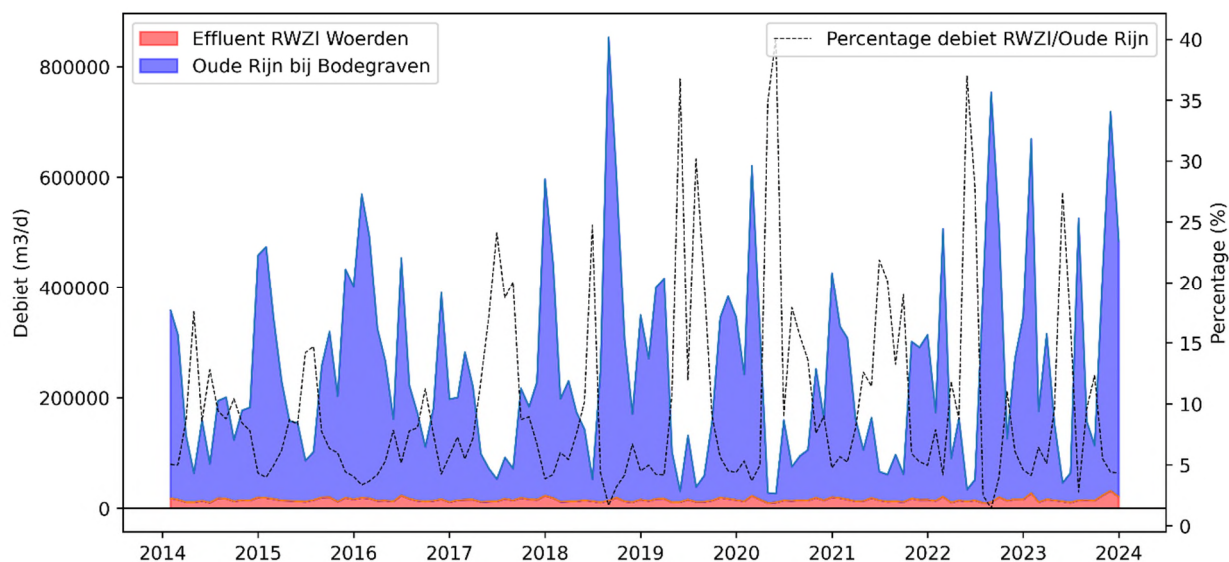
3.3.2 Heden, droog

Onder ‘droge situatie’ wordt hier verstaan: het grootste aandeel effluent in de Oude Rijn op maandbasis in de periode 2014-2023. Dit is de maand mei 2020 en komt overeen met het laagste maandgemiddelde debiet in de Oude Rijn en een percentage van het effluent in de Oude Rijn van 40% (Figuur 3-5), vergelijkbaar met de gepubliceerde resultaten van Beard et al. (2019).

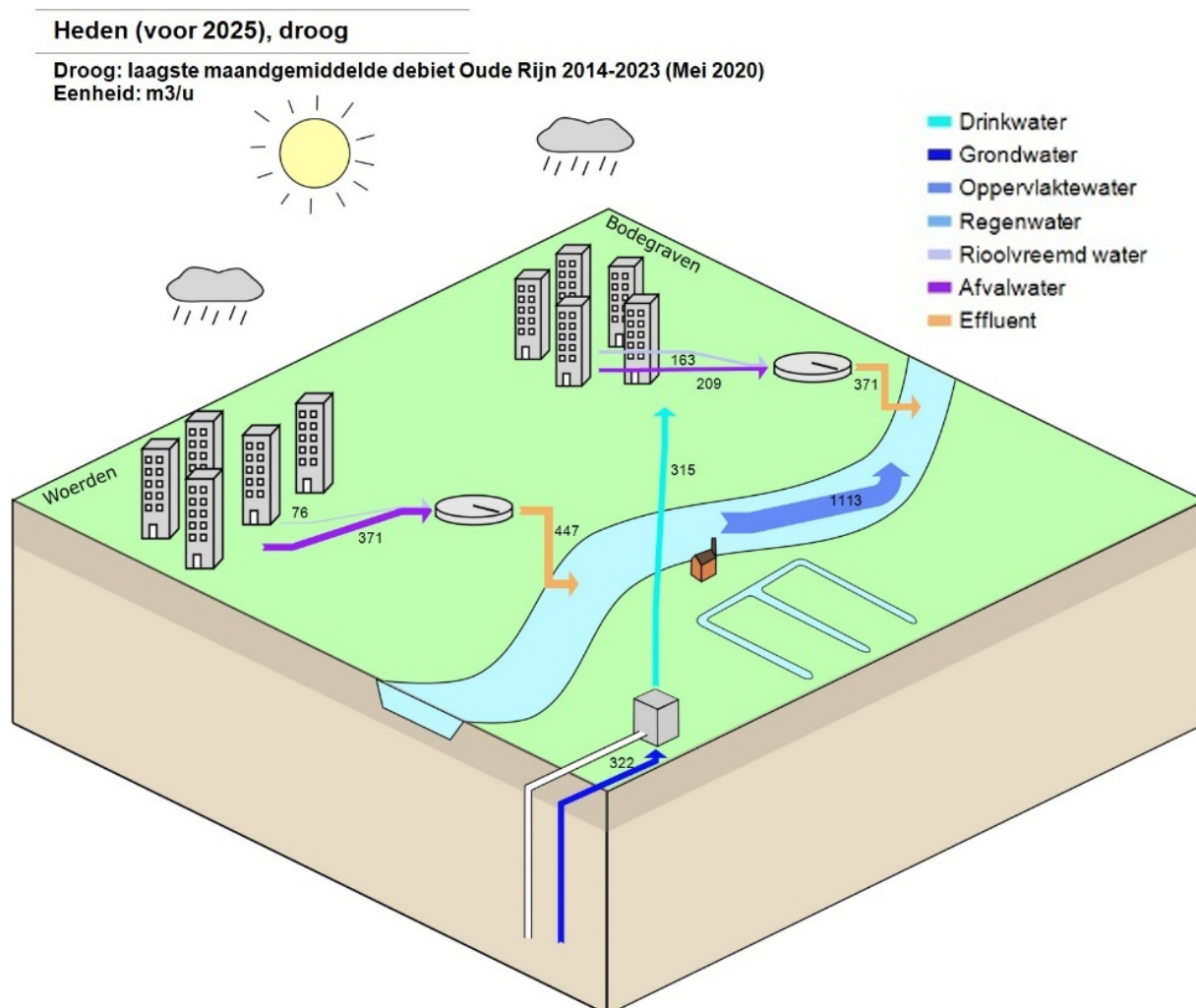
De veranderingen ten opzichte van de gemiddelde situatie zijn de volgende:

- *Oude Rijn*. De Oude Rijn houdt slechts 11% van de gemiddelde afvoer over in deze droge periode (mei 2020).
- *Productielocatie Kamerik*.
 - *Drinkwaterwinning*. In droge periodes kan er ongeveer 1000 m³/d extra worden onttrokken. Dit betekent dat er in het heden en in een droge situatie 322 m³/u wordt onttrokken, zodat de verhouding droog/gemiddeld $322/280 = 1.15$ is. Dit wordt vanaf nu de droogtefactor genoemd.
 - *Drinkwaterlevering*. De ratio levering/winning bij de gemiddelde situatie is hier gebruikt.
- *RWZI Woerden*. In een droge periode is er geen hemelafvoer. Er is vanuit gegaan dat de theoretische DWA niet is afgenomen in deze maand, dus een lagere hoeveelheid RVW is als reden beschouwd voor het verschil tussen de gemiddelde DWA en de DWA in mei 2020.
- *RWZI Bodegraven*. Bij gebrek aan tijdreeksdata is bij RWZI Bodegraven de gemiddelde DWA genomen.

In Figuur 3-6 zijn de stromen samengevat en is het grote aandeel van het effluent te zien door voornamelijk de veranderde afvoer van de Oude Rijn:



Figuur 3-5. Tijdsreeks debiet Oude Rijn en effluent RWZI Woerden en percentage effluent/debiet Oude Rijn van 2014 tot en met 2023.



Figuur 3-6. Sankey-diagram van droge situatie vóór de ingebruikname van de RO bij Kamerik (2025).

3.3.3 Heden met RO (droog en gemiddeld)

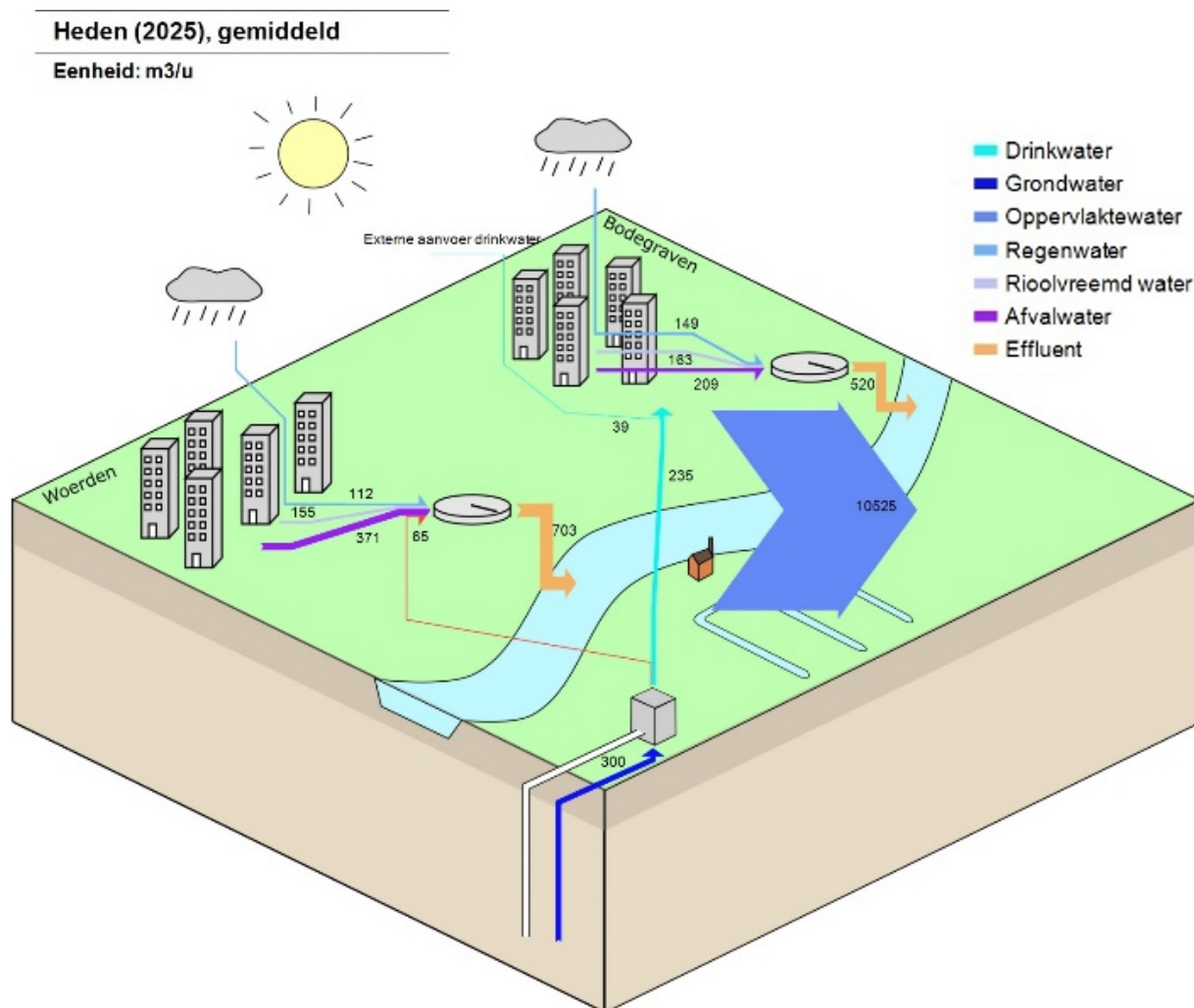
In 2025 is er bij productielocatie Kamerik een omgekeerde osmose (RO) in bedrijf genomen. Deze produceert een significante reststroom die vervolgens via RWZI Woerden geloosd wordt op de Oude Rijn (Hoofdstuk 1.3).

De volgende stromen zijn veranderd ten opzichte van de situatie voor de RO:

- *Productielocatie Kamerik.*
 - *Drinkwaterwinning.* Verwacht wordt dat er vanaf 2025 meer oevergrondwater gewonnen gaat worden, van gemiddeld 280 m³/u naar 300 m³/u (pers. comm. Kees Zijderveld, Oasen). Deze relatieve stijging is ook toegepast op de droge situatie.
 - *Concentraat.* Concentraat vormt een nieuwe stroom die van productielocatie Kamerik naar RWZI Woerden gaat. Bij een winning van 300 m³/u wordt een reststroom van 65 m³/u gegenereerd. In een droge situatie is dezelfde ratio concentraat/winning toegepast.
 - *Drinkwaterlevering.* De drinkwaterlevering is nu gedefinieerd als het verschil tussen de drinkwaterwinning en het concentraat.
- *Externe aanvoer drinkwater.* Door de significante reststroom (22%) wordt er in totaal minder drinkwater geproduceerd bij Kamerik. Daarom is er een externe aanvoer van drinkwater toegevoegd die het verschil tussen drinkwatervraag en drinkwaterlevering opvangt. Dit drinkwater komt van andere productielocaties die verbonden zijn met dit voorzieningsgebied.
- *RWZI Woerden Effluent.* Aan het effluent van RWZI Woerden is het concentraat van Kamerik toegevoegd.

- *Oude Rijn*. Van de oevergrondwaterwinning komt 20% van infiltrerend rivierwater uit de Oude Rijn, 50% vanuit de polder en 30% vanuit stedelijk gebied van Woerden (pers. comm. Rosa Sjerps, Oasen). Aangenomen wordt dat de polder en rivier samen één systeem vormen en direct in verbinding staan, zodat het polderwater dat onttrokken wordt uiteindelijk ook door de rivier weer aangevuld moet worden en dus tot verlaging van het debiet in de Oude Rijn zal zorgen. Daarom wordt aangenomen dat 70% van het gewonnen water uit de Oude Rijn komt en deze extra 20 m³/u voor 70% uit de Oude Rijn gehaald wordt. Daarentegen zorgt de toename in effluent door het concentraat voor een grotere lozing op de Oude Rijn. Deze toename is groter dan het verlies uit de Oude Rijn door extra oevergrondwaterwinning, waardoor het totale debiet in de Oude Rijn licht stijgt (0,5% in gemiddelde situatie en 5,3% in droge situatie).

Deze nieuwe situatie is weergegeven in Figuur 3-7 (gemiddelde situatie) en Figuur 3-8 (droge situatie).

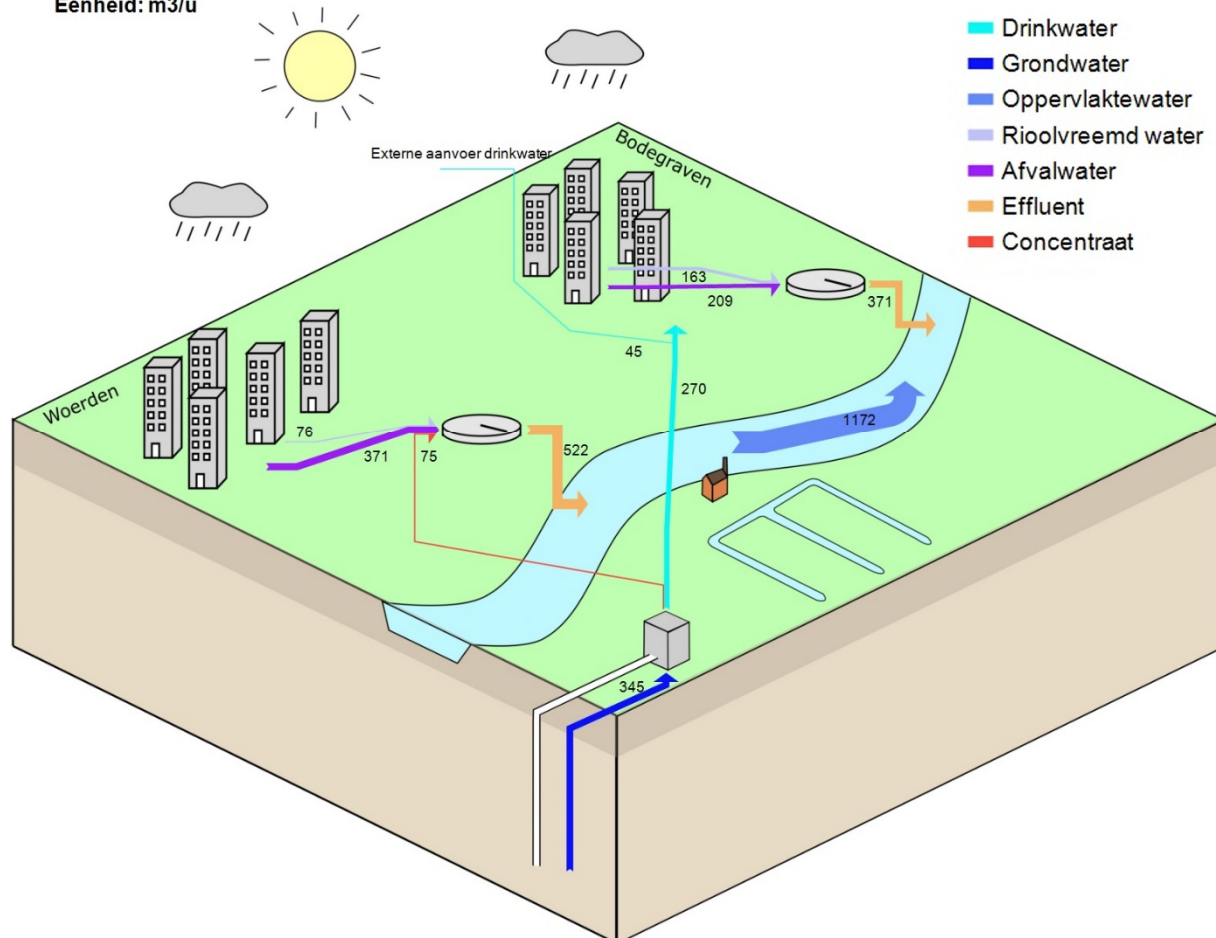


Figuur 3-7. Sankey-diagram van gemiddelde situatie na ingebruikname van de RO bij Kamerik (2025).

Heden (2025), droog

Droog: laagste maandgemiddelde debiet Oude Rijn 2014-2023 (Mei 2020)

Eenheid: m³/u



Figuur 3-8. Sankey-diagram van droge situatie na ingebruikname van de RO bij Kamerik (2025).

3.3.4 Heden, droog RO KWA

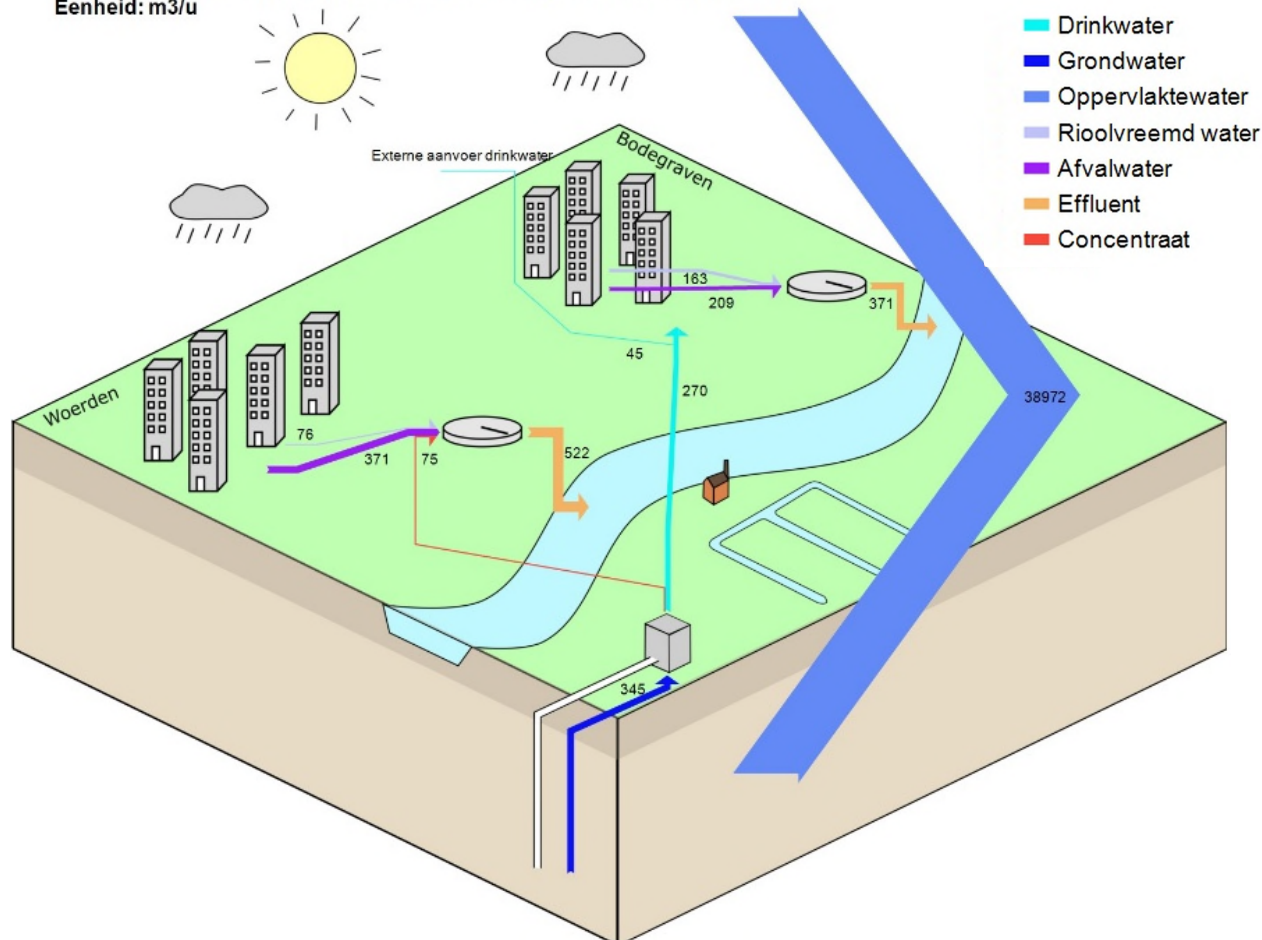
De Klimaatbestendige WaterAanvoer (KWA) is een voorziening om in extreem droge tijden extra zoet water aan te voeren aan West-Nederland (Nationaal Deltaprogramma Zoetwater, 2021). Recentelijk zou deze voorziening zijn uitgebreid (planning: 2024), zodat er nu 10,5 m³/s extra door de Oude Rijn stroomt wanneer de KWA wordt aangezet (Mens et al., 2018; Nationaal Deltaprogramma Zoetwater, 2021).

Inzet van de KWA in een extreme droge tijd heeft een grote impact op de verhoudingen van de stromen in het watersysteem (Figuur 3-9). Het debiet in de Oude Rijn stijgt met 3325% terwijl de overige stromen niet veranderen. Het aandeel effluent wordt daarmee verlaagd tot 1,3%.

Heden (2025), droog met KWA

Droog: laagste maandgemiddelde debiet Oude Rijn 2014-2023 (Mei 2020)

Eenheid: m³/u



Figuur 3-9. Sankey-diagram van droge situatie na de ingebruikname van de RO bij Kamerik wanneer de KWA in gebruik is (2025).

3.4 Toekomstige, autonome ontwikkelingen

In de toekomst zullen verschillende ontwikkelingen zoals klimaatverandering en demografische ontwikkelingen zorgen voor wijzigingen in het watersysteem. Als uitgangspunt is het jaartal 2050 genomen. De volgende veranderingen in de waterstromen zijn meegenomen:

- *Oude Rijn.* In deze studie is aangenomen dat het debiet van de Oude Rijn niet verandert door externe (bovenstroomse) veranderingen. Er zijn geen bestaande prognoses of scenario's betreffende het debiet van de Oude Rijn. Daarbij komt dat het debiet in de Oude Rijn volledig wordt beheerst door stuwen en het daarom lastig is om in te schatten in hoeverre de sturing van het debiet zou veranderen door veranderende (bovenstroomse) omstandigheden.
- *Drinkwaterlevering.* Een extreem groeiscenario in het voorzieningsgebied van productielocatie Kamerik is gedefinieerd als een groei van 2.4 miljoen m³/j (huidig) naar 2.7 miljoen m³/j in 2050 (pers. comm. Kees Zijdeveld, Oasen). Deze drinkwatervraag wordt, na de droogtefactor (paragraaf 3.3.2) voor droge tijden te hebben toegepast, gelijkgesteld aan de totale levering aan het voorzieningsgebied van Kamerik.
- *RWZI Woerden.*
 - *Theoretische DWA.* Door bevolkingsgroei wordt een toename van 30% in de theoretische DWA verwacht tot 2050. De 4^e trap die toegevoegd wordt aan de zuiveringsinstallatie is ook gebouwd op deze prognose (pers. comm. Marlies Verhoeven, HDSR). Dit is een grote stijging ten opzichte van prognose CBS en Primos, die in

deze zuiveringseenheid een bevolkingsgroei tussen 2025 en 2050 schatten van 4,0% en 7,5%, respectievelijk (CBS, 2020).

- *Rioolvreemd water*. Er zijn geen verwachte veranderingen voor de hoeveelheid RVW (pers. comm. Marlies Verhoeven, HSDR).
- *Hemelwaterafvoer*. Er zijn geen verwachte veranderingen voor de hoeveelheid HWA. Nieuwe woonwijken zullen afgekoppeld worden van het riool en er zijn geen verwachte veranderingen in de bestaande wijken (pers. comm. Marlies Verhoeven, HSDR). Daarnaast worden slechts droge situaties zonder HWA beschouwd in de toekomstscenario's.
- *RWZI Bodegraven*.
 - *Theoretische DWA*. Voor RWZI Bodegraven zijn geen prognoses van de bevolkingsgroei in het zuiveringsgebied bekend. Vanwege de gedeeltelijke overlap tussen de zuiveringseenheid van RWZI Bodegraven en het leveringsgebied van Kamerik (Figuur 1-3) is daarom gekozen om uit te gaan van eenzelfde groeipercentage als de drinkwatervraag (12,5%). Dit is vergelijkbaar met de verwachte bevolkingsgroei tussen 2025 en 2050 in de zuiveringseenheid zoals geschat door Primos (13,1%), maar vergeleken met de schatting van CBS (2,9%) een hoge schatting (CBS, 2020).
 - *Rioolvreemd water*. Zoals bij RWZI Woerden wordt aangenomen dat de hoeveelheid rioolvreemd water onveranderd blijft.
 - *Hemelwaterafvoer*. Hoewel klimaatverandering verwacht wordt te leiden tot extremere buien en dus meer stroming in het riool kan veroorzaken, is er ook vaker beleid gericht afkoppeling van het riool en vergroening in de stad, waardoor dit effect gecompenseerd kan worden. Er is daarom geen reden om veranderingen aan te nemen. Daarnaast worden in de uitgewerkte toekomstscenario's slechts droge situaties zonder HWA beschouwd.

3.5 Toekomstscenarios (kwantiteit)

3.5.1 Beschrijvingen totstandkoming en inhoud van de toekomstscenarios

Tegenover de autonome veranderingen in het watersysteem zoals beschreven in paragraaf 3.4 staan de stromen die beïnvloed kunnen worden door strategische keuzes. Dit betreft in deze casus voornamelijk de keuze voor drinkwaterproductiestrategie, die doorwerkt op het gehele watersysteem. Verschillende scenario's met een UWF worden vergeleken met een referentiescenario waarin de verwachte drinkwatervraaggroei opgevangen wordt door een uitbreiding van Kamerik. Uiteindelijk is besloten de volgende scenario's uit te werken:

- **Referentiescenario**
 - **Uitbreiding drinkwaterproductie Kamerik**. Kamerik wordt uitgebreid om de groei van de drinkwatervraag op te vangen.
- **Scenario met UWF(s)**
 - **Minimale UWF**. De UWF zal de groei van de drinkwatervraag opvangen.
 - **Maximale UWF**. De UWF gebruikt al het beschikbare effluent van RWZI Woerden. Kamerik hoeft hierdoor minder oevergrondwater te onttrekken.
 - **Dubbele maximale UWF**. Het scenario 'Maximale UWF' wordt uitgebreid met een extra UWF die al het beschikbare effluent van RWZI Bodegraven zal gebruiken. Dit scenario is niet verder uitgewerkt. Het functioneert ter verkenning van de impact van een grootschaliger gebruik van UWF's op het regionale watersysteem.

Al de scenario's worden geanalyseerd voor een droge periode (zoals gedefinieerd in paragraaf 3.3.2).

3.5.2 Uitbreiding Kamerik

Het scenario waarin de verwachte autonome toekomstveranderingen zijn meegenomen en de oevergrondwaterwinning van Kamerik uitgebreid wordt met de verwachte groei van de drinkwatervraag, levert de volgende stromen op:

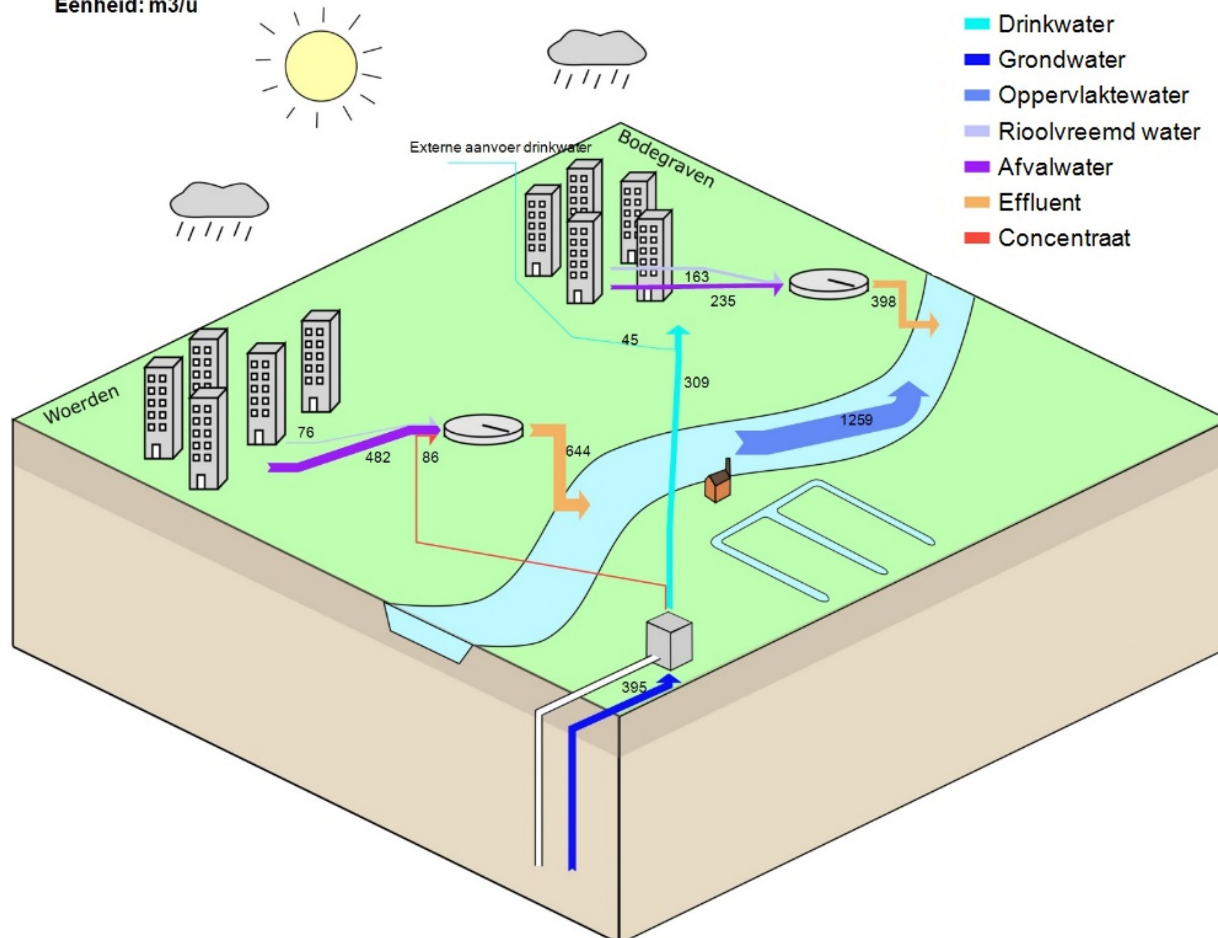
- *Drinkwaterlevering Kamerik*. Aangenomen is dat de *externe levering drinkwater* gelijk is gebleven aan de situatie 'Heden met RO, droog' (paragraaf 3.3.3). Het overige deel van de drinkwatervraag in 2050 (2,7 miljoen m³/j, paragraaf 3.4) zal geleverd worden door Kamerik. Daarbovenop komt de droogtefactor die toegepast wordt in droge tijden (zie paragraaf 3.3.2).
- *Drinkwaterwinning* stijgt met de drinkwaterlevering met de verhouding drinkwaterwinning/drinkwaterlevering van situatie 'Heden met RO, droog' (paragraaf 3.3.3).
- *Concentraat* is in dezelfde verhouding doorgerekend als in 'Heden met RO, droog' (paragraaf 3.3.3).
- *RWZI Woerden* (zie paragraaf 3.4). Ten opzichte van situatie 'Heden met RO, droog' (paragraaf 3.3.3):
 - De *theoretische DWA* is gestegen met 30%.
 - Het *RVW* is gelijk gebleven.
 - Er is geen *HWA* in een droge situatie.
- *RWZI Bodegraven* (zie paragraaf 3.4). Ten opzichte van situatie 'Heden met RO, droog' (paragraaf 3.3.3):
 - De *theoretische DWA* is gestegen in de verhouding van de drinkwatervraaggroei.
 - Het *RVW* is gelijk gebleven.
 - Er is geen *HWA* in een droge situatie.
- *Oude Rijn*. Het debiet van de Oude Rijn is veranderd ten opzichte van de situatie 'Heden met RO, droog' (paragraaf 3.3.3) door twee factoren: (1) Het debiet van de lozing van RWZI Woerden is gestegen door een verhoogde concentraatstroom en verhoogde afvalwaterstroom (theoretische DWA). (2) De grotere oevergrondwateronttrekking bij Kamerik, waarbij er meer water uit de Oude Rijn onttrokken wordt. Netto zorgt dit voor een stijging van het debiet in de Oude Rijn van 7,4%. Na de lozing van de RWZI (die na het meetpunt in de Oude Rijn bij Bodegraven plaatsvindt) zal het debiet nog verder stijgen door de verhoogde theoretische DWA in RWZI Bodegraven.

De situatie in dit scenario is samengevat in Figuur 3-10.

Toekomstscenario Uitbreiding Kamerik, droog

Droog: laagste maandgemiddelde debiet Oude Rijn 2014-2023 (Mei 2020)

Eenheid: m³/u



Figuur 3-10. Sankey-diagram van droge situatie in toekomstscenario 'Uitbreiding Kamerik'.

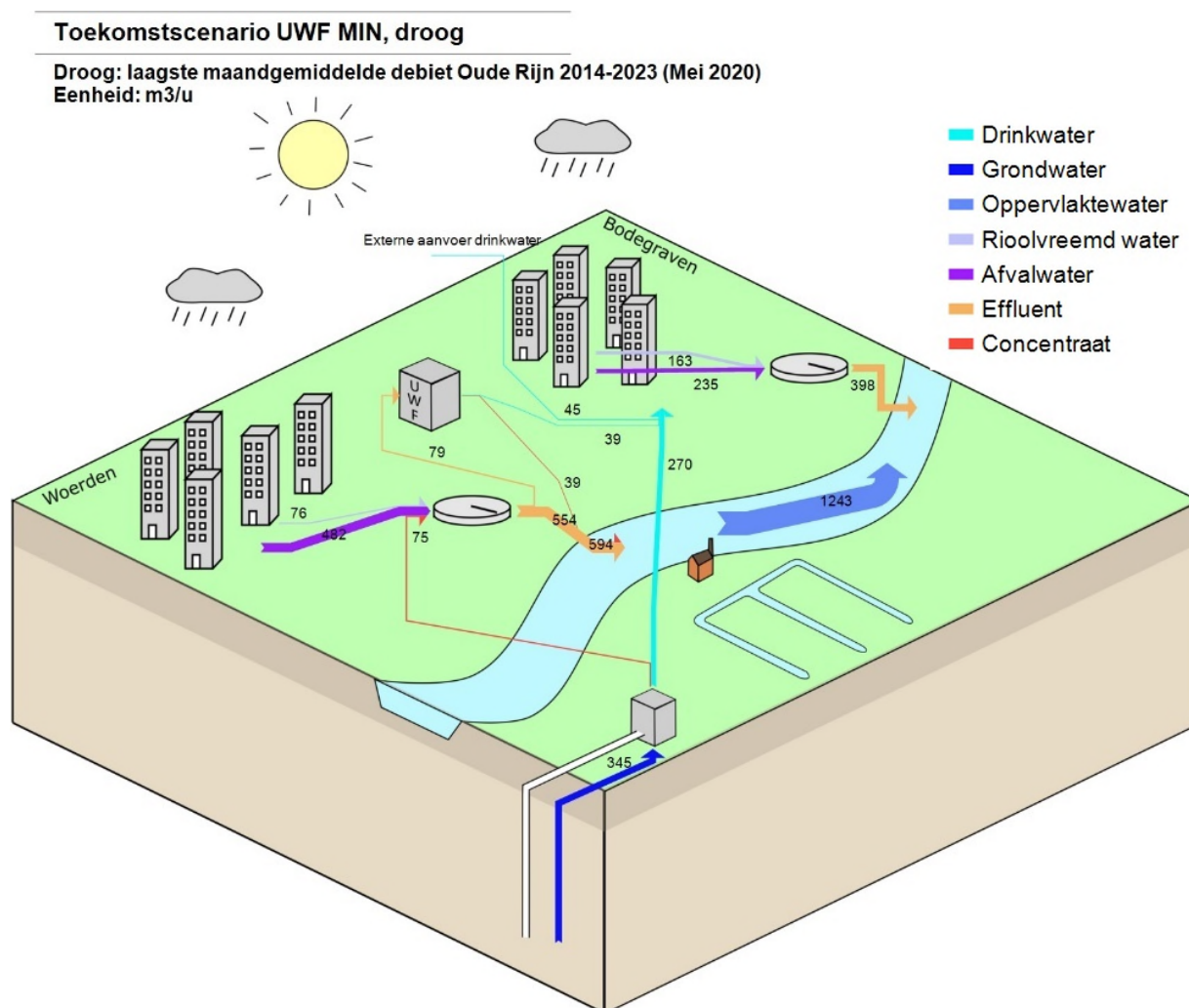
3.5.3 UWF – opvang groei drinkwatervraag (UWF MIN)

Het scenario waarin de verwachte autonome toekomstveranderingen zijn meegenomen en een UWF de verwachte groei van de drinkwatervraag opvangt, levert de volgende stromen op:

- De *drinkwaterlevering* van Kamerik en daarmee ook de *drinkwaterwinning* en het *concentraat* zijn in dit scenario gelijk gebleven aan de situatie 'Heden met RO, droog' (paragraaf 3.3.3).
- *Externe aanvoer drinkwater*. Aangenomen is dat deze gelijk is gebleven aan 'Heden met RO, droog' (paragraaf 3.3.3).
- *RWZI Woerden* (zie paragraaf 3.4). Ten opzichte van situatie 'Heden met RO, droog' (paragraaf 3.3.3):
 - De *theoretische DWA* is gestegen met 30%.
 - Het *RVW* is gelijk gebleven.
 - Er is geen *HWA* in een droge situatie.
- *UWF*.
 - *Drinkwaterlevering*. De UWF levert dat deel van de drinkwatervraag (2,7 miljoen m³/j) inclusief de pieklevering in droge tijden (zie paragraaf 3.3.2) dat niet geleverd wordt door Kamerik en de externe aanvoer op te vangen.
 - *UWF influent*. Aangenomen wordt een recovery rate van de UWF van 50%. Daarom moet tweemaal de beoogde drinkwaterlevering aan RWZI effluent aangeleverd worden aan de UWF.

- *UWF concentraat*. Het concentraat uit de UWF betreft 50% van het UWF influent. Deze wordt bijgemengd met het overige RWZI Woerden effluent en geloosd op de Oude Rijn.
- *RWZI Bodegraven* (zie paragraaf 3.4). Ten opzichte van situatie 'Heden met RO, droog' (paragraaf 3.3.3):
 - De *theoretische DWA* is gestegen in de verhouding van de drinkwatervraaggroei.
 - Het *RVW* is gelijk gebleven.
 - Er is geen *HWA* in een droge situatie.
- *Oude Rijn*. Het debiet van de Oude Rijn is anders dan in het toekomstscenario 'Uitbreiding Kamerik' (paragraaf 3.5.2) door de volgende factoren: (1) Het debiet van de lozing van RWZI Woerden is lager door een lagere concentraatstroom vanuit Kamerik en door het deel van het RWZI effluent dat aan de UWF wordt geleverd dat drinkwater is geworden. (2) De kleinere oevergrondwaterwinning in Kamerik zorgt voor minder onttrekking uit de Oude Rijn. Netto komt dit neer op een lichte daling van het debiet in de Oude Rijn (1,3%).

De situatie in dit scenario is samengevat in Figuur 3-11.



Figuur 3-11. Sankey-diagram van droge situatie in toekomstscenario 'UWF MIN'.

3.5.4 UWF – al het effluent (UWF max)

Het scenario waarin de verwachte autonome toekomstveranderingen zijn meegenomen en een UWF die de totale som van theoretische DWA en RVW zal gebruiken voor drinkwaterproductie, levert de volgende stromen op:

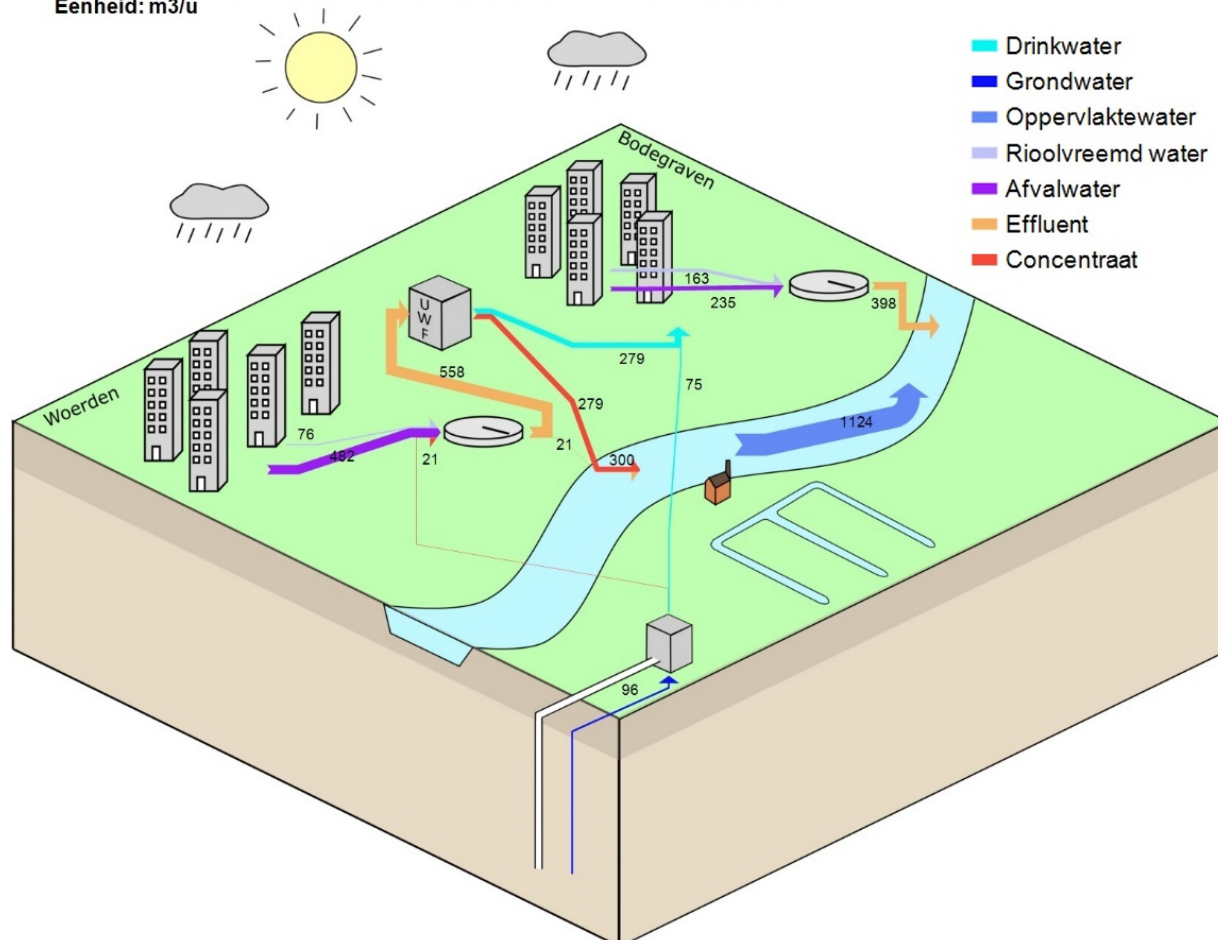
- *RWZI Woerden* (zie paragraaf 3.4). Ten opzichte van situatie 'Heden met RO, droog' (paragraaf 3.3.3):
 - De *theoretische DWA* is gestegen met 30%.
 - Het *RVW* is gelijk gebleven.
 - Er is geen *HWA* in een droge situatie.
- *UWF*.
 - *UWF influent*. In dit scenario wordt de totale som van *theoretische DWA en RVW* van RWZI Bodegraven gebruikt in de UWF.
 - *Drinkwaterlevering*. Zoals in 'UWF MIN' (paragraaf 3.5.3) is de recovery rate van de UWF 50%, zodat 50% van het influent tot drinkwaterlevering kan dienen.
 - *UWF concentraat*. De overige 50% van het UWF influent wordt als concentraat bijgemengd met het overige RWZI Woerden effluent en geloosd op de Oude Rijn.
- *Drinkwaterlevering van Kamerik*. Door de extra drinkwaterlevering van de UWF is er minder drinkwaterlevering en dus minder oevergrondwaterwinning uit Kamerik nodig. De drinkwaterlevering is berekend als het verschil tussen de drinkwatervraag (2,7 Miljoen m³*droogtefactor) en de levering door de UWF.
- *Externe aanvoer drinkwater*. Door de maximale UWF is er geen externe aanvoer meer nodig.
- De *drinkwaterwinning* in Kamerik is veranderd met de drinkwaterlevering met de verhouding drinkwaterwinning/drinkwaterlevering van situatie 'Heden met RO, droog' (paragraaf 3.3.3).
- *Concentraat* is in dezelfde verhouding doorgerekend als in 'Heden met RO, droog' (paragraaf 3.3.3).
- *RWZI Bodegraven* (zie paragraaf 3.4). Ten opzichte van situatie 'Heden met RO, droog' (paragraaf 3.3.3):
 - De *theoretische DWA* is gestegen in de verhouding van de drinkwatervraaggroei.
 - Het *RVW* is gelijk gebleven.
 - Er is geen *HWA* in een droge situatie.
- *Oude Rijn*. Het debiet van de Oude Rijn is anders dan in het toekomstscenario 'UWF MIN' (paragraaf 3.5.2) door de volgende factoren: (1) Het debiet van de lozing van RWZI Woerden is lager door een verlaagde concentraatstroom vanuit Kamerik en door het grotere deel van het RWZI effluent dat aan de UWF wordt geleverd dat drinkwater is geworden. (2) De kleinere oevergrondwaterwinning in Kamerik zorgt voor minder onttrekking uit de Oude Rijn. Netto komt dit neer op een daling van het debiet in de Oude Rijn van 9,6%.

De situatie in dit scenario is samengevat in Figuur 3-12.

Toekomstscenario UWF MAX, droog

Droog: laagste maandgemiddelde debiet Oude Rijn 2014-2023 (Mei 2020)

Eenheid: m³/u



Figuur 3-12. Sankey-diagram van droge situatie in toekomstscenario 'UWF MAX'.

3.5.5 Dubbele UWF – al het effluent (2 UWFs MAX)

In dit scenario zijn de verwachte autonome toekomstveranderingen en twee UWFs die de totale som van theoretische DWA en RVW zullen gebruiken voor drinkwaterproductie meegenomen.

De volgende stromen zijn hetzelfde als in toekomstscenario 'UWF MAX' (paragraaf 3.5.5):

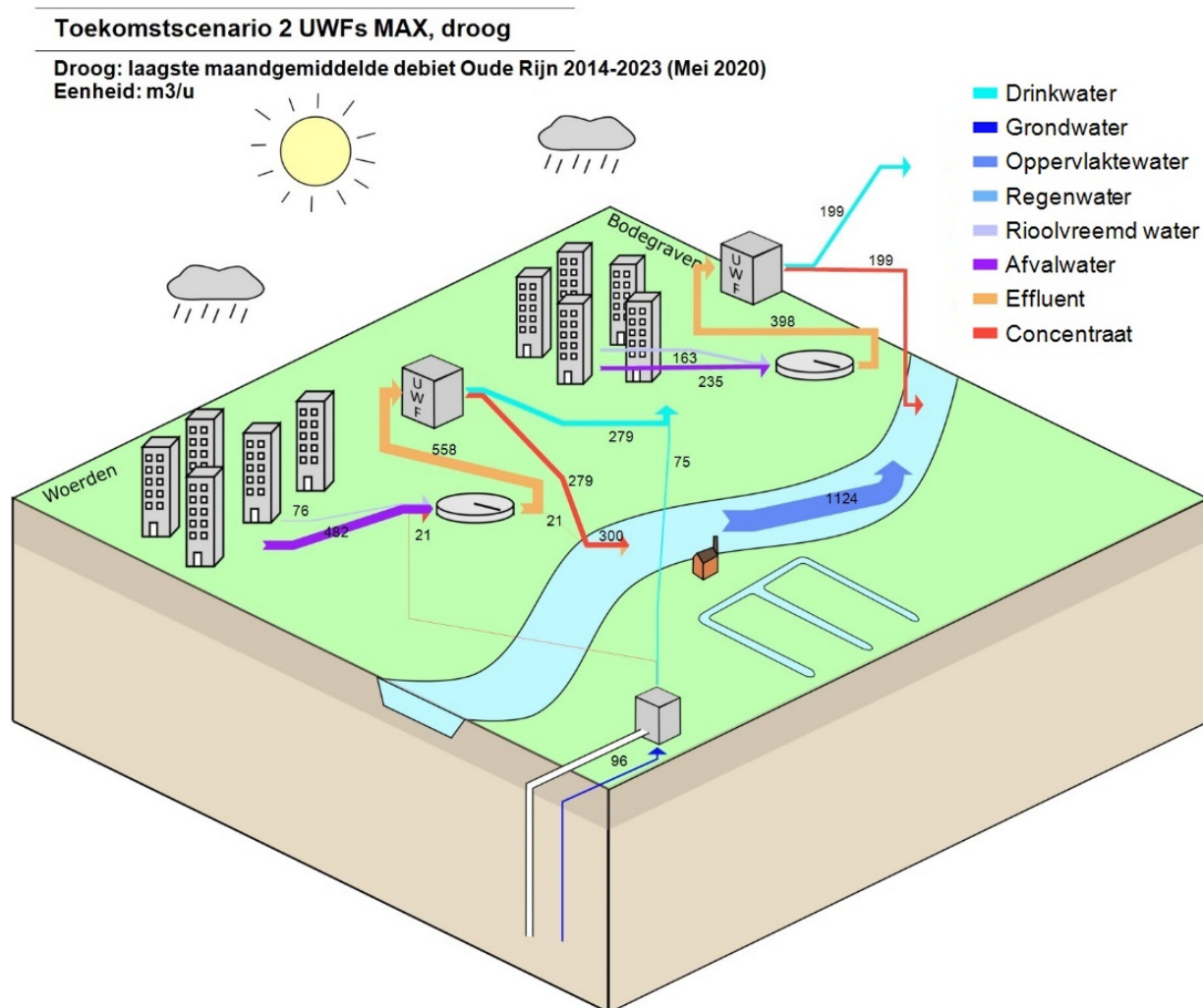
- RWZI Woerden
- UWF Woerden
 - UWF influent
 - UWF concentraat
- Drinkwaterlevering van Kamerik
- Externe aanvoer drinkwater
- Drinkwaterwinning Kamerik
- Concentraat
- RWZI Bodegraven
- Oude Rijn

De verandering in dit scenario betreft de implementatie van een UWF die in verbinding staat met RWZI Bodegraven, zodat de lozing op de Oude Rijn verandert:

- UWF Bodegraven.

- *UWF influent*. De totale som van *theoretische DWA en RVW* van RWZI Bodegraven gebruikt in de UWF. Dat betreft dus het gehele effluent van RWZI Bodegraven dat in de andere scenario's geloosd werd op de Oude Rijn.
- *Drinkwaterlevering*. De recovery rate van de UWF 50%, zodat 50% van het influent tot drinkwaterlevering kan dienen.
- *UWF concentraat*. De overige 50% van het UWF influent wordt als concentraat geloosd op de Oude Rijn.

De situatie in dit scenario is samengevat in (Figuur 3-13).



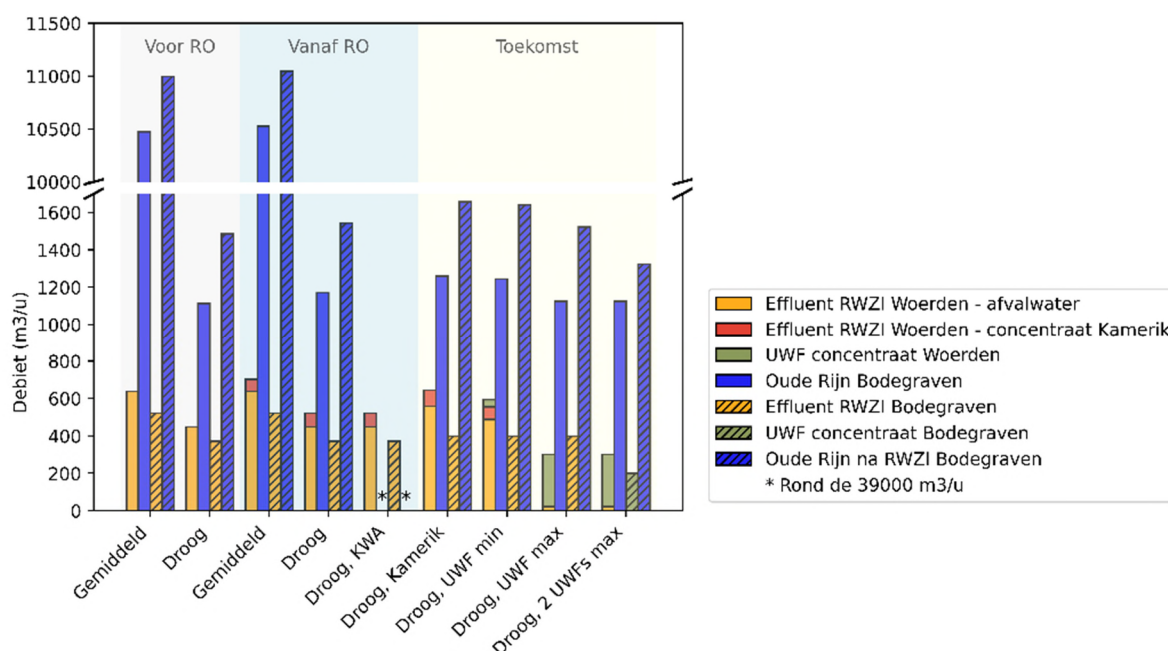
Figuur 3-13. Sankey-diagram van droge situatie in toekomstscenario '2 UWFs MAX'.

3.6 Vergelijking stromen in verschillende situaties en scenario's

Uit de analyse van de verschillende huidige situaties en toekomstscenario's kunnen enkele observaties gedaan worden. (1) De concentraatstroom van de RO bij productielocatie Kamerik zorgt voor een grotere lozing van RWZI Woerden op de Oude Rijn (Figuur 3-14). De verhoogde oevergrondwaterwinning zorgt voor meer onttrekking van water uit de Oude Rijn, maar het debiet in de Oude Rijn stijgt netto door de introductie van de RO in Kamerik, waar via de grondwaterwinning behalve rivierwater ook polderwater en grondwater wordt gezuiverd. (2) Wanneer de KWA aanzet wordt, bedragen de overige stromen nog maximaal 1,3% van het debiet van de Oude Rijn. (3) In het referentie toekomstscenario (Uitbreiding Kamerik) lijken de autonome veranderingen in het watersysteem een

groter aandeel te hebben op het verhoogde debiet van de Oude Rijn dan de keuze tussen uitbreiding van Kamerik of een minimale UWF. (4) Dit effect van de autonome veranderingen wordt zo goed als opgeheven door de introductie van een maximale UWF. Door het bijna halveren van de lozing op de Oude Rijn bereikt de Oude Rijn in dit scenario een debiet dat lichtelijk lager is dan in de huidige droge situatie met OR (4.1%). (5) De introductie van een tweede UWF zorgt voor een verdere daling van het debiet van de Oude Rijn na de lozing van RWZI Bodegraven (in dit geval via UWF Bodegraven) tot 14,3%.

Voor het debiet van de Oude Rijn zijn geen expliciete criteria of normen bekend (afgezien van de KWA), waardoor harde conclusies over positieve/negatieve effecten op de afvoer niet getrokken kunnen worden. In de werksessies is benoemd dat de afvoer van de Oude Rijn soms stil kan vallen, of dat de stroming zelfs de andere kant op gaat. Dit geldt uitsluitend ter hoogte van RWZI Woerden en hooguit voor enkele uren. Hoewel kwantitatieve voorspellingen ontbreken, wordt voor de toekomst verwacht dat lage afvoeren vaker voor kunnen komen. De veranderingen in afvoer als gevolg van een UWF werden door de werkgroep als relatief beperkt gezien, mede omdat de Oude Rijn een beheerd systeem is, waardoor eventuele mitigatie in principe tot de mogelijkheden behoort.



Figuur 3-14. Stromen van de lozingen op de Oude Rijn (zoals bepaald in deze studie) en van de Oude Rijn zelf bij Bodegraven (gemeten, blauw zonder arcering) en na optelling van de lozing na dit meetpunt (uit RWZI en UWF Bodegraven, blauw met arcering).

3.7 Waterkwaliteit

3.7.1 Selectie van stofgroepen

In de werksessies en in een apart overleg met waterkwaliteitsexperts zijn mogelijk relevante stofgroepen gekozen, op basis van de volgende criteria:

- Stofgroep is relevant voor de waterkwaliteit
- Concentraties van de stofgroep kunnen veranderen als gevolg van een UWF
- Stofgroep is reeds aandachtspunt of kan naar verwachting verhoogde waarden aannemen (nabij of over grenswaarden)
- Metingen zijn beschikbaar

In eerste instantie zijn op basis van deze criteria de volgende stofgroepen geselecteerd: zware metalen, PFAS en medicijnresten. Uit deze groepen zijn een aantal (mogelijk) relevante stoffen geselecteerd waarvan metingen beschikbaar zijn. De volgende specifieke stoffen uit deze groepen zijn doorgerekend:

- Zware metalen
 - Arseen (As)
 - Cadmium (Cd)
 - Chroom (Cr)
 - Koper (Cu)
 - Kwik (Hg)
 - Nikkel (Ni)
 - Lood (Pb)
 - Zink (Zn)
- PFAS
 - PFOA
 - PFOS
- Medicijnresten
 - Carbamazepine
 - Metformine

Daarnaast zijn in de werksessies enkele aanvullende stoffen genoemd, waarvan onvoldoende data beschikbaar bleek om de mogelijke effecten volledig door te rekenen. Om toch (beperkt) inzicht te krijgen zijn de concentraties in de Oude Rijn wel vergeleken met het debiet in de Oude Rijn en bestaande normen in Bijlage V.VII:

- Barium (Ba)
- Boor (B)
- Lithium (Li)
- Chloride (Cl)

De volgende aannames zijn gedaan, in aanvulling op de aannames zoals vermeld in paragraaf 2.4:

- De 4^e trap in de waterzuiveringsinstallatie in RWZI Woerden die in 2026/2027 geïnstalleerd zou moeten zijn (HDSR), is in elk toekomstscenario gerealiseerd en zorgt voor een verdere afbraak van 80% van de medicijnresten.
- Bij gebrek aan metingen uit RWZI Bodegraven wordt aangenomen dat de concentraties in RWZI Bodegraven gelijk zijn aan die van RWZI Woerden.

Door deze eerste aanname en de aannames uit paragraaf 2.4 zijn de resultaten die hieronder gepresenteerd worden een zogenaamde ‘worst case benadering’ en geven een richting en orde grootte aan. Ze zijn daarmee indicatief en nadrukkelijk niet exact of definitief.

De resultaten zijn ten slotte vergeleken met verscheidene normen voor oppervlaktewater en drinkwater in de verschillende figuren (Bijlage IV). Zo kan beter ingeschat worden hoe groot de verschillen tussen de verschillende scenario's zijn ten opzichte van huidig vigerende normen.

3.7.2 Zware metalen

Twee van de zware metalen worden hier uitgelicht (arseen en zink). Voor de overige zware metalen, zie Bijlage V.

De concentratie arseen is hoger in de Oude Rijn dan in het RWZI effluent (Figuur 3-15), effluent zorgt dus voor een (beperkte) verdunding. De introductie van de RO zorgt voor een verhoging van 30% van de concentraties van arseen in de Oude Rijn in de droge situatie, omdat er relatief veel arseen in het opgepompte oevergrondwater zit (vgl. Figuur 3-15 en Figuur 3-16). Inzet van de KWA zorgt ervoor dat de concentratie in de Oude Rijn richting de

achtergrondconcentratie van de Oude Rijn gaat, aangezien de effluentstroom verwaarloosbaar wordt ten opzichte van het rivierwater dat bovenstrooms wordt ingebracht (Figuur 3-14).

In het referentietoekomstscenario, waarbij de winning van Kamerik groeit, neemt de concentratie arseen enigszins af (-2%) door de verhoogde hoeveelheid effluent die een lagere concentratie heeft dan de Oude Rijn (Figuur 3-14). De verhoogde hoeveelheid concentraat die een hogere concentratie heeft dan de Oude Rijn (vgl. Figuur 3-14 en Figuur 3-16) compenseert deze verlaging niet helemaal.

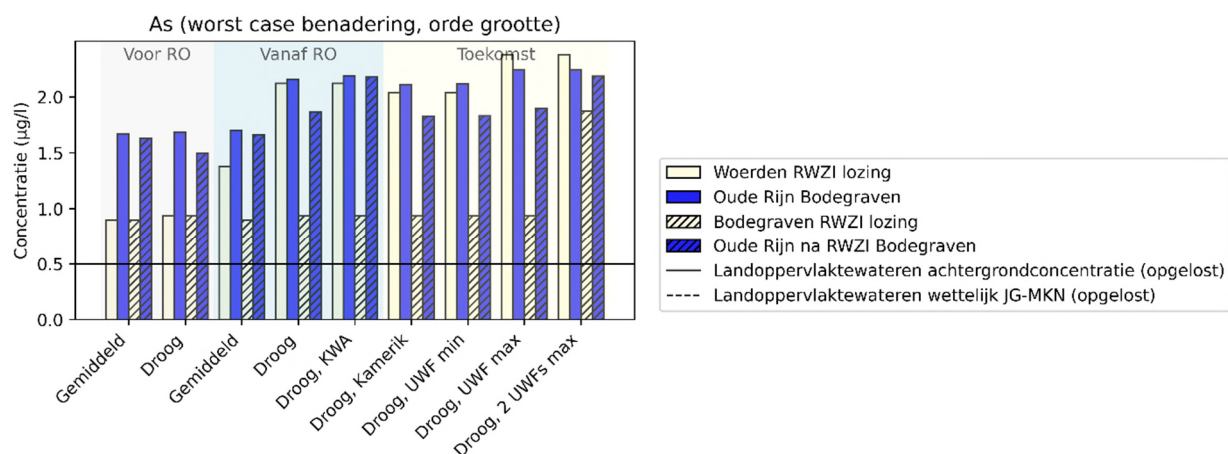
Bij inzet van een minimale UWF (UWF min) wordt het verhoogde afvalwater met lagere concentratie voor een klein deel gecompenseerd door de indikking in de UWF, maar zorgt dit netto nog voor een kleine verlaging van de concentratie ten opzichte van het heden (-2%; Figuur 3-14).

Wanneer de inzet van de UWF wordt gemaximaliseerd, leiden het ingedikte RWZI effluent en de verhoogde bovenstroomse afvoer van de Oude Rijn (voor de RWZI Woerden lozing) door de lagere onttrekking door Kamerik tot licht verhoogde concentraties ten opzichte van het heden (4%; Figuur 3-14). Implementatie van een extra maximale UWF bij Bodegraven leidt tot een stijging van de concentratie in de Oude Rijn na RWZI Bodegraven van 17% (Figuur 3-14).

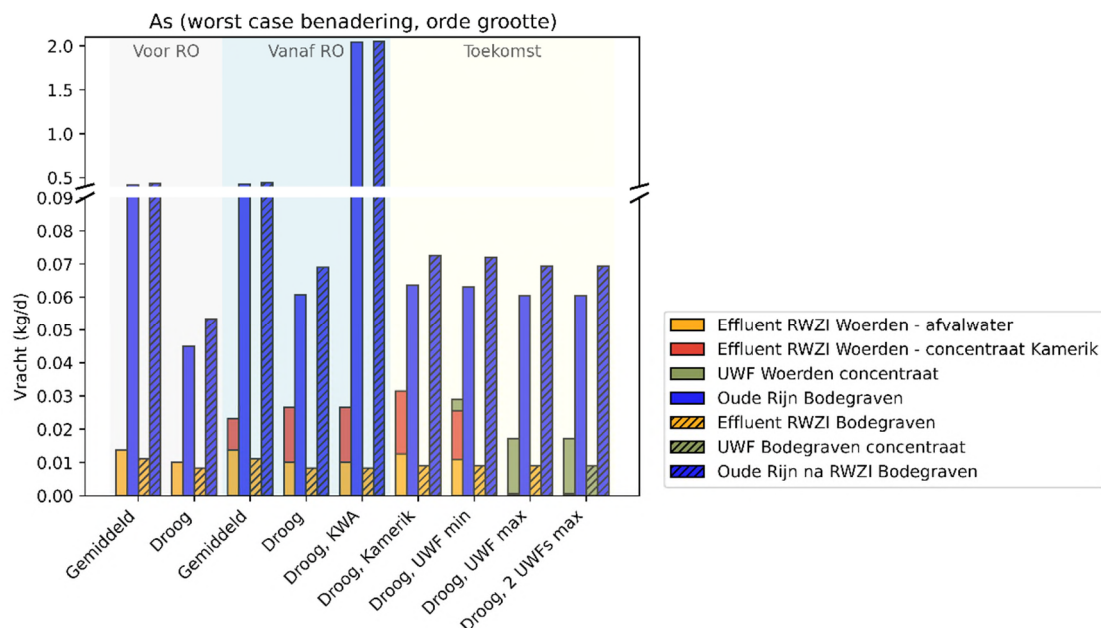
De concentraties van arseen in de Oude Rijn bij Bodegraven (voor de RWZI Bodegraven lozing) variëren daarmee tussen de verschillende toekomstscenario's tussen de 2,11 en 2,24 $\mu\text{g/l}$, vergeleken met de huidige concentratie van 2,16 $\mu\text{g/l}$ (Figuur 3-14). Dit komt neer op een percentueel verschil van -2 tot +4%.

In Figuur 3-15 zijn ook de richtlijnen zoals beschreven in Bijlage IV gevisualiseerd. Wanneer een richtlijn meer dan 3 keer zo hoog ligt als de maximale berekende concentratie, wordt de richtlijn niet weergegeven. Bij arseen zijn de normen 'Landoppervlaktewateren wettelijk JG-MKN (opgelost)' en 'Landoppervlaktewateren achtergrondconcentratie (opgelost)' gelijk, zodat de lijnen niet onderscheiden kunnen worden in de figuur.

De arseenconcentratie in zowel de gemiddelde als de droge huidige situatie is hoger dan de wettelijke achtergrondconcentratie en de jaargemiddelde milieukwaliteitsnorm (JG-MKN) en de verschillen tussen de scenario's zijn daarmee vergeleken zeer klein. De maximaal aanvaarbare concentratie (MAC-MKN) van 8 $\mu\text{g/l}$ is daarentegen nog niet in beeld en zal niet overtreden worden, zelfs niet in een worst-case droog toekomstscenario met twee maximale UWFs.



Figuur 3-15. Concentraties van arseen in de lozingen op de Oude Rijn (van RWZI en UWF) en in de Oude Rijn. De normen 'Landoppervlaktewateren achtergrondconcentratie' en 'Landoppervlaktewateren wettelijk JG-MKN (opgelost)' zijn beide 0,5 $\mu\text{g/l}$ (zie bijlage IV). De getallen geven een ordegrootte en moeten als indicatief worden beschouwd.



Figuur 3-16. Vrachten van arseen in de lozingen op de Oude Rijn (van RWZI en UWF) en in de Oude Rijn. De getallen geven een orde grootte en moeten als indicatief worden beschouwd.

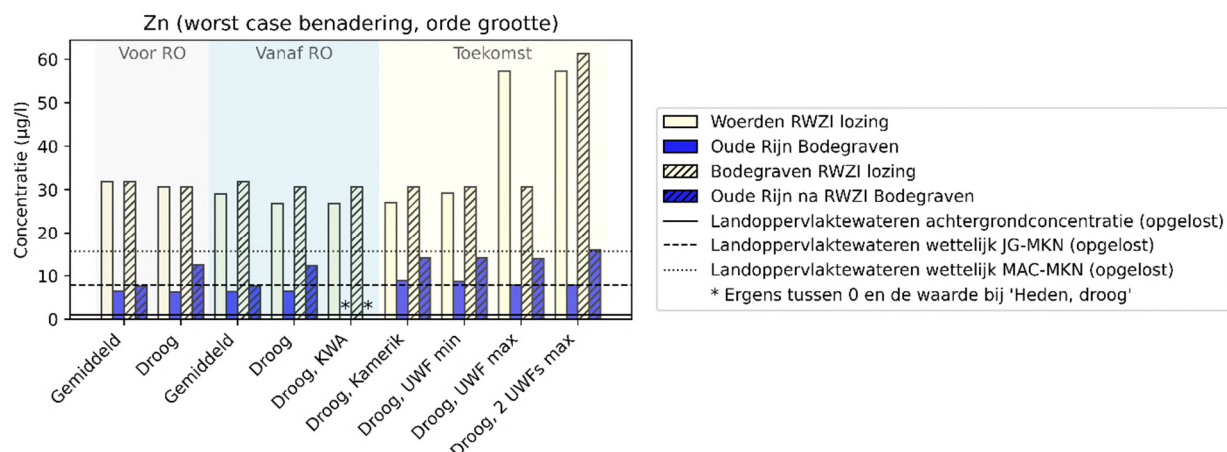
In tegenstelling tot arseen is zink voornamelijk afkomstig uit het RWZI effluent, terwijl het concentraat van de drinkwaterwinning nauwelijks bijdraagt aan de concentraties in de Oude Rijn (Figuur 3-17 en Figuur 3-18). Daarom is er ook slechts een kleine verlaging van de concentraties in de Oude Rijn door de implementatie van de RO (Figuur 3-17). Wanneer de KWA in wordt aangezet, zullen de concentraties in de Oude Rijn afnemen, omdat het aangevoerde water lagere zinkconcentraties zal hebben dan het effluent. Het is echter niet te bepalen hoeveel de concentraties zullen afnemen, omdat de gemeten vracht zink in het RWZI effluent hoger is dan in de Oude Rijn bij Bodegraven (Figuur 3-18). Dit heeft waarschijnlijk te maken met processen zoals sorptie die niet zijn meegenomen in deze globale berekeningen (paragraaf 3.7). Het is daarom niet mogelijk om de concentratie zink in de Oude Rijn vóór de RWZI lozing te bepalen.

In het referentietoekomstscenario zullen door de verwachte stijging in DWA (paragraaf 3.4), de hoge concentraties zink in het DWA en de toegenomen onttrekking uit de Oude Rijn door Kamerik, de concentraties in de Oude Rijn sterk toenemen zowel voor als na de RWZI Bodegraven lozing (40 en 16%, respectievelijk; Figuur 3-17).

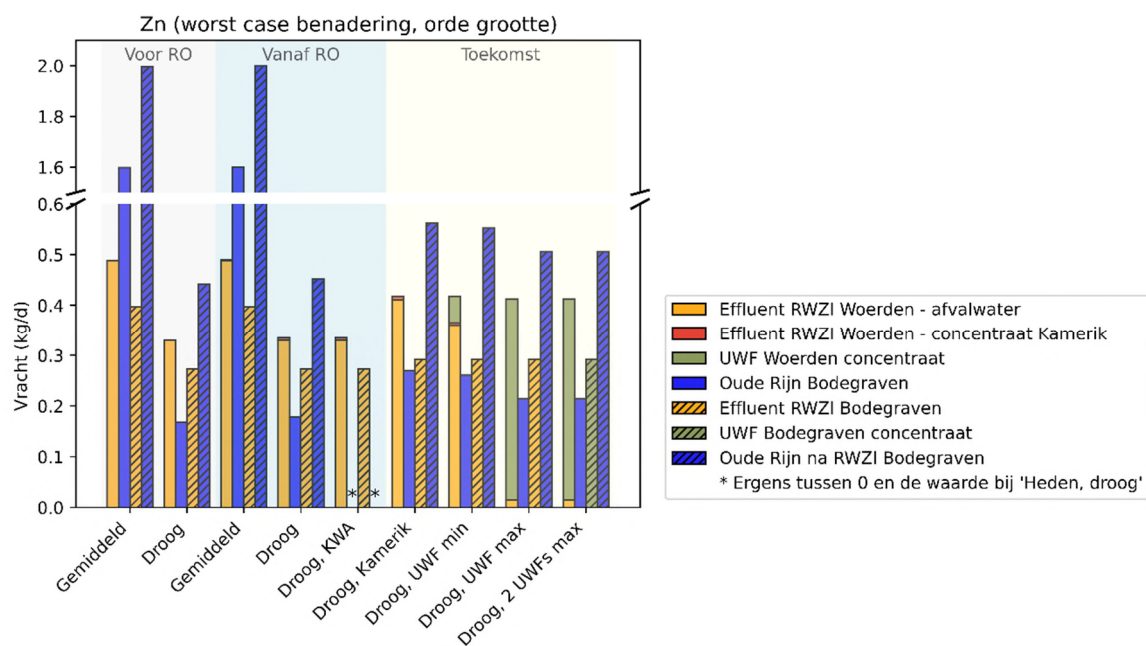
In de toekomstscenario's met UWF blijkt een lagere onttrekking uit de Oude Rijn (ten opzichte van het referentietoekomstscenario) een sterker effect te hebben op de concentraties in de Oude Rijn dan de indikking van het RWZI effluent door UWF, zodat geldt dat hoe groter de inzet van de UWF(s), hoe lager de concentraties in de Oude Rijn voor de RWZI Bodegraven lozing (Figuur 3-17). Percentueel zijn dit veranderingen van -2,3 en -11,3% voor UWF min en max respectievelijk ten opzichte van het referentietoekomstscenario. Netto is er nog steeds een stijging van de concentraties ten opzichte van het heden van 38 en 25% voor UWF min en max, respectievelijk. Aangezien de UWF bij Bodegraven het effluent ook indikt, maar daar geen onttrekking aan gekoppeld is, zorgt implementatie van deze UWF voor verhoogde concentraties in de Oude Rijn na de UWF concentraatlozing (+15%; Figuur 3-17).

De norm 'Landoppervlaktewateren wettelijk JG-MKN' wordt in de huidige situaties benaderd en in de toekomstscenario's net overschreden in de Oude Rijn bij Bodegraven (Figuur 3-17). Na de lozing van RWZI

Bodegraven komen de concentraties in de buurt van de MAC-MKN, voornamelijk wanneer de UWF bij Bodegraven wordt geïnstalleerd.



Figuur 3-17. Concentraties van zink in de lozingen op de Oude Rijn (van RWZI en UWF) en in de Oude Rijn. De getallen geven een ordegrootte en moeten als indicatief worden beschouwd.



Figuur 3-18. Vrachten van zink in de lozingen op de Oude Rijn (van RWZI en UWF) en in de Oude Rijn. De getallen geven een ordegrootte en moeten als indicatief worden beschouwd.

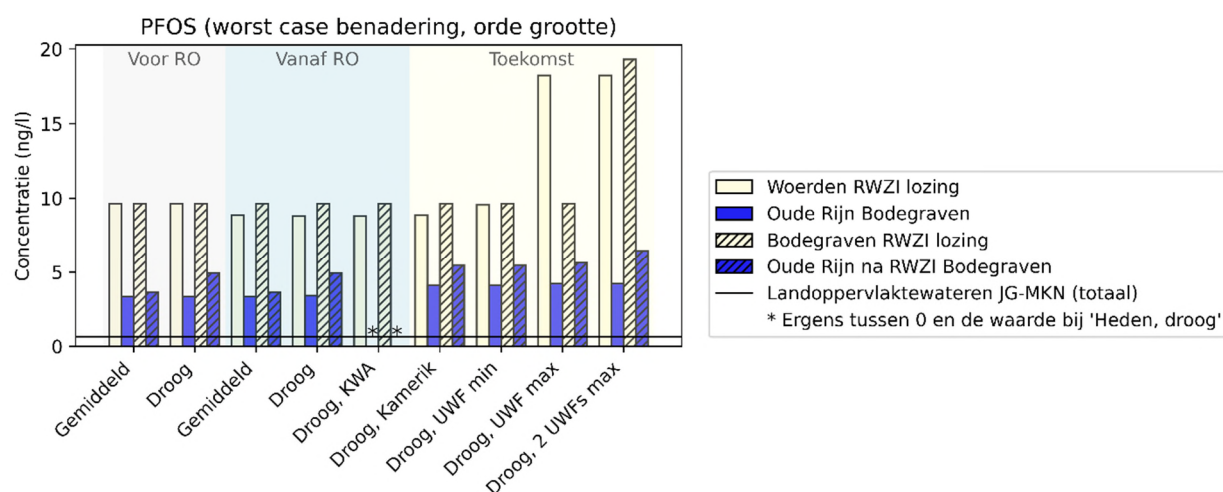
3.7.3 PFAS

Voor de PFAS stoffen PFOS en PFOA zijn de lineaire en vertakte waarden samengevoegd. Er was geen concentratiedata beschikbaar voor het RWZI effluent. De waarden voor PFOS en PFOA in het RWZI effluent zijn daarom afgeleid uit een rapport van STOWA, waar de vrachten PFOS en PFOA per inwonerequivalent zijn gemeten in 8 RWZI's (Derksen & Baltussen, 2021). De metingen in Dordrecht zijn hier niet meegenomen vanwege de aanwezigheid van de fabriek van Chemours. Een vergelijkbare (potentiële) puntbron is niet geïdentificeerd in het studiegebied van deze casus. Een inwonerequivalent van 74200 is geadapteerd (paragraaf 3.3.1).

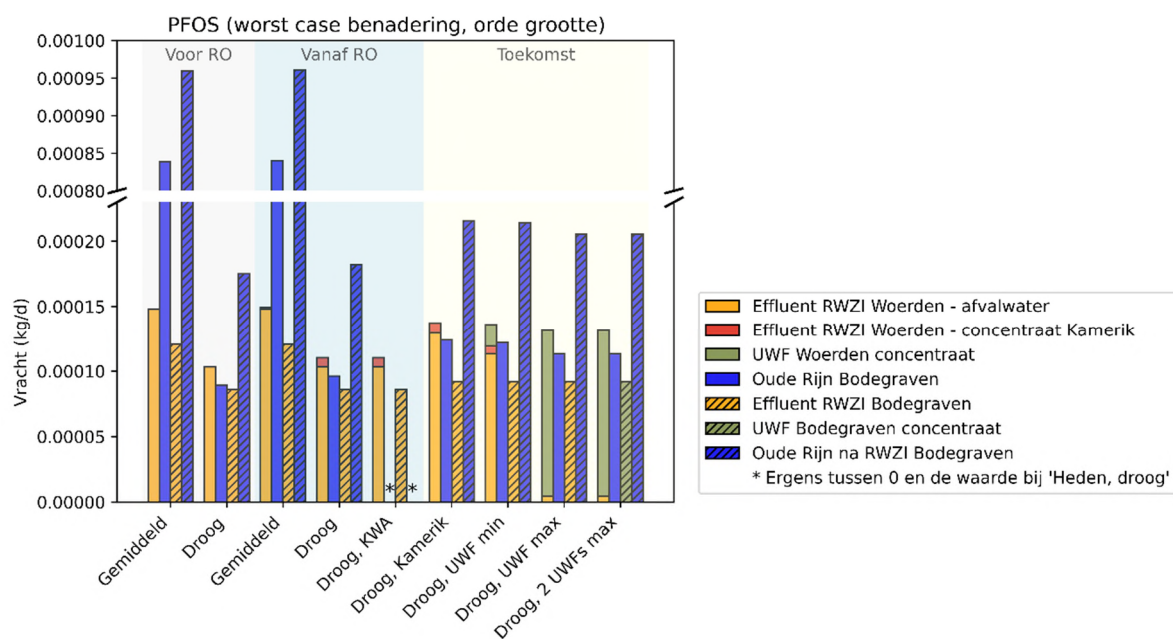
Net als bij zink zien we bij PFOS dat het RWZI effluent verantwoordelijk is voor het grootste deel van de aanlevering, waardoor de introductie van de RO op de winning Kamerik nauwelijks impact heeft op de concentraties in het totale RWZI effluent en de Oude Rijn (Figuur 3-19 en Figuur 3-20). Ook zorgen deze relatief hoge concentraties PFOS in het RWZI effluent ervoor dat de concentraties bij inzet van de KWA niet goed berekend kunnen worden (zie paragraaf 3.7.2) en dat de concentraties in de Oude Rijn zijn gestegen in het referentietoekomstscenario door de verhoogde DWA (19,7% op het meetpunt en 10,3% na RWZI Bodegraven).

De balans tussen de invloed van aandeel concentraat uit Kamerik en UWF concentraat en hoeveelheid onttrekking via oevergrondwater uit de Oude Rijn door Kamerik bepaalt de concentraties in de Oude Rijn. Bij een minimale UWF zorgt dit voor een kleine daling van de concentratie ten opzichte van het referentietoekomstscenario (-0,2%), terwijl dit bij een maximale UWF zorgt voor een beperkte stijging (+3%). De UWF bij Bodegraven dikt het effluent in, zodat de concentraties in de Oude Rijn na de UWF concentraatlozing met 19% stijgen (Figuur 3-19).

Het JG-MKN van PFOS wordt al overschreden in de huidige gemiddelde (en droge) situatie (Figuur 3-19).



Figuur 3-19. Concentraties van PFOS in de lozingen op de Oude Rijn (van RWZI en UWF) en in de Oude Rijn. De getallen geven een orde grootte en moeten als indicatief worden beschouwd.

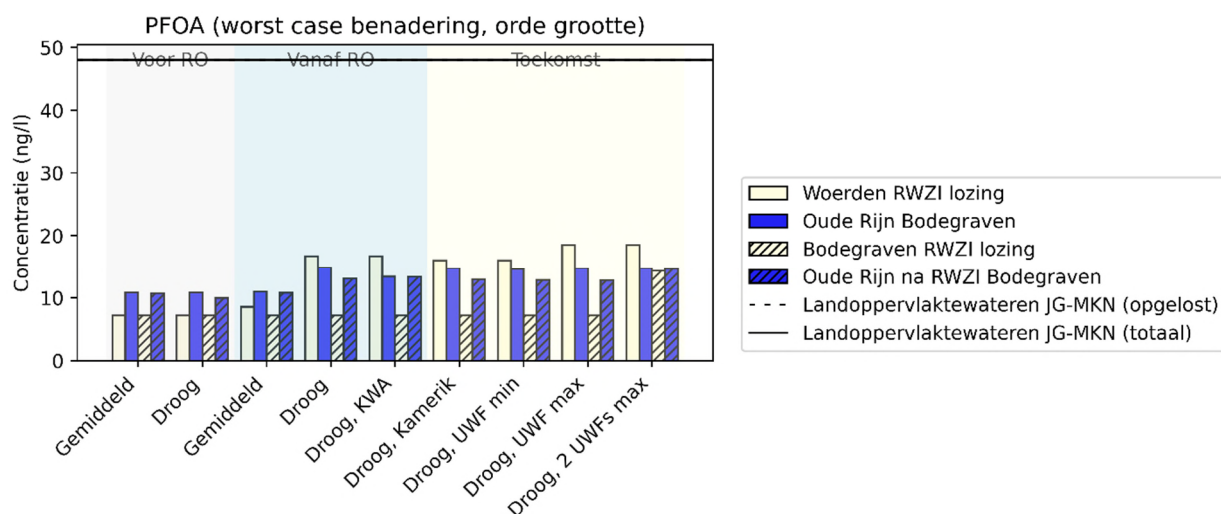


Figuur 3-20. Vrachten van PFOS in de lozingen op de Oude Rijn (van RWZI en UWF) en in de Oude Rijn. De getallen geven een orde grootte en moeten als indicatief worden beschouwd.

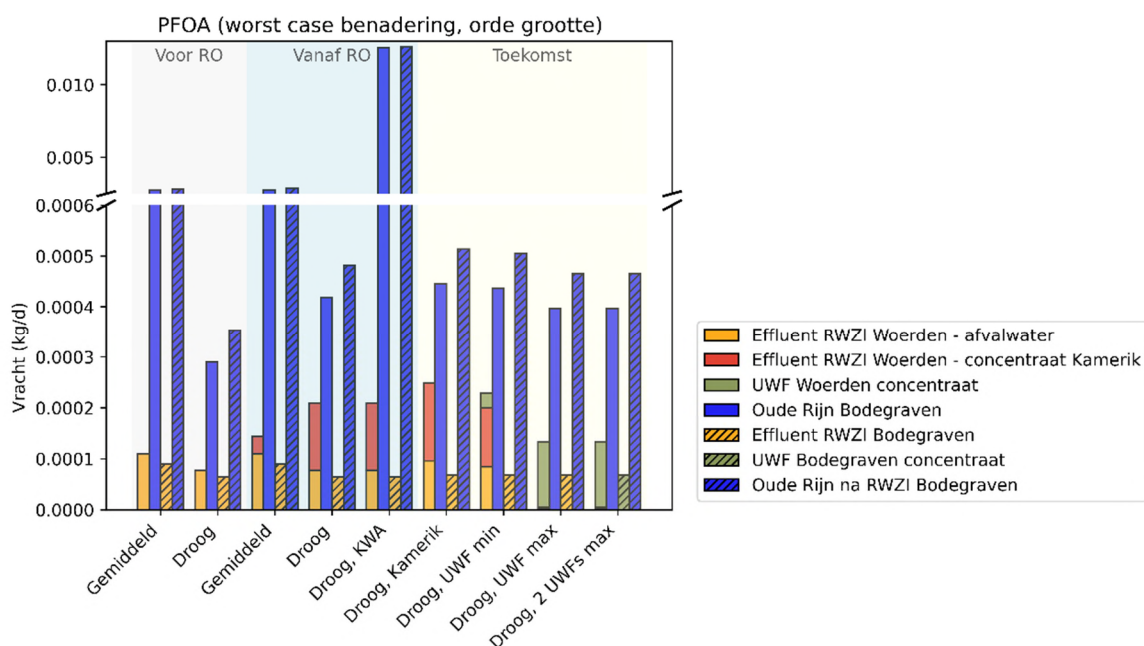
PFOA is vooral gerelateerd aan emissies uit het verleden, omdat het in 2020 verboden werd in consumentenproducten. Daarom komt daardoor minder PFOA via het effluent in het oppervlaktewatersysteem, maar vooral via het oevergrondwater. De hoogste concentraties PFOA zijn dan ook te vinden in het concentraat van Kamerik, zodat de inzet van de RO zorgt voor een stijging van de concentraties in de Oude Rijn met 1% en 37% voor een gemiddelde en droge situatie, respectievelijk (Figuur 3-21 en Figuur 3-22). Inzet van de KWA maakt de effluentstroom verwaarloosbaar ten opzichte van het rivierwater dat bovenstrooms wordt ingebracht, zodat de concentratie vrijwel gelijk wordt aan de concentratie van het inkomende rivierwater (ongeveer 13 ng/l; Figuur 3-21).

De toekomstscenario's verschillen nauwelijks ten opzichte van elkaar en ten opzichte van de huidige situatie. Het grootste verschil is tussen een minimale UWF en de huidige situatie (-1,5%) door met name het toegenomen RWZI effluent dat een lagere concentratie heeft dan het rivierwater (Figuur 3-21, 'Droog, voor RO'). De indikking bij de tweede UWF (Bodegraven) zorgt in dit geval voor een toename van 15,0% ten opzichte van het scenario met één UWF.

Overschrijding van de JG-MKN (opgelost en totaal) is in geen van de toekomstscenario's aan de orde (Figuur 3-21).



Figuur 3-21. Concentraties van PFOA in de lozingen op de Oude Rijn (van RWZI en UWF) en in de Oude Rijn. De normen 'Landoppervlaktewateren JG-MKN (opgelost)' en 'Landoppervlaktewateren JG-MKN (totaal)' zijn beide 48 ng/l (zie bijlage IV). De getallen geven een orde grootte en moeten als indicatief worden beschouwd.

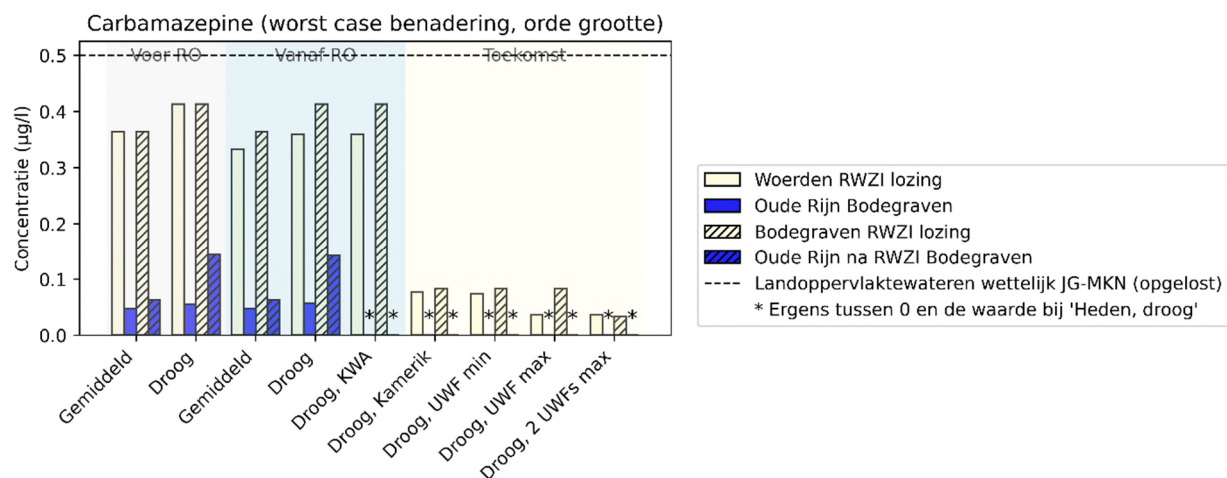


Figuur 3-22. Vrachten van PFOA in de lozingen op de Oude Rijn (van RWZI en UWF) en in de Oude Rijn. De getallen geven een orde grootte en moeten als indicatief worden beschouwd.

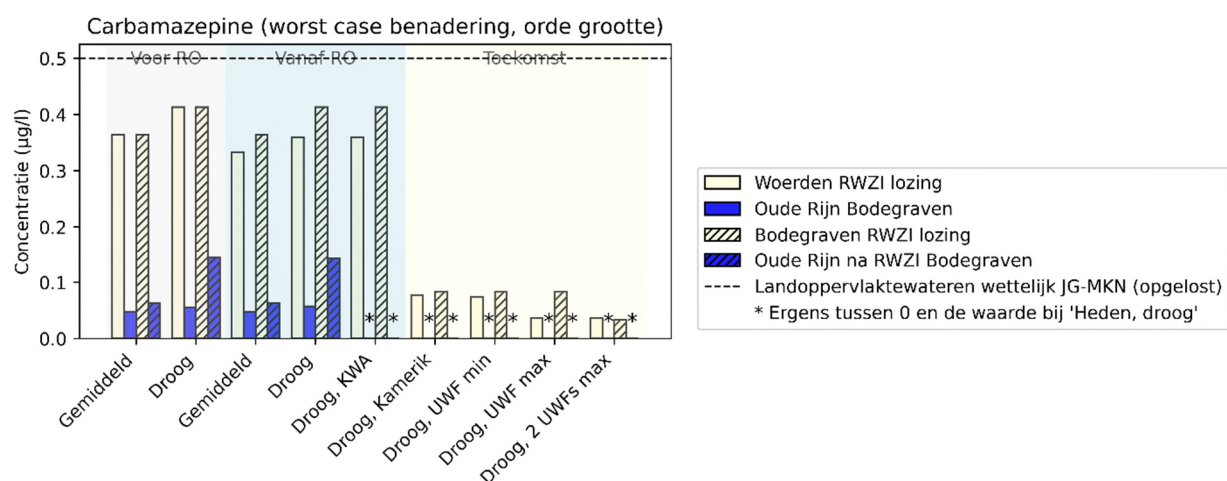
3.7.4 Medicijnresten

Voor het concentraat van Kamerik ontbraken data voor de medicijnresten, waardoor het percentage onttrekking uit de Oude Rijn (70%) is gebruikt ter indicatie van de concentraties. Ook is het belangrijk te vermelden dat er voor de concentraties carbamazepine slechts 5 metingen en voor metformine 1 meting gedaan is in de Oude Rijn.

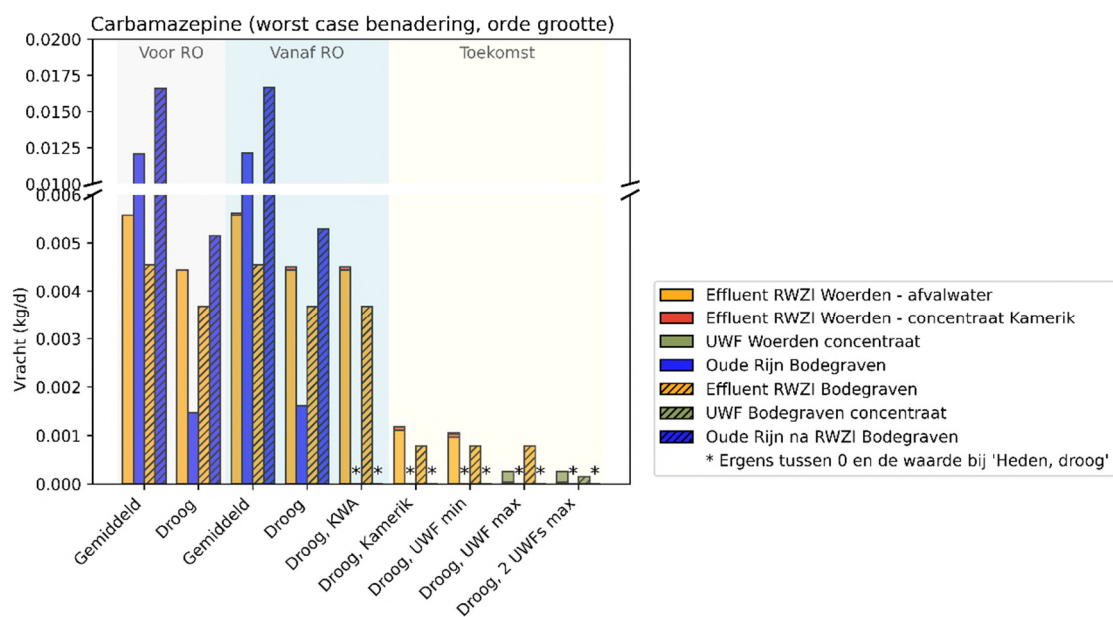
Zoals verwacht, zijn de medicijnresten vooral in het afvalwater te vinden (



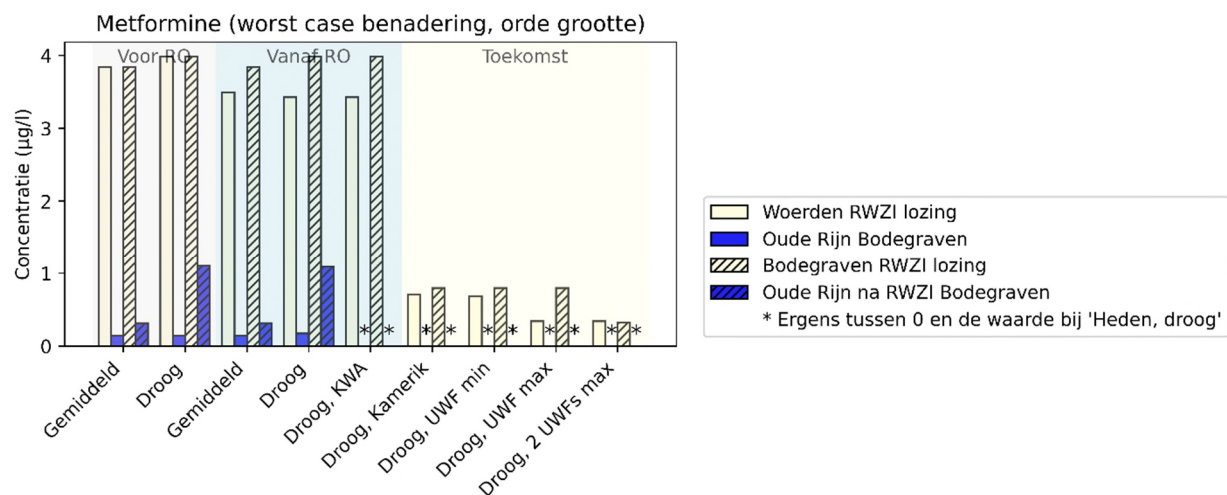
Figuur 3-23-Figuur 3-26). De RO bij Kamerik heeft daarom nauwelijks impact op de concentraties in zowel het effluent als de Oude Rijn. Aangezien de gemeten vrachten in het effluent hoger zijn dan die in de Oude Rijn, er gerekend is met een afbraak van 80 procent in de 4^e trap bij RWZI Woerden en in de UWF en er geen rekening gehouden wordt met processen zoals afbraak in de Oude Rijn, kan er niet meer gezegd worden over bij inzet van de KWA en in de toekomstscenario's dan dat de concentraties in de Oude Rijn omlaag zullen gaan.



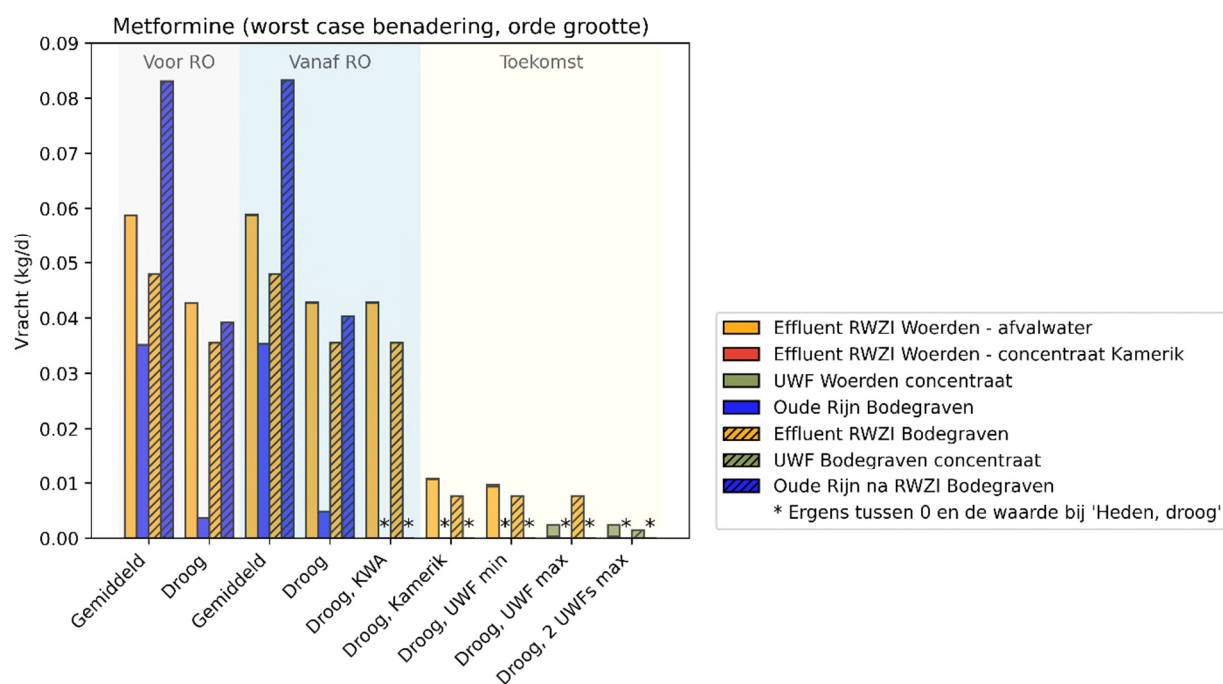
Figuur 3-23. Concentraties van Carbamazepine in de lozingen op de Oude Rijn (van RWZI en UWF) en in de Oude Rijn. De getallen geven een orde grootte en moeten als indicatief worden beschouwd.



Figuur 3-24. Vrachten van Carbamazepine in de lozingen op de Oude Rijn (van RWZI en UWF) en in de Oude Rijn. De getallen geven een orde grootte en moeten als indicatief worden beschouwd.



Figuur 3-25. Concentraties van Metformine in de lozingen op de Oude Rijn (van RWZI en UWF) en in de Oude Rijn. De getallen geven een orde grootte en moeten als indicatief worden beschouwd.



Figuur 3-26. Vrachten van Metformine in de lozingen op de Oude Rijn (van RWZI en UWF) en in de Oude Rijn. De getallen geven een orde grootte en moeten als indicatief worden beschouwd.

3.7.5 Vergelijking met milieukwaliteitsnormen

In de grafieken van de verschillende stoffen (voorgaande paragrafen en Bijlage V) zijn de resultaten van de stofconcentraties vergeleken met de geldende milieukwaliteitsnormen (MKN). Voor droge situaties gelden de maximaal aanvaardbare concentraties (MAC), daarnaast zijn ook de jaargemiddelde normen in beeld gebracht. Voor een deel van de stoffen geven de indicatieve berekeningen aan dat deze (ruim) onder de norm zijn en blijven, en voor een deel van de stoffen dat normen of richtwaarden in alle onderzochte situaties worden overschreden.

In de verschillende scenario's zien we geen stoffen die als gevolg van de veranderingen (toekomstscenario of bronkeuze) een norm overschrijden, met uitzondering van zink. Voor zink geldt dat deze stof in de gemiddelde uitgangssituatie al tegen de norm aan zat.

4 Discussie

4.1 Interpretatie resultaten

De invloed van veranderingen in het studiegebied van deze casus op de waterkwantiteit en -kwaliteit (indicatief) is afhankelijk van diverse factoren. De introductie van een RO bij Kamerik zorgt voor iets meer (indirecte) onttrekking van water uit de Oude Rijn en tegelijkertijd een verhoogde lozing van de RWZI op de Oude Rijn. De resultante concentraties in de Oude Rijn zijn een gevolg van de achtergrondconcentraties in de Oude Rijn en het concentraat. Stoffen die voornamelijk aanwezig zijn in het opgepompte oevergrondwater zoals arseen en PFOA zullen dus leiden tot concentratieverhogingen in de Oude Rijn door de introductie van de RO bij Kamerik. Dit effect is groter in een droge situatie, omdat het aandeel effluent dan aanzienlijk groter is dan in de gemiddelde situatie. Aangezien het debiet van de Oude Rijn voor een aanzienlijk deel uit RWZI effluent kan bestaan in droge periodes, zorgt de introductie van een UWF voor veranderingen in de hoeveelheid RWZI effluent dat op de Oude Rijn wordt geloosd. Hoewel de debieten in de Oude Rijn in droge tijden per toekomstscenario dus verschillen (zo'n 1100-1250 m³/u), zijn de gevolgen hiervan op het debiet van de Oude Rijn naar verwachting beperkt. Hierbij is er geen rekening gehouden met een mogelijke KWA. Wanneer deze aan wordt gezet, zijn de verschillen tussen de scenario's relatief nog kleiner.

De gekozen benadering maakt het mogelijk om de verschillende interacties en feedbacks inzichtelijk te maken en te analyseren. Daaruit blijkt dat voor de toekomstscenario's geldt dat de verhoudingen van de verschillende (veranderende) stromen en de combinatie van concentratie in het effluent, concentraat en de Oude Rijn samen bepalen wat de richting en grootte van de impact zal zijn. Dit is dus verschillend voor elke stof. Ten opzichte van de huidige situatie nemen de vrachten van stoffen uit effluent toe als gevolg van de demografische ontwikkeling, waardoor ook concentraties in de Oude Rijn zullen toenemen. Dit effect is relatief groot ten opzichte van de verschillen tussen de toekomstscenario's (i.e. de keuze voor de bron voor drinkwater).

De verschillen in concentraties tussen de verschillende scenario's zijn over het algemeen klein. Gemiddeld over alle meegenomen stoffen is het verschil tussen de hoogste en laagste concentratie in de vier verschillende scenario's 16%. Cadmium en kwik zijn daarbij niet meegenomen, omdat het zeer waarschijnlijk is dat de worst case benadering voor deze stoffen niet representatief is voor een mogelijke situatie, omdat alle metingen in de RWZI die beschikbaar zijn lager dan het detectielimiet zijn (zie Bijlage 83V.I en V.IV).

Een dubbele maximale UWF levert over het algemeen iets verhoogde concentraties op ten opzichte van het referentietoekomstscenario, maar dit is niet een gegeven aangezien chroom en zink lagere concentraties kunnen krijgen door de UWFs (Tabel 4-1). Het grootste verschil is bij nikkel, waar het verschil in de Oude Rijn voor de RWZI Bodegraven lozing 34% is, wat betekent dat een maximale UWF 34% hogere concentraties heeft dan in het referentietoekomstscenario. Na de RWZI Bodegraven lozing wordt dit een percentageverschil van 46%. Vergeleken met de waterkwaliteitsnormen (JG-MKN, MAC-MKN) zorgen deze veranderingen niet voor verschillende uitkomsten: parameters blijven óf onder óf boven de normen, behalve zink die al dicht tegen de JG-MKN en MAC-MKN aanzat. Bovendien is het zo dat er geen rekening is gehouden met mogelijke nabehandeling van het concentraat alvorens te lozen. Dit zou de concentraties in de UWF-scenario's verder naar beneden kunnen halen.

Tabel 4-1. Het verschil in concentraties tussen het toekomstscenario 2 UWFs MAX en het referentietoekomstscenario, berekend als volgt: $\text{concentratie in 2 UWFs MAX} / \text{concentratie in toekomstreferentiescenario} * 100 - 100$. Dit betekent dus bijvoorbeeld dat de concentratie Cr in de Oude Rijn Bodegraven 6% hoger is bij 2 UWFs MAX dan in het toekomstreferentiescenario. De getallen geven een ordegrootte en moeten als indicatief worden beschouwd.

	Cr (%)	Cu (%)	Pb (%)	Ni (%)	Zn (%)	As (%)	PFOA (%)	PFOS (%)	Gem. zonder Cd en Hg (%)
Oude Rijn Bodegraven	6	11	8	34	-11	6	0	3	7
Oude Rijn na RWZI Bodegraven	-17	24	23	46	13	19	13	19	18

Uit nieuwe metingen van het in- en effluent van RWZI Woerden uit begin 2025 (pers. comm. Niels Lenting, HDSR), waarin de RO is geïnstalleerd, blijken de meeste stoffen redelijk gelijke concentraties te hebben. Koper- en loodconcentraties zijn iets lager in het effluent dan tussen 2014-2024 en arseen heeft lichtelijk verhoogde concentraties in de nieuwste metingen (van 0.53 naar 0.69 µg/L). Naar verwachting zal dit geen impact hebben voor de vergelijking met de normen. De JG-MKN is in elke scenario al overschreden en de MAC-MKN zal niet in gevaar komen door deze lichte verhoging.

4.2 Niet-uitgewerkte scenario's

Naast de behandelde scenario's zijn er ook andere mogelijke toekomstige veranderingen denkbaar. Deze veranderingen kunnen zich echter voordoen en zullen bepaalde implicaties met zich mee dragen. Deze kunnen in een vervolgstudie ook via het systeemdenken verder in beeld worden gebracht, maar we volstaan nu met een eerste beschrijving:

- **Waterbesparing.** Allereerst is het mogelijk dat er ingezet wordt op waterbesparing en dat dit leidt tot een verlaging van het drinkwatergebruik van 120 tot 100 liter per persoon per dag in 2050. In dat geval zal er minder drinkwaterlevering nodig zijn en kan de theoretische DWA van beide RWZI's verlaagd worden met 17% ten opzichte van de gepresenteerde toekomstscenario's. Bij het referentietoekomstscenario zal er minder oevergrondwater gewonnen hoeven te worden en de totale lozingen van de RWZI's afnemen door verlaagde hoeveelheid concentraat en afvalwater. De totale vrachten van stoffen vanuit het effluent zullen naar verwachting niet veel verschillen met de huidige situatie. Hoe dit doorwerkt in de scenario's met UWF(s) is afhankelijk van de verhoudingen tussen de hoeveelheden van en concentraties in de Oude Rijn, het concentraat en het effluent (vanwege de indikking van effluent) in de UWF.
- **Sterke afname afvoer Oude Rijn.** Een andere mogelijke ontwikkeling is dat het debiet van de Oude Rijn in droge tijden zal afnemen, misschien zelfs tot het punt dat er een maand lang geen stroming is. In dat geval zal de menging zeer beperkt zijn en de concentratie in de Oude Rijn op het punt van lozing bijna gelijk worden aan de concentratie in het effluent. In dit worst case scenario zullen de normen daarom vergeleken moeten worden met de concentraties in het effluent.
- **Frequentere inzet KWA.** Een onzekerheid is hoe vaak de de KWA in de toekomst zal worden ingezet in de toekomst. Het is waarschijnlijk dat de perioden van lage debieten in de Oude Rijn overeenstemmen met droge perioden in het gebied van Rijnland. Daarom zal de situatie dat de Oude Rijn een maand lang gemiddeld geen stroming zal hebben minder waarschijnlijk zijn. Bij inzet van de KWA zijn de debieten van de RWZI lozingen en oevergrondwateronttrekkingen verwaarloosbaar ten opzichte van de Oude Rijn (paragraaf 3.3.4), zodat de

keuze voor een UWF hier niet door beïnvloed zal worden. Het is echter onzeker of de KWA altijd beschikbaar zal blijven.

- **Alternatieve waterbronnen.** Ook kan gedacht worden aan alternatieve waterbronnen (in plaats van oevergrondwater of een UWF) die mogelijk doorwerking zullen hebben op het watersysteem, zoals oppervlaktewaterwinning of brakwaterwinning. In het geval van oppervlaktewaterwinning zal er aan debieten en concentraties een lichte daling van het Oude Rijn debiet verwacht kunnen worden. Reden is dat bij de oevergrondwaterwinning naar schatting ook al 70% direct of indirect uit de Oude Rijn komt. De verwachte impact op het watersysteem lijkt daarmee beperkt te zijn. Bij een brakwaterwinning daarentegen, zal het concentraat aanzienlijk meer zouten bevatten die uiteindelijk terecht zullen komen op de Oude Rijn. De verhouding van oevergrondwater- en brakwaterwinning zal hiervoor bepalend zijn voor de mate van impact. Een andere mogelijkheid is om drinkwater uit externe gebieden te halen. In dit geval zal er in totaal minder drinkwaterproductie nodig zijn in dit gebied, zodat stoffen die voornamelijk in het concentraat zitten, lagere concentraties zullen krijgen en stoffen die voornamelijk in de Oude Rijn zitten, hogere concentraties.
- **Hogere gemiddelde HWA.** Een autonome verandering in het gebied is een hogere gemiddelde HWA door meer extreme regenbuien. Dit heeft geen invloed op de scenario's waarbij een (extreem) droge situatie bekeken wordt. Aangezien de droge situaties de situaties zijn met de grootste verhouding effluent/Oude Rijn, zal een hogere HWA een beperkte invloed hebben op de concentraties in de Oude Rijn en nog minder invloed op de keuze tussen scenario's met en zonder UWF.
- **Maximale UWF(s) bovenop huidige capaciteit Kamerik.** In dit scenario zal de oevergrondwaterwinning van Kamerik met dezelfde capaciteit functioneren, maar daarbovenop zullen één of twee maximale UWF(s) gebouwd worden. In dit geval wordt er meer drinkwater geproduceerd dan nodig in het gebied, zodat het overige water getransporteerd kan worden naar andere gebieden. Doordat de productie bij Kamerik en daarmee het concentraat gelijk blijft aan de huidige situatie, maar daarna (bijna) al het effluent ingedikt wordt in de UWF(s), is het de verwachting dat dit voor de stoffen die voornamelijk in effluent en/of concentraat aanwezig zijn, tot hogere concentraties in de Oude Rijn zal leiden.
- **UWF met gebruik van 300 m³/uur.** In het governance deel van dit regionale lab is in meer detail ingegaan op de hoeveelheid water die geleverd kan worden door een UWF bij Woerden. Daar is vastgesteld dat 300 m³/u een realistische hoeveelheid effluent is dat gebruikt kan worden voor een UWF, omdat dit is hoeveel effluent er over 24 uur maximaal beschikbaar is. Dit is ook verwerkt in de (fictieve) samenwerkingsovereenkomst die in dat deel van het regionale lab is uitgewerkt. De resulterende stromen en concentraties zullen daarmee naar verwachting ergens tussen de resultaten van de scenario's UWF MIN (waar 79 m³/u geleverd werd door RWZI Woerden) en UWF MAX (waar 558 m³/u geleverd werd door RWZI Woerden).

4.3 Aannames en methodes

In dit onderzoek zijn er verschillende aannames gedaan, onder andere om het systeem als geheel te kunnen bekijken, de complexe werkelijkheid behapbaar te houden en om te gaan met deels onvolledige data. Het watersysteemdenken is bedoeld om de situatie te kunnen schetsen, de ordegroottes van stromen in beeld te brengen, verbanden te laten zien en de richting van effecten te bestuderen.

Een eerste aanname is dat de verhouding van rivierwater, polderwater en dieper grondwater waaruit het onttrokken oevergrondwater bestaat, gelijk blijft met verschillende onttrekkingsdebieten (pers. comm. Rosa Sjerps, Oasen). Daarnaast is er voor verschillende stromen data van verschillende tijdsperioden gebruikt. Hoewel dit zoveel

mogelijk gesynchroniseerd is, bleek dit niet mogelijk voor alle stromen. Waar voor RWZI Woerden en de Oude Rijn data beschikbaar was voor de periode 2014-2023, was data van RWZI Bodegraven slechts beschikbaar uit 2023 en van productielocatie Kamerik was geen tijdserie beschikbaar, zodat daar uit is gegaan van een gemiddelde winning uit ongedefinieerde tijdsperiode. Om zoveel mogelijk dezelfde periode te beschouwen, is voor de debieten van de Oude Rijn en RWZI Woerden gekeken naar de maand met de grootste verhouding RWZI effluent/Oude Rijn. Dit komt overeen met het laagste debiet van de Oude Rijn en het op één na laagste RWZI effluent debiet.

Ook voor de concentraties in de Oude Rijn en RWZI Woerden geldt dat ze op verschillende data gemeten zijn. Daarnaast brengt het bepalen van de concentraties in de droge perioden onzekerheid met zich mee. Er zijn bijvoorbeeld geen metingen van de kwaliteit van de Oude Rijn op een dag waarop precies het bijbehorende maandgemiddelde debiet is gemeten. Om genoeg datapunten over te houden om representatief te zijn, is gekozen voor een gemiddelde van alle metingen waarbij het debiet lager was dan het gemiddelde (paragraaf 3.7). Aangezien er nauwelijks trends te vinden waren tussen concentraties en debiet (zie bijvoorbeeld bijlage V.VII Figuur 3-14) is dit beschouwd als de beste methode om concentraties in te schatten voor een droge periode en wordt niet verwacht dat dit significante afwijkingen met zich meebrengt in de resultaten. In realiteit zijn de specifieke concentraties in het RWZI effluent afhankelijk van meer factoren dan slechts het debiet (Pronk et al., 2024). Dit kunnen andere factoren zijn dan voor de concentraties in riviersystemen zoals de Oude Rijn, zodat het ook daarin de vraag is of de verkregen concentraties goed te vergelijken zijn.

Er is voor dit onderzoek aangenomen dat de discrepanties in de gebruikte tijdsperiodes voor een algemene benadering als systeemdenken niet problematisch zullen zijn. Aangezien de (maandgemiddelde) stromen en concentraties van de Oude Rijn, RWZI's en oevergrondwateronttrekking van jaar tot jaar niet zo variabel zijn, wordt niet verwacht dat dit significante effecten zou hebben op de resultaten voor wat betreft deze doelen. Dit geldt ook voor de ruimtelijke afstand van een aantal kilometer tussen RWZI Woerden en het meetpunt in de Oude Rijn (bij Bodegraven) die de aanname dat er daartussen geen verandering in debiet plaatsvindt met zich meebrengt. Wel zou het kwantificeren van deze onzekerheden kunnen functioneren ter validatie en bijdragen aan de robuustheid van de resultaten (Laner et al., 2014).

Hoewel deze onzekerheden bij hebben kunnen dragen aan de stoffen waar de gemeten vracht in het RWZI Woerden effluent hoger is dan die in de Oude Rijn (zie bijvoorbeeld paragraaf 3.7.4), is dit waarschijnlijk meer te verklaren door niet-meegenomen processen zoals sorptie. Sorptie is een proces waarbij de moleculen van de stoffen zich hechten aan vaste stoffen zoals zand- of kleideeltjes. Gezien de afstand tussen RWZI Woerden en de Oude Rijn, is het goed mogelijk dat de vrachten van stoffen die gevoeliger zijn voor dit soort processen lager zijn dan op een punt vlak na de lozing van RWZI Woerden (Figuur 1-3). In het vervolg zou onderzocht kunnen worden of en hoe deze processen meegenomen zouden kunnen worden, bijvoorbeeld met een stofafhankelijke sorptiefactor.

Een andere onzekerheid is de concentraties van de stoffen in het oevergrondwater, de Oude Rijn en het RWZI effluent. Er is voor de toekomstscenario's uitgegaan van de huidige concentraties en daarmee gelijkblijvende emissies per hoofd van de bevolking. Restricties voor de toepassing van met name PFAS² zouden in de toekomst echter tot een positiever beeld kunnen leiden.

Daarnaast is aangenomen dat al het water dat productielocatie Kamerik produceert aan het eigen voorzieningsgebied wordt geleverd en daarbij geen hulp heeft van externe pompstations (paragraaf 3.3.1). Dit heeft in de huidige situatie (voor de RO op Kamerik) gezorgd voor een inschatting van het productieverlies (verschil oevergrondwaterwinning en drinkwaterlevering) van ongeveer 2%. Het productieverlies bij Kamerik blijkt in de huidige zuivering echter al rond de 15% te zijn (Wessels & van der Meer). Aangezien dit slechts relevant is voor de

² <https://natuurenmilieu.nl/nieuws-artikel/politieke-partijen-tekenen-voor-pfas-vrij-nederland/>

situatie vóór de RO (2025) en geen doorwerking heeft op concentraties in de Oude Rijn, heeft dit verschil geen invloed op de resultaten en conclusies.

Voor de UWF(s) is een recovery van 50% en daarmee een reststroom van 50% aangenomen. Het is echter mogelijk dat met verbeterde techniek in de toekomst een hogere recovery behaald kan worden, in welk geval het concentraat meer ingedikt zal worden en hogere concentraties, maar lagere debieten, behaald zullen worden.

In de laatste werksessie werden vragen gesteld over de selectie van onderzochte stoffen en stofgroepen, waarbij mogelijk andere relevante stoffen (chloride, sulfaat, zilver, pathogenen) genoemd zijn. Mogelijk zou het meenemen van andere stofgroepen een ander beeld geven. Het wordt aanbevolen om hier in vervolgcases kritisch naar te kijken. Daarnaast moet ook benadrukt worden dat er in effluent en in het milieu veel stoffen aanwezig zijn waarvan we nog weinig weten, zowel over voorkomen als mogelijke effecten op mens en omgeving. Daarnaast moet herhaald worden dat de getallen slechts een ordegrootte geven en als indicatief beschouwd moeten worden. Het is daarom ook de vraag of meer detailinzichten wel passend en zinvol zijn.

In dit onderzoek zijn de resultaten gepresenteerd samen met de vigerende wettelijke normen voor oppervlaktewater. Het is echter niet onderzocht hoe de vergunningverlener een zaak als deze zou beoordelen. Voor sommige stoffen zullen concentraties omhoog gaan in de Oude Rijn en voor sommige stoffen omlaag. Hoe dit tegen elkaar gewogen wordt en vergeleken wordt met de referentietoekomstsituatie is vooralsnog onbekend. Wel is bekend dat er voor lozingen in principe een immissietoets uitgevoerd moet worden (Rijkswaterstaat, 2019). Waar er in deze studie uit is gegaan van volledige menging, worden in deze immissietoets ook lokale concentratieverhogingen (op de rand van de mengzone) vergeleken met normeringen. De concentraties van het RWZI effluent worden verhoogd door de UWF en dit zal dus lokaal sterkere concentratieverhogingen met zich meebrengen dan de verhoging na volledige menging. Zoals eerder is vermeld geven de concentraties van het effluent de bovengrens aan van mogelijke concentraties die lokaal kunnen optreden. Hieruit blijkt het belang van bronaanpak om concentraties in het oppervlaktewater te verlagen.

Het is daarnaast ook niet meegenomen dat normeringen in de toekomst kunnen veranderen en mogelijk strenger worden. Daarentegen is het wel bekend dat de concentraties van zware metalen gecorrigeerd worden voor biologische beschikbaarheid om de concentraties te beoordelen op (mogelijke) ecologische impact (Zwolsman & De Schamphelaere, 2007). Door deze correctie kunnen ook de metalen die nu problematisch lijken te zijn, in de praktijk mogelijkwerwijs niet of minder als probleemstof beoordeeld worden. Om in het vervolg te onderzoeken hoe dit soort resultaten beoordeeld zullen worden, wordt aanbevolen om een vergunningsverlener actief te betrekken in het proces (paragraaf 0).

Daarnaast moet vermeld worden dat dit onderzoek een eerste verkenning betreft van de kansen en knelpunten. Wanneer een UWF serieus overwogen zou worden, zou detailonderzoek aan te raden zijn, en voor werkelijke implementatie zou waarschijnlijk een MER procedure nodig zijn.

4.4 Vraagstukken buiten de scope

Gedurende het proces van dit onderzoek, inclusief de werksessies, zijn een aantal vraagstukken rond deze casus naar boven gekomen die buiten de scope van dit onderzoek vallen, doch relevante vragen zijn. Zo is de exacte locatie van de UWF nog onbekend. Hiervoor zal wellicht wat poldergebied verworven moeten worden. De benodigde dimensies en precieze logistieke uitdagingen zijn niet besproken in dit onderzoek. Daarnaast zijn effecten op ecologie slechts indirect (via de normeringen en concentraties) meegenomen, maar niet als aparte categorie. Samen met andere factoren zoals energieverbruik en financiën zal uiteindelijk een integrale afweging gemaakt moeten worden voor de UWF, maar deze factoren vallen buiten de scope van dit onderzoek. Aspecten

zoals publieke acceptatie en juridische en bestuurlijke zaken worden in andere deelonderzoeken in de UWF onderzocht.

4.5 Evaluatie van de methode

De gekozen werkwijze heeft op globale wijze inzicht gegeven in de mogelijke effecten van een UWF op het watersysteem, op een manier waarbij de deelnemers vanuit de betrokken organisaties zijn meegenomen in het proces. Door deze manier van werken konden inzichten tussen de deelnemers (en daarmee ook de betrokken organisaties) worden uitgewisseld en zijn contacten gelegd en/of versterkt. Hierbij vielen de volgende zaken op:

- De werksessies leverden nieuwe inzichten en perspectieven op door de ontmoeting tussen deelnemers uit verschillende organisaties en disciplines
- Naast aandacht voor het watersysteem kwamen allerlei andere onderwerpen aan bod: praktische afwegingen, technologische vragen, ruimtelijke afwegingen, juridische vragen, etc. Verschillende van deze onderwerpen worden behandeld in andere onderdelen van het UWF onderzoek, en de een deel van de praktische vragen zouden thuishoren in een ontwerpfase na de eerste verkenning. De werksessies kregen hiermee een bredere functie dan eerder werd beoogd.
- De besproken vragen waaierden enerzijds uit qua onderwerpen, maar anderzijds was er een grote behoefte aan grip op details (dit lijkt te komen uit een behoefte aan zekerheid).
- Zowel het proces als de analyses zijn groter/complexer geworden dan aanvankelijk werd beoogd.

De werkwijze bij casus Woerden is samen met de deelnemers geëvalueerd. De volgende aandachtspunten zijn hierbij genoemd:

- Werksessies met verschillende expertises en organisaties leveren goede inhoudelijke gesprekken op.
- Al eerder in de werksessies (vanaf werksessie 2) meer aandacht voor de waterkwaliteit.
- Waterkwaliteit – meer stoffen en andere parameters (zout, zilver, pathogenen, etc), waarbij het handig is om op voorhand uit te zoeken welke stoffen of stofgroepen het meest relevant zijn.
- De beoordeling van de waterkwaliteit explicieter meenemen, op een manier die goed aansluit op vergunningverlening. Hiervoor nauwer samenwerken met vergunningsverleners. Het wordt aanbevolen dat tijdens de voorbereiding en werksessies iemand van vergunningverlening aanwezig is.
- Inzicht in de ecologische aspecten die mogelijk beïnvloed kunnen worden door een UWF.
- Autonome veranderingen waterkwaliteit in effluent en oppervlaktewater.
- Enerzijds werd er opgemerkt dat de deelnemers wat meer betrokken konden worden en huiswerk konden meekrijgen, anderzijds gaf men aan dat er drempels zouden zijn (qua beschikbare tijd en expertise) om analyses zelf op te pakken.

Terugkijkend op het proces is duidelijk dat deze methode een goede balans vraagt tussen breedte en diepgang en de juiste mate van actieve inzet van de deelnemers. Met het oog op de volgende casus worden (in overleg met de casushouders van de eerste en de tweede casus) de volgende aanpassingen voorgesteld:

- De uitwaaiing van discussies iets inperken door in klein verband de invulling van de werksessies inhoudelijk sterker vorm te geven en het onderwerp waterkwaliteit eerder aan bod te laten komen.
- Definieer de casus goed van tevoren. Welke scenario's moeten bestudeerd worden? Op deze manier kan ook tijdens de sessies het detailniveau van de discussies bewaakt worden.
- Een meer algemene voorstudie van waterkwaliteit van effluent uit te voeren, zodat op voorhand duidelijk is welke stoffen/stofgroepen een mogelijk risico kunnen vormen.
- Beter gebruik te maken van de expertise van deelnemers
- Onzekerheden goed te (blijven) benadrukken: meer detailinformatie geeft niet per se meer zekerheid, over toekomstsituaties bestaan altijd onzekerheden, eventuele vergunbaarheid in de huidige situaties wil niet zeggen dat dit in de toekomst nog steeds het geval is.
- Afstemming en kennisuitwisseling met de andere labs verbeteren.

5 Conclusies en aanbevelingen

5.1 Conclusies

Een UWF bij RWZI Woerden kan extra drinkwater opleveren voor de regio, maar zal ook effecten hebben op de waterkwantiteit en -kwaliteit van de Oude Rijn. Dit systeem is vooral tijdens droge perioden gevoelig, omdat dan een aanzienlijk deel van de afvoer van de Oude Rijn uit effluent bestaat.

De gevolgen voor het watersysteem door veranderingen in kwantiteit (minder afvoer van de Oude Rijn) lijken beperkt. Hoewel formele eisen voor waterkwantiteit ontbreken, wordt verwacht dat dit niet tot problemen leidt.

De relatief globale berekeningen voor waterkwaliteit geven een wisselend beeld van de gevolgen van een UWF. De vrachten van stoffen naar het oppervlaktewater blijven hetzelfde (en zijn iets kleiner dan in het autonome toekomstscenario), maar concentraties van verontreinigende stoffen in het effluent door indikking (zoals chroom en PFOS) of verminderde verdunning (zoals arseen) zullen stijgen. Voor sommige stoffen, zoals PFOA (die minder met effluent te maken hebben, maar vrijkomen uit de productie van drinkwater uit oevergrondwater als gevolg van eerdere verontreiniging) kan een UWF tot enigszins lagere concentraties in het oppervlaktewater leiden.

Opvallend is dat de veranderingen tussen de huidige situatie en de autonome toekomstige situatie (voornamelijk bevolkingsgroei) voor verschillende stoffen (behalve medicijnresten die door een vierde trap op de RWZI grotendeels worden verwijderd) een stuk groter zijn dan de verschillen tussen de scenario's (welke bron voor drinkwater wordt gekozen). De resultaten benadrukken de toenemende noodzaak voor de aanpak van de waterkwaliteit, middels bronaanpak en aanvullende zuivering.

In deze eerste verkenning kwam naar voren dat een UWF bij Woerden een kans oplevert voor de drinkwaterproductie, maar wel aandachtspunten oplevert voor de waterkwaliteit. Aangezien casus Woerden een eerste casus is in een serie verkenningen, waarin de methodiek verder wordt uitgewerkt, kan niet worden uitgesloten dat vervolgcases tot nieuwe inzichten leiden, waarbij ook andere aspecten van belang blijken te zijn. Hier wordt na afronding van alle cases op gereflecteerd. De resultaten en conclusies in dit rapport zijn daarom nadrukkelijk tussenresultaten.

Deze tussenresultaten laten zien dat een UWF kansen biedt als aanvullende bron voor de drinkwatervoorziening, maar dat het reeds ongunstige ontwikkelingen met betrekking tot oppervlaktewaterkwaliteit versterkt. Hoewel de effecten hiervan ten opzichte van gangbare alternatieven genuanceerd zijn, vraagt de inzet van een UWF ook om aanvullende (beleids)keuzes, zoals maatregelen die de lozing van stoffen op het oppervlaktewater tegengaan. De toegepaste methodiek levert nuttige inzichten en resultaten op, hoewel voor de volgende casussen verbeteringen aanbevolen worden om het proces doelmatiger en efficiënter te maken.

5.2 Aanbevelingen

Voor casus Woerden

Een aantal zaken kunnen nog verder uitgezocht worden voor het trekken van definitieve conclusies over de impact van de UWF op het watersysteem en de mogelijke haalbaarheid van een UWF. De belangrijkste is het verder verkennen van kwaliteitsaspecten en het onderzoeken van de normeringen en de manier van beoordelen door de

vergunningverlener. Verder wordt het aanbevolen om na de laatste casus terug te gaan naar deze casus om te zien of er nieuwe dingen ontdekt of geleerd zijn die ook toegepast kunnen worden op deze casus. Ook wordt aanbevolen om op het moment dat een mogelijke implementatie van een UWF concreet wordt gemaakt, ook te focussen op het ruimtelijke en logistieke aspect van dimensies, grondverwerving en leidingtechnische aspecten.

Voor vervolgcases

In de volgende cases kunnen de werksessies doelmatiger worden gemaakt door deze inhoudelijk sterker voor te bereiden met de casushouders. Hiervoor is het van belang om de casus goed te definiëren alvorens een werksessie te houden. Hierbij is het ook te overwegen om de verkenning en uitwerking van de waterkwaliteit eerder in het proces mee te nemen, en de selectie van stoffen en stofgroepen voor te bereiden door een korte literatuurstudie van stoffen in effluent.

In de analyses kunnen waterkwaliteitsexperts en eventueel een vergunningsverlener intensiever betrokken worden, waarbij zij mogelijk actief worden ingezet bij het uitvoeren van de analyses. Verder wordt aangeraden om in de werksessies goed bedacht te zijn op de verdeling van onderwerpen binnen de labs, en bredere vragen op te vangen middels goede kennisuitwisseling tussen de labs.

Voor het overkoepelende onderzoek naar de impact van de UWF op watersystemen

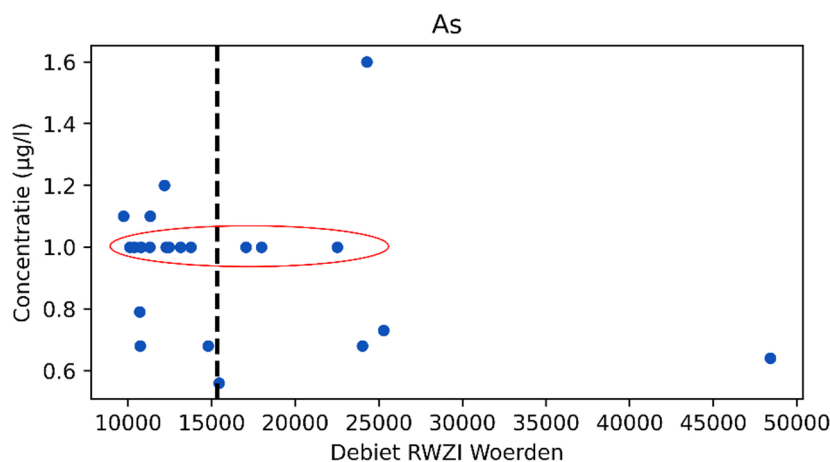
De grotere toename van milieudruk als gevolg van demografische veranderingen ten opzichte van de bronkeuze wijst op een aspect dat niet onbenoemd kan blijven. Veel verontreinigende stoffen komen in het milieu als gevolg van menselijke activiteiten. Als gevolg van de toegenomen milieudruk worden technieken zoals RO toegepast, die op hun beurt weer kunnen leiden tot een toename aan de milieudruk, omdat er concentraat moet worden geloosd. Zo leidt een oplossing voor het ene, tot problemen elders. Een transitie naar een meer circulaire economie (zoals het programma WiCE naar refereert) betreft niet alleen een meer circulair watersysteem, maar benadrukt ook de noodzaak tot een meer circulair systeem voor stoffen. Een aanpak hiervoor zou uit tenminste twee richtingen moeten bestaan. Enerzijds zouden bepaalde stoffen uit de waterketen gehouden moeten worden (bronaanpak, uitfasering, etc.) als deze vooral vervuilend zijn en/of niet eenvoudig afgebroken kunnen worden. Voor andere stoffen zou gekeken kunnen worden naar zuiverings- en hergebruiksopties met nuttige toepassingen. Binnen onderzoek waarbij STOWA en KWR betrokken zijn, wordt onderzoek gedaan naar een volledige circulaire zuivering waarbij geen reststroom geloosd hoeft te worden (zie bijvoorbeeld KWR (2025a)).

Referenties

- Beard, J. E., Bierkens, M. F., & Bartholomeus, R. P. (2019). Following the water: Characterising de facto wastewater reuse in agriculture in the Netherlands. *Sustainability*, 11(21), 5936.
- CBS. (2020). 2 *Gegevens van het CBS en bevolkingsprognoses van CBS en Primos*. Retrieved 01-04-2025 from <https://waterketenibeeld.geoatlas.nl/app/map/2>
- Derksen, A., & Baltussen, J. (2021). *PFAS in influent, effluent en zuiveringsslib: resultaten van een meetcampagne op acht RWZI's*. <https://www.stowa.nl/sites/default/files/assets/PUBLICATIES/Publicaties%202021/STOWA%202021-46%20PFAS.pdf>
- HDSR. *Medicijnrestenverwijdering rwzi Woerden*. Retrieved 09-04-2025 from <https://www.hdsr.nl/buurt/woerden/medicijnrestenverwijdering-rwzi-woerden/>
- Krajenbrink, H. J., Stofberg, S. F., & Bartholomeus, R. P. (2021). *RWZI als waterfabriek voor een robuuste watervoorziening* (STOWA 2021-31). <https://www.stowa.nl/publicaties/rwzi-als-waterfabriek-voor-een-robuuste-watervoorziening>
- KWR. (2025a). *Grondstofhergebruik en Circulaire Systemen: Naar een duurzame en toekomstbestendige watercyclus*. <https://www.kwrwater.nl/thema/grondstofhergebruik-en-circulaire-systemen/>
- KWR. (2025b). *Water in de Circulaire Economie (WiCE)*. <https://www.kwrwater.nl/samenwerkingen/collectief-onderzoek-water-circulaire-economie/>
- Laner, D., Rechberger, H., & Astrup, T. (2014). Systematic evaluation of uncertainty in material flow analysis. *Journal of Industrial Ecology*, 18(6), 859-870.
- Mens, M., Prinsen, G., Hunink, J., Bachmann, D., Snippen, E., & Delsman, J. (2018). *Analyse van de 100-jarige reeks ten behoeve van de Knelpuntenanalyse Zoetwater 2017*.
- ONRI-werkgroep. (2009). *Module Riolering voor het HBO*. https://kivi.nl/_Resources/Persistent/5/0/8/a/508a1b025dc3db2dca3ce3566a63315dd3e98082/Reader%20Riolering.pdf
- PDOK. *PDOK Viewer*. <https://app.pdok.nl/viewer/#x=160000.00&y=455000.00&z=3.0000&background=BRT-A%20standaard&layers=>
- Pronk, T. E., Amato, E. D., Kools, S. A., & Ter Laak, T. L. (2024). Linking clusters of micropollutants in surface water to emission sources, environmental conditions, and substance properties. *Environments*, 11(3), 46.
- Rijkswaterstaat. (2019). *Handboek Immissietoets*.
- RIONED, S. (2003). *Metten en berekenen rioolstelsels: Een systematische en stapsgewijze methodiek voor het verbeteren van de betrouwbaarheid van hydraulische modelberekeningen*. <https://edepot.wur.nl/377092>
- RIVM. *Zoek stoffen*. Retrieved 09-04-2025 from <https://rvszoeksysteem.rivm.nl/Stoffen>
- Stofberg, S. F., Brakkee, E. A., & Broers, H. J. M. (2022). *Naar een langetermijnvisie op de drinkwatervoorziening voor Drenthe - Fase 1* (KWR 2022.037). <https://library.kwrwater.nl/publication/68651853/naar-een-langetermijnvisie-op-de-drinkwatervoorziening-voor-drenthe-fase-1/>
- Stofberg, S. F., van Huijgevoort, M. H. J., Krajenbrink, H. J., & Brakkee, E. A. (2024). *Interventies in het watersysteem (OPENBAAR)* (BTO 2024.017). <https://library.kwrwater.nl/publication/71685755/interventies-in-het-watersysteem/>
- Stofberg, S. F., van Huijgevoort, M. H. J., Krajenbrink, H. J., Raat, K. J., & Bartholomeus, R. P. (2025). Toepassing van systeemkennis voor de watertransitie *H2O-Online*, (28 januari). <https://www.h2owaternetwerk.nl/vakartikelen/toepassing-van-systeemkennis-voor-de-watertransitie>
- STOWA. (2025). *De Ultieme Waterfabriek*. <https://www.stowa.nl/onderwerpen/circulaire-economie/produceren-van-grondstoffen/de-ultieme-waterfabriek>
- van de Kerk, A., & van Wieringen, H. (2005). *DWAAS: vervolgonderzoek rioolvreemd water* (STOWA rapportnummer 2005-20). <https://edepot.wur.nl/118879>
- Voorhoeve, J., & van de Kerk, A. (2003). *Rioolvreemd water: onderzoek naar hoeveelheden en oorsprong afvalwater* (STOWA rapportnummer 2003-08).

- <https://www.stowa.nl/sites/default/files/assets/PUBLICATIES/Publicaties%202000-2010/Publicaties%202000-2004/STOWA%202003-08.pdf>
- WaterketenInBeeld.nl. (2020). *2 Gegevens van het CBS en bevolkingsprognoses van CBS en Primos*. Retrieved 01-04-2025 from <https://waterketeninbeeld.geoatlas.nl/app/map/2>
- Weiss, G., Brombach, H., & Haller, B. (2002). Infiltration and inflow in combined sewer systems: long-term analysis. *Water Science and technology*, 45(7), 11-19.
- Wessels, P., & van der Meer, W. Duurzame drinkwaterzuivering met membraanfiltratie. *H2O online*.
- Zoetwater, N. D. (2021). *Werken aan zoet water in de delta: terugblik 2020 en vooruitblik 2021 - 2022*.
- Zwolsman, J. J. G., & De Schamphelaere, K. (2007). *Biologische beschikbaarheid en actuele risico's van zware metalen in oppervlaktewater* (STOWA rapport 2007-12).

I Voorbeeld van omgang met kwaliteitsgegevens



Voorbeeld van de omgang met data, in dit geval de concentraties van arseen in RWZI Woerden. De in het rood omcirkelde datapunten zijn metingen die (in het verleden) onder het detectielimiet waren, maar waaronder later wel metingen zijn gedaan. Deze metingen zijn niet meegenomen in de berekeningen. De onderbroken verticale lijn laat het gemiddelde debiet zien.

II Resultaten werksessies

II.I Werksessie 1

Verslag:

- Introductie UWF en casus Woerden
- Interactief gedeelte waarbij nagedacht werd over de volgende kwesties:
 - Het maken van een eerste schets van het watersysteem
 - Wat zijn de belanghebbenden in het watersysteem?
 - Welke autonome veranderingen kunnen we verwachten?
- De resultaten worden gepresenteerd door de twee groepen.
- Interactief gedeelte waarbij nagedacht werd over de volgende kwesties:
 - Welke alternatieven voor een UWF zijn denkbaar?
 - Welke mogelijke effecten kan een UWF hebben op het watersysteem?
 - Welke mogelijke effecten kan een UWF hebben op belanghebbenden?
- De resultaten worden gepresenteerd door de twee groepen.

Presentatie

Oktober 2024

UWF Woerden

Effecten op het watersysteem

Sja Stofberg (KWR)

KWR
Bridging Science to Practice

Watersysteemdenken

Kennis en inzichten van waterstromen, voorraden en processen, die nodig zijn om de mogelijke effecten van een UWF te begrijpen

- Op basis van 'systeemdenken': simpel en overzichtelijk
- Iteratief proces
- Samenbrengen van kennis van stakeholders, experts en data
- Onderschreven én onderbouwd beeld van de werkelijkheid
- Conceptueel model kan later verfijnd worden tot een (simpel) rekenmodel (systeemdynamisch modelleren) om bijvoorbeeld effecten in de tijd helderder te krijgen



In de werksessies



Vandaag: verkenning

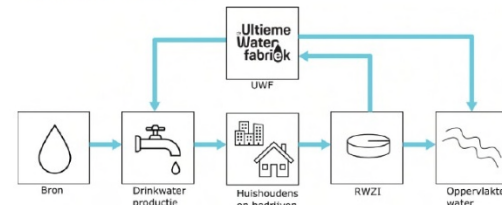
- Deels omgekeerde volgorde (we gaan uit van een mogelijke maatregel)
- Start met systeemschets
- Verschillende onderwerpen doornemen van basis (watersysteem) naar context.
- Schets aanpassen en aanvullen waar nodig
- Belangrijkste onderdelen en aandachtspunten benoemen
- Waarschijnlijk niet mogelijk om alle onderwerpen volledig te behandelen – hoeft ook niet



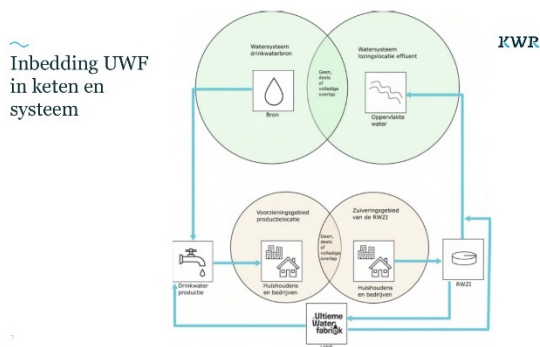
Waterketen



Waterketen met UWF



Inbedding UWF in keten en systeem

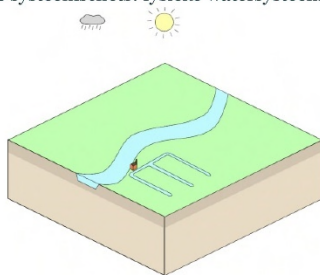


UWF Woerden – het idee

(Introdutctie door HDSR of Oasen?)
(dit kan ook eerder)

KWR

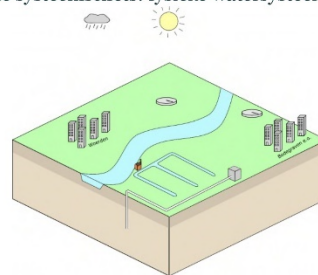
De eerste systeemsets: fysieke watersysteem



9

KWR

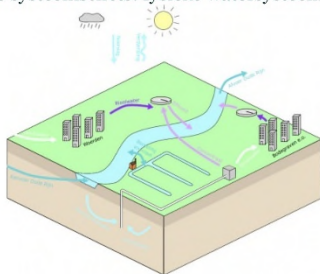
De eerste systeemsets: fysieke watersysteem



10

KWR

De eerste systeemsets: fysieke watersysteem



11

KWR

Schetsen fysieke watersysteem, huidige situatie

Groep 1: Kwantiteit

- Zijn de belangrijkste waterstromen in beeld? Wat mist er nog? Wat is overbodig?
- Zijn er bepaalde tijdsaspecten of ruimtelijke verschillen van belang?
- Welke aandachtspunten en vraagstukken spelen er op het gebied van waterkwaliteit?

Aannames om te checken

- Oude Rijn en Grecht (bij overwinning Gassen) kan gezien worden als één reservoir?
- Oorsprong oevergrondwater: Oude Rijn en polderwater uit polder(s) rondom Oude Rijn
- RWZI in voorzieningsgebied kost (direct/indirect?) op Oude Rijn

12

Groep 2: Kwaliteit

- Wat is er van belang te weten over de kwaliteit? Wat mist er nog? Wat is overbodig?
- Zijn er bepaalde tijdsaspecten of ruimtelijke verschillen van belang?
- Voor een versimpelde weergave van de werkelijkheid: hoe zou je kwaliteit (goed/slecht) willen aanduiden? Aandacht voor bepaalde stofgroepen nodig? (Bijv. wel/niet afbreekbaar in zuivering?)
- Welke aandachtspunten en vraagstukken spelen er op het gebied van waterkwaliteit?

Stakeholders, belangen en behoeften tav het watersysteem

Kijk naar de schetsen van het fysieke watersysteem

- Welke stakeholders zijn betrokken bij deze waterstromen en voorraden en de kwaliteit daarvan?
- Wat zijn hun belangen en behoeften ten aanzien van het watersysteem? (Watervoorziening, peil/voorraad, ontdoen van waterstromen, bepaalde kwaliteitseisen etc. Niet alleen gerelateerd aan lopende vraagstukken, maar ook aan zaken die bijna vanzelfsprekend zijn, zoals behoefte aan droge voeten en sanitatie)
- Welke aandachtspunten en vraagstukken spelen er op het gebied van waterkwaliteit en kwaliteit? En wat betekent dat voor de betrokken stakeholders? Welke zorgen en vragen leven er?

13

KWR

Context en autonome veranderingen

Kijk naar de schetsen van het fysieke watersysteem en de stakeholders

- Zijn er vraagstukken en ontwikkelingen die (gaan) spelen, met raakvlakken met het watersysteem of de behoeften van de stakeholders?
- Als je kijkt naar de toekomst, welke veranderingen verwacht je? Denk aan:
 - Klimaat, (extreme) weer
 - Demografische ontwikkeling
 - Economische ontwikkeling
 - Landgebruiksverandering
 - Veranderende behoeften in samenleving of bedrijfsleven
 - Veranderende wetten of beleid

Geef zo mogelijk globaal (+ of -) aan hoe je verwacht dat dit uitpakt voor het fysieke watersysteem (kwantiteit, kwaliteit) en/of behoeften van stakeholders.

14

KWR

Presenteren bevindingen

15

KWR

Pauze

15

KWR

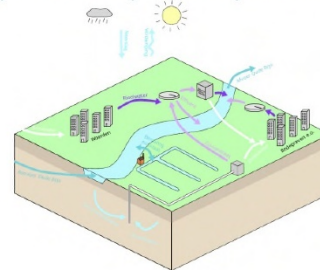
De UWF en alternatieven

- Stel dat je niet zou kiezen voor een UWF in dit gebied, welke alternatieven zijn dan denkbaar?
- Welke daarvan zouden kansrijk kunnen zijn?

17

KWR

Eerste systeemschets: fysiek watersysteem met UWF



18

KWR

Mogelijke effecten van een UWF op fysiek systeem

Groep 1: Waterkwaliteit

- Kloppen de pijlen?
- In welke onderdelen van het watersysteem verwacht je effecten van een UWF? Hoe denk je dat stromen en voorraden veranderen? (+ of -)
- Hoe zou dat door kunnen werken in de rest van het systeem (volg de pijlen)
- Zijn er bepaalde perioden of gebieden of onderdelen die extra aandacht behoeven?

19

Groep 2: Waterkwaliteit

- Welke veranderingen verwacht je qua waterkwaliteit als gevolg van een UWF? (beter of slechter, voor welk type stofgroepen?)
- Hoe zou dat door kunnen werken in de rest van het systeem (volg de pijlen)
- Zijn er bepaalde perioden of gebieden of onderdelen die extra aandacht behoeven?

KWR

Mogelijke effecten van een UWF op stakeholders

Kijk naar de criteria (behoeften stakeholders tav het watersysteem, ronde 2) en de veranderingen die je verwacht in het fysieke systeem.

- Voor welke stakeholders kunnen de veranderingen relevant zijn?
- Kan het bijdragen aan oogaven?
- Kunnen vraagstukken groter worden?
- Kunnen er nieuwe vraagstukken of aandachtspunten ontstaan?

20

KWR

Presenteren bevindingen

Groep 1: Waterkwaliteit

- Kloppen de pijlen?
- In welke onderdelen van het watersysteem verwacht je effecten van een UWF? Hoe denk je dat stromen en voorraden veranderen? (+ of -)
- Hoe zou dat door kunnen werken in de rest van het systeem (volg de pijlen)
- Zijn er bepaalde perioden of gebieden of onderdelen die extra aandacht behoeven?

21

KWR

Vervolgstappen

- Opgehaalde informatie verwerken tot conceptueel model (versie 1)
- Verzamelen data van relevante onderdelen, getallen toevoegen aan conceptueel model, eerste duiding
- Zo nodig contact met betrokkenen als iets niet duidelijk is

Volgende werksessie:

- Bespreken conceptueel model: aanvullen, aanpassen
- Onderdelen die vandaag niet aan bod zijn gekomen
- UWF met alternatieven vergelijken
- Wat is er nog nodig om dit vraagstuk goed te begrijpen?

22

KWR

KWR

Groningenhaven 7
3433 PE Nieuwegein
The Netherlands

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



@KWR_Water



KWR



KWR_Water



Sija Stofberg
Sija.Stofberg@kwrwater.nl



Ruud Bartholomeus
Ruud.Bartholomeus@kwrwater.nl

II.II Werksessie 2

Verslag:

- Kennismaking vanwege de (deels) andere samenstelling van deelnemers dan in werksessie 1.
- Korte uitleg van het gehele UWF project
- Presentatie van casushouders over de casus Woerden
- Korte uitleg over de fase waarin regiolab Woerden zich op dat moment bevond.
- Presentatie over de verwerking van de input uit werksessie 1 en resultaten van de dataverwerking
- Interactief gedeelte waarbij in twee groepen nagedacht werd over de volgende 5 vragen:
 - 1 Kloppen de gepresenteerde resultaten?
 - 2 Welke autonome veranderingen kunnen we verwachten in de toekomst?
 - 3 Wat als er geen UWF is?
 - 4 Welke criteria zijn het belangrijkste?
 - 5 Welke toekomstscenario's moeten we bekijken?
- De resultaten worden gepresenteerd door de twee groepen.

Presentatie:

1e regiolab
impact watersysteem
sessie 2
18 februari 2025

de **Ultieme**
Water
fabriek

Doel vandaag

Ultieme
Water
fabriek

- Verdere uitwerking naar volledig overzicht en interpretatie naar een overzichtelijk verhaal over de verwachte effecten van UWF Woerden in het watersysteem
- In deze sessie exploreren, divergeren en convergeren
- Na drie sessies een beeld van de impact op het watersysteem voor deze casus
- Op basis van meerdere casussen komen tot een afwegingskader

Agenda

Ultieme
Water
fabriek

- Welkom & kennismaking
- Waar staan we nu
- Aan de slag!
- Afronding

Kennismaking

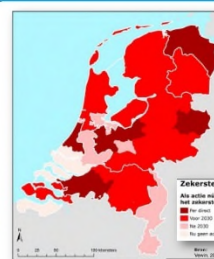
de **Ultieme**
Water
fabriek

Achtergrond UWF
(Ruud & Katinka)

de **Ultieme**
Water
fabriek

Beschikbaarheid van drinkwater

Ultieme
Water
fabriek



De beschikbaarheid van voldoende schoon drinkwater staat onder druk, door bijvoorbeeld:

- droogte
- vervuiling van grond- en oppervlaktewater
- beperkte ruimte
- ...

Zekerstellen van de drinkwatervoorziening
Als actie nu uitloopt, wanneer ontstaan dan problemen met het zekerstellen van de drinkwatervoorziening?

Bron: https://www.wvri.nl/SiteCollectionDocuments/Nieuws/2022/Hand_guid_zekerstellen%20drinkwatervoorziening_ronder_embargo_definities.pdf

Bouwstenen voor de toekomst van drinkwater

Onderzoeksvraag

Ultieme
Water
fabriek

Is gezuiverd rioolwater
in de toekomst
een geschikte bron
voor drinkwater ?



Aan de slag op drie schaalniveaus

Ultieme Water fabriek

- **Lokaal** – demonstreren en ervaren dat het mogelijk is om veilig en continu drinkwater van hoge kwaliteit te produceren uit gezuiverd rioolwater.
- **Regionaal** – doorleven we de transitievraagstukken in circa vijf regio's in Nederland, elk met verschillende kenmerken. Dat doen we op basis van een concrete casus en echte data.
- **Nationaal** – komen alle resultaten bij elkaar en trekken daaruit generieke conclusies. Vraagstukken die een nationale aanpak nodig hebben agenderen we op relevante tafels bij bijvoorbeeld het Rijk en de koepels.

Regionale schaal

Ultieme Water fabriek



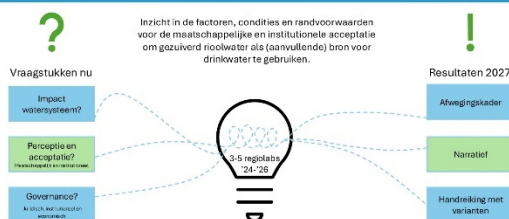
Regionale schaal

Ultieme Water fabriek



Regionale schaal

Ultieme Water fabriek



Regionale schaal

Ultieme Water fabriek



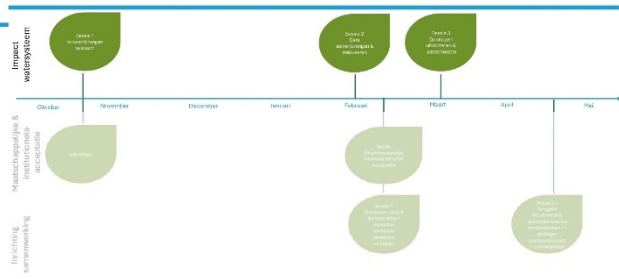
Regionale schaal

Ultieme Water fabriek



De sessies voor het eerste regiolab

Ultieme Water fabriek



Regionale schaal

Ultieme
Water
fabriek



Uitleg fictieve casus
(Nico & Maarten)

de Ultieme
Water
fabriek

Situatie casus Woerden



Figuur 1 - Overzichtkaart transportleidingen rond drinkwaterproductielocatie Woerden

Productielocatie
Oasen

Rwzi Woerden
HDSR



Figuur 2 - Overzichtkaart transportleidingen rond drinkwaterproductielocatie Woerden

Kenmerken

Capaciteit dwpl

- nu 360 m³/uur,
- toekomst 290 m³/uur

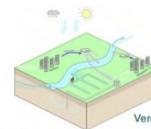
Capaciteit rwzi

- 76.000 i.e.
- 600 m³/uur DWA

Waar staan we nu?
(Ruud & Jeroen)

de Ultieme
Water
fabriek

Waar staan we



Wice

Werksessie 1:

- Eerste verkenning effecten UWF op watersysteem
- Watersysteem kwantiteit en kwaliteit in kaart
- Criteria: waar zitten belangen/behoefte
- Waar kunnen veranderingen optreden als gevolg van UWF?

Verdere verkenning en dataverzameling:

- Kwantificeren relevante waterstromen, data voornamelijk via HDSR en Oasen
- Selecteren relevante stoffen, dataverzameling concentraties

Werksessie 2 – Vandaag

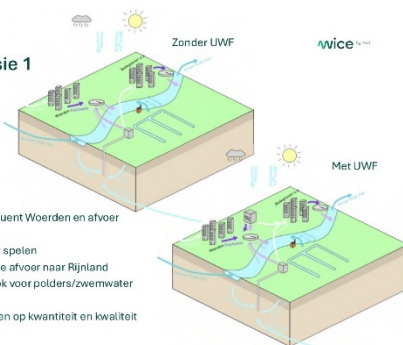
Hierna:

- Verdere uitwerking naar volledig overzicht en interpretatie naar een overzichtelijk verhaal over de verwachte effecten van UWF Woerden in het watersysteem

25

Terugblik werksessie 1

Overzicht waterstromen
in huidige situatie en situatie
met UWF



Verwacht effect UWF:

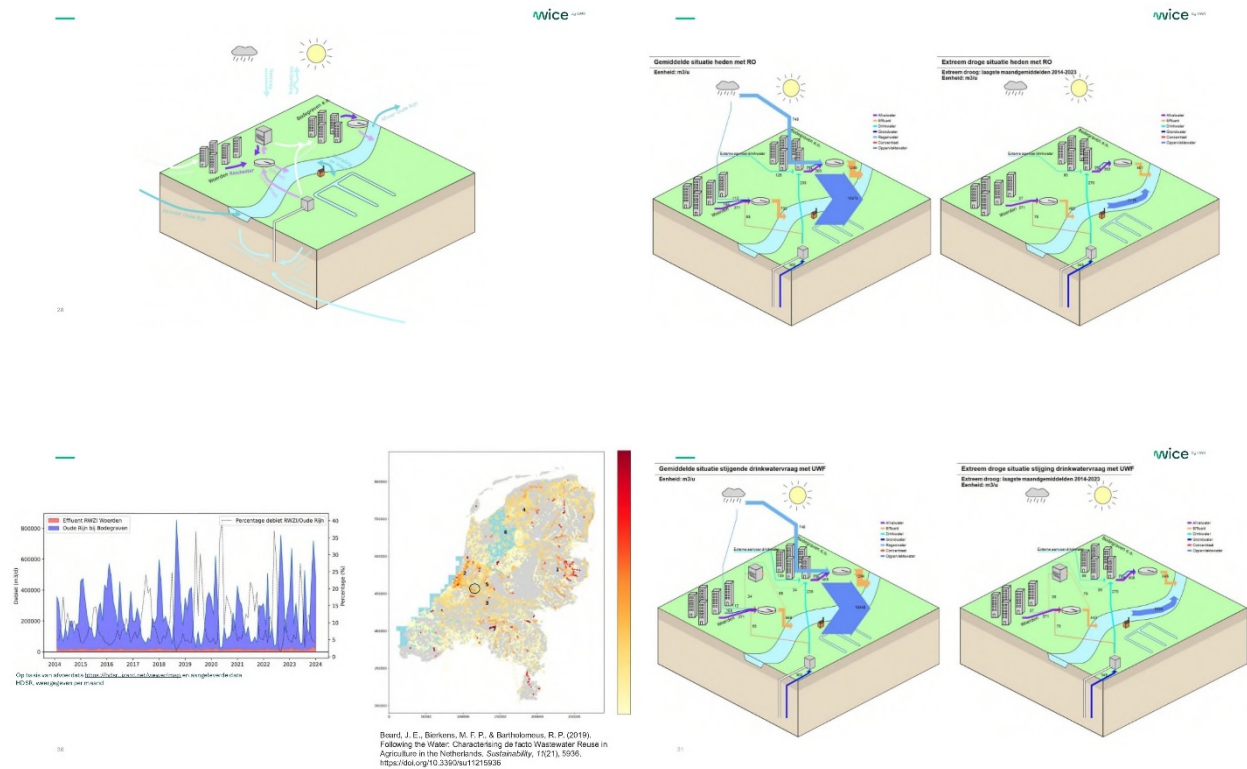
- Veranderingen in geloosd effluent Woerden en afvoer Oude Rijn
- Belangen/behoefte die daar spelen
 - Waterkwantiteit: voldoende afvoer naar Rijnland
 - Normen waterkwaliteit (ook voor polders/zwerfwater etc)
- Inschatting verwachte effecten op kwantiteit en kwaliteit relatief klein

26

Dataverzameling en interpretatie
voorlopige resultaten

Wice

27



Vergelijking kwantiteit zonder en met UWF

Zonder UWF

Afvoer Oude Rijn (m³/u)
Gemiddeld: 10474
Droog: 1113

Effluent Woerden (m³/u)
Gemiddeld: 703
Droog: 483

Aandeel effluent Woerden
Gemiddeld: 7%
Droog: 43%

Afvoer daalt licht

Hoewel effluent daalt licht

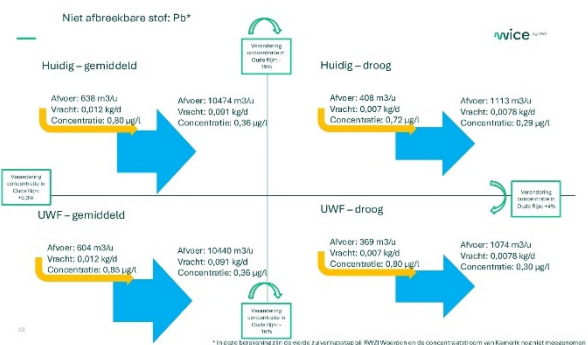
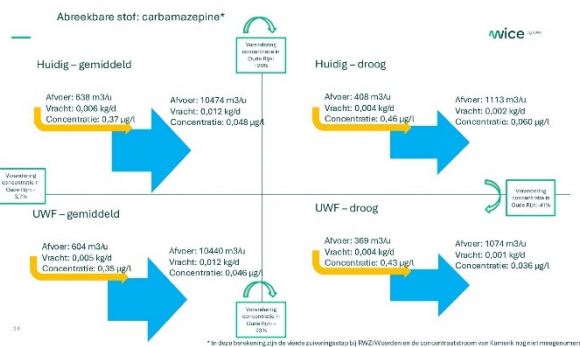
Aandeel effluent daalt licht

Met UWF

Afvoer Oude Rijn (m³/u)
Gemiddeld: 10440
Droog: 1074

Effluent Woerden (m³/u)
Gemiddeld: 669
Droog: 443

Aandeel effluent Woerden
Gemiddeld: 6%
Droog: 41%



Samenvatting

- Tot nu toe gekeken naar huidige situatie en situatie met UWF bij grotere drinkwatervraag (gemiddeld en droge perioden)
- Effect UWF (kwantiteit en kwaliteit) op effluent naar de Oude Rijn, werkt door in afvoer en kwaliteit Oude Rijn
- Nog niet uitgewerkt:
 - Overige veranderingen waterstromen in de toekomst
 - Alternatieven voor UWF
 - Vergelijking van effecten (incl. bijwerkingen) tav criteria (bijvoorbeeld normen)

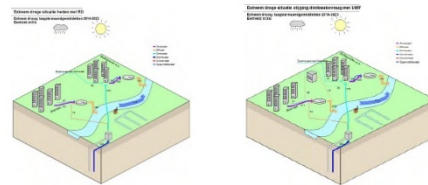
Aan de slag!

de Ultieme Water fabriek

Aan de slag!

Ultieme Water fabriek

Kloppen de getallen? – Klopt dit? Herkennen we dit? Zit "dit/dat" erin? (10 min)



Aan de slag!

Ultieme Water fabriek

Aan de slag!

Ultieme Water fabriek

Autonome toekomstige veranderingen in het watersysteem (10 min)

Kwantiteit

Reeds in beeld/data ontvangen:

- Verwachte groei watervraag Bodegraven e.o.
- Verwachte groei droogweerafvoer & hemelwaterafvoer Woerden

Nog data, informatie of onderbouwde aannames nodig:

- Nieuwe watervragende activiteiten
- Afvoer Oude Rijn (met name voor droge perioden) (Niet beschikbaar --> alternatieven?)
- Overige?

Kwaliteit

Reeds in beeld/data ontvangen:

- Extra zuiveringsstap RWZI Woerden (80% minder organische microverontreinigingen)

Nog data, informatie of onderbouwde aannames nodig:

- Extra zuiveringsstap RWZI Bodegraven?
- Kwaliteit Oude Rijn veranderingen/trends?
- Overige?

• Wat als er geen UWF is? (20 min)

- Waar haal je dan je drinkwater vandaan?
 - Meer drinkwaterwinning bij Kamerik?
- Overige opties?
- Welke andere mogelijke toepassingen zijn er voor het RWZI effluent?
 - Landbouw?
 - Industrie?
 - Polders doorspoelen of op peil houden?
 - Overig?

Voor elke optie:
Wat zijn de gevolgen voor het watersysteem?

- Waar veranderen stromen en voorraden?
- Werkt dat door in andere componenten?
- Kunnen er ergens knelpunten ontstaan of raakt het aan andere vraagstukken?

Maak criteria (normen/eisen/verwachtingen) expliciet.
(Zie voorbeeld op volgende slide)

Aan de slag!

Ultieme Water fabriek

Aan de slag!

Ultieme Water fabriek

Voorbeeld: meer drinkwaterwinning bij Kamerik?

Kwantiteit

- Waar komt het extra water vandaan? (Blijven de verhoudingen tussen bronnen ongeveer gelijk?)
- Hoe werkt dat door voor het oppervlaktewater in de polders en uiteindelijk de Oude Rijn?
- Zijn er bij andere onderdelen (binnen of buiten het nu beschreven systeem) relevante veranderingen te verwachten?

Kwaliteit

- Hoe werken de veranderingen in waterstromen (ook de "bijwerkingen") door op de kwaliteit?

• Wat zijn de belangrijkste dingen om op te letten? (10 min)

- Wat zijn belangrijke criteria?
 - Kwaliteit: welke stoffen binnen stofgroep (zware metalen, medicijnresten, PFAS) voor welke stakeholderbehoefte ten aanzien van oppervlaktewater Oude Rijn? (bijv. KRW normen, zwemwater, drinkwaternormen, natuurwaarden)
 - Kwantiteit?

Stof	Gemiddeld: Concentratie (µg/L)	Droog: Concentratie (µg/L)
PFCA	0,01	0,01
PFOS	0,001	0,001
Cd	0,025	0,024
Cr	0,42	0,58
Cu	3,18	2,83
Pb	0,36	0,29
Ni	3,81	3,38
Zn	6,79	6,65
Hg	0,019	0,018
As	1,06	1,71
Carbazone	0,045	0,06
metfrine	0,14	0,14

Vervolgstappen

Ultieme Water fabriek

wice

Groningenhaven 7
3433 PE Nieuwegein
The Netherlands

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

Name
E-mail address
Telephone number

Name
E-mail address
Telephone number

Name
E-mail address
Telephone number

@KWR_Water
KWR
KWR_Water

Colofon

WiCE | maand jaar | 12345.000

Opdrachtnummer
A123456

Projectmanager
Name de Achternaam

Opdrachtgever
WICE

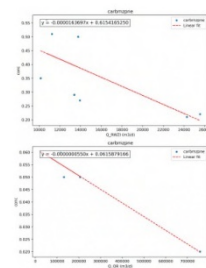
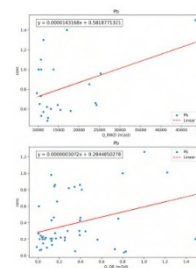
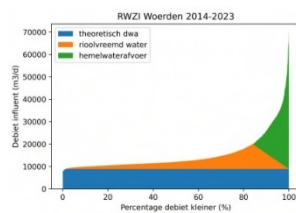
Kwaliteitsborger(s)
Voornaam Achternaam

Auteur(s)
Naam Achternaam, Naam
Achternaam

Trefwoorden
Ommodi, doluptatemoet,
apiscus

Verzonden aan
Deze presentatie is niet openbaar, maar mag verspreid worden binnen de WiCE-participanten. Eventuele verspreiding daarbuiten vindt alleen plaats in afstemming met WiCE-programmamangement (via wice@kwrwater.nl).

Supplement



II.III Werksessie 3

Verslag:

- Korte introductie over de regionale cases en waar in het proces we ons nu bevinden.
- Presentatie van wat er tussen werksessie 2 en 3 is gebeurd aan data-analyse en welke resultaten zijn verkregen.
- Interactieve gedeelte van de werksessie, waarin de volgende zaken besproken zijn:
 - Discussie van de resultaten
 - Formuleren van conclusies
- De resultaten worden gepresenteerd door de twee groepen.
- Reflecties op de methode, het proces en de werksessies. Deze werden door de deelnemers in één minuut gepresenteerd.

Presentatie:

Regiolab 1
casus Woerden

Werksessie 3

Maart 2025

Sjia Stofberg, Jansen Pelle (KWR), Katinka
Bergema (VierWaarde)de Ultieme
Water
fabriek

Agenda

Ultieme
Water
fabriek

- Welkom
- Resultaten & concentratie berekeningen
- Belangrijke conclusies
- Reflectie op methode en proces
- Afsluiting

UWF – Effecten op watersystemen

Ultieme
Water
fabriek

Regionale cases

Ultieme
Water
fabriek

Doelen:

Inzicht in mogelijke effecten UWF in watersystemen

Ontwikkelen van een methode waarmee regio's de mogelijke effecten van een UWF op het watersysteem kunnen verkennen

- Toepassing methode in cases
- Methode aanpassen waar nodig
- Verkennen of/in hoeverre regio's methode zelf kunnen uitvoeren (wat is een goede verdeling van taken/rollen)

Methode regionale cases

Ultieme
Water
fabriek

Waar staan we?

Ultieme
Water
fabriekOnderzoeken van mogelijke effecten (incl. doorwerking) van UWF en alternatieven in watersystemen door het toepassen van *watersysteembedenken*:

- Gezamenlijk beeld van het watersysteem – samenvatten in een conceptueel model
- Identifieren van belangen en mogelijke knelpunten
- Vergelijken van verschillende opties

Hoe?

- Werksessies met stakeholders
 - Meenemen diverse kennis, inzichten, belangen in het onderzoek
 - Delen kennis, onderling begrip van belangen (ook met oog op basis verdere samenwerking)
- Analyse van data van het watersysteem → Onderbouwen met feiten
- Conclusies zijn idealiter:
 - Inzichtelijk mbt werking watersysteem (conceptueel model)
 - Evenwichtig, onderschreven (input diverse perspectieven, afgestemd met stakeholders)
 - Onderbouwd (met data)
 - Niet te complex, te gebruiken door professionals in eigen organisatie

Regionale cases

- Voorzet methode
 - Casus 1 Woerden, Oasen - HDSR
 - Toepassen methode
 - Evaluatie en aanscherping methode
- Casus 2 Dunea-Delfland
- Casus 3 ...?
- Uitwerking methode in handleiding

Vandaag

Ultieme
Water
fabriek

Resultaten uitwerking casus Woerden

Ultieme
Water
fabriek

- Effecten watersysteem casus Woerden
 - Laatste resultaten - scenario's en interpretatie
 - Conclusies en verhaallijn mbt effecten op watersystemen
- Korte reflectie op methode en proces
- Vooruitblik

Werk sessie 2



Tussen werksessie 2 en 3



Inhoud:

- Bespreken scenario's (gemiddeld, droog, UWF)
- Autonome veranderingen
- Alternatieven voor UWF
- Criteria
- Keuzes voor verdere uitwerking

Hoofdpunten opbrengst:

- Criteria onder de loep: welke stoffen, welke mogelijke knelpunten?
 - Verschil tussen niet afbreekbare en afbreekbare stoffen, zware metalen, As, PFAS, Li, Cl, pathogenen, B, Ba, PKA's, historische bodemverontreinigingen
- Wat gebeurt er bij max capaciteit UWF?
- Waterbesparingsscenario
- Scenario met KWA
- Scenario's met tijdelijke inzet UWF / oevergrondwater
- Meer winning bij Kamerik, anders brakwaterwinning, oppervlaktewater, grondwater (evt in combinatie met ASR) of water uit een andere regio als alternatief
- Richtlijn stedelijk afvalwater: betere zuivering effluent

- Selectie van scenario's

- Uitwerking waterkwaliteit in scenario's

→ Niet alles verwerkt in expliciete scenario's, soms onvoldoende data, waar mogelijk wel in discussie verwerkt, onbeantwoorde vragen noteren.

Selectie scenario's

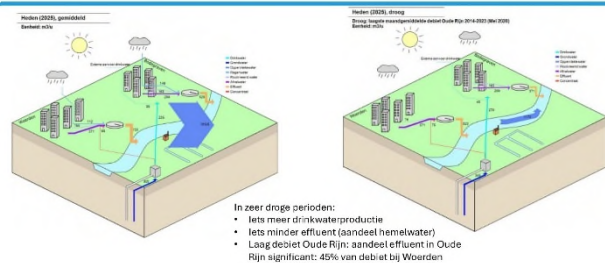


Waterkwantiteit gemiddeld en droog



Huidige situatie - Gemiddeld - Droog	Hier is data van beschikbaar (ter referentie weergegeven)
Huidige situatie, RO bij drinkwaterproductie Kamerik - Gemiddeld - Droog - Droog + KWA	Situatie vanaf 2025 (geen (directe) data, wel uitgangspunt)
Toekomstige situatie (bevolkingsgroei, focus op droge perioden, extra zuivering bij RWZI) - Gemiddeld - Groei drinkwateraanvraag opgevangen door Kamerik - Groei drinkwaterproductie opgevangen door UWF Woerden - Maximale productie UWF Woerden - Maximale productie UWF Woerden en Bodegraven	UWF vergeleken met voor de hand liggend alternatief Impact in effecten grootst mogelijke UWF

- Niet expliciet uitgewerkt, wel interpretatie mogelijk
 - Effecten bij afvoer = 0 (extreme droogte in de toekomst)
 - Effect op inzet KWA bij toekomstscenario's
 - Effect waterbesparing
 - Overige bronnen drinkwater



Effect KWA

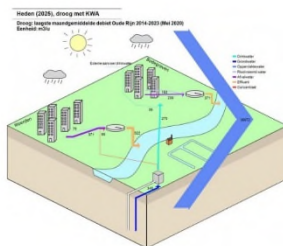


Autonome toekomst met oevergrondwater



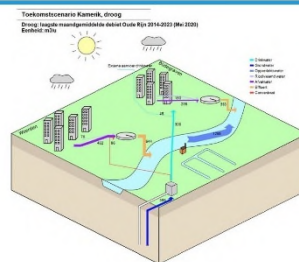
Effect KWA:

- Veel meer afvoer Oude Rijn, alle stromen ten opzichte van afvoer zeer klein



Keuze: voor verdere analyse vooral naar droge situaties
gelijken (interpretatie voor overige situaties)

- Groei aantal inwoners
 - Drinkwateraanvraag +12,5% (meer oevergrondwater uit Kamerik)
 - Meer restwater
- Geen afvoerscenario, uitgegaan van laagste afvoer afgelopen jaren
- Afvoer wel gecorrigeerd voor toename drinkwater (70% netto uit Oude Rijn balans) en toename restwater
- N.B.: Worst case afvoer = 0



- Effecten kwantiteit droge periode:
- Meer effluent (+23%), uit zowel restwater als concentraat drinkwaterproductie
 - Oude Rijn afvoer (na Woerden) stijgt 7% tov eerdere droge perioden (enerzijds daling door meer drinkwaterwinning en anderzijds stijging door meer restwater)
 - Aandeel effluent in Oude Rijn 51% bij Woerden

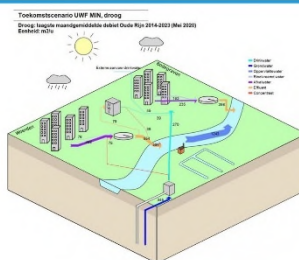
UWF (kleine variant)



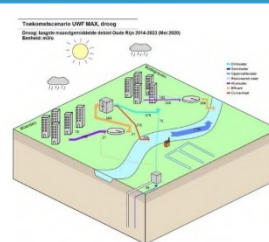
Maximale inzet UWF



- Groei drinkwateraanvraag opgevangen met UWF, winning Kamerik gelijk aan huidig
- Concentraat met effluent naar Oude Rijn (geen recirculatie van UWF concentraat)



- Afvoer Oude Rijn na Woerden -1% ten opzichte van toepassing oevergrondwater (+6% tov huidig droog)
- Aandeel effluent tov afvoer Oude Rijn: 48% bij Woerden
- Potentieel effect UWF op KWA kwantiteit = 0,1%



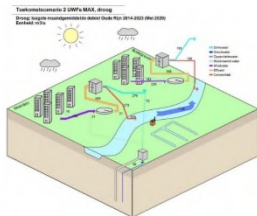
- Schatting maximale inzet UWF: laagste maandgemiddelde DWA.
 - Hierdoor minder productie bij Kamerik nodig
- Effect:
- Kleinere stroom ingedikt effluent naar Oude Rijn
 - Afvoer Oude Rijn na Woerden minder dan bij beperkte inzet UWF (-10%) en minder dan bij autonoom (-11%)
 - Potentieel effect max UWF op KWA kwantiteit = 0,4%

Maximale inzet UWF op 2 locaties



UWF bijgeplaatst bij Bodegraven.

- Ten opzichte van 1 UWF:
- Overschot drinkwaterproductie: export naar buiten dit gebied
 - Toegenomen waterproductie komt niet noodzakelijkerwijs terug in Oude Rijn
 - Afvoer Oude Rijn (na Bodegraven) neemt verder af (-20% tov autonoom)

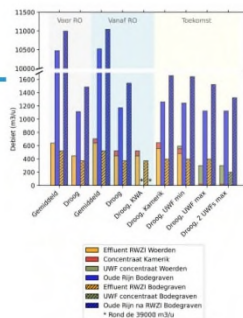


Potentieel effect max UWF op KWA kwantiteit: $\approx 0,4\%$

Overzicht kwantiteit

- Gemiddelde situatie of KWA: aandeel effluent zeer klein
- In droge perioden: aandeel effluent significant.
- In uiterste geval afvoer=0, dan is effluent bepalend voor de kwaliteit
- Toekomstscenario's:
 - Meer restwater $\rightarrow$ meer effluent, netto iets meer afvoer tov huidig
 - Meer winnen bij Kamerik – meer concentraat bij effluent
 - UWF min: indikking van klein deel van het effluent, afvoer nauwelijks minder dan autonoom scenario
 - UWF max en 2 UWF's: indikking groot deel effluent, minder afvoer

Wat betekent dit voor de kwaliteit?



Berekeningen waterkwaliteit



Simpele aanpak, op basis van eenvoudige uitgangspunten:

- Verhoudingen van waterstromen
- Alleen menging (geen afbraak/sorptie etc meegenomen), behalve bij afbraak medicijnresten in zuivering
- Concentraties in droge tijden gebaseerd op metingen uit perioden met lage afvoer (geldt voor Oude Rijn en RWZI)
- Concentraties RWZI Bodegraven niet bekend, gebaseerd op RWZI Woerden
- Bij keuzes steeds optie gekozen die zou leiden tot hoogste concentratie (worst case benadering, in praktijk zullen concentraties lager zijn)

Resultaten zijn indicatief, geven een richting en ordegrrootte aan

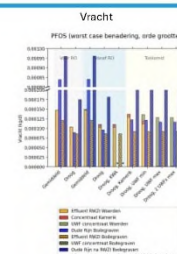
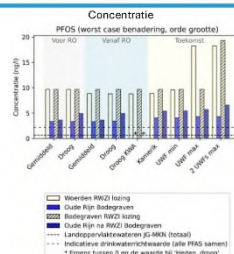
Vergelijking met KRW normen voor zoete oppervlaktewateren, indien relevant ook drinkwaterrichtwaarden weergegeven



PFAS: PFOS



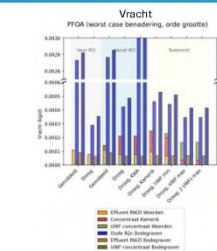
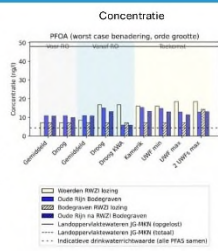
- Let op: richtwaarde geldt voor som van de PFAS op basis van PFOA equivalenten
- Stedelijk restwater is belangrijke bron van PFOS
- Toekomst: meer effluent, dus meer PFOS
- UWF $\rightarrow$ (licht) hogere concentratie door minder debiet
- Kanttekening: Concentraties in water zijn hoge inschatting i.v.m. sorptie



PFAS: PFOA



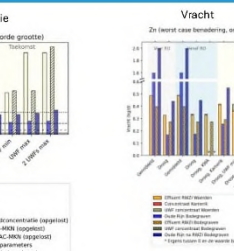
- Let op: richtwaarde geldt voor som van de PFAS op basis van PFOA equivalenten
- Concentraat drinkwaterproductie Kamerik is bron van PFOA, inzet leidt tot hogere concentraties in droge perioden
- Toekomst: in alle gevallen hogere concentraties
- Concentraties bij (max) UWF lager dan alternatief
- Kanttekening: Concentraties in water zijn hoge inschatting i.v.m. sorptie



Zware metalen: Zink



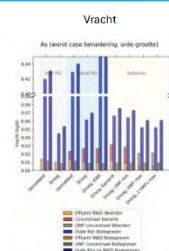
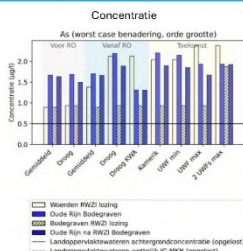
- Effluent is belangrijke bron van zink
- Vaakten nemen toe in de toekomst (meer effluent)
- UWF max: minder afvoer, hogere concentraties
- Kanttekening: bij interpretatie:
 - Gescheiden rioolstelsels bij nieuwbouw en afkoppeling bestaande situaties leiden mogelijk tot afname concentraties in effluent.
 - Worst case benadering is bij zink hoog ingeschat, in praktijk sorptie



Zware metalen: Arseen



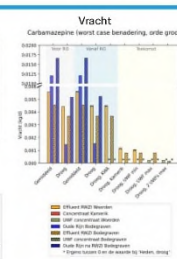
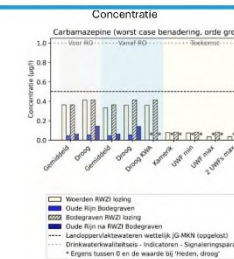
- Oppervlaktewater en concentraat van drinkwaterproductie Kamerik is belangrijke bron van arseen, effluent verdunt vooraf
- Inzet RD voor drinkwater leidt tot meer vrucht, minder verdunning, hogere concentraties in Oude Rijn
- Inzet UWF: enerzijds indikking effluent, anderzijds minder Kamerik-concentraat: lagere concentraties in Oude Rijn dan bij alternatief (maar nog steeds hoger dan nu)



Medicijnresten: carbamazepine



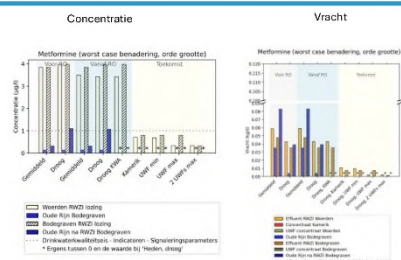
- In toekomstscenario's 4^{de} trap zuivering bij RWZI (verwijdering medicijnresten)
- Mit UWF: waarschijnlijk nog iets meer verwijderd
- I.v.m. beperkte data geen precieze waarden voor toekomst, maar i.v.m. verwijdering worden (zeer) lage waarden verwacht
- Inschatting hoog i.v.m. sorptie



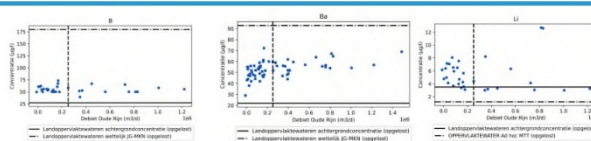
Medicijnresten



- In toekomstscenario's 4^e trap zuivering bij RWZI (verwijdering medicijnresten)
- Met WUF waarschijnlijk nog iets meer verwijderd
- Ivm beperkte data geen precieze waarden voor toekomst, maar ivm verwijdering worden (zeer) lage waarden verwacht
- Hoge inschatting, in praktijk verwijdering in oppervlaktewater



Overige stoffen



Geen gegevens van concentraties in effluent van B. Ba. I

Chloride:

- Concentraties in Oude Rijn < 100 mg/l
- Concentraties in effluent gem 80-90 mg/l (95 percentiel is 126 mg/l)
- Grove schatting: Oude Rijn bij 1 max UWF naar 140 mg/l, bij 2 max UWFs naar 157 mg/l

Naam	Stofklasse (10007-00-0)
Landgebruiksklasse 1 (R)	100 mg/L
Oppervlaktewater voor drinkwaterbereiding (geen toepassing)	100 mg/L
Oppervlaktewater voor drinkwaterbereiding (geen toepassing)	100 mg/L

Discussie resultaten



Bekijk de resultaten eerst globaal, daarna pas in meer detail.

- Welke stoffen zijn interessant/belangrijk om naar te kijken, en welke niet (zo)? Waarom?
- Wat valt op?
- Welke vragen heb je hierbij?
- Wat betekenen deze resultaten (en voor wie, waarom)?

Interpretatie



- **Bepalende factoren:**
 - Achtergrondconcentratie in Oude Rijn
 - Bron van stof: vooral in effluent of in concentraat oevergrondwater?
- Inzet RO bij drinkwaterproductie leidt hogere vrachten naar oppervlaktewater voor een aantal stoffen
- Toekomst algemeen: meer bevinking leidt tot hogere vrachten stoffen (ongeacht bron drinkwater) wegens toename effluent, geldt alleen niet voor medicijnresten (betere zuivering)
- **Vergelijking UWF met oevergrondwater: Relatief kleine verschillen, afhankelijk van stof → hoe weegt verhoging ene stof op tegen verlaging andere stof?**
- Grootsschalige inzet UWF leidt in het algemeen tot verhoogde concentraties in Rijnwater, relevant bij perioden van lage afvoer
- Extra aandachtspunt: situaties met (praktisch) 0 afvoer? → effluent wordt lokaal bepalend voor kwaliteit!

Overige interpretaties



Wat gebeurt er bij scenario waterbesparing?

- Minder drinkwatergebruik (naar 100 lpppd)
 - Minder influent en effluent
 - Aanname: geen verandering in vrachten stoffen
- Indien vermindering stromen van/near Oude Rijn elkaar opheffen, dan geen verandering in concentraties in Oude Rijn
- Indien verminderde drinkwateraanvoer deels ten goede komt aan Oude Rijn, dan (zeer) beperkt verhoogde concentraties

Voorzet voorlopige conclusies



- De Dode Rijn wordt doorgaans niet sterk beïnvloed door effluent, maar tijdens droge periodes kan de invloed aanmerkelijk zijn
 - De toepassing van rioer voor drinkwaterproductie (sinds 2025) leidt tot een toename in vrachten van enkele stoffen, wat tijdens droge periodes kan leiden tot hogere concentraties van enkele stoffen.
 - In de toekomst zal de afvoer van effluent naar de Rijn voorlopig niet tot een hogere milieudruk, de vrachten van stoffen uit restwater naar de Dode Rijn nemen toe. Dit geldt niet voor medicijnen, die beter verwijderd worden in de RWZI.
 - Wanneer de toegenomen drinkwateraanvraag overgevoerd wordt op een kleine UVF voorzien wordt, nemen concentraties van enkele stoffen zeer licht toe (welke stoffen zit dit, hangt af van type winning)
 - Grootschalig inzet van uitbreide waterkrachten leidt tot watervoorziening (export uit gebied) maar ook aanmerkelijke indinking (zelfde vracht, minder afvoer) waarvoor concentraties duidelijk hoger worden.
- Ten opzichte van het alternatief (meer overgevoerd water) presteert de UVF voor sommige aspecten minder goed (lager debiet in oppervlaktewater, hogere concentratie stoffen) en voor andere aspecten beter (lagere concentraties stoffen).
- Over het algemeen lijkt het effect van de autonome ontwikkelingen (grotere druk op het milieu) groter dan het effect van de keuze voor de bron voor drinkwater.

→ Hoe kunnen verschillende aspecten tegen elkaar worden afgewogen?

Voorzet voorlopige conclusies



- Ten opzichte van het alternatief (meer oevergrondwater) presteert de UWF voor sommige aspecten minder goed (lager debiet in oppervlaktewater, hogere concentratie stoffen) en voor andere aspecten beter (lagere concentraties stoffen).
- Over het algemeen lijkt het effect van de autonome ontwikkelingen (grotere druk op het milieu) groter dan het effect van de keuze voor de bron voor drinkwater.

Voorzet conclusies



Wat kun je in het algemeen zeggen over de afweging voor een UWF?

- Hoe zou je eea tegen elkaar af kunnen wegen? (of hoeft/kan dat niet?)
- Mist er nog iets?
- Kan er iets uit?
- Wat weten we nog niet?
- Zijn de conclusies anders dan je aan het begin van dit traject verwachtte? Zo ja, hoe?

Hoofdpunten/verhaallijn



Reflectie op methode en proces



Reflectie op methode en proces



Vooruitblik



Met betrekking tot

- Werksessies, inhoud en opbouw
- Data vragen (indien van toepassing)
- (Voorlopige) resultaten

Onze vragen

- Welke resultaten/inzichten/waarden heeft dit voor jullie opgeleverd?
- Wat werkte prettig?
- Wat moeten we anders doen in het volgende lab?

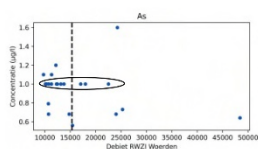
→ Eerst opschrijven, dan rondje langs deelnemers

- Afronding casus 1 in rapportage
 - Review rapportage door deelnemers werksessies
- Aanpassingen methode
- Voorbereiding casus 2
 - Overleg met casushouders over invulling casus 2

Dank voor je deelname!



Reserve slides

Reflectie casus Woerden,
voorblik volgende casus

Reflectie casus Woerden, vooruitblik volgende casus



- Meer/eerder focus op waterkwaliteit
- Uitdenken methode selectie stoffen
- Rolverdeling met casushouders

Mogelijkheden vergroten rol van de casushouders



→ Beschrijving van het werk 'achter de schermen'

- Opzet conceptueel model: afbakening systeemgrenzen, visualisatie, bijstellen
- Data verzamelen, harmoniseren (fouten herkennen), analyseren
- Veel keuzes:

Overige vragen



- Meer nadruk op waterkwaliteit nodig? Slimme manieren om behapbaar te houden
- Hoe om te gaan met vragen die buiten de huidige scope vallen? (bijv praktische invulling)



Groningenhaven 7
3433 PE Nieuwegein
The Netherlands

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

 @KWR_Water

 KWR

 KWR_Water

Name
E-mail address
Telephone number

Name
E-mail address
Telephone number

Name
E-mail address
Telephone number

Colofon

WiCE | maand jaar |
12345.000

Opdrachtnummer
A123456

Projectmanager
Name de Achternaam

Opdrachtgever
WiCE

Kwaliteitsborger(s)
Voornaam Achternaam

Auteur(s)
Naam Achternaam, Naam
Achternaam

Trefwoorden
Ommodi, dolupatemoet,
apiscus

Verzonden aan
Deze presentatie is niet
openbaar, maar mag verspreid
worden binnen de WiCE-
participanten. Eventuele
verspreiding daarbuiten vindt
alleen plaats in afstemming
met WiCE-
programmamanagement (via
wice@kwrwater.nl).

III Onderbouwing kwantiteit componenten RWZI influent

In onderstaande tabel worden verschillende percentages van hemelwaterafvoer (HWA), rioolvreemd water (RVW), theoretische droogweerafvoer (Theor. DWA) en totale influent vergeleken tussen RWZI Woerden, zoals berekend volgens de Weiss-Brombach methode (zie Hoofdstuk 3.3.1), RWZI Bodegraven (zie Hoofdstuk 3.3.1) en heel Nederland (van de Kerk & van Wieringen, 2005). Deze vergelijking laat zien dat de verhoudingen tussen de verschillende componenten van het RWZI influent van zowel RWZI Woerden als RWZI Bodegraven vergelijkbaar zijn met die van heel Nederland. In Woerden is sprake van relatief hogere theoretische DWA, terwijl in Bodegraven sprake is van relatief hogere aandelen HWA en RVW, maar dit is ruim binnen de marges van de verwachte variëteit. De jaargemiddelde verhouding RVW/Theor. DWA kan variëren tussen de 4 en 169% (van de Kerk & van Wieringen, 2005).

RWZI gebied	HWA/Totaal (%)	RVW/Totaal (%)	RVW/Theor. DWA (%)	Theor. DWA/Totaal (%)
Heel NL	25	29	62	46
Woerden	18	24	42	58
Bodegraven	29	31	78	40

Daarnaast dienen de gegevens van CBS uit 2020 als vergelijkingsmateriaal (WaterketenInBeeld.nl, 2020). In onderstaande tabel is te zien dat de berekeningen over het algemeen dichtbij de CBS getallen zitten. Een reden voor verwachte afwijking is de verschillende tijdsperiodes waarmee gerekend is. Waar RWZI Bodegraven voor de DWA inderdaad de theoretische DWA leek te gebruiken, is dit onbekend bij RWZI Woerden en daarom zou bij Woerden eventueel het RVW erbij op geteld moeten worden (526 m³/u). Al met al geeft dit voldoende reden om aan te nemen dat de getallen zoals berekend voor zowel RWZI Woerden als RWZI Bodegraven betrouwbaar zijn.

RWZI gebied	Berekende theor. DWA (m ³ /u)	CBS ontw DWA (m ³ /u)	Berekende gemiddelde influent (m ³ /u)	CBS Behandeld afvalwater (m ³ /u)
Woerden	371	485	638	637
Bodegraven	209	188	520	475

IV Normen waterkwaliteit

Voor de PFAS, medicijnresten (Tabel 5-1) en zware metalen (Tabel 5-2) die in dit onderzoek onderzocht zijn, zijn verschillende landelijke normen opgesteld. Deze normen zijn afkomstig uit het besluit kwaliteit leefomgeving, drinkwaterbesluit en verschillende memo's (RIVM).

Tabel 5-1. Normen voor oppervlaktewater en drinkwater voor de PFAS en medicijnresten die onderzocht zijn in dit onderzoek. JG-MKN = Jaargemiddelde milieukwaliteitsnorm, MAC-MKN = Maximaal aanvaardbare concentratie milieukwaliteitsnorm.

Compartment/Normtype	Norm	PFOA	PFOS	Carbamazepine	Metformine
Oppervlaktewater zoet	Landoppervlaktewateren wettelijk JG-MKN (opgelost)			0.5 ug/l	780 ug/l
Oppervlaktewater zoet	Landoppervlaktewateren wettelijk MAC-MKN (opgelost)			1600 ug/l	780 ug/l
Oppervlaktewater zoet	Landoppervlaktewateren JG-MKN (opgelost)	48 ng/l			
Oppervlaktewater zoet	Landoppervlaktewateren JG-MKN (totaal)	48 ng/l	0.00065 ug/l		
Oppervlaktewater zoet	Landoppervlaktewateren MAC-MKN (opgelost)	2800 ug/l			
Oppervlaktewater zoet	Landoppervlaktewateren MAC-MKN (totaal)	2800 ug/l	36 ug/l		

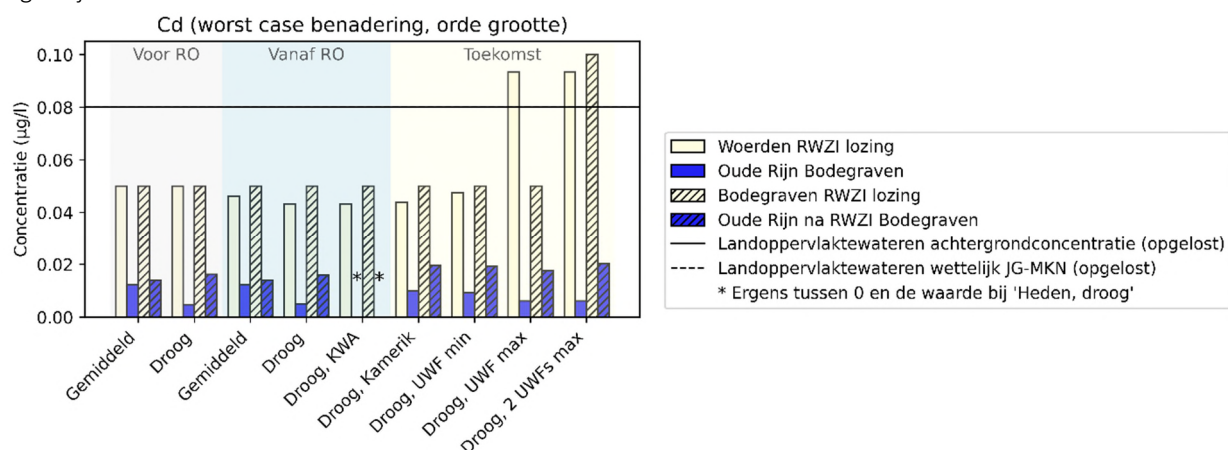
Tabel 5-2. Normen voor oppervlaktewater en drinkwater voor de zware metalen die onderzocht zijn in dit onderzoek. JG-MKN = Jaargemiddelde milieukwaliteitsnorm, MAC-MKN = Maximaal aanvaardbare concentratie milieukwaliteitsnorm.

Compartment/Normtype	Norm	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
Oppervlaktewater zoet	Landoppervlaktewateren achtergrondconcentratie (opgelost)	0.5 ug/l	0.08 ug/l	0.2 ug/l	0.5 ug/l	0.01 ug/l	1 ug/l	0.2 ug/l	1 ug/l
Oppervlaktewater zoet	Landoppervlaktewateren wettelijk JG-MKN (opgelost)	0.5 ug/l	0,08-0,25 (klasse 2-5; klasse 1 is <0,08) ug/l	3.4 ug/l	2.4 ug/l	0.00007 ug/l	4 ug/l	1.2 ug/l	7.8 ug/l
Oppervlaktewater zoet	Landoppervlaktewateren wettelijk MAC-MKN (opgelost)	8 ug/l	0,45-1,5 (klasse 2-5; klasse 1 is <0,45) ug/l			0.07 ug/l	34 ug/l	14 ug/l	15.6 ug/l
Oppervlaktewater voor drinkwaterbereiding	Oppervlaktewater voor drinkwaterbereiding (gericht op waterbeheerder)	20 ug/l	1.5 ug/l	20 ug/l	50 ug/l	0.3 ug/l		30 ug/l	200 ug/l
Oppervlaktewater voor drinkwaterbereiding	Oppervlaktewater voor drinkwaterbereiding (gericht tot het drinkwaterbedrijf)	20 ug/l	1.5 ug/l	20 ug/l	50 ug/l	0.3 ug/l		30 ug/l	200 ug/l

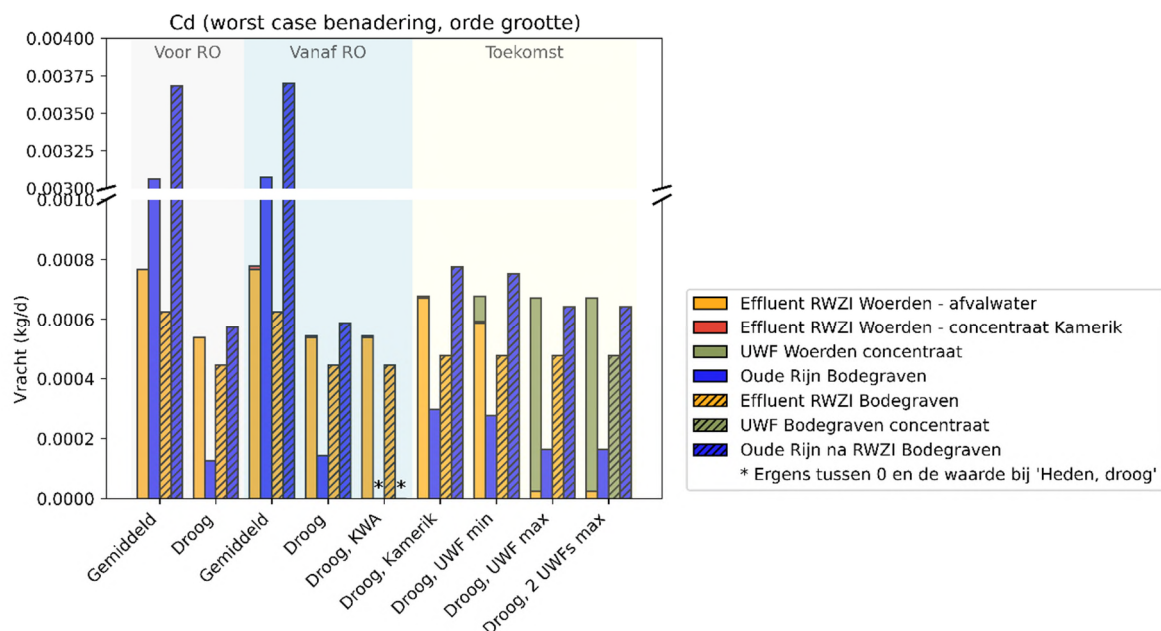
V Resultaten waterkwaliteit overige parameters

V.1 Cadmium (Cd)

Voor Cadmium geldt dat alle metingen van het RWZI effluent het detectielimiet hadden bereikt. Dit detectielimiet is genomen als worst case scenario, maar in dit geval betekent het vrijwel zeker dat de eigenlijke concentraties (veel) lager zijn.



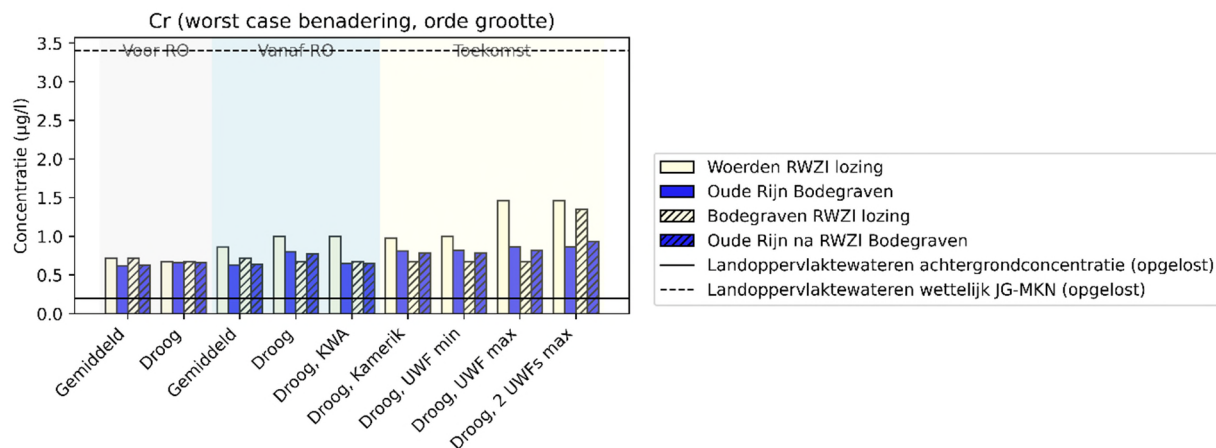
Concentraties van Cadmium in de lozingen op de Oude Rijn (van RWZI en UWF) en in de Oude Rijn. De normen 'Landoppervlaktewateren achtergrondconcentratie' en 'Landoppervlaktewateren wettelijk JG-MKN (opgelost)' zijn beide 0,08 µg/l (zie bijlage IV). De getallen geven een orde-grootte en moeten als indicatief worden beschouwd.



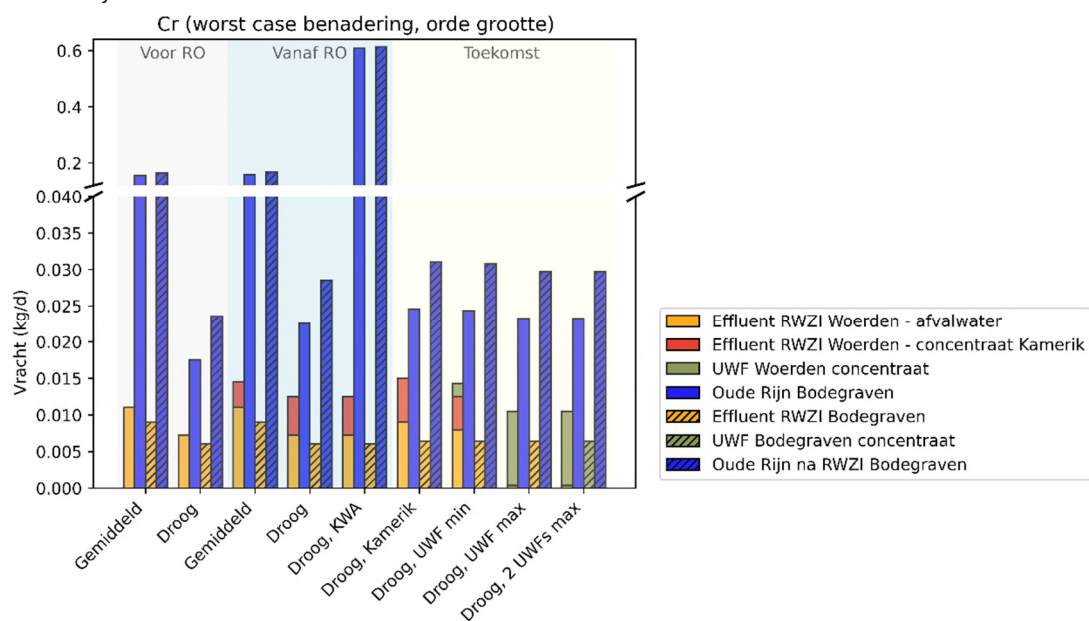
Vrachten van Cadmium in de lozingen op de Oude Rijn (van RWZI en UWF) en in de Oude Rijn. De getallen geven een orde-grootte en moeten als indicatief worden beschouwd.

V.II Chroom (Cr)

Voor het concentraat van Kamerik ontbraken data voor Chroom, waardoor het percentage onttrekking uit de Oude Rijn (70%) is gebruikt ter indicatie van de concentraties.

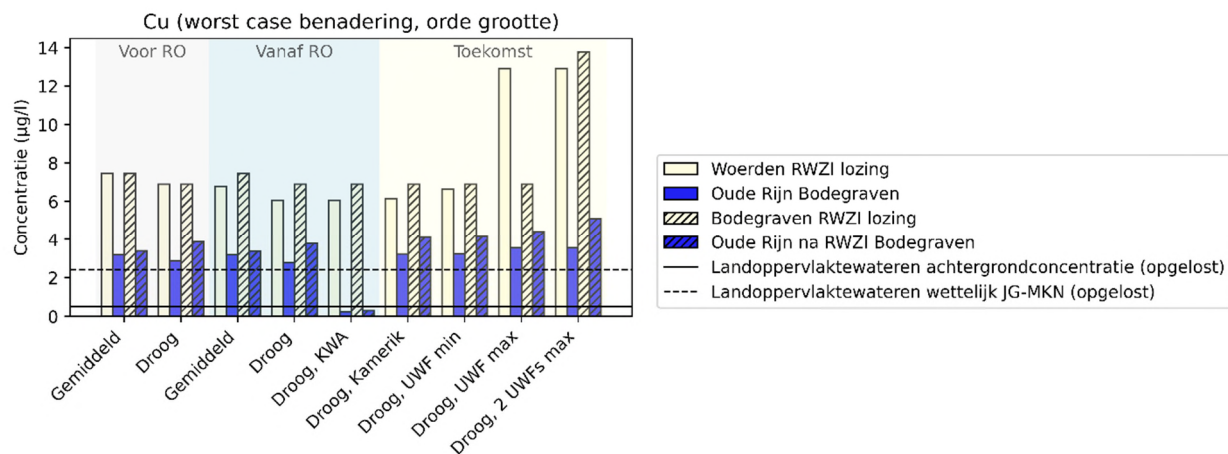


Concentraties van Chroom in de lozingen op de Oude Rijn (van RWZI en UWF) en in de Oude Rijn. De getallen geven een orde grootte en moeten als indicatief worden beschouwd.

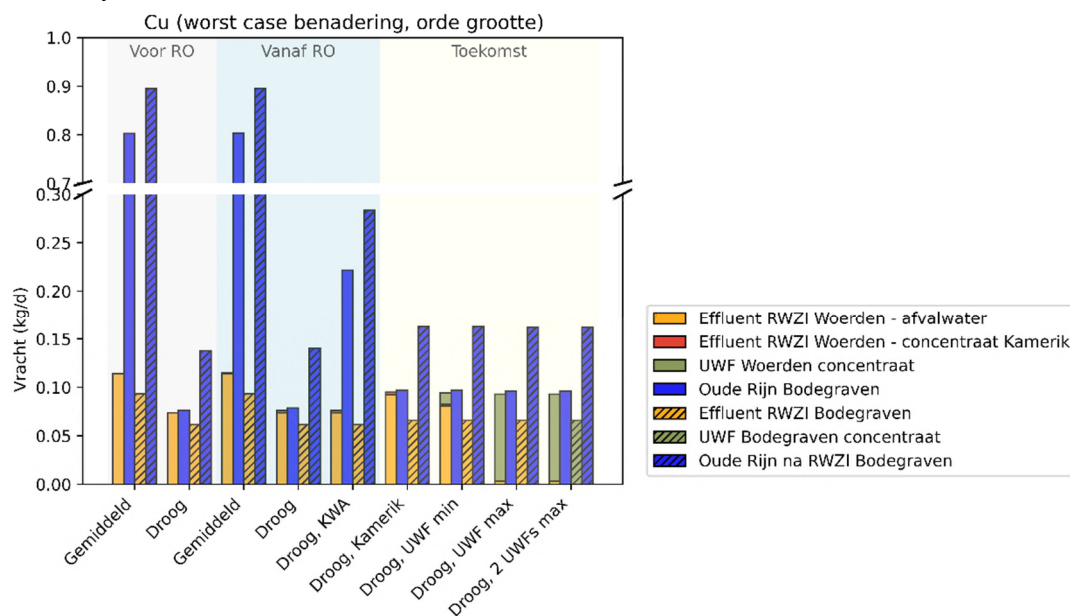


Vrachten van Chroom in de lozingen op de Oude Rijn (van RWZI en UWF) en in de Oude Rijn. De getallen geven een orde grootte en moeten als indicatief worden beschouwd.

V.III Koper (Cu)



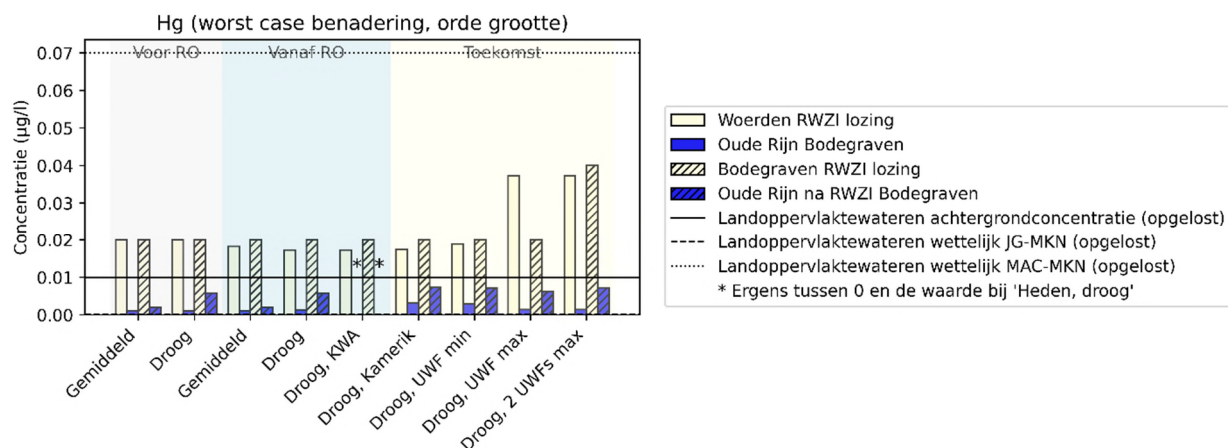
Concentraties van Koper in de lozingen op de Oude Rijn (van RWZI en UWF) en in de Oude Rijn. De getallen geven een orde grootte en moeten als indicatief worden beschouwd.



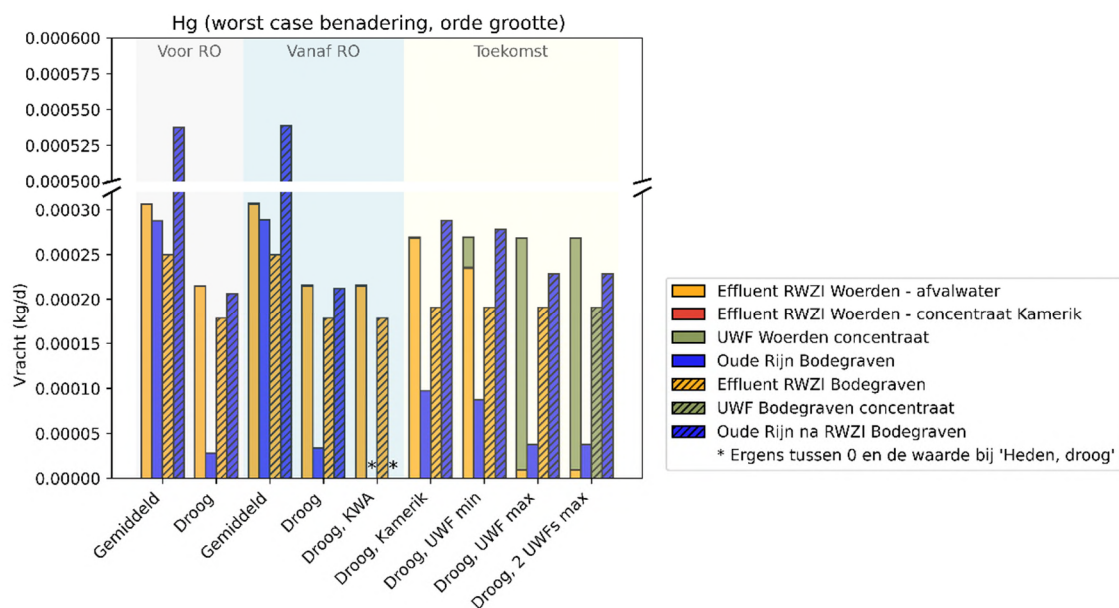
Vrachten van Koper in de lozingen op de Oude Rijn (van RWZI en UWF) en in de Oude Rijn. De getallen geven een orde grootte en moeten als indicatief worden beschouwd.

V.IV Kwik (Hg)

Voor het concentraat van Kamerik ontbraken data voor Kwik, waardoor het percentage onttrekking uit de Oude Rijn (70%) is gebruikt ter indicatie van de concentraties. Daarnaast ook voor Kwik dat alle metingen van het RWZI effluent het detectielimiet hadden bereikt. Dit detectielimiet is genomen als worst case scenario, maar in dit geval betekent het vrijwel zeker dat de eigenlijke concentraties (veel) lager zijn.

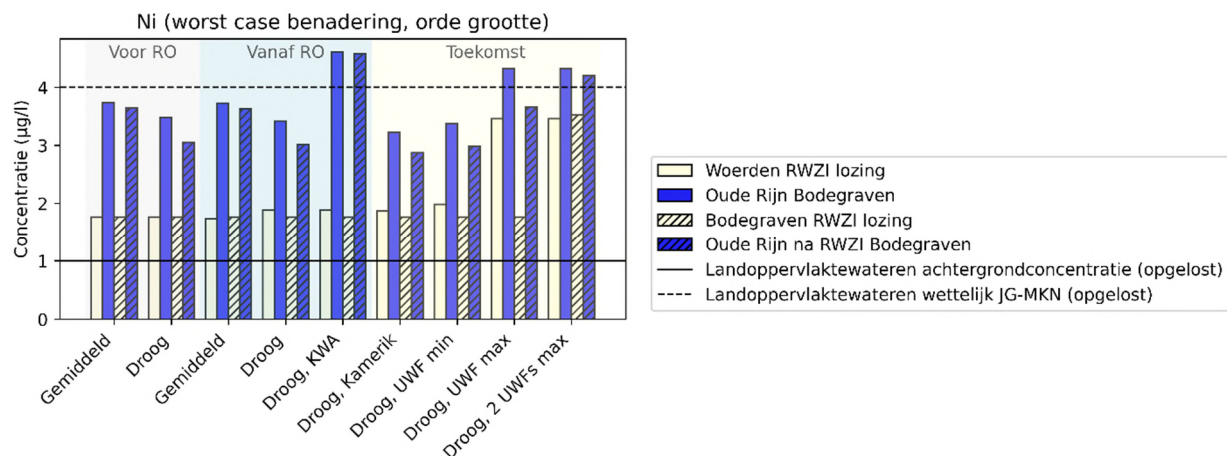


Concentraties van Kwik in de lozingen op de Oude Rijn (van RWZI en UWF) en in de Oude Rijn. De norm 'Landoppervlaktewateren wettelijk JG-MKN (opgelost)' is 0,00007 µg/l en daardoor niet goed te zien (zie bijlage IV). De getallen geven een orde-grootte en moeten als indicatief worden beschouwd.

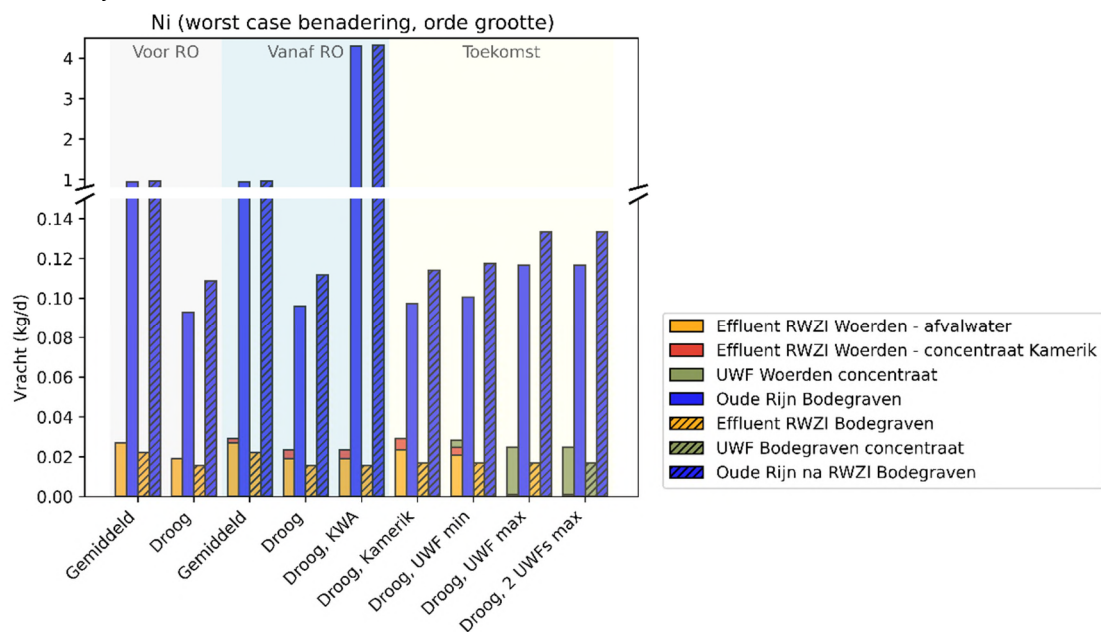


Vrachten van Kwik in de lozingen op de Oude Rijn (van RWZI en UWF) en in de Oude Rijn. De getallen geven een orde-grootte en moeten als indicatief worden beschouwd.

V.V Nikkel (Ni)

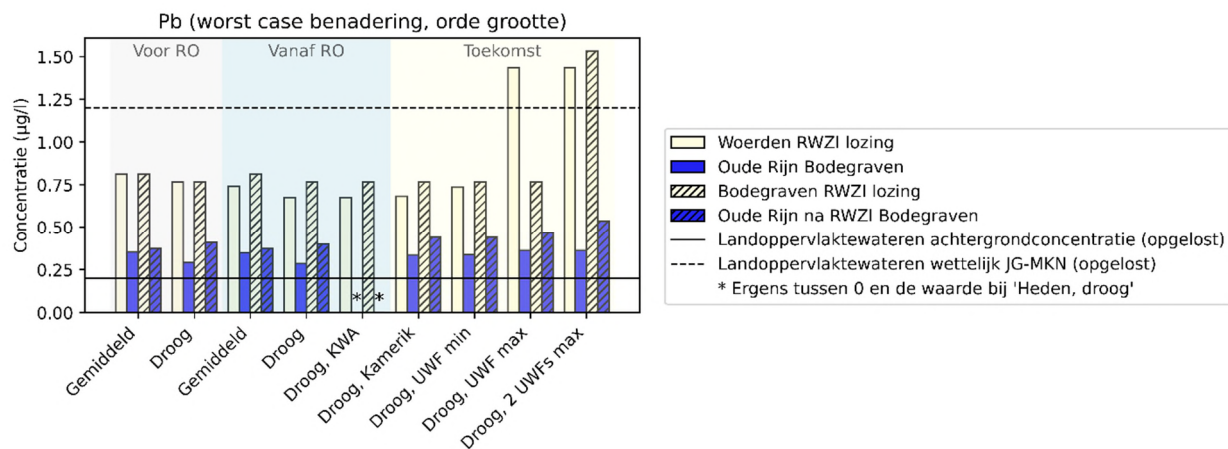


Concentraties van Nikkel in de lozingen op de Oude Rijn (van RWZI en UWF) en in de Oude Rijn. De getallen geven een orde grootte en moeten als indicatief worden beschouwd.

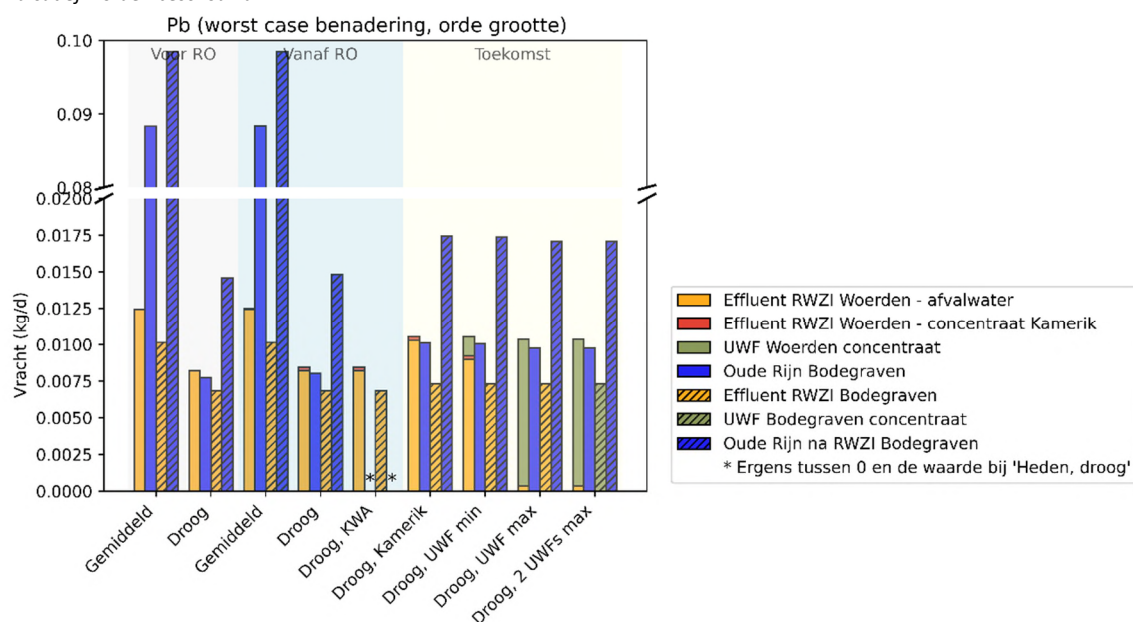


Vrachten van Nikkel in de lozingen op de Oude Rijn (van RWZI en UWF) en in de Oude Rijn. De getallen geven een orde grootte en moeten als indicatief worden beschouwd.

V.VI Lood (Pb)



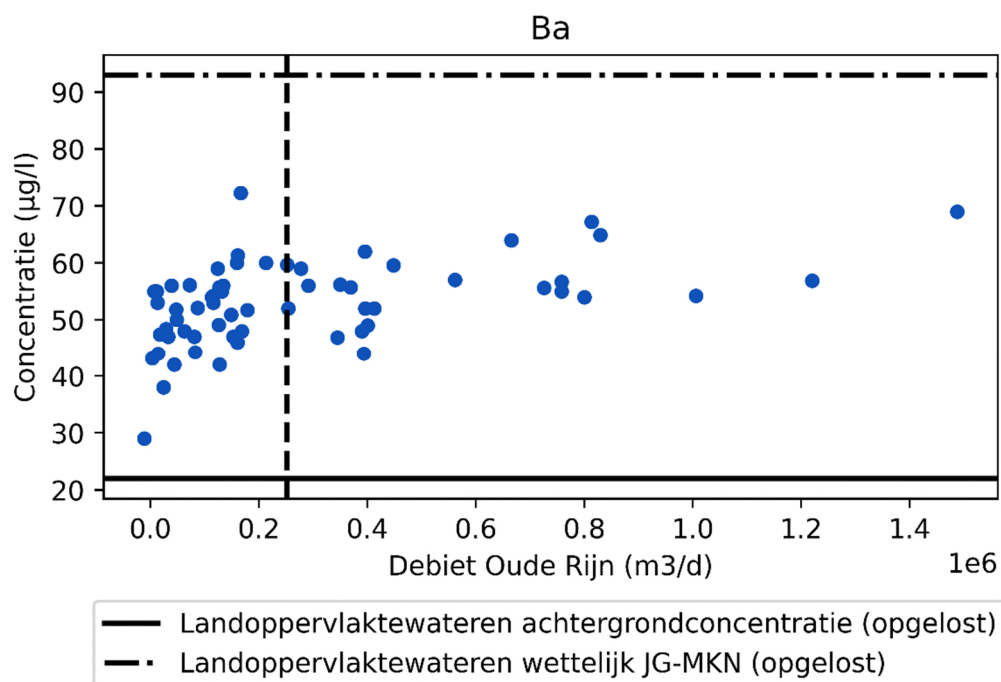
Concentraties van Lood in de lozingen op de Oude Rijn (van RWZI en UWF) en in de Oude Rijn. De getallen geven een orde-grootte en moeten als indicatief worden beschouwd.



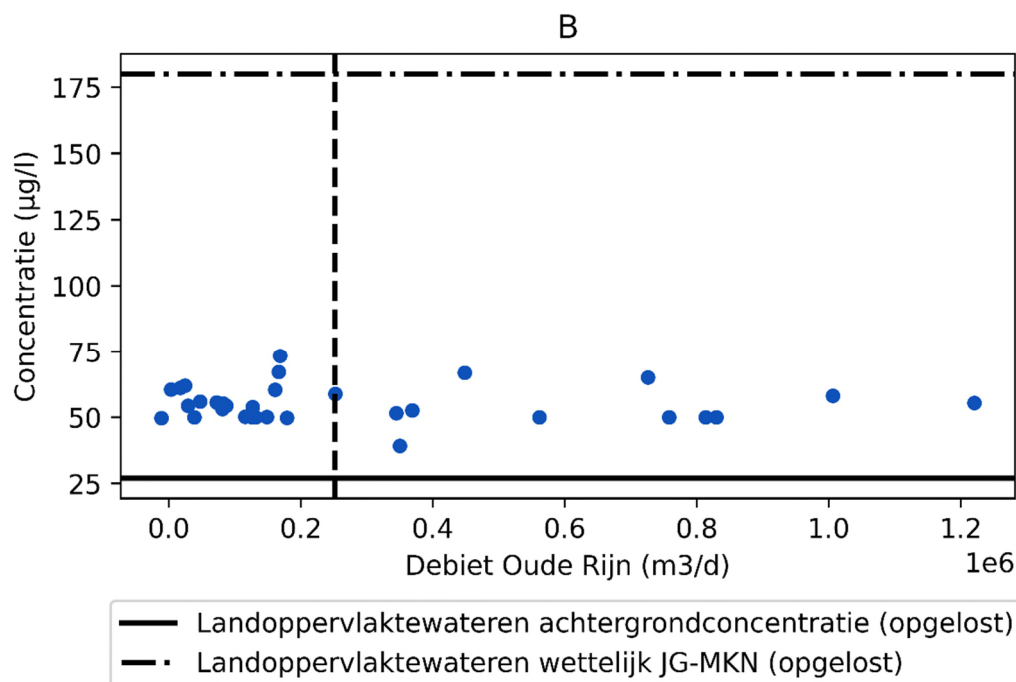
Vrachten van Lood in de lozingen op de Oude Rijn (van RWZI en UWF) en in de Oude Rijn. De getallen geven een orde-grootte en moeten als indicatief worden beschouwd.

V.VII Barium (Ba), Boor (B), Lithium (Li) en Chloride (Cl)

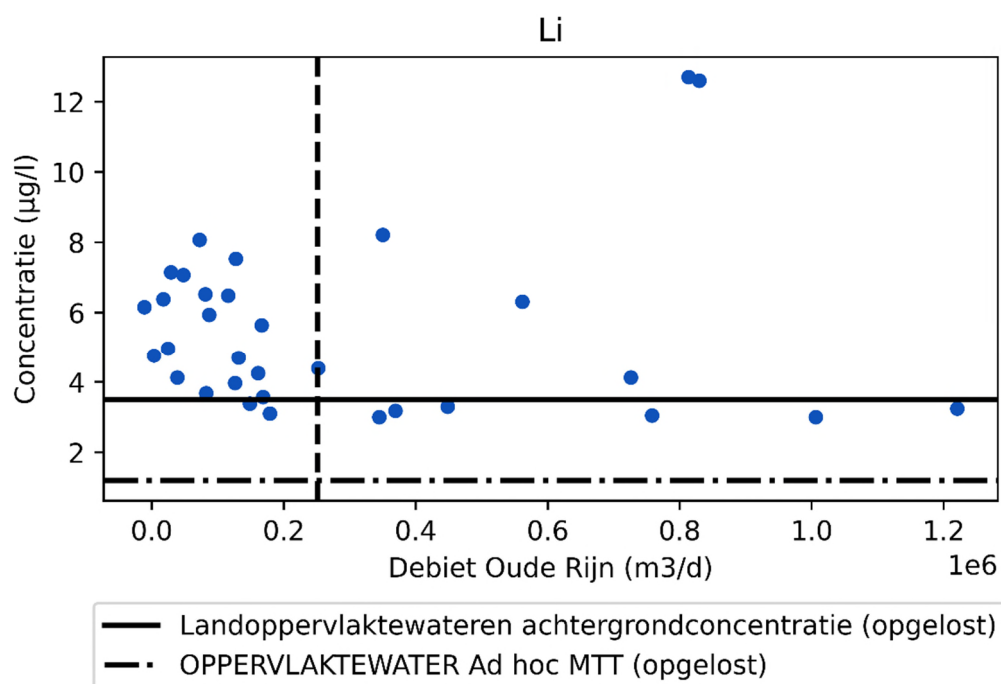
De huidige normen voor lithium regelmatig overschreden in de Oude Rijn (Bijlage IV.VII). Daarentegen komen de concentraties van barium en boor in de Oude Rijn niet dichtbij de jaargemiddelde normen. Dit geldt ook voor chloride.



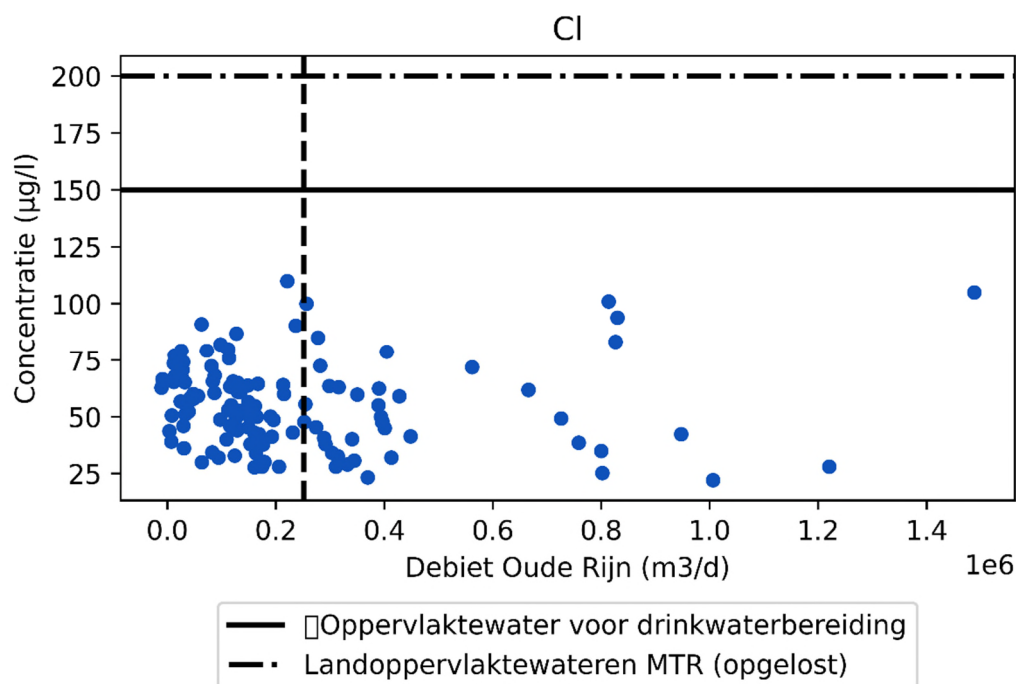
Relatie tussen debiet in de Oude Rijn en concentraties van barium (Ba).



Relatie tussen debiet in de Oude Rijn en concentraties van boor (B).



Relatie tussen debiet in de Oude Rijn en concentraties van lithium (Li).



Relatie tussen debiet in de Oude Rijn en concentraties van chloride (Cl).