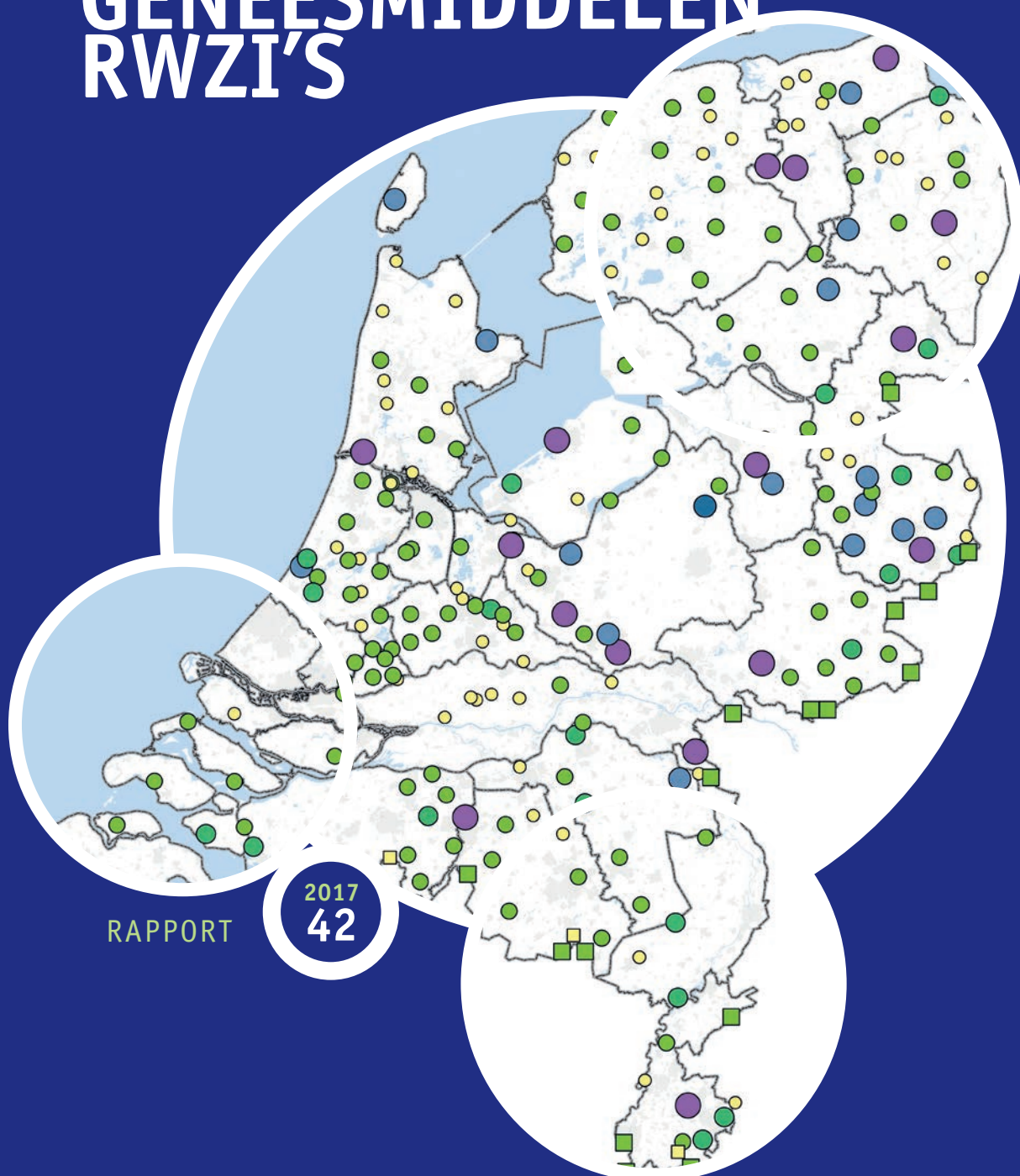


# LANDELIJKE HOTSPOTANALYSE GENEESMIDDELEN RWZI'S



RAPPORT

2017  
42

LANDELIJKE HOTSPOTANALYSE GENEESMIDDELEN RWZI'S

**RAPPORT**

2017

**42**

ISBN 978.90.5773.766.4



[stowa@stowa.nl](mailto:stowa@stowa.nl) [www.stowa.nl](http://www.stowa.nl)

TEL 033 460 32 00

Stationsplein 89 3818 LE Amersfoort

POSTBUS 2180 3800 CD AMERSFOORT

Publicaties van de STOWA kunt u bestellen op [www.stowa.nl](http://www.stowa.nl)

# COLOFON

UITGAVE      Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer  
Postbus 2180  
3800 CD Amersfoort

Deze studie is tot stand gekomen met een financiële bijdrage van het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat.

AUTEUR(S)  
Marc Visser (Sweco)  
Lideke Vergouwen (Sweco)  
Stefan Witteveen (Sweco)

MET BIJDRAGEN VAN  
Anja Derksen (AD eco advies)  
Tom Raadgever (Sweco)

BEGELEIDINGSCOMMISSIE  
Bert Palsma (Stowa)  
Ciska Blom (Unie van Waterschappen (tot 1 januari), daarna Michael Bentvelzen)  
Henry van Veldhuizen (Vallei & Veluwe en namens stuurgroep)  
Anna Koenis (Rijnland)  
Oscar van Zanten (Dommel)  
Leo van Efferen (Zuiderzeeland (deels vervangen door Joan Meijerink)  
Gerard Rijs (RWS)  
Frans de Bles (Vallei & Veluwe)  
Coert Petri (Rijn en IJssel)  
Roelof Veeningen (Wetterskip Fryslan (tot 1 november, daarna Harry Boonstra)  
Wim van der Hulst (Aa en Maa)  
Anke Durand (Vechtstromen)

STUURGROEP  
“Taskforce geneesmiddelen” onder voorzitterschap van Fred Klein Woolthuis

DRUK              Kruyt Grafisch Adviesbureau  
STOWA            STOWA 2017-42  
ISBN              978.90.5773.766.4

COPYRIGHT      Teksten en figuren uit dit rapport mogen alleen worden overgenomen met bronvermelding.

DISCLAIMER      Deze uitgave is met de grootst mogelijke zorg samengesteld. Niettemin aanvaarden de auteurs en de uitgever geen enkele aansprakelijkheid voor mogelijke onjuistheden of eventuele gevolgen door toepassing van de inhoud van dit rapport.

# TEN GELEIDE

De problematiek van 'medicijnresten' in het oppervlaktewater heeft de afgelopen jaren regelmatig de pers en de agenda van de landelijke politiek gehaald. STOWA heeft daarom in 2015 een methodiek ontwikkeld waarmee op een transparante en eenduidige wijze de hoeveelheid humane geneesmiddelen die via de RWZI's het oppervlaktewater bereiken en de verspreiding daarvan in het regionale oppervlaktewater, kan worden ingeschat. De basis hiervan zijn, op nederlandse RWZI's, gemeten waarden. Dit rapport geeft de resultaten van de doorontwikkeling en landelijke toepassing van deze methodiek weer. De resultaten geven een basis voor het gesprek over de verwijdering van medicijnresten op RWZI's.

De studie beperkt zich tot humane geneesmiddelen en is nadrukkelijk gebaseerd op kentallen gebaseerd op metingen in effluent van Nederlandse RWZI's. Het rapport geeft een aantal maatlatten die kunnen worden gebruikt om de ernst van de emissie te bepalen en daarmee die lokaties te kunnen vaststellen waar de effectiviteit van eventuele maatregelen ter vermindering van die emissies het grootst is. Deze lokaties zijn de zogenaamde hotspots. De wenselijkheid of de urgentie van die reductie, valt buiten de kaders van dit rapport. De uitkomsten dienen enerzijds de ontwikkeling van een landelijke visie over de omvang van eventuele maatregelen bij RWZI's, anderzijds zijn zij het vertrekpunt voor een regionale verkenning en discussie over eventueel daadwerkelijk te nemen maatregelen.

Door de opzet van het hier gepresenteerde onderzoek geven de resultaten een landelijk gemiddeld inzicht en overzicht. Lokale RWZI's met hun specifieke technische configuratie, de status van het lokale oppervlaktewater (bijvoorbeeld hoge of lage concentraties nutriënten), de ambitie voor waterkwaliteitsdoelen, etc. zullen steeds een duidelijk lokale context kennen en afwijken van dit landelijk gemiddelde. Het is geenzins de bedoeling van deze landelijke analyse om die lokale context te kort te doen. Deze landelijke analyse vormt het startpunt voor een regionale invulling en afweging.

Deze hotspotanalyse past binnen een ketenbreed initiatief van het ministerie van Infrastructuur en Milieu, de Unie van Waterschappen en de VEWIN met als doel het verkennen van de noodzaak, de mogelijkheden en de kosten van emissiereductie van geneesmiddelen naar het milieu. De verspreidingsroute via de RWZI's is daarbij geïdentificeerd als een belangrijke. Recent heeft het RIVM het rapport 'Geneesmiddelen en waterkwaliteit' uitgebracht. Dit rapport beschrijft het vóórkomen en de ernst van geneesmiddelen in het oppervlaktewater.

Parallel aan de Hotspotanalyse is door STOWA een verkenning uitgevoerd naar de effectiviteit en de kosten van mogelijke technieken t.b.v. verwijdering van geneesmiddelen op RWZI's. Aan de hand van beide STOWA rapporten is een aantal scenario's doorgerekend waarmee kosten en baten van verwijdering van medicijnen op de RWZI op landelijk niveau in beeld worden gebracht.

Deze studie is tot stand gekomen met een financiële bijdrage van het ministerie van Infrastructuur en waterstaat.

Joost Buntsma  
Directeur STOWA

# LANDELIJKE HOTSPOTANALYSE

## MEDICIJNRESTEN IN OPPERVLAKTEWATER;

### SAMENVATTING

#### DOELSTELLING EN UITGANGSPUNTEN LANDELIJKE HOTSPOTANALYSE

Het doel van dit project is het ontwikkelen en toepassen van een door alle waterschappen gedragen methode waarmee landelijk de RWZI-hotspots voor humane medicijnresten geïdentificeerd worden. Uitgangspunt voor de hotspotanalyse vormen landelijke kentallen gebaseerd op *gemeten* concentraties medicijnresten in het effluent van Nederlandse RWZI's. 'Hotspots' zijn gedefinieerd als de Nederlandse RWZI's die wat betreft medicijnresten een *relatief* grote invloed hebben op verschillende aspecten van de oppervlaktewaterkwaliteit.

De hotspotanalyse biedt de basis voor een nadere verkenning van doelen en maatregelen voor het omgaan met medicijnresten op lokale, regionale, landelijke en internationale schaal. Eventuele daadwerkelijke maatregelen vragen om regionaal maatwerk.

#### METHODE

De toegepaste methode bestaat uit drie stappen:

*Het bepalen van de emissie per RWZI.*

Uit de tot nu toe beschikbare metingen van medicijnen blijkt dat er ca. 2 gram medicijnresten per persoon per jaar in het RWZI-effluent terecht komen. Met dit kentallen en het aantal aangesloten inwoners per RWZI is de vracht medicijnresten berekend die per tijdseenheid door elke RWZI op het oppervlaktewater wordt geloosd. De werkelijke vracht is groter omdat niet alle medicijnresten zijn gemeten en omdat niet alle medicijnresten boven detectielimiet zijn aangetroffen. Dit heeft geen gevolgen voor de uitkomsten van de hotspotanalyse, omdat die uitgaat van de relatieve bijdrage van RWZI's.

RWZI's met een groot aantal aangesloten inwoners en daarmee relatief grote emissies, komen verspreid over het hele land voor. De meeste grote RWZI's liggen in het westen en zuiden van het land.

*Het modelleren van de verspreiding.*

Met het Landelijke KRW-verkenner Model (LKM) is de verspreiding van medicijnresten over de Nederlandse wateren gemodelleerd. Het model berekent voor ieder oppervlaktewaterlichaam of 'bakje' in het watersysteem (ca. 20.000 stuks) de concentratie medicijnresten die door elke RWZI wordt toegevoegd. Ook berekent het model de totaalconcentratie in elk 'bakje'. Het model is doorgerekend voor de gemiddelde situatie in zowel de zomer als de winter. Het LKM is met input van de waterschappen sterk verbeterd, om de werkelijke situatie zo adequaat mogelijk te kunnen representeren.

*Combineren van gegevens tot maatlatten.*

De concentratiebijdrage van elk van de 314 RWZI's en de 23 grensoverschrijdende rivieren en beken is berekend voor elk oppervlaktewaterlichaam. Op basis van deze gegevens zijn vervolgens specifieke 'maatlatten' afgeleid voor drie waterkwaliteitsaspecten. Dit zijn (1) de concentratiebijdrage aan het ontvangende water bij het lozingspunt, (2) de invloed op de benedenstroomse waterkwaliteit en (3) de beïnvloeding van drinkwaterbronnen. De maatlatten zijn alleen voor de gemiddelde zomersituatie doorgerekend. De zomersituatie is maatgevend, omdat in die periode de beïnvloeding van de RWZI's een factor 2 tot 5 groter is dan in de winter. In de maatlatten maken we onderscheid tussen de regionale wateren en grote Rijkswateren, omdat de invloed van medicijnresten op met name benedenstroomse wateren en drinkwaterbronnen zich daar op verschillende manieren manifesteert.

**RESULTATEN**

De scores van elke RWZI op elke maatlat zijn hieronder gepresenteerd in kaarten en grafieken. Ook de karakteristieken van de maatlatten zijn beschreven. De scores op de maatlatten zijn ook in relatieve zin (als percentage van de totale Nederlandse score) weergegeven.

## MAATLAT 'CONCENTRATIEBIJDRAGE BIJ LOZINGSPUNT'

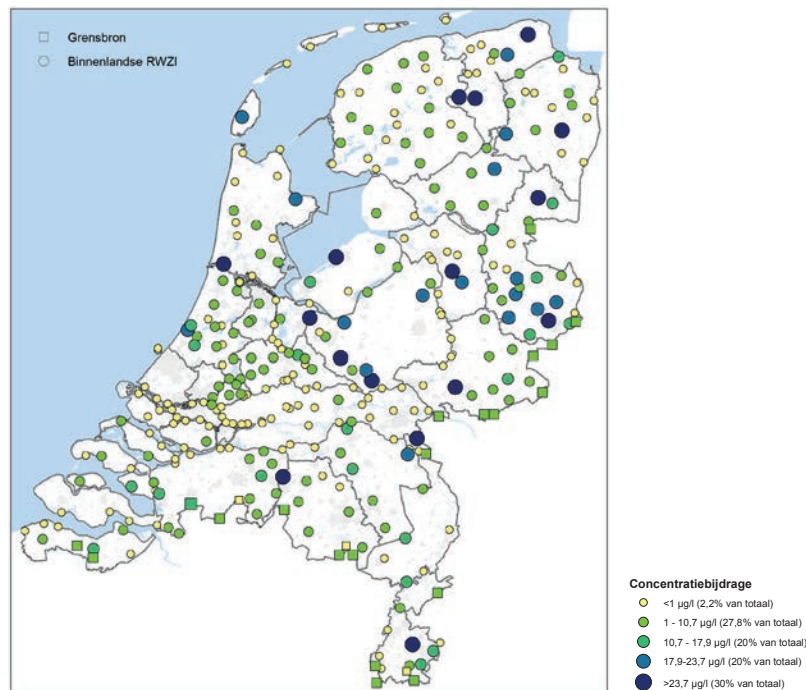
Deze maatlat maakt de impact van de effluentlozing op het ontvangende oppervlaktewater inzichtelijk door de toename van de concentratie te berekenen. De maatlat houdt rekening met zowel de emissie van medicijnresten als de doorspoeling van het ontvangende waterlichaam.

De resultaten laten zien dat ca. 50% van de totale concentratieverhoging bij lozingspunten van RWZI's in het oppervlaktewater veroorzaakt wordt door 10% van de RWZI's (31 stuks). De concentratiebijdrage van deze RWZI's ligt tussen de 18 en 36 µg/l. RWZI's met een hoge concentratiebijdrage komen vooral voor bij kleine ontvangende oppervlaktewateren in het oosten en zuiden van het land, en bij oppervlaktewateren met weinig doorspoeling in het westen en noorden van het land.

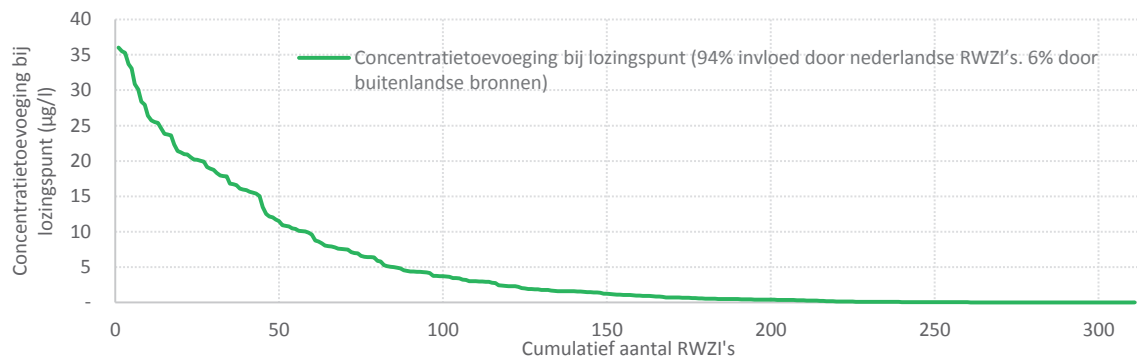
60% van de RWZI's veroorzaakt een concentratieverhoging van maximaal 2 µg/l in het ontvangende oppervlaktewater gedurende het zomerhalfjaar. Vooral langs de grote rivieren en andere Rijkswateren zijn de concentratiebijdragen bij lozingspunten te verwaarlozen, omdat daar sterke verdunning optreedt.

Buitenlandse bronnen veroorzaken gezamenlijk 6% van de totale concentratieverhoging bij lozingspunten in Nederland, wanneer ze worden beschouwd als een 'bron op de grens'.

KAART VAN CONCENTRATIEBIJDRAGE BIJ LOZINGSPUNT VAN RWZI'S MET ONDERVERDELING IN CATEGORIEËN GEBASEERD OP DE BEREKENDE CUMULATIEVE CONCENTRATIEBIJDRAGE (AANGEGEVEN TUSSEN HAAKJES)



GRAFIEK VAN DE BIJDRAGE VAN DE 314 NEDERLANDSE RWZI'S AAN DE CONCENTRATIE MEDICIJNRESTEN IN HUN ONTVANGENDE OPPERVLAKTEWATEREN BIJ LOZINGSPUNTEN, AFLOPEND GESORTEERD OP CONCENTRATIEBIJDRAGE



## MAATLAT 'INVLOED BENEDENSTROOMSE WATERKWALITEIT'

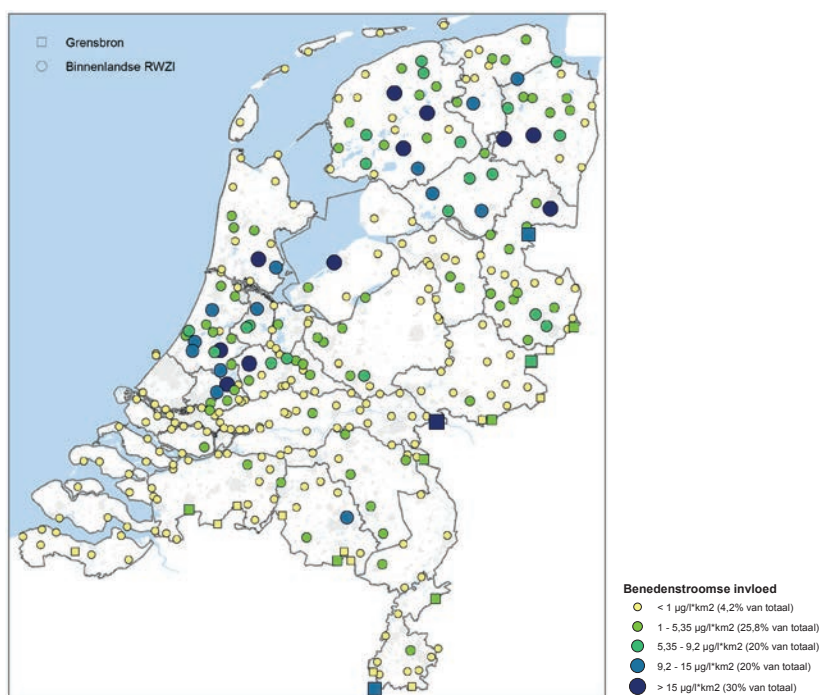
Deze maatlat maakt de benedenstroomse beïnvloeding van het regionale watersysteem inzichtelijk door de concentratiebijdrage medicijnresten voor elk waterlichaam te vermenigvuldigen met het wateroppervlak daarvan.

De maatlat laat zien dat 20% van de RWZI's (63 in aantal) ca. 80% van de totale invloed op het Nederlandse regionale watersysteem veroorzaakt. De grootste invloed is te vinden bij RWZI's die lozen op de boezemsystemen in het westen en noorden van het land. Hier is in de zomer sprake van een geringe doorstroming en dus een lange verblijftijd met relatief grote beïnvloede wateroppervlakken.

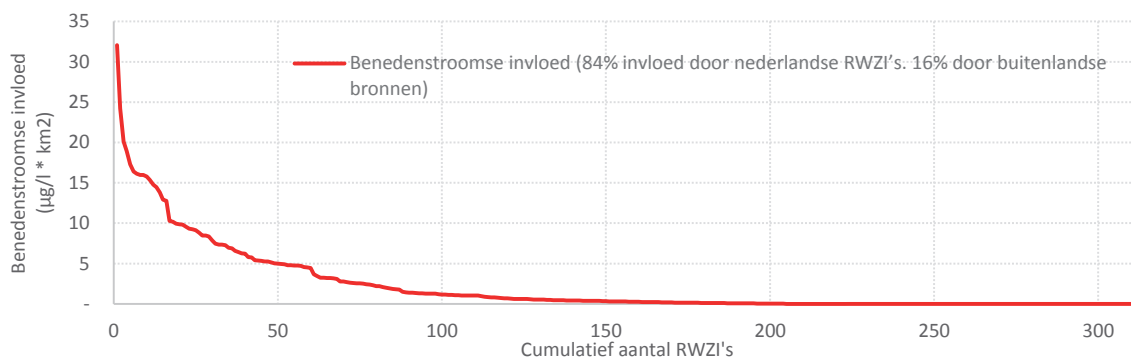
Bijna de helft van de RWZI's draagt nergens in het watersysteem meer bij dan 0,1 µg/l. Dit zijn voor een groot deel RWZI's die lozen op de Rijkswateren.

Nederlandse RWZI's veroorzaken 84% van de totale invloed op het Nederlandse regionale watersysteem, buitenlandse bronnen 16%. Buitenlandse bronnen hebben een relatief nog veel grote invloed op de grote Rijkswateren (grote rivieren, IJsselmeer, Zeeuwse Delta en enkele kanalen), die niet in de maatlat zijn meegerekend. In grote rijkswateren is de bijdrage van buitenlandse bronnen veel groter, zoals ook kan worden afgeleid uit de maatlatten voor beïnvloeding van drinkwaterbronnen.

KAART VAN RWZI'S MET ONDERVERDELING IN CATEGORIEËN GEBASEERD OP DE BEREKENDE BENEDENSTROOMSE INVLOED OP DE CUMULATIEVE CONCENTRATIEBIJDRAGE (AANGEGEVEN TUSSEN HAAKJES)



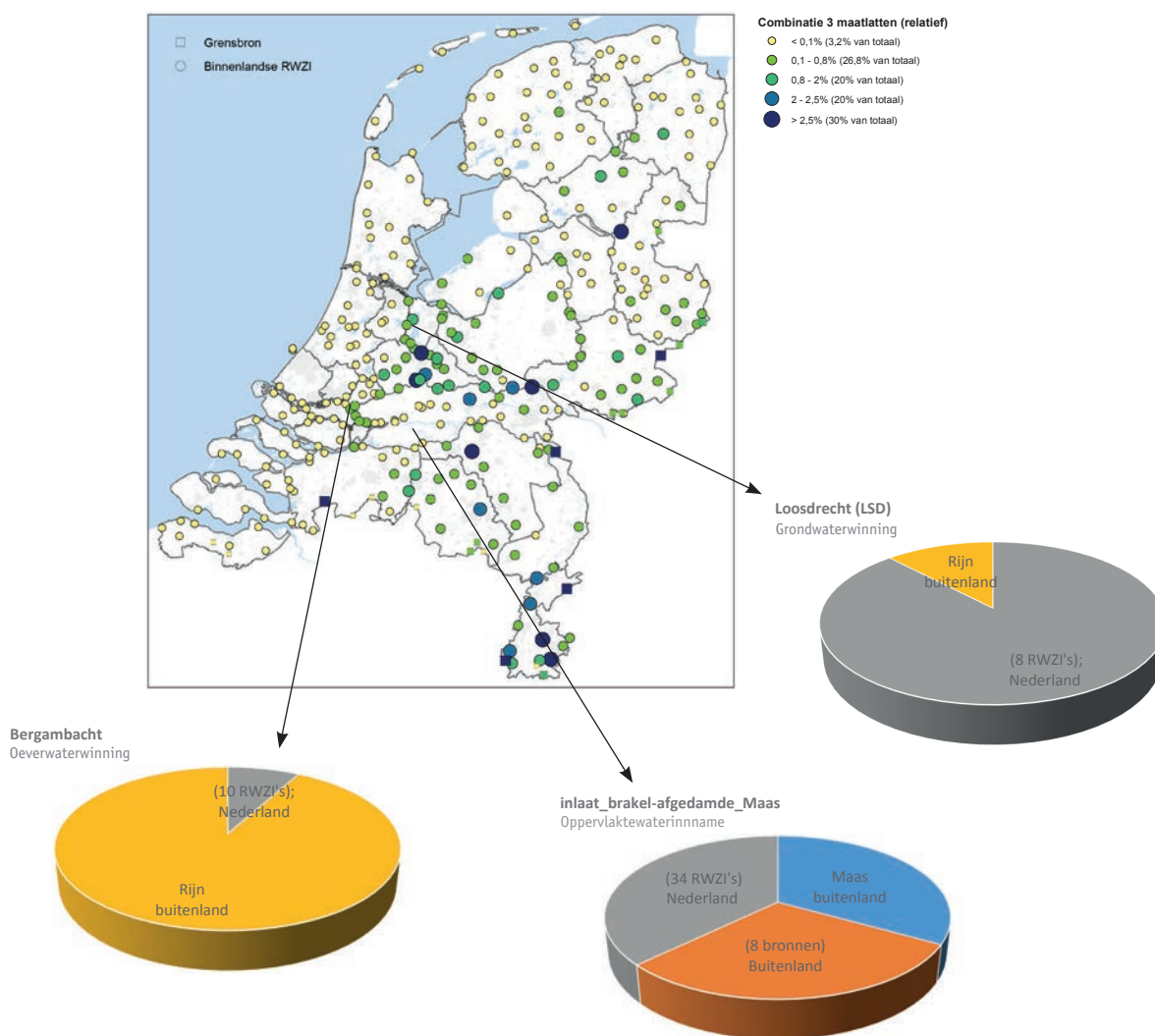
GRAFIEK VAN DE BENEDENSTROOMSE INVLOED VAN DE 314 NEDERLANDSE RWZI'S, GESORTEERD OP AFLOPENDE INVLOED



## MAATLAT 'BEÏNVLOEDING DRINKWATERBRONNEN'

Er zijn in Nederland ruim 200 drinkwaterbronnen. Volgens de drinkwaterbedrijven worden 84 van deze bronnen door oppervlaktewaterinfiltratie beïnvloed. Voor deze maatlat is per RWZI de totale concentratiebijdrage van de emissie van medicijnresten aan het oppervlaktewater dat in meer of mindere mate bijdraagt aan deze drinkwaterbronnen bepaald. Daarbij is onderscheid gemaakt tussen oppervlaktewaterinnamepunten, oeverwaterwinningen en grondwaterwinningen. Dit levert drie maatlatten op voor de beïnvloeding van drinkwaterbronnen.

KAART INVLOED NEDERLANDSE RWZI'S EN GRENSBRONNEN VOOR DE DRIE DRINKWATERMAATLATTEN SAMEN, MET ONDERVERDELING IN CATEGORIEËN GEBASEERD OP DE BEREKENDE CUMULATIEVE CONCENTRATIEBIJDRAGE (AANGEGEVEN TUSSEN HAAKJES). ALS VOORBEELD EEN UITSNEDE VOOR LOOSDRECHT (GRONDWATERWINNING), BERGAMBACHT (OEVERWATERWINNING) EN BRAKEL (OPPERVLAKTEWATERINNAMEPUNT)



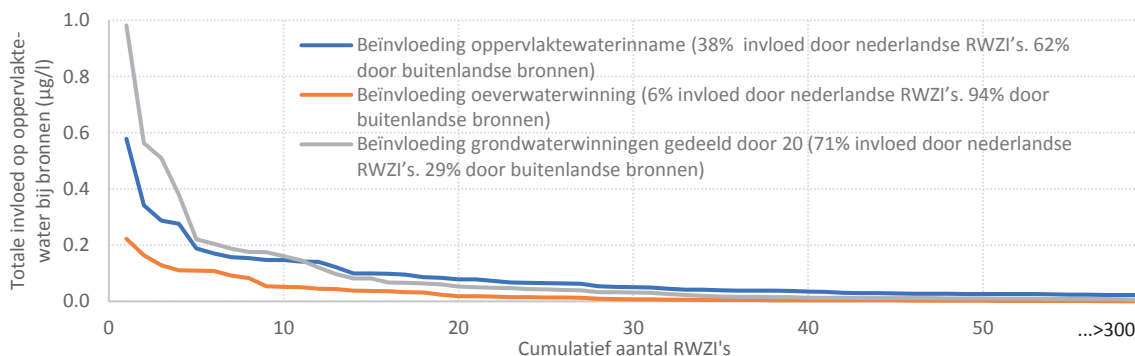
De modelberekeningen wijzen uit dat 64 drinkwaterbronnen worden beïnvloed door oppervlaktewater met een significante concentratie medicijnresten.

Tussen de drie drinkwatermaatlatten bestaan grote verschillen. Zo worden grondwaterwinningen soms door het effluent van slechts een enkele RWZI beïnvloed, terwijl alle rivierwaterinnamepunten door een groot aantal RWZI's worden beïnvloed. De invloed op drinkwaterbronnen is in onderstaande grafiek daarom per type drinkwaterbron apart weergegeven.

Buitenlandse RWZI's hebben een relatief grote invloed op rivierwaterinnamepunten. In drinkwaterbronnen bij oeverwaterwinningen is ca. 90% van de concentratiebijdrage medicijnresten afkomstig uit het buitenland en bij oppervlaktewaterinnamepunten is dit ca. 62%. Bij grondwaterinnamepunten is de bijdrage uit het buitenland ca. 29% en is de invloed van Nederlandse RWZI's dus relatief groot.

GRAFIEK VAN DE BEÏNVLOEDING VAN DRIE TYPEN DRINKWATERBRONNEN DOOR DE 314 NEDERLANDSE RWZI'S, VOOR ELK TYPE GESORTEERD OP AFLOPENDE INVLOED.

LET OP DE SCHAALVERDELING: DE GRONDWATERINVLOED IS GEDEELD DOOR 20 EN ALLEEN DE EERSTE 60 RWZI'S ZIJN WEERGEGEVEN



## CONCLUSIES

De opgestelde maatlatten voor 'concentratiebijdrage bij lozingspunt', 'invloed benedenstroomse waterkwaliteit' en 'beïnvloeding drinkwaterbronnen' geven een landelijk beeld van de impact van RWZI-effluenten op verschillende waterkwaliteitsaspecten. Voor elk aspect zijn daarmee de RWZI's geïdentificeerd die als 'hotspot' fungeren. De helft van de RWZI's levert op geen enkele maatlat een significante bijdrage. Voor de andere helft van de RWZI's geldt dat de RWZI's met de grootste bijdrage (de hotspots) sterk verschillen per maatlat.

De tabellen met maatlatten en andere informatie over de RWZI's zoals de droogweerafvoer, alsmede de verspreidingskaarten waarin de beïnvloeding van het watersysteem in beeld is gebracht, zijn in digitale vorm beschikbaar.

## AANBEVELINGEN

Op basis van de resultaten van de landelijke hotspotanalyse zijn de volgende aanbevelingen geformuleerd:

- *Focus op hotspots.*

De invloed van medicijnresten op de waterkwaliteit kan worden verminderd door maatregelen te treffen bij de RWZI's die als hotspot zijn aangemerkt binnen één of meerdere maatlatten. De verschillende maatlatten zullen onderling in belang afgewogen moeten worden, ook in relatie tot de aanwezige achtergrondconcentraties. Ieder waterschap zal een afweging maken of, en in welke volgorde en mate, RWZI's worden aangepast met het oog op verdere verwijdering van medicijnresten.

- *Prioriteren waterkwaliteitsaspecten.*

Naast de invloed van medicijnresten zijn er verschillende andere aspecten, zoals nutriënten, met een grote invloed op de waterkwaliteit. Voor het treffen van verbetermaatregelen, moeten de prioriteiten van het verbeteren van verschillende waterkwaliteitsaspecten goed in beeld zijn.

- *Prioritering op basis van kosteneffectiviteit.*

In verband met kosteneffectiviteit wordt aanbevolen om verbetermaatregelen te treffen bij relatief kleine RWZI's met een relatief grote beïnvloeding van de waterkwaliteit. Voor een beter beeld van de kosteneffectiviteit van verbetermaatregelen wordt daarnaast aanbevolen om het verwijderingsrendement van verschillende methoden nader in beeld te brengen.

- *Regionale en nationale afstemming*

Regionale en nationale afstemming van prioriteiten en maatregelenpakketten is belangrijk om afwenteling te voorkomen. Geadviseerd wordt om op verschillende schaalniveaus de kosteneffectiviteit van maatregelen met betrekking tot de maatlatten voor medicijnresten en andere waterkwaliteitsaspecten af te wegen.

# DE STOWA IN HET KORT

STOWA is het kenniscentrum van de regionale waterbeheerders (veelal de waterschappen) in Nederland. STOWA ontwikkelt, vergaart, verspreidt en implementeert toegepaste kennis die de waterbeheerders nodig hebben om de opgaven waar zij in hun werk voor staan, goed uit te voeren. Deze kennis kan liggen op toegepast technisch, natuurwetenschappelijk, bestuurlijk-juridisch of sociaalwetenschappelijk gebied.

STOWA werkt in hoge mate vraaggestuurd. We inventariseren nauwgezet welke kennisvragen waterschappen hebben en zetten die vragen uit bij de juiste kennisleveranciers. Het initiatief daarvoor ligt veelal bij de kennisvragende waterbeheerders, maar soms ook bij kennisinstellingen en het bedrijfsleven. Dit tweerichtingsverkeer stimuleert vernieuwing en innovatie.

Vraaggestuurd werken betekent ook dat we zelf voortdurend op zoek zijn naar de 'kennisvragen van morgen' – de vragen die we graag op de agenda zetten nog voordat iemand ze gesteld heeft – om optimaal voorbereid te zijn op de toekomst.

STOWA ontzorgt de waterbeheerders. Wij nemen de aanbesteding en begeleiding van de gezamenlijke kennisprojecten op ons. Wij zorgen ervoor dat waterbeheerders verbonden blijven met deze projecten en er ook 'eigenaar' van zijn. Dit om te waarborgen dat de juiste kennisvragen worden beantwoord. De projecten worden begeleid door commissies waar regionale waterbeheerders zelf deel van uitmaken. De grote onderzoekslijnen worden per werkveld uitgezet en verantwoord door speciale programmacommissies. Ook hierin hebben de regionale waterbeheerders zitting.

STOWA verbindt niet alleen kennisvragers en kennisleveranciers, maar ook de regionale waterbeheerders onderling. Door de samenwerking van de waterbeheerders binnen STOWA zijn zij samen verantwoordelijk voor de programmering, zetten zij gezamenlijk de koers uit, worden meerdere waterschappen bij één en het zelfde onderzoek betrokken en komen de resultaten sneller ten goede van alle waterschappen.

De grondbeginselen van STOWA zijn verwoord in onze missie:

*Het samen met regionale waterbeheerders definiëren van hun kennisbehoeften op het gebied van het waterbeheer en het voor én met deze beheerders (laten) ontwikkelen, bijeenbrengen, beschikbaar maken, delen, verankeren en implementeren van de benodigde kennis.*

# LANDELIJKE HOTSPOTANALYSE GENEESMIDDELEN RWZI'S

## INHOUD

|          |                                                  |           |
|----------|--------------------------------------------------|-----------|
|          | TEN GELEIDE                                      |           |
|          | SAMENVATTING                                     |           |
|          | DE STOWA IN HET KORT                             |           |
| <b>1</b> | <b>INLEIDING</b>                                 | <b>1</b>  |
| 1.1      | Achtergrond                                      | 1         |
| 1.2      | Doel van dit project                             | 2         |
| 1.3      | Afbakening                                       | 3         |
| 1.4      | Projectfasering                                  | 3         |
| 1.5      | Leeswijzer                                       | 4         |
| <b>2</b> | <b>METHODE</b>                                   | <b>5</b>  |
| 2.1      | Berekeningsmethodiek                             | 5         |
| 2.2      | Maatlatten                                       | 8         |
| 2.2.1    | Maatlat 'concentratiebijdrage bij lozingspunt'   | 8         |
| 2.2.2    | Maatlat 'invloed benedenstroomse waterkwaliteit' | 8         |
| 2.2.3    | Maatlat beïnvloeding drinkwaterbronnen           | 10        |
| <b>3</b> | <b>RESULTATEN</b>                                | <b>12</b> |
| 3.1      | Inleiding                                        | 12        |
| 3.2      | Emissie                                          | 13        |
| 3.3      | Maatlat 'concentratiebijdrage bij lozingspunt'   | 15        |
| 3.4      | Maatlat invloed benedenstroomse waterkwaliteit   | 19        |
| 3.5      | Maatlat beïnvloeding drinkwaterbronnen           | 24        |
| 3.6      | Overige resultaten                               | 27        |
| 3.7      | Resultierend beeld maatlatten onderling          | 28        |

|            |                                                                              |           |
|------------|------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>4</b>   | <b>DISCUSSIE</b>                                                             | <b>30</b> |
| <b>4.1</b> | Resultaat                                                                    | 30        |
| <b>4.2</b> | Betrouwbaarheid                                                              | 30        |
| 4.2.1      | Betrouwbaarheid emissieschatting                                             | 30        |
| 4.2.2      | Betrouwbaarheid verspreiding berekend met model                              | 31        |
| 4.2.3      | Betrouwbaarheid van de berekende maatlatten                                  | 31        |
| <b>4.3</b> | Gebruik van de maatlatten                                                    | 33        |
| 4.3.1      | Representativiteit van de maatlatten concentratie en benedenstroomse invloed | 33        |
| 4.3.2      | Representativiteit van de maatlatten drinkwater                              | 34        |
| 4.3.3      | Kosteneffectiviteit maatregelen                                              | 35        |
| 4.3.4      | Prioritering tussen maatlatten en opstellen maatregels scenario's            | 37        |
| <b>4.4</b> | Metten in water: modelvalidatie?                                             | 38        |
| <b>5</b>   | <b>CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN</b>                                           | <b>40</b> |
| <b>5.1</b> | Conclusies maatlatten                                                        | 40        |
| <b>5.2</b> | Aanbevelingen                                                                | 42        |
| 5.2.1      | Aanbevelingen voor het gebruik van maatlatten voor prioritering maatregelen  | 42        |
| 5.2.2      | Aanbevelingen voor het aanvullen van kennislacunes                           | 42        |
| Bijlage 1  | Colofon                                                                      | 44        |
| Bijlage 2  | Processchema                                                                 | 46        |
| Bijlage 3  | Afleiding kental emissie                                                     | 48        |
| Bijlage 4  | Bepaling verspreiding met LKM                                                | 53        |
| Bijlage 5  | Discussie onzekerheden                                                       | 58        |
| Bijlage 6  | Onderbouwing Objectcriterium                                                 | 63        |
| Bijlage 7  | Opgeleverde Producten                                                        | 68        |
| Bijlage 8  | Validatie berekende concentraties                                            | 74        |
| Bijlage 9  | Landelijke overzichtskaarten RWZI's                                          | 83        |
| Bijlage 10 | Maatlattentabellen en tabel met emissie                                      | 103       |
| Bijlage 11 | Verklarende woordenlijst                                                     | 110       |

## 1

## INLEIDING

## 1.1 ACHTERGROND

*Aanleiding*

Eind 2014 hebben de Unie van Waterschappen en de VEWIN een gezamenlijk 'Plan van Aanpak geneesmiddelen in de waterketen' aan de staatsecretaris van Infrastructuur en Milieu (IenM) aangeboden. Zij stellen een aanpak op drie sporen voor (probleemdefinitie, bronaanpak en aanpak binnen de waterketen). Hierin is toegezegd dat de waterschappen en waterbedrijven het spoor 'aanpak in de waterketen' oppakken. In navolging hierop heeft IenM met alle ketenpartners een landelijke ketenaanpak 'Medicijnresten uit water' gestart. Binnen het spoor 'aanpak in de waterketen' is onder meer besloten landelijk 'hotspotanalyses' uit te gaan voeren om meer inzicht te krijgen in de relatieve invloed van de verschillende RWZI's op de waterkwaliteit. Dit is ook vastgelegd in de Delta-aanpak Waterkwaliteit en Zoetwater<sup>1</sup>.

**'HOT SPOTS' MEDICIJNRESTEN IN OPPERVLAKTEWATER**

'Hot spots' zijn in dit kader die RWZI's die wat betreft medicijnresten een relatief grote invloed hebben op de oppervlaktewaterkwaliteit.

*Eerder uitgevoerde hotspotanalyses*

In de periode 2011-2016 hebben meerdere waterschappen hotspotanalyses uitgevoerd op een wijze die grotendeels overeenkomt met de methodiek die beschreven is in het STOWA-rapport 2015-32. De nadruk in deze analyses lag op het afleiden van de medicijnrestenvracht in het effluent van RWZI's en op het berekenen van de bijdrage van de RWZI's aan de concentratie medicijnresten bij het lozingspunt, dus in het ontvangende oppervlaktewaterlichaam. In deze analyses werden de RWZI's die de grootste vracht medicijnresten lozen op het oppervlaktewater en/of de RWZI's waarbij de concentratiebijdrage in het oppervlaktewater bij het lozingspunt het hoogst is aangemerkt als 'hotspots'. Daarbij werd geen rekening gehouden met de functie van het ontvangende water, de verspreidingsroute en de achtergrondbelasting van medicijnresten in het water.

*Landelijke centrale aanpak: coherentie en inzicht in omvang invloed*

Door de Unie van Waterschappen is op 26 april 2016 een brief uitgedaan naar de waterschappen met het advies aan de slag te gaan met de hotspotanalyses. Om twee redenen is besloten de hotspotanalyse op landelijk niveau uit te voeren:

## 1 Coherentie en betrokkenheid.

Er is behoefte aan een landelijk coherent beeld om op nationaal niveau te kunnen beoordelen welke RWZI's de kwaliteit van de Nederlandse wateren relatief veel beïnvloeden. Daarom is besloten de hotspotanalyse centraal te laten uitvoeren en de waterschappen te begeleiden bij

## 1 Intentieverklaring Delta-aanpak Waterkwaliteit en Zoetwater tussen overheden, maatschappelijke organisaties en kennisinstituten.

het aanleveren van hun individuele relevante gegevens. Bij uitvoering van hotspotanalyses door individuele waterschappen is namelijk gebleken dat verschillen in de aanpak tussen waterschappen het moeilijk maken om de resultaten te aggregeren tot een landelijk coherent beeld.

In deze landelijke hotspotanalyse wordt gebruikt gemaakt van een landelijk model waarmee de analyse coherent en met uniforme kwaliteitseisen kan worden uitgevoerd. De waterschappen worden maximaal betrokken om relevante maatlaten te ontwikkelen, om het regionale watersysteem goed in het model te verwerken en om draagvlak te ontwikkelen voor de resultaten.

## 2 Inzicht omvang invloed.

Er is behoefte aan een bredere uitwerking van de invloed van RWZI's dan tot nog toe gebruikt is. Naast de grootte van de emissie van medicijnresten in het RWZI-effluent en de concentratiebijdrage in het ontvangende oppervlaktewater, is ook de beïnvloeding van benedenstrooms gelegen wateren en in het bijzonder van drinkwaterbronnen van belang. Met een landelijke analyse kan de afwenteling van medicijnresten uit wateren van het ene waterschap naar wateren van een stroomafwaarts gelegen waterschap worden bepaald.

Op basis van de landelijke hotspotanalyse worden niet alleen relatieve verschillen binnen elk waterschap zichtbaar, maar kunnen waterschappen ook zien hoe de situatie in hun beheersgebied verschilt van de rest van Nederland en hoe verschillende waterkwaliteitsaspecten zich tot elkaar verhouden. Op basis van dit inzicht kunnen de waterschappen gericht nader onderzoek en eventuele maatregelpakketten formuleren.

## 1.2 DOEL VAN DIT PROJECT

Het doel van dit project is het ontwikkelen en toepassen van een door alle waterschappen gedragen methode waarmee op landelijk niveau RWZI's kunnen worden geïdentificeerd die door de lozing van medicijnresten afkomstig van humane geneesmiddelen een relatief grote invloed hebben op de waterkwaliteit.

De waterkwaliteit kent veel aspecten, en de lijst met hotspots zal verschillen per kwaliteitsaspect. Daarom worden binnen de hotspotanalyse gereedschappen ontwikkeld en toegepast voor de kwantificering van meerdere waterkwaliteitsaspecten.

De resultaten van de landelijke hotspotanalyse vormen de basis voor eventueel nader onderzoek en de formulering van maatregelenpakketten door de waterschappen. Ook ondersteunen ze de vorming van een landelijke visie op emissiereducerende maatregelen bij RWZI's. Mogelijke maatregelen zijn verbetering van de zuivering, verplaatsing van lozingspunten, aanpassingen in het watersysteem en opheffing van RWZI's. Voor buitenlandse bronnen geldt een andere aanpak.

### *Het gereedschap: Maatlatten*

Het resultaat van de hotspotanalyse is een 'tabel' waarin voor elke RWZI de impact van de emissie op relevante oppervlaktewaterkwaliteitsaspecten is gekwantificeerd. Elk waterkwaliteitsaspect waarvoor de impact van de lozing van RWZI's is gekwantificeerd noemen we een 'maatlat'.

Er zijn drie maatlatten afgeleid. Dit zijn (1) de concentratiebijdrage aan het ontvangende oppervlaktewater bij het lozingspunt, (2) de invloed op de benedenstroomse waterkwaliteit en (3) de beïnvloeding van drinkwaterbronnen.

### 1.3 AFBAKENING

In deze hotspotanalyse wordt het relatieve belang van de verschillende waterkwaliteitsaspecten niet onderling afgewogen. Er vindt geen afweging plaats of reductie van de emissie van andere stofgroepen meer effect op de waterkwaliteit heeft dan reductie van de emissie van medicijnresten afkomstig van humane geneesmiddelen. Er wordt geen keuze gemaakt bij welke RWZI's het best maatregelen genomen kunnen worden.

Ook de formulering, uitwerking en raming van mogelijke maatregelen valt buiten het kader van deze hotspotanalyse. De kosten van aanvullende zuiveringsstappen worden gekwantificeerd in een ander onderzoek. Naast zuiveringstechnische maatregelen zijn overigens overigens ook verplaatsing van lozingspunten, aanpassingen in het watersysteem en opheffing van RWZI's als maatregel mogelijk. Voor buitenlandse bronnen geldt een andere aanpak.

Diergeneesmiddelen zijn ook niet bij deze studie betrokken. Deze komen voornamelijk via uit- en afspoeling van mest uit landbouwgronden in het oppervlaktewater terecht. Diergeneesmiddelen die via riolering en RWZI's het oppervlaktewater bereiken worden impliciet wel meegenomen omdat de emissie van RWZI's is geschat op basis van werkelijk gemeten concentraties. Humane middelen vormen echter de bulk van de emissies in kilo's. Onder deze geneesmiddelen zijn er een beperkt aantal die ook veterinaire toepassing kennen.

Ook op microverontreinigingen uit industriële- of consumentenproducten in het effluent van RWZI's wordt in dit rapport niet ingegaan<sup>2</sup>.

Toetswaarden zoals waterkwaliteitsnormen en gezondheidsrisico's worden niet betrokken bij het uitvoeren van de hotspotanalyse. Het doel van de hotspotanalyse is immers het zoeken naar RWZI's met een *relatief* grote bijdrage aan de verslechtering van de waterkwaliteit.

Tot slot is niet voor alle waterkwaliteitsaspecten een maatlat afgeleid. De impact op bijvoorbeeld zwemwater en op specifieke ecologische doelen voor kwetsbare wateren is niet meegenomen. Deze invloed kan op regionaal of lokaal niveau nader in beeld worden gebracht.

### 1.4 PROJECTFASERING

Het is van groot belang dat de uitkomsten van het onderzoek breed gedragen worden door de waterschappen en dat zij vertrouwen hebben in de uitkomsten van deze landelijke hotspotanalyse. Daarom is er grondig met de waterschappen afgestemd. Er is van grof naar fijn gewerkt, en tijdens deze fasen vonden verschillende controleslagen plaats, in samenspraak met de waterschappen. Daarnaast zijn de aanpak en tussentijdse resultaten regelmatig besproken in de begeleidingscommissie.

De landelijke analyse heeft op hoofdlijnen in drie fases plaatsgevonden:

- **Fase 1. Grove benadering concentraties in oppervlaktewater en opstellen prioriteringscriteria.**

In deze fase zijn algemene kentallen, landelijk beschikbare gegevens en het LKM (landelijk hydrologisch KRW-model) gebruikt om het eerste landelijke beeld te genereren van

<sup>2</sup> In veel gevallen zullen hotspots voor medicijnresten ook hotspots zijn voor overige microverontreinigingen. Echter, RWZI's die grote puntlozingen van microverontreiniging door bijvoorbeeld een producent of afvalverwerker moeten verwerken, zullen een grotere invloed hebben op de waterkwaliteit.

concentraties van medicijnresten in het watersysteem. Op basis hiervan is een informatievraag aan de waterschappen uitgezet ten behoeve van verdere detaillering. In deze fase zijn ook alle af te wegen waterkwaliteitsaspecten vastgesteld om zo bij de vervolgfase geen nader uit te zoeken informatie te missen.

- **Fase 2. Detaillering in overleg met waterschappen**

In Fase 2 is door middel van controle door de waterschappen en aanvullende gegevens van de waterschappen in nauw overleg het beeld van de relatieve invloed van RWZI's op verschillende waterkwaliteitsaspecten verfijnd.

- **Fase 3. Landelijk beeld en bestuurlijke doorvertaling.**

In Fase 3 is de relatieve bijdrage van de RWZI's aan de invloed op verschillende waterkwaliteitsaspecten gepresenteerd en is het landelijk beeld geïnterpreteerd. De effecten van de keuzes voor verschillende criteria zijn in beeld gebracht en de resultaten zijn vertaald naar input voor een bestuurlijke afweging en kaderstelling.

De in dit rapport gepresenteerde resultaten zijn het resultaat van de inbreng van alle waterschappen en de begeleidingscommissie. In Bijlage 2 is het processchema gedetailleerd weergegeven met daarin aangegeven op welke wijze, op welke producten en op welke momenten de waterschappen een controleslag hebben gemaakt, op welke momenten er tussentijdse resultaten zijn besproken met de begeleidingscommissie en over welke onderwerpen er draagvlak is ontwikkeld.

## 1.5 LEESWIJZER

In Hoofdstuk 2 leest u de gehanteerde methode. Hier wordt ingegaan op de emissie uit RWZI's, de consequenties van deze emissies voor het oppervlaktewater en de manier waarop met een model de verspreiding van de medicijnresten is berekend. Tot slot worden in dit hoofdstuk de keuze, het afleiden en de toepassing van de maatlatten toegelicht. In Hoofdstuk 3 leest u de resultaten. In dit hoofdstuk wordt inzichtelijk gemaakt hoe de RWZI's scoren op de geselecteerde maatlatten.

Hoofdstuk 4 bediscussieert de resultaten. In dit hoofdstuk wordt de vertaling gemaakt naar de manier waarop de maatlatten gebruikt kunnen worden om maatregelpakketten te formuleren en te evalueren. Hoofdstuk 5 beschrijft tot slot de conclusies en aanbevelingen.

## 2

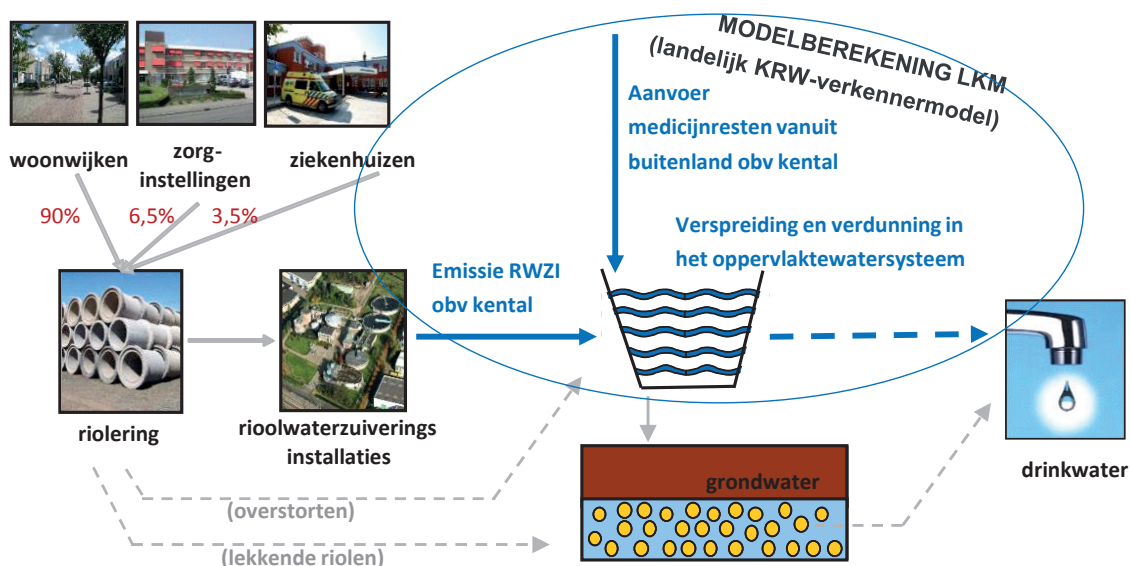
## METHODE

## 2.1 BEREKENINGSMETHODIEK

Na gebruik van geneesmiddelen komen de niet in het lichaam opgenomen of afgebroken geneesmiddelen achtereenvolgens via de feces en urine, het toiletwater en het rioleringsstelsel in de RWZI's terecht. Ook dermaal toegepaste geneesmiddelen komen daar voor een deel terecht via douche- en waswater. RWZI's zijn niet ontworpen om microverontreinigingen zoals medicijnresten optimaal te verwijderen. Deze stoffen worden daarom slechts deels door de RWZI verwijderd. De mate waarin dat gebeurt verschilt sterk per geneesmiddel. Wat overblijft wordt met het RWZI-effluent geloosd op het oppervlaktewater (Figuur 2-1) en kan zich daar verder in het watersysteem verspreiden.

In deze studie is de verspreiding en verdunning van medicijnresten in het Nederlandse oppervlaktewater berekend met het LKM-model (zie Figuur 2-1). Het effect op drinkwaterbronnen is berekend voor het oppervlaktewater dat de drinkwaterbron beïnvloedt (stippellijn in de figuur). Hierbij is geen rekening gehouden met afbraak en verdunning met schoon grondwater. De methodiek wordt hieronder per onderdeel beschreven.

FIGUUR 2-1 BEELD VAN DE BRONNEN EN VERSPREIDINGSROUTES VAN MEDICIJNRESTEN VAN HUMANE GENEESMIDDELEN EN DE ONDERDELEN VAN DE ROUTE DIE IN DEZE STUDIE IN BEELD ZIJN GEBRACHT (BLAUWE TEKST / PIJLEN)



*Emissie RWZI's op basis van een kental (afgeleid uit metingen in effluenten)*

De emissie van medicijnresten uit de RWZI is de vracht die per tijdseenheid de RWZI verlaat. De emissie bepaalt de impact van een RWZI op de oppervlaktewaterkwaliteit: hoe groter de emissie is, hoe hoger de concentraties in het ontvangende watersysteem.

De emissie is evenredig met het aantal aangesloten inwoners. Het aantal aangesloten inwoners per RWZI is daarom voor alle RWZI's geïnventariseerd. Tot op heden waren op landelijk

niveau alleen gesommeerde inwonerequivalenten (i.e.'s voor inwoners en industrie) en jaar-debieten verzameld. Die getallen zijn minder representatief om alleen aan inwoners gerelateerde emissies te schatten.

De emissie wordt berekend door het aantal aangesloten inwoners per RWZI te vermenigvuldigen met het kental voor de emissie per persoon per jaar in het effluent.

Emissie per jaar = emissie per persoon per jaar (kental) \* aantal op de RWZI aangesloten inwoners

Deze studie hanteert als kental een emissie van 2 gram per persoon per jaar voor het totaal van alle medicijnresten samen. Deze emissie is afgeleid op basis van gemiddelden van metingen van effluenten van RWZI's, waarbij alleen die medicijnresten zijn meegenomen die bij metingen in concentraties boven de detectiegrens van de analysemethoden voorkomen. In werkelijkheid is de emissie naar schatting ca 50% hoger (zie Bijlage 3 paragraaf B3.3). De onderschatting in het kental komt doordat niet alle typen medicijnresten in het analysepakket worden meegenomen en omdat medicijnresten onder de detectiegrens niet worden meegenomen.

De gehanteerde emissie per persoon per jaar is echter wel het dubbele van de waarde die in eerdere studies is gebruikt<sup>3</sup>. Dat is het gevolg van de grotere beschikbaarheid van metingen en completere analysepakketten van medicijnresten in effluenten sinds de studie uit 2011. Ook is in het kental metformine opgenomen, een geneesmiddel dat eerder buiten beschouwing was gelaten. De methode waarmee de emissie per persoon per jaar is ingeschat is in Bijlage 3 nader toegelicht. De onzekerheden in de emissie zijn toegelicht in Bijlage 5.

#### **BUITENLANDSE RWZI'S.**

RWZI's die buiten Nederland lozen in grensoverschrijdende stroomgebieden zijn doorgerekend als ware het RWZI's die op de grensovergang lozen. De aanname daarbij is dat de gebruikte typen en hoeveelheden medicijnresten per persoon in bijvoorbeeld Vlaanderen en Duitsland hetzelfde zijn als in Nederland en dat ook de zuiveringsrendementen hetzelfde zijn en dus de emissie per inwoner. Er is dus uitgegaan van eenzelfde kental. Deze aanname is in Bijlage 8 nader onderzocht door kentallen te berekenen voor Rijn en Maas en is valide bevonden.

Aantallen inwoners van buitenlandse RWZI's zijn per grensoverschrijdend stroomgebied opgeteld en zijn als bron op de grens toegevoegd met de naam van het grensoverschrijdende oppervlaktewater. De buitenlandse bronnen bepalen stroomafwaarts mede de totaalconcentratie in de ontvangende wateren. Om een beeld te geven van de relatieve bijdrage van de buitenlandse bronnen is deze per maatlaat berekend als percentage van de totale beïnvloeding door binnenlandse bronnen. Ook is het totaal van de buitenlandse bronnen berekend zodat dit met de totale invloed van binnenlandse bronnen (100%) kan worden vergeleken.

De resultaten van de emissieberekeningen kunnen gebruikt worden om na te gaan bij welke RWZI's het best maatregelen genomen kunnen worden om de emissie van medicijnresten naar het milieu zo veel mogelijk te reduceren, ongeacht het effect van de emissies op de waterkwaliteit.

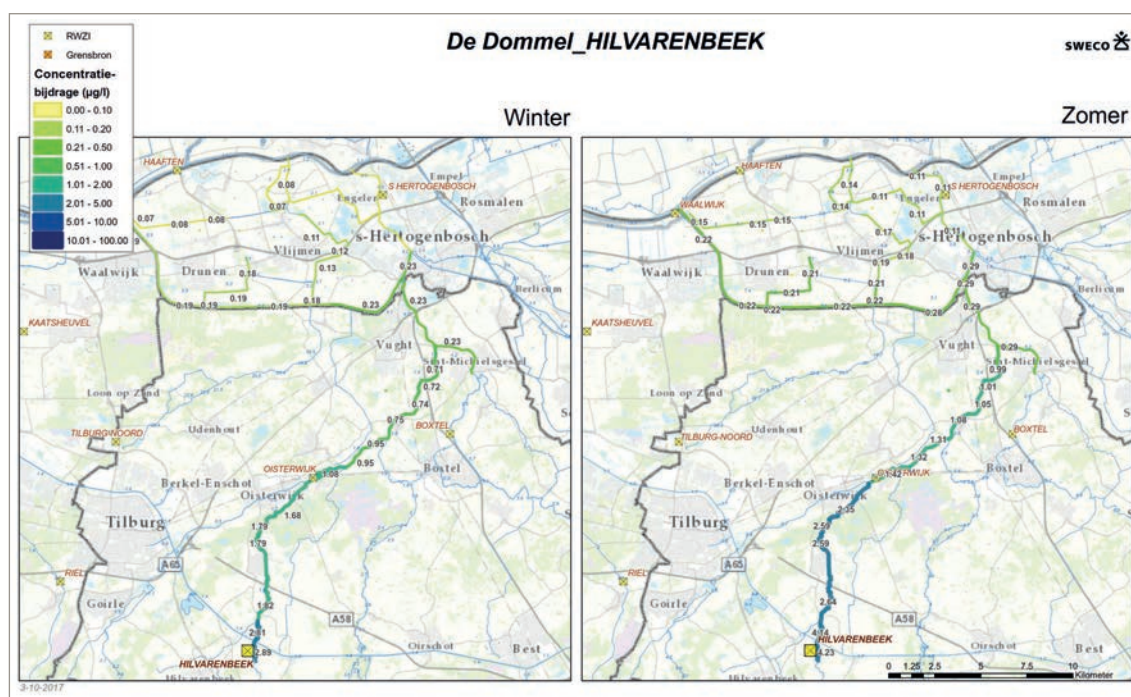
3 De emissie per persoon per jaar van medicijnresten in effluenten was bij vorige studies gebaseerd op metingen uit het project ZORG (STOWA 2011-02). De emissie bedroeg daar 1 g/p/j exclusief metformine en 1,5 g/p/j inclusief metformine.

### Verspreiding van medicijnresten in het oppervlaktewatersysteem: berekening met het LKM

De route die de medicijnresten na lozing in het watersysteem afleggen en de verdunning die daarbij optreedt is berekend met behulp van het LKM-model (Landelijk KRW-verkenner Model). Dat model simuleert de stroming en stoftransport in alle KRW-waterlichamen en overige hoofdwateren in Nederland. Lange en grote waterlichamen zijn in het model opgesplitst in meerdere stukjes ('nodes'), in deze studie waterlichaamsegmenten genoemd. Het model berekent voor elk waterlichaamsegment het debiet en de medicijnrestenconcentratie die door elke RWZI wordt toegevoegd in de gemiddelde zomer- en wintersituatie. In Figuur 22 is een voorbeeld te zien van de berekening van het verspreidingsgebied van het effluent van RWZI Biest Houtakker (Hilvarenbeek) en van de concentraties die door dit effluent aan zijn verspreidingsgebied worden toegevoegd. Bij elk waterlichaamsegment is een label weer gegeven met de berekende concentratie.

De toepassing van het LKM-model heeft voor alle waterschappen tot bevredigende resultaten geleid (zie ook Bijlage 4).

FIGUUR 2-2 VERSPREIDING VAN EFFLUENT VAN RWZI BIEST HOUTAKKER (HILVARENBEEK) EN DE CONCENTRATIE DIE DEZE RWZI TOEVOEGT AAN ZIJN VERSPREIDINGSGEBIED: VOORBEELD VAN KAART ZOALS VOOR ELKE BRON DIGITAAL BIJ DIT PROJECT OPGELEVERD IS OP A4-FORMAAT



### Afleiden maatlatten

In het model zijn de concentraties medicijnresten uit het effluent van 314 RWZI's en 23 grensbeken/rivieren in alle ruim 20.000 waterlichaamsegmenten ('bakjes') van dit LKM-model berekend voor de zomer- en wintersituatie. Het resultaat is een uitgebreide tabel met meer dan 1 miljoen rijen waarmee voor elk waterlichaamsegment de totale concentratie en de concentratiebijdrage van elke RWZI individueel kan worden berekend.

Om overzicht te creëren in deze grote hoeveelheid gegevens, zijn ze geaggregeerd in voor de waterschappen relevante 'maatlatten'. De maatlatten en de wijze van afleiding van de scores op de maatlatten staan beschreven in de hiernavolgende paragrafen.

## 2.2 MAATLATTEN

De volgende maatlatten zijn afgeleid:

- Concentratiebijdrage bij lozingspunt in het ontvangende oppervlaktewater
- Beïnvloeding van benedenstroomse waterkwaliteit
- Beïnvloeding van drinkwaterbronnen

In de tot nu toe uitgevoerde hotspotanalyses is naast de 'emissie' alleen de 'concentratiebijdrage bij lozingspunt' gekwantificeerd (beschreven in STOWA 2015-32). Daaraan worden met deze studie twee nieuwe maatlatten 'beïnvloeding van benedenstroomse waterkwaliteit' en 'beïnvloeding van drinkwaterbronnen' toegevoegd. De maatlatten zijn hieronder toegelicht. Er kon geen aparte maatlat voor natuur worden uitgewerkt<sup>4</sup>.

### *Alleen maatlat voor de zomersituatie*

De berekeningen met het LKM-model zijn uitgevoerd voor zowel de zomer- als de wintersituatie en voor beide situaties zijn kaartjes gegenereerd. De scores op de maatlatten zijn alleen berekend voor het zomerhalfjaar. Het zomerhalfjaar is in vrijwel alle gevallen bepalend voor de totale beïnvloeding; de invloed van de RWZI's is in de zomer globaal 2 tot 5 keer hoger dan in de winter. Bovendien valt het zomerhalfjaar samen met het groei- en bloeiseizoen, en daarmee met een grotere kwetsbaarheid van het ecosysteem.

### 2.2.1 MAATLAT 'CONCENTRATIEBIJDRAGE BIJ LOZINGSPUNT'

De maatlat 'concentratiebijdrage lozingspunt' geeft de concentratie in het oppervlaktewater bij het lozingspunt van de RWZI die het gevolg is van de emissie vanuit die specifieke RWZI (dus zonder de bijdrage van stroomopwaarts gelegen RWZI's). Hoge concentratiebijdragen komen voor bij ontvangende wateren die het RWZI-effluent beperkt verdunnen, zoals een effluentsloot of kleine beken. Daarnaast kunnen hoge concentratiebijdragen het gevolg zijn van een lage droogweerafvoer (DWA) per inwoner, waardoor het effluent relatief weinig wordt verdund.

Deze maatlat zegt iets over het mogelijke effect van het effluent in het ontvangende watersysteem: hogere concentraties in een oppervlaktewater leiden tot meer effect op het waterleven.

### **CONCENTRATIEBIJDRAGE EN TOTAALCONCENTRATIE.**

In dit rapport is onderscheid gemaakt tussen de begrippen concentratiebijdrage en totaalconcentratie.

**Concentratiebijdrage.** Dit is de concentratie medicijnresten die ten gevolge van de lozing van het effluent vanuit een specifieke RWZI wordt toegevoegd aan de concentratie in het. De concentratiebijdrage vanuit een RWZI is onafhankelijk van de bijdragen vanuit andere RWZI's.

**Totaalconcentratie.** Dit is de totale concentratie medicijnresten op ieder punt in het oppervlaktewater die het gevolg is van de emissies van alle RWZI's samen.

### 2.2.2 MAATLAT 'INVLOED BENEDENSTROOMSE WATERKWALITEIT'

De maatlat 'invloed benedenstroomse waterkwaliteit' houdt rekening met de twee belangrijkste aspecten van 'beïnvloeding': (1) de concentratiebijdrage van de RWZI aan het oppervlaktewater en (2) de grootte van de beïnvloede wateren. Daarbij is het basisuitgangspunt gehanteerd dat de invloed vanuit een RWZI recht evenredig is met zowel de concentratiebijdrage aan een watersysteem als de grootte van het oppervlaktewater dat wordt beïnvloed.

<sup>4</sup> Er is geen aparte maatlat uitgewerkt voor de functie natuur, omdat de hiervoor benodigde gegevens niet beschikbaar waren (landelijk uniform overzicht van natuurgebieden met regionaal belang, landelijk overzicht van doelstellingen voor natuurgebieden met nationaal belang en invloed van oppervlaktewater op deze doelstellingen).

Met behulp van het model is voor elke RWZI de 'invloed' op elk waterlichaamsegment berekend door de grootte met de concentratiebijdrage te vermenigvuldigen. Wanneer de invloeden van een RWZI op alle waterlichaamsegmenten worden opgeteld leidt dit vervolgens tot een totaalscore voor die RWZI. Ook de invloed van bronnen aan de grens is berekend en in de tabel opgenomen. De relatieve score is uitgedrukt als percentage van de Nederlandse binnenlandse bronnen.

$$\text{Invloed (RWZI)} = \sum_{\text{waterlichaam } i}^n \text{Grootte waterlichaam} * \text{Concentratiebijdrage RWZI}$$

*Oppervlak als maat voor de grootte*

Als belangrijkste maat voor de grootte van het waterlichaamsegment is voor 'wateroppervlak' gekozen omdat de beïnvloedbare habitat zich vooral bevindt aan het oppervlak en dus weinig afhangt van de diepte. Lengte als grootte-eenheid is minder geschikt bevonden omdat een meer, kanaal, beek, of sloot met een omtrek / oever van 1 km in dat geval allen even zwaar zouden wegen.

*Berekenen van de score met een broncriterium en objectcriterium*

Bovenstaande benadering heeft tot gevolg dat een RWZI die een zeer groot watersysteem met een lage totaalconcentratie beïnvloedt hoog scoort op deze maatlat. Dit is een ongewenste situatie, want conform de definitie van een hotspot kan pas bij een 'relatief grote' totaalconcentratie worden gesteld dat er een relatief grote invloed op de waterkwaliteit is. Wateren met een lage totaalconcentratie moeten daarom worden uitgesloten van de scores. Daarnaast geldt dat een relatief zeer kleine bijdrage vanuit een RWZI niet relevant is. Het effect van een eventuele maatregel aan een dergelijke RWZI zal niet meetbaar zijn. Daarom zijn bron- en objectcriteria vastgesteld: minimale concentratiebijdragen vanuit een RWZI (de bron) en minimale totaalconcentraties in wateren die meedoen bij de beoordeling (het object).

*Invloed (RWZI) met objectcriterium =*

$$\sum_{\text{watergang } i}^n \text{Oppervlak waar totaalconcentratie groter dan } X (\mu\text{g/l}) * \text{Concentratiebijdrage RWZI}$$

*Invloed (RWZI) met broncriterium =*

$$\sum_{\text{watergang } i}^n \text{Oppervlak} * \text{Concentratie waar concentratiebijdrage RWZI groter dan } X (\mu\text{g/l})$$

*Objectcriterium: alleen watergangen met een berekende totaalconcentratie > 1 µg/l worden meegeteld bij de scores.*

Als standaard objectcriterium is gekozen voor 1 µg/l. Dit betekent dat wateren met een totaalconcentratie kleiner dan 1 µg/l niet meedoen bij de beoordeling van de invloed vanuit RWZI's. In Bijlage 6 is deze keuze nader beschouwd, uitgaande van de definitie van een hotspot.

*Broncriterium: alleen bijdragen van RWZI's > 0,1 µg/l doen mee.*

Als standaard broncriterium is gekozen voor 0,1 µg/l. Alleen concentratiebijdragen van RWZI's > 0,1 µg/l aan de totaalconcentratie van wateren doen mee. Maatregelen bij een RWZI zullen nauwelijks effect hebben op de totaalconcentratie in een water wanneer de bijdrage van de RWZI lager is.

Buitenlandse RWZI's zijn per grensoverschrijdende rivier of beek samengenomen tot grensbronnen met de naamaanduiding van de rivier of beek. Deze grensbronnen krijgen een grotere score dan wanneer ze als individuele RWZI's zouden zijn berekend. De meeste buitenlandse RWZI's komen individueel niet boven het broncriterium uit, terwijl ze samen wel boven de 0,1 µg/l uitkomen. Dit geldt bijvoorbeeld voor alle RWZI's die op de Rijn lozen.

#### *Grote rijkswateren*

Vanwege de lage totaalconcentraties in de meeste grote rijkswateren (< 1 µg/l) en door de kleine individuele bijdrage van RWZI's (<0,1 µg/l) vallen de meeste rijkswateren buiten de gebruikte standaard bron- en objectcriteria. Echter, een aantal specifieke grote rijkswateren die wel binnen de criteria vallen, bleken het landelijke beeld van de maatlat te overheersen. Daarom is ervoor gekozen om de grote rijkswateren niet mee te nemen in de standaard maatlat. Om de invloed van de rijkswateren in beeld te brengen, is daarnaast een maatlat doorgerekend waarin de rijkswateren wel zijn meegenomen.

#### *Gevoeligheid maatlat voor keuze bron- en objectcriteria*

Bovengenoemde bron- en objectcriteria zijn geen harde wetenschappelijk onderbouwde ecologische grenswaarden en geven dus geen eenduidige maat voor de risico's voor de ecologie in het watersysteem. Daarom zijn aanvullende maatlaten binnen de maatlat 'invloed benedendstroomse waterkwaliteit' met andere bron- en objectcriteria doorgerekend. Deze aanvullende berekeningen geven de gevoeligheid van de scores voor wijzigingen in criteria aan.

#### *Concentratiebijdrage als maat voor invloed*

De concentratiebijdrage vanuit de RWZI is absoluut. Dit betekent dat een RWZI die 1 µg/l bijdraagt aan een watersysteem met een totaalconcentratie van 2 µg/l dezelfde score/ waardering op de maatlat krijgt als een RWZI die 1 µg/l bijdraagt aan een watersysteem met een totaalconcentratie van 6 µg/l<sup>5</sup>. Dit biedt geen inzicht in de relatieve toevoeging rekening houdende met de achtergrondconcentratie. Hier komt de klassieke vraag op wat erger is: een schoon systeem relatief zwaar ophogen of een vies systeem (met hogere risico's) relatief gering ophogen. Daarom is ook een maatlat voor de relatieve beïnvloeding ten opzichte van de achtergrondconcentratie ontwikkeld en doorgerekend.

### **2.2.3 MAATLAT BEÏNVLOEDING DRINKWATERBRONNEN**

De maatlat 'beïnvloeding drinkwaterbronnen' is gebaseerd op de berekende concentraties in oppervlaktewaterlichamen die volgens drinkwaterbedrijven invloed hebben op drinkwaterbronnen. Omdat de manier waarop oppervlaktewater de drinkwaterbron beïnvloedt sterk kan verschillen, zijn drie typen drinkwaterbronnen onderscheiden waarvoor de maatlat is berekend (zie Tabel 2-1).

- 5 Overwogen is de bijdrage van de RWZI aan het waterlichaamssegment met 2 µg/l relatief groter te achten omdat een maatregel daar relatief meer effect heeft. Echter er kan worden gesteld dat bij voorkeur in het waterlichaamssegment met de hoge totaalconcentratie een maatregel wenselijk is. Er is uiteindelijk gekozen aanvullende maatlaten voor invloed af te leiden met andere bron- en objectcriteria waardoor een verandering van de relatieve invloed zichtbaar wordt, zie Tabel 3-1.

**TABEL 2-1                      ONDERSCHEIDEN TYPEN WINNINGEN EN HUN BELANGRIJKSTE KARAKTERISTIEKEN IN RELATIE TOT INVLOED VAN VERONTREINIGD OPPERVLAKTEWATER**

| Type winning     | % oppervlaktewater | Afbraak en retardatie | Zuiveringsniveau*) |
|------------------|--------------------|-----------------------|--------------------|
| Oppervlaktewater | 100%               | Geen                  | Zeer hoog          |
| Oeverwater       | > 80%              | Aanwezig              | Hoog               |
| Grondwater       | 0-30%              | Soms groot            | Soms zeer laag     |

\*) afhankelijk van de kwaliteit van het ruwwater dient dit water meer of minder gezuiverd te worden om drinkwaterkwaliteit te bereiken. De mate van noodzakelijke zuiveringsinspanning wordt uitgedrukt in het zuiveringsniveau. Hoe meer verontreinigd het ruwwater is, des te hoger is het benodigde zuiveringsniveau.

De winningstypen verschillen sterk wat betreft de relatieve bijdrage van oppervlaktewaterzuiveringsniveau en de mogelijkheid van retentie en afbraak door bodempassage. Ook binnen de typen grondwaterwinningen kan nog veel variatie aanwezig zijn.

#### *Maatlat 'beïnvloeding drinkwaterbronnen'*

Voor iedere RWZI wordt berekend wat de bijdrage is aan de concentratie in meerdere drinkwaterwinningen. Alle bijdragen worden per RWZI en per buitenlandse grensbron opgeteld en leiden zo tot een totaalscore per RWZI, in microgrammen per liter.

#### *Individuele benadering van drinkwaterbronnen*

Het aantal drinkwaterbronnen is relatief beperkt. Dit maakt bij regionale studies, bijvoorbeeld binnen een deelstroomgebied, een individuele benadering eenvoudig hanteerbaar. Daarom worden voor drinkwaterbronnen ook alle berekeningen per individuele bron (bijdrage van elke RWZI aan elke winning) opgeleverd in een overzichtelijke tabel.

Er is voor gekozen om alleen de winningen uit te werken waar de totaalconcentratie in het oppervlaktewater bij het innamepunt boven de 0,1 µg/l uitkomt (zie Bijlage 6).

## 3

## RESULTATEN

## 3.1 INLEIDING

In dit hoofdstuk worden de scores van de RWZI's op de maatlatten gepresenteerd en worden per maatlat conclusies getrokken. De scores van de RWZI's op de maatlatten 'concentratiebijdrage bij lozingspunt' en 'invloed benedenstroomse waterkwaliteit' worden in dit hoofdstuk ook procentueel gepresenteerd. Voor een toelichting op deze weergave, zie onderstaand kader. Deze landelijke hotspotanalyse levert daarnaast ook andere resultaten, zoals exceltabellen en kaartmateriaal. In Bijlage 7 is aangegeven welke onderdelen digitaal apart van deze rapportage zijn opgeleverd.

**ABSOLUTE EN PROCENTUELE SCORE**

De scores van iedere individuele RWZI kan worden uitgedrukt als een absolute score en een procentuele score.

*Absolute score.*

De absolute score op de maatlatten wordt per RWZI als volgt uitgedrukt:

- Concentratiebijdrage bij lozingspunt in  $\mu\text{g/l}$
- Invloed benedenstroomse waterkwaliteit in  $\mu\text{g/l} \cdot \text{m}^2$
- Invloed op drinkwaterbronnen (3 typen) in  $\mu\text{g/l}$

*Procentuele score*

Voor de berekening van de procentuele score van een RWZI geldt voor alle maatlatten dat eerst de absolute scores van alle RWZI's worden opgeteld en vervolgens voor iedere RWZI wordt berekend wat het percentage van de absolute score is van de som van het totaal binnen Nederland.

Voordeel van het uitdrukken in percentages is dat er voor iedere maatlat onderscheid kan worden gemaakt in de groep RWZI's die 30%, 50% of 70% van de totaalscore bepalen. Dit maakt de scores op de verschillende maatlatten vergelijkbaar en tastbaar.

Bij iedere maatlat is in een kader met een voorbeeld aangegeven hoe de procentuele score wordt berekend.

**BETEKENIS VAN DE 'TOP 30, 50 EN 70%' IN DE KAARTEN EN IN FIGUUR 314.**

Onder de top 30% van de maatlat 'concentratiebijdrage bij lozingspunt' wordt verstaan de groep meest bijdragende RWZI's waarvan de som van hun concentratiebijdragen bij het lozingspunt 30% bedragen van de som van de concentratiebijdragen bij het lozingspunt van alle Nederlandse RWZI's samen. Het betreft 16 RWZI's.

Onder de top 30% van de maatlat 'invloed benedenstroomse waterkwaliteit' wordt verstaan de groep meest invloedrijke RWZI's waarvan de som van de invloed 30% bedraagt van de totale invloed van alle RWZI's. Het betreft 11 RWZI's.

Idem voor de top 30% van de drinkwatermaatlatten. Het betreft voor rivierwaterinnamepunten, oeverwaterwinningen en grondwaterwinningen respectievelijk 5, 3 en 2 RWZI's die 30% van de binnenlandse invloed veroorzaken.

Dit zijn per maatlat dus de grootste hotspots (die RWZI's die wat betreft medicijnresten de (drink)waterkwaliteit relatief sterk beïnvloeden). Het is zeker niet gezegd dat dit de RWZI's zijn waar maatregelen het meest voor de hand liggen. Daarvoor spelen veel andere aspecten een rol naast kostenaspecten. Hier wordt in Hoofdstuk 4 nader op ingegaan.

### 3.2 EMISSIE

Een grote emissie zal leiden tot hoge concentraties in het oppervlaktewater. De emissie is nodig om de invloed op de waterkwaliteit te kunnen berekenen. De grootte van de RWZI en dus de grootte van de emissie geeft ook een indicatie van de kosten die gemoeid kunnen zijn met maatregelen. De kenmerken van de emissie van RWZI's worden daarom in deze resultaten beschreven.

#### *Landelijke verdeling emissie vanuit RWZI's*

Het resultaat van de emissieberekeningen is gepresenteerd in een cumulatieve grafiek (zie Figuur 31). Op de linker verticale as is het cumulatieve percentage van de totale emissie in Nederland aangegeven, op de rechter verticale as het cumulatieve aantal inwoners (recht evenredig met emissie). Op de horizontale as is het percentage van het totale aantal RWZI's aangegeven. 10% betekent 10% van de 314 beschouwde RWZI's is 31 RWZI's. De 10% grootste RWZI's (31 stuks) veroorzaken 45% van de totale emissie in Nederland. De 5% grootste RWZI's (16 stuks) veroorzaken 30% van de totale binnenlandse emissie.

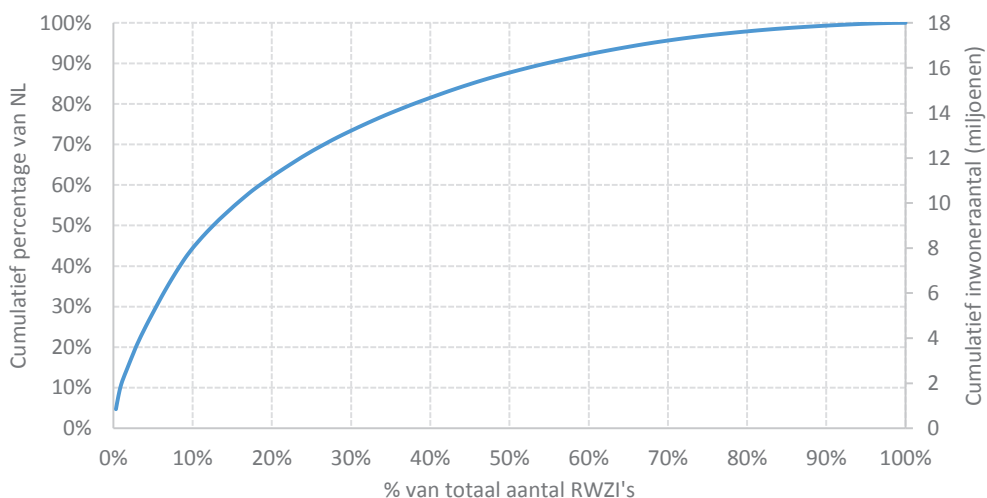
Een lijst met de RWZI's met de grootste emissies is opgenomen in Figuur 3-14.

#### **BEREKENING PROCENTUELE BIJDRAGE RWZI AAN EMISSIE**

Voor de berekening van de procentuele bijdrage van een RWZI aan de totale emissie in Nederland worden de emissies van alle RWZI's bij elkaar opgeteld en wordt voor iedere RWZI berekend wat de procentuele bijdrage is aan het totaal. De totale emissie in Nederland bedraagt 34 ton per jaar ( $2 \text{ g/p/j} * 17 \text{ miljoen}$ ). De emissie van Harnaschpolder bedraagt  $862.271 \text{ (inwoners)} * 0,002 \text{ kg/p/j} = 1724 \text{ kg/jaar}$ , gelijk aan 5,1% van de totale emissie in NL. Voor buitenlandse bronnen aan de grens is de relatieve bijdrage berekend als percentage van de totale binnenlandse emissie.

FIGUUR 3-1

CUMULATIEVE VERDELING EMISSIE (EVENREDIG MET AANTAL INWONERS) OVER DE RWZI'S VAN NEDERLAND (TOTAAL 314 STUKS)

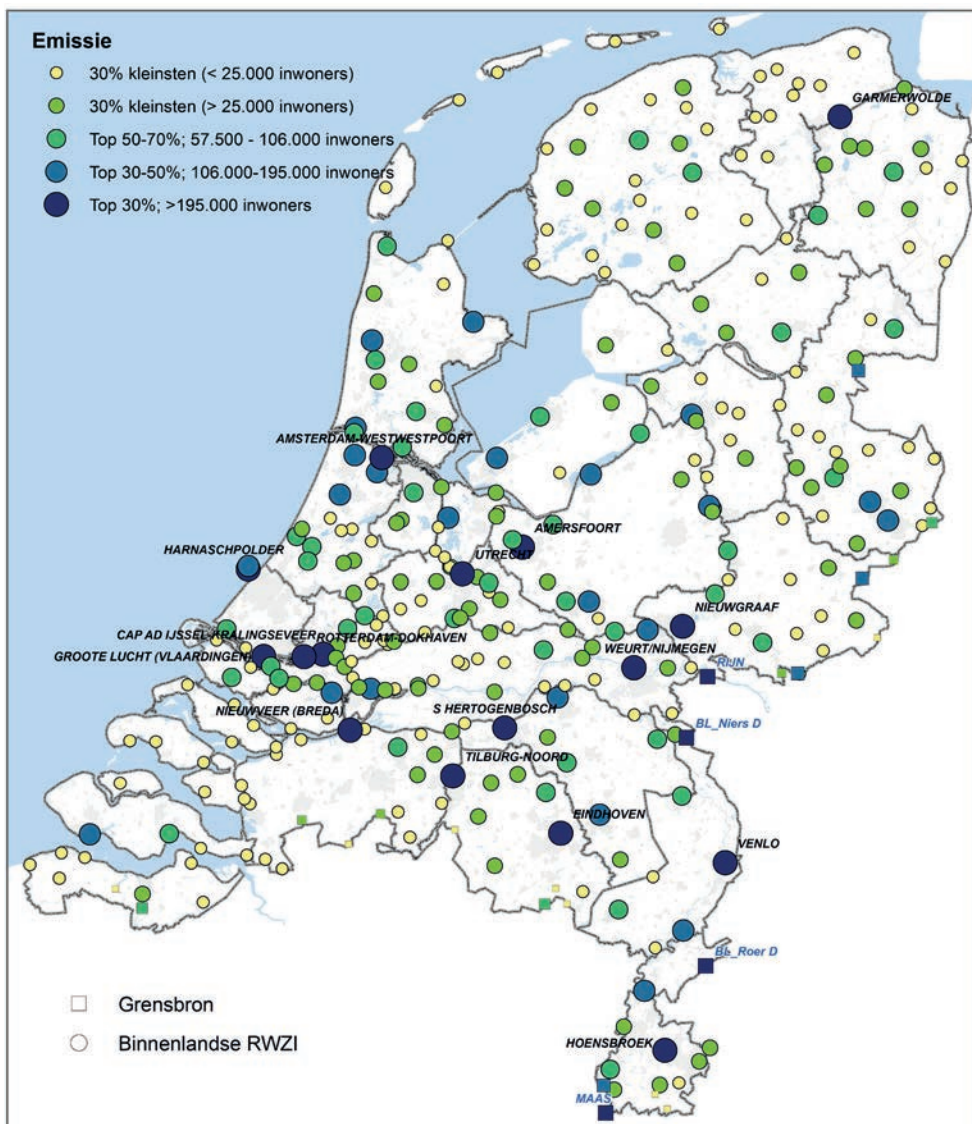


### Landelijk geografisch beeld

In Figuur 3-2 zijn de RWZI's weergegeven die, wanneer aflopend gesorteerd op grootte, 30%, 50% en 70% bijdragen aan de totale emissie in Nederland. De helft van de Nederlandse emissie komt uit RWZI's met meer dan 100.000 inwoners. RWZI's met grote emissies (die dus een groot aantal inwoners bedienen) komen verspreid in het hele land voor, al zijn de meeste wel in het westen en zuiden geconcentreerd. Buitenlandse emissies zijn ook uitgedrukt als % van de Nederlandse emissie. De grootste buitenlandse bronnen zijn de Rijn (46,5 miljoen aangesloten inwoners), Maas (2,9 miljoen) en Roer (1,1 miljoen).

FIGUUR 3-2

RELATIEVE EMISSIE VAN ALLE RWZI'S IN NEDERLAND ONDERVERDEELD NAAR GROOTTEKLASSE. DE GROOTSTE RWZI'S ZIJN GELABELD. BUITENLANDSE BRONNEN ZIJN MET DEZELFDE CATEGORIE-INDELING WEERGEGEVEN

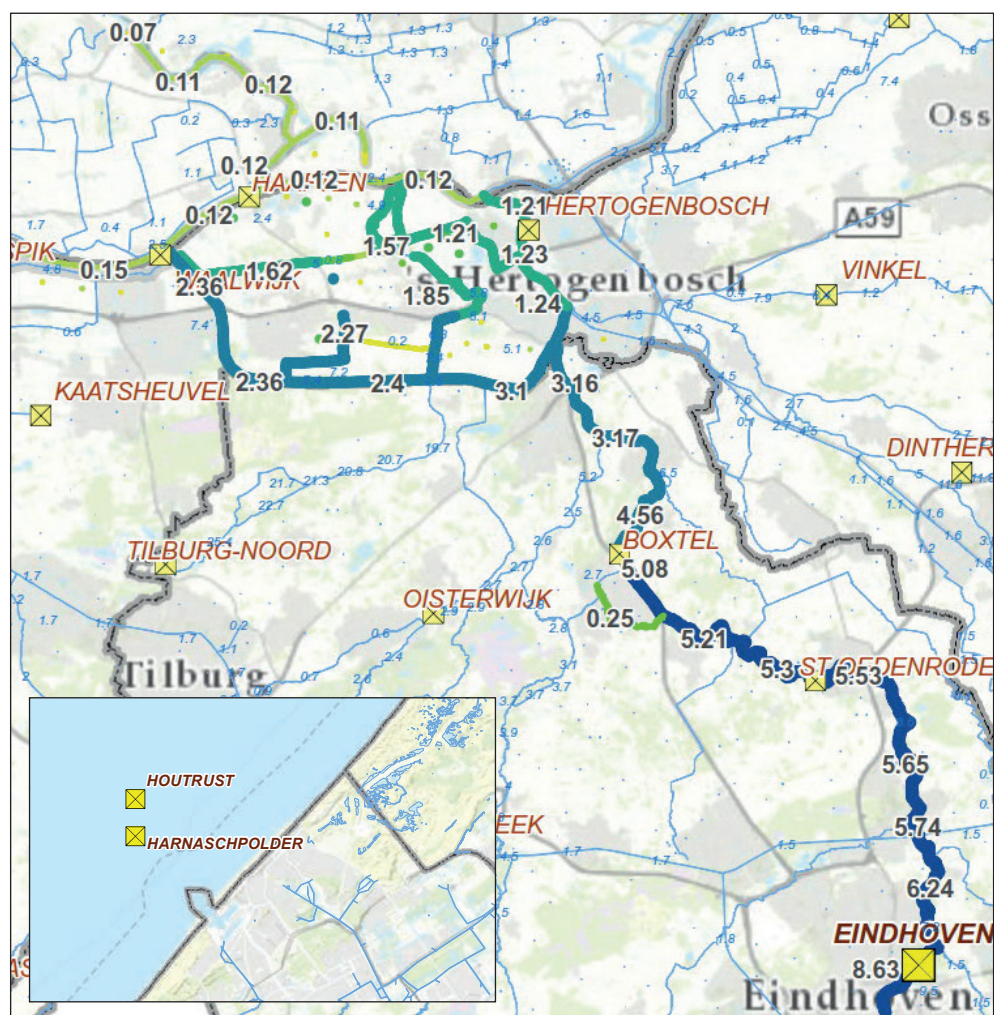


### Beperkingen en voorbeelden

Figuur 3-3 laat zien dat de emissie niet veel zegt over de concentratiebijdrage aan het ontvangende watersysteem noch over de hoeveelheid water die relatief sterk wordt beïnvloed. De emissie is om die reden ook niet gepresenteerd als 'maatlat'. Harnaschpolder is de RWZI met de grootste emissie. Deze loost op de Noordzee waar de concentratiebijdrage aan de Noordzee door de grote mate van verdunning verwaarloosbaar laag is. Eindhoven, met de op twee na grootste emissie, beïnvloedt de hele Dommel en een deel van de Maas alvorens uit te komen

in de Noordzee. De benedenstroomse invloed van Eindhoven op de waterkwaliteit is daarom groter dan de invloed van Harnaschpolder.

FIGUUR 3-3 TER ILLUSTRATIE HET BENEDENSTROOMSE INVLOEDGEBIED INCLUSIEF DE CONCENTRATIEBIJDRAGE IN  $\mu\text{g/L}$  VAN DE TWEE RWZI'S MET DE HOOGSTE (HARNASCHPOLDER) EN DE OP TWEE NA HOOGSTE (EINDHOVEN) EMISSIE VAN NEDERLAND



### 3.3 MAATLAT 'CONCENTRATIEBIJDRAGE BIJ LOZINGSPUNT'

De concentratiebijdrage van een RWZI in het ontvangend oppervlaktewater bij het lozingspunt wordt bepaald door de emissie uit de RWZI en door de mate van verdunning (het debiet) in het oppervlaktewater. De concentratiebijdrage vanuit een RWZI bij het lozingspunt kan hoog zijn bij een lage DWA per inwoner (hoge effluentconcentratie) en weinig tot geen verdunning daarvan in het ontvangende water. De berekende concentratiebijdrage bij het lozingspunt is recht evenredig met de gehanteerde emissie medicijnresten per inwoner. Bij een hoger kental wordt de berekende concentratiebijdrage evenredig hoger, maar dit geldt voor alle RWZI's zodat hun relatieve score niet verandert.

#### *Landelijke verdeling concentratiebijdrage bij lozingspunt*

Figuur 3-4 geeft de concentratie-ophoging weer bij de lozingspunten van de RWZI's in Nederland, uitgedrukt als percentage van het totaal. Op de linker verticale as is het percentage van de som van alle concentratiebijdragen bij het lozingspunt weergegeven. De horizon-

tale as geeft het percentage RWZI's (totaal 100% = 314 RWZI's) (getrokken lijn) of de bij deze RWZI's horende cumulatieve emissie (gestippelde lijn) weer.

De berekening van de procentuele concentratiebijdrage is weergegeven in onderstaand kader.

#### **BEREKENING PROCENTUELE CONCENTRATIEBIJDRAGE AAN LOZINGSPUNT**

Voor de berekening van de procentuele bijdrage van een RWZI aan de som van de concentratiebijdragen bij lozingspunten in Nederland worden de berekende concentratiebijdragen bij lozingspunten bij elkaar opgeteld en wordt voor iedere RWZI berekend wat de procentuele bijdrage is aan deze som. De som van de concentratiebijdragen bedraagt 1551 µg/l. De concentratiebijdrage bij het lozingspunt van de RWZI Heino bedraagt bijvoorbeeld 36 µg/l. Dit is gelijk aan 2,3 % van de totale som van concentratiebijdragen.

In Figuur 3-5 is de bijbehorende cumulatieve grafiek te zien. Op de linker verticale as is hier het cumulatieve percentage van de som van alle concentratiebijdragen bij het lozingspunt weergegeven.

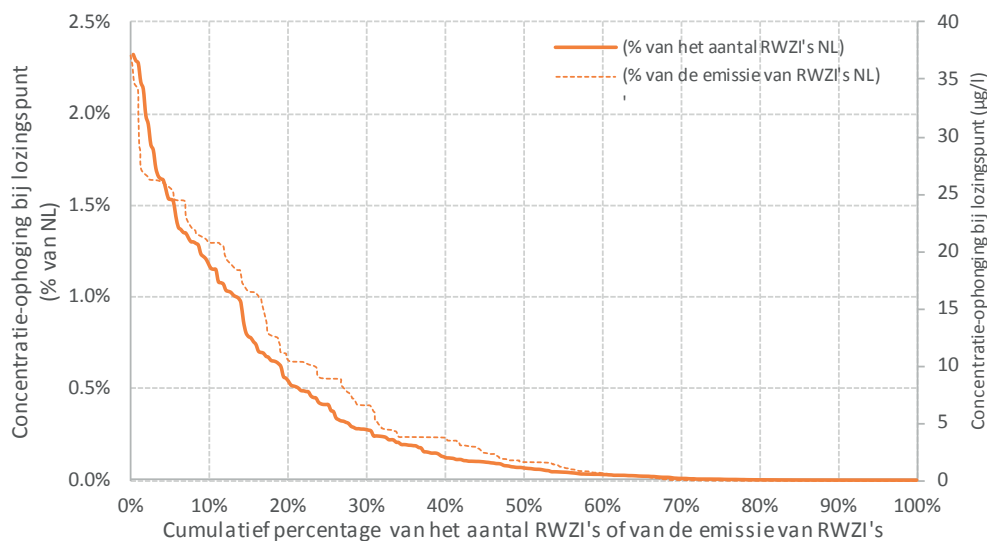
10% van de Nederlandse RWZI's (31 stuks) met de grootste concentratiebijdrage aan het ontvangende oppervlaktewater genereert met 13% met de binnenlandse emissie ca. 50% van de som van de Nederlandse concentratiebijdragen bij de lozingspunten. De hoogste berekende concentratiebijdrage is 36 µg/l. De concentratiebijdrage is bij alle RWZI's die horen bij de hoogste 10% hoger dan 18 µg/l.

30% van de meest bijdragende RWZI's (93 stuks) genereert ca. 85% van de som van de concentratiebijdrage bij lozingspunten. De berekende concentratiebijdrage van alle RWZI's in top 30% is groter dan 5 µg/l.

De buitenlandse invloed is als 'bron' op de grens gemodelleerd. De concentratiebijdrage op de grensovergang is ook relatief gescoord ten opzichte van de totale binnenlandse concentratie-ophoging. De concentratie-ophoging blijkt gelijk aan ruim 6% te zijn van de totale binnenlands door RWZI's veroorzaakte concentratie-ophoging bij lozingspunten. 94% is dus beïnvloedbaar door maatregelen bij Nederlandse RWZI's.

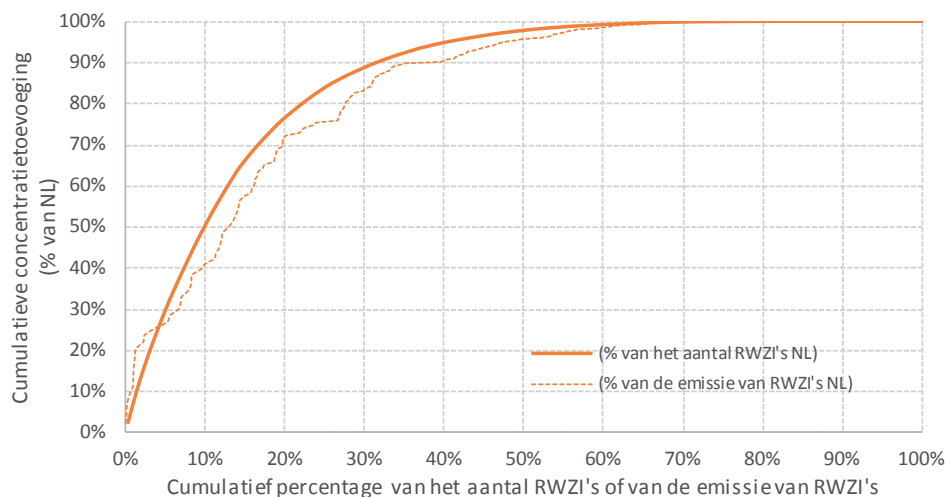
FIGUUR 3-4

CONCENTRATIEBIJDRAGE MEDICIJNRESTEN IN ONTVANGENDE OPPERVLAKEWATEREN BIJ HET LOZINGSPUNT TEN GEVOLGE VAN DE EMISSIE VAN EEN RWZI, AFLOPEND GESORTEERD OP CONCENTRATIE-OPHOEGING, TEGEN HET CUMULATIEVE AANTAL RWZI'S OF DE BIJBEHORENDE CUMULATIEVE EMISSIE.



FIGUUR 3-5

CUMULATIEVE VERDELING VAN DE BEREKENDE CONCENTRATIEBIJDRAGE MEDICIJNRESTEN IN ONTVANGENDE OPPERVLAKEWATEREN BIJ HET LOZINGSPUNT TEN GEVOLGE VAN DE EMISSIE VAN EEN RWZI.

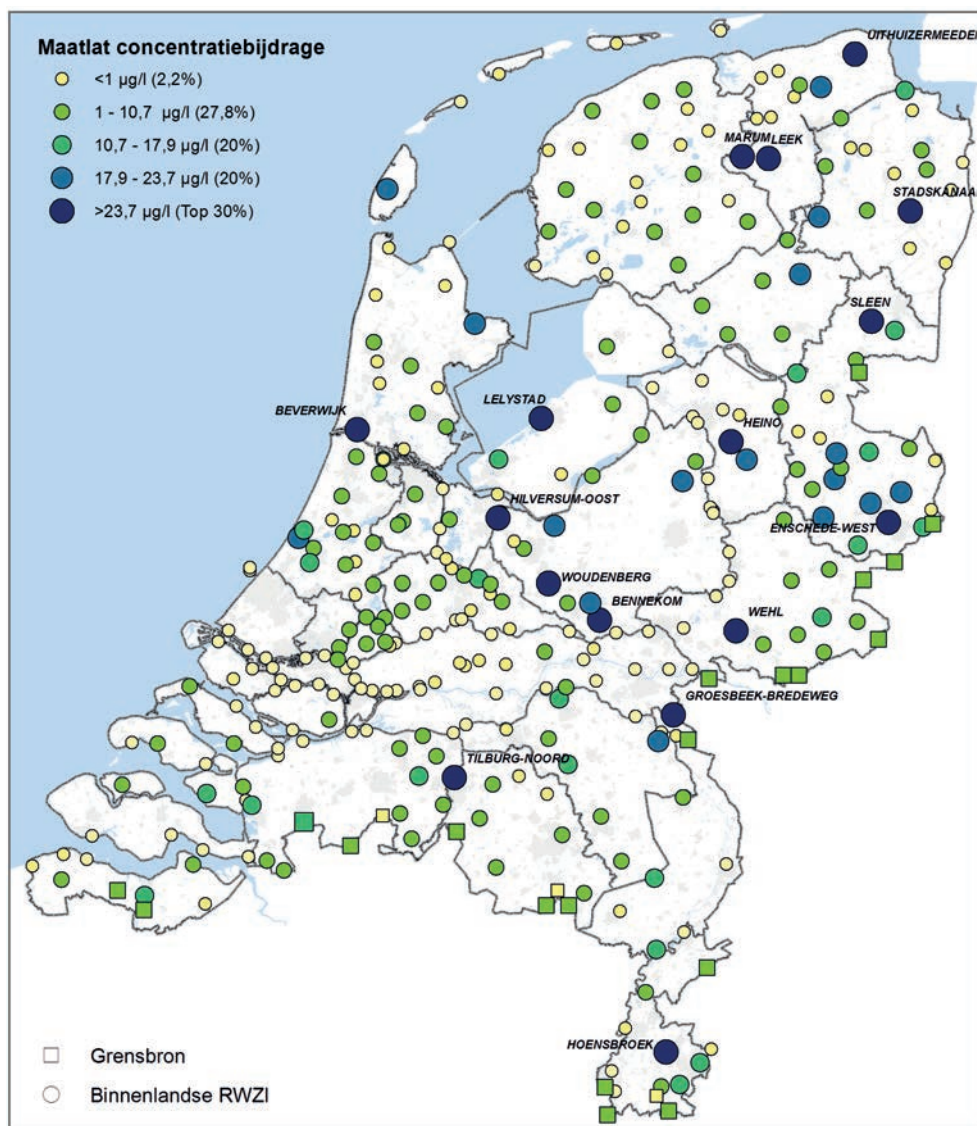


#### Landelijk geografisch beeld

Figuur 3-6 laat de concentratiebijdrage in het ontvangende oppervlaktewater bij het lozingspunt zien. RWZI's met hoge concentratiebijdragen bij het lozingspunt komen vooral voor in het oosten en zuiden van het land bij de kleine wateren en in het westen en noorden van het land in gebieden waar het oppervlaktewater weinig doorspoelt.

FIGUUR 3-6

RELATIEVE CONCENTRATIEBIJDRAGE IN ONTVANGEND OPPERVLAKEWATER BIJ LOZINGSPUNT VAN ALLE RWZI'S IN NEDERLAND (ALS % VAN DE TOTALE SOM CONCENTRATIEBIJDAGEN IN NL). DE RWZI'S DIE SAMEN 30% VAN DE BINNENLANDSE CONCENTRATIEBIJDRAGE VEROOZAKEN ZIJN GELABELD. BUITENLANDSE BRONNEN ZIJN MET DEZELFDE CATEGORIE-INDELING WEERGEGEVEN



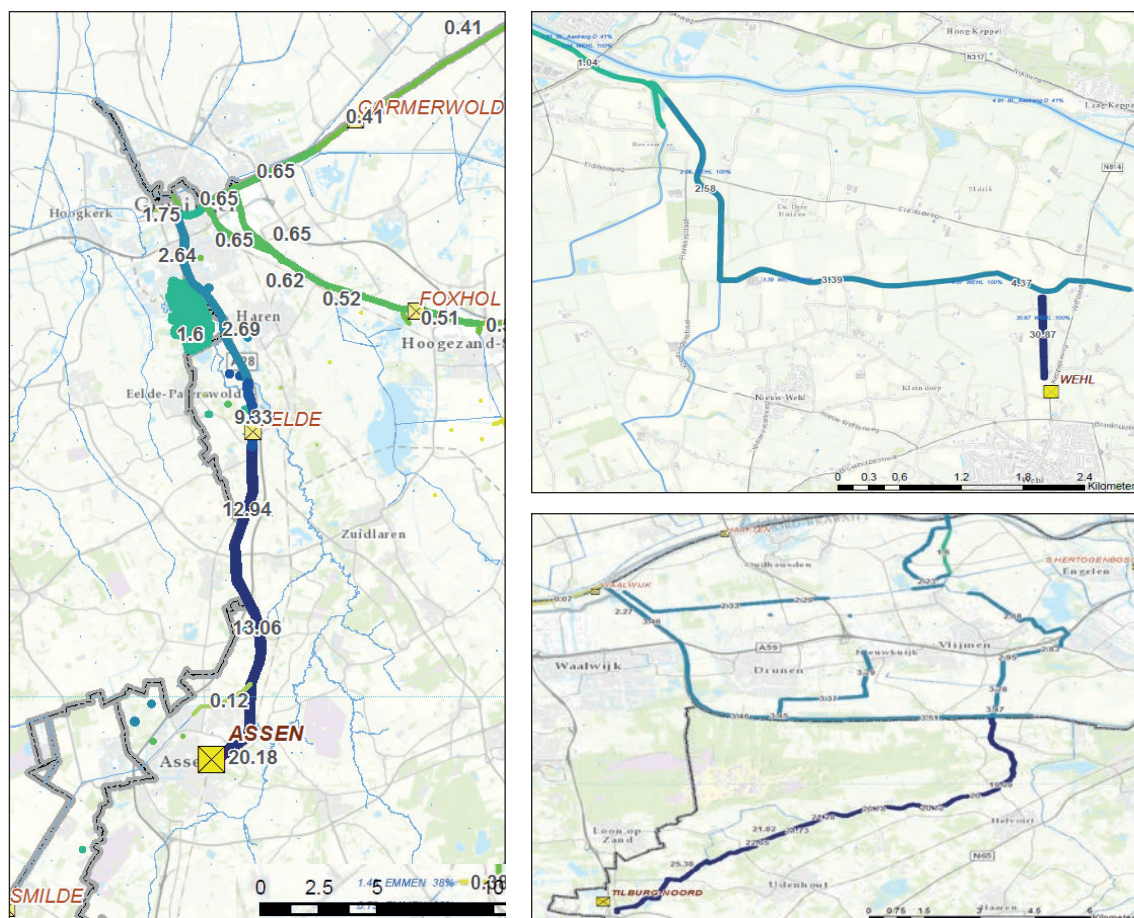
Voorals langs rivieren en andere rijkswateren zijn concentratiebijdragen bij lozingspunten te verwaarlozen. In Figuur 3-6 zijn de RWZI's onderverdeeld in de groepen die 30%, 50% en 70% bijdragen aan het totaal van de concentraties bij het lozingspunt in Nederland.

#### Beperking en voorbeelden

In Figuur 3-7 zijn voorbeelden te zien van RWZI's met een hoge concentratiebijdrage medicijnresten bij het lozingspunt (grotendeels effluent). Bij Wehl mondt de ontvangende effluentsloot na een kilometer uit het regionale watersysteem, waar het water ruim 6 keer verdunt. De relatief grote effluentsloten zijn in het model toegevoegd en doorgerekend (zie bijlage B4.1), maar zijn niet altijd even relevant voor de waterkwaliteit. Bij de voorbeelden van Tilburg en Assen is te zien dat hoge concentratiebijdragen over een veel grotere lengte voorkomen, waarbij de emissie van RWZI Assen beduidend kleiner is dan Tilburg. De karakteristieken van de watergangen waarin de hoge concentraties zijn aangetroffen kunnen onderling ook nog sterk verschillen.

FIGUUR 3-7

TER ILLUSTRATIE EEN BEELD VAN HET VERSPREIDINGSGEBIED VAN DRIE RWZI'S MET EEN HOGE CONCENTRATIEBIJDRAGE VANUIT DE RWZI BIJ HET LOZINGSPUNT VAN DE RWZI IN HET ONTVANGENDE OPPELVAKTEWATER. AANTAL INWONERS: TILBURG 211000, WEHL 6800 EN ASSEN 85000)



### 3.4 MAATLAT INVLOED BENEDENSTROOMSE WATERKWALITEIT

De maatlat 'benedenstroomse waterkwaliteit' geeft de relatieve invloed van de RWZI's op de waterkwaliteit weer.

#### *Landelijke verdeling invloed benedenstroomse waterkwaliteit*

De karakteristieken van deze maatlat zijn weergegeven in Figuur 3-8 en Figuur 3-9. Figuur 3-8 geeft de verdeling weer van de relatieve invloed (in %) van de RWZI's op de benedenstroomse waterkwaliteit (voor berekening, zie kader). Figuur 3-9 geeft de relatieve invloed cumulatief weer. Bij deze twee figuren zijn in volgorde van invloed de RWZI's als percentage van het totale aantal RWZI's (314 stuks) aangegeven en als percentage van de totale emissie. Bij deze figuren gelden de volgende uitgangspunten (zie paragraaf 2.2.2 voor de onderbouwing en volledige toelichting):

- Als maat voor de grootte van het watersysteem is uitgegaan van de oppervlakte
- De score is alleen berekend op basis van de zomersituatie
- De invloed op grote wateren (Noordzee, IJsselmeer, randmeren, Zeeuwse delta) is niet meegenomen maar is wel in een aparte submaatlat digitaal beschikbaar gemaakt (zie Bijlage 7).
- De invloed van buitenlandse RWZI's (gesommeerd als puntbron bij de grensovergang van de grensoverschrijdende rivieren) is niet in de grafieken opgenomen
- Alleen wateren met een totaalconcentratie  $> 1 \mu\text{g/l}$  doen mee (objectcriterium)
- Alleen bijdragen vanuit een RWZI  $> 0,1 \mu\text{g/l}$  doen mee (broncriterium); bij een lagere bijdrage wordt deze als irrelevant beschouwd.

### BEREKENING PROCENTUELE BIJDRAGE RWZI AAN TOTALE INVLOED VANUIT ALLE RWZI'S

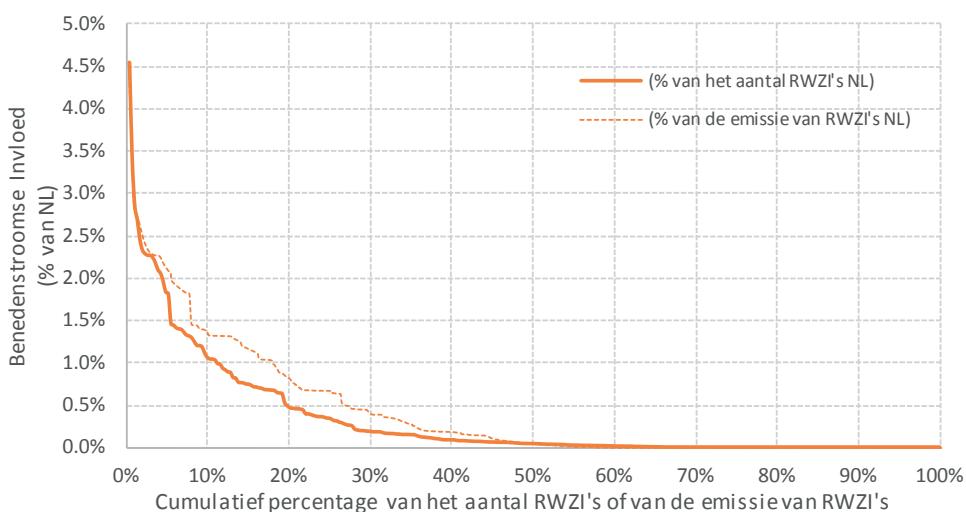
Voor de berekening van de procentuele bijdrage van een RWZI aan de totale invloed van alle RWZI's (uitgedrukt in  $\mu\text{g}/\text{l}\cdot\text{m}^2$ ) wordt de invloed van alle RWZI's bij elkaar opgeteld en wordt voor iedere RWZI berekend wat de procentuele bijdrage is aan het totaal. Het totaal van de invloed van de RWZI's in Nederland bedraagt 704 miljoen  $\mu\text{g}/\text{l}\cdot\text{m}^2$ . De bijdrage van Drachten bedraagt 32,1 miljoen  $\mu\text{g}/\text{l}\cdot\text{m}^2 = 4,6\%$ . De totale invloed in Nederland, 704 miljoen  $\mu\text{g}/\text{l}\cdot\text{m}^2$  komt overeen met 352  $\text{km}^2$  water dat 2  $\mu\text{g}/\text{l}$  medicijnresten bevat.

Bij de uitwerking van deze maatlat valt een aantal zaken op:

- Circa 200 RWZI's (circa 60% van de RWZI's) hebben nauwelijks of geen invloed: in totaal minder dan 1% invloed en individueel minder dan 0,05% invloed. Dit zijn voor een groot deel zuiveringen die lozen op de grote rijkswateren.
- 120 van deze RWZI's hebben zelfs helemaal geen score (zie Figuur 3-8). Dit zijn RWZI's die nergens meer dan 0,1  $\mu\text{g}/\text{l}$  bijdragen aan een water dat significant ( $>1 \mu\text{g}/\text{l}$ ) is verontreinigd door medicijnresten.
- De cumulatieve grafiek (Figuur 3-9) laat het onderscheidend vermogen zien dat in deze maatlat zit. 20% van de 314 RWZI's (63 stuks) veroorzaakt 83% van de invloed. De top 15 (5% van de RWZI's) veroorzaakt alleen al 37% van de invloed.

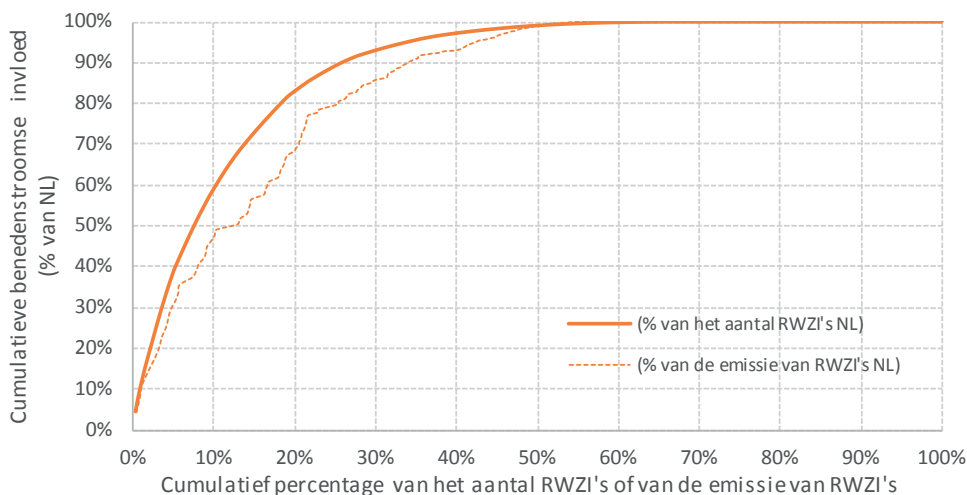
FIGUUR 3-8

VERDELING INVLOED VAN RWZI'S OP DE BENEDENSTROOMSE WATERKWALITEIT



FIGUUR 3-9

CUMULATIEVE VERDELING VAN INVLOED VAN RWZI'S OP DE BENEDENSTROOMSE WATERKWALITEIT



- De RWZI met de meeste invloed (Drachten) heeft een invloed van ca 4,6 % van de totale invloed van Nederlandse RWZI's. De RWZI die voorkomt op plaats van 50% cumulatieve beïnvloeding (RWZI nr. 157, Dronten) heeft een invloed van ca 0,04 % van de totale invloed (zie Figuur 3-8). De invloed van de eerste en 157<sup>e</sup> verschilt dus ca 110x. Dit is een fors groter verschil dan het verschil in emissie (verschil factor 23).
- De invloed van de hoogst scorende en laagst scorende van de eerste 20% (nr. 1 en nr. 63) verschilt ca een factor 10 (4,6% en 0,46% van de totale invloed in Nederland).
- Wanneer de grensoverschrijdende emissie meegenomen wordt bij de berekening van de totale benedenstroomse invloed, blijkt de relatieve invloed van buitenlandse bronnen op deze maatlat 16% te bedragen. Met andere woorden, 84% van de benedenstroomse invloed op Nederlandse regionale waterlichamen is van binnenlandse herkomst en dus 'beïnvloedbaar'. De invloed van de Rijn (46,5 miljoen inwoners, 11,2%) en de Maas (2,9 mln inwoners, 2,1%)<sup>6</sup> is het grootst.

#### *Landelijk geografisch beeld*

Figuur 310 laat van alle Nederlandse RWZI's de invloed op de benedenstroomse waterkwaliteit zien als percentage van de totaal in Nederland berekende invloed.

In deze kaart is ook de invloed op de Nederlandse wateren vanuit het buitenland gepresenteerd als ware er een RWZI op de grensovergang van ieder grensoverschrijdend water met een emissie die de som is van de emissies van alle RWZI's die lozen op het stroomgebied van het grensoverschrijdende water. De invloed van alle individuele buitenlandse RWZI's is irrelevant. Immers het gaat om hotspotanalyse van de Nederlandse RWZI's. De gesommeerde invloed bij de grensovergangen is wel relevant om de Nederlandse invloed daartegen af te kunnen zetten en na te kunnen gaan in hoeverre maatregelen bij de Nederlandse RWZI's de totaalconcentratie in het oppervlaktewater reduceren. 84% van de invloed op Nederlandse regionale waterlichamen is van binnenlandse herkomst en dus 'beïnvloedbaar'.

De invloed van individuele Nederlandse RWZI's die op de rivieren in Nederland lozen hebben geen bijdrage in de maatlat 'invloed benedenstroomse waterkwaliteit' omdat daarin de individuele concentratiebijdrage van RWZI's verwaarloosbaar is: deze komen niet boven het broncriterium van 0,1 µg/l uit. Ook de invloed van RWZI's op de Zeeuwse delta en het grootste deel van het IJsselmeer telt niet mee in de maatlat door dat broncriterium.

Er is een groot verschil in invloed tussen stagnante en stromende wateren. De grootste invloed is te vinden bij RWZI's in het westen van het land en in mindere mate RWZI's in het noorden van het land, in de stagnante boezemsystemen. Hier is in de zomer sprake van geringe doorstroming en dus een lange verblijftijd en een relatief hoge totaalconcentratie. Ook hebben deze oppervlaktewateren in vergelijking tot de wateren op de hoge zandgronden vaak grotere afmetingen (oppervlak) en het watersysteem is veel fijnmaziger en verdeeld over meerdere waterlopen. Daarom is de score binnen de landelijke maatlat van de stagnante wateren over het algemeen **hoger** dan de score bij de stromende wateren, ook al zijn de totaalconcentraties van vergelijkbare orde.

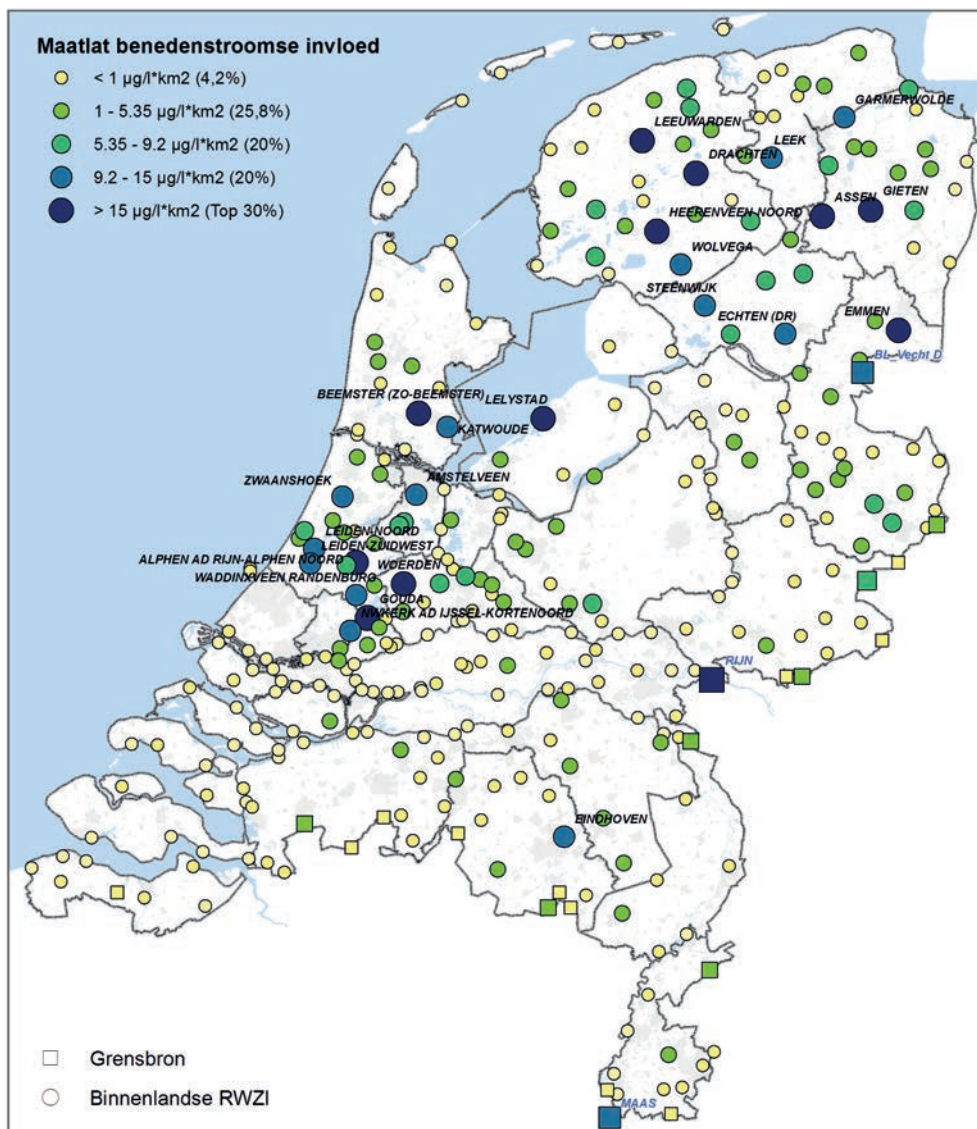
#### *Voorbeelden*

Ter illustratie zijn in **Figuur 3-11** kaartbeelden weergegeven van zuiveringen die hoog scoren op 'invloed benedenstroomse waterkwaliteit'. Deze lozen op allemaal op boezemsystemen. De voorbeelden zijn Drachten en Leeuwarden in het noorden van het land, Emmen in het oosten van het land en Alphen in het westen van het land.

<sup>6</sup> Geschat op basis van informatie uit stroomgebiedsbeheerplannen en op basis van informatie RIWA

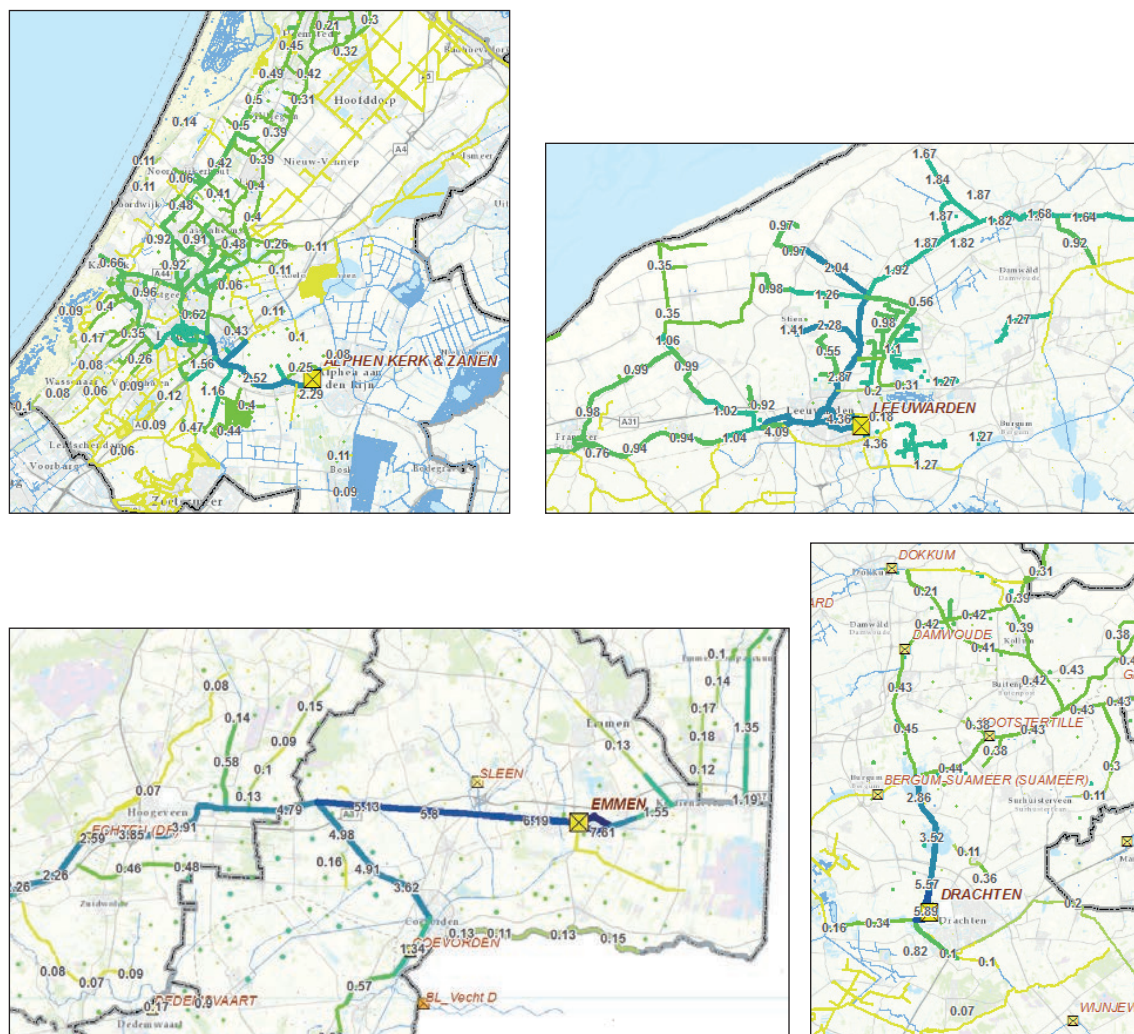
**FIGUUR 3-10**

KAART INVLOED BENEDENSTROOMSE WATERKWALITEIT VAN ALLE RWZI'S IN NEDERLAND. IN DEZE KAART IS OOK DE INVLOED OP DE NEDERLANDSE WATEREN VANUIT HET BUITENLAND GEPRESENTEERD ALS WARE ER EEN RWZI OP DE GRENSOVERGANG. DE RWZI'S DIE SAMEN 50% VAN DE BINNENLANDSE INVLOED VEROORZAKEN ZIJN GELABELD. BUITENLANDSE BRONNEN ZIJN MET DEZELFDE CATEGORIE-INDELING WEERGEGEVEN



FIGUUR 3-11

TER ILLUSTRATIE ENKELE HOOG SCORENDE RWZI'S EMMEN, DRACHTEN, ALPHEN AD RIJN KERK EN ZANEN EN LEEUWARDEN



### Resultaten robuustheid maatlat voor verschillende criteria

De robuustheid van de maatlat is beoordeeld door de berekeningen ook uit te voeren met bijvoorbeeld andere bron- en objectcriteria, wel of geen bijdrage buitenland, en wel of niet meenemen van grote wateren. Dit geeft inzicht in de gevoeligheid en de robuustheid van de uitkomsten. **Tabel 3-1** geeft een overzicht van de gehanteerde combinaties van criteria.

TABEL 3-1

MAATLATTEN BENEDENSTROOMSE WATERKWALITEIT DIE ZIJN DOORGEREKEND IN DE GEVOELIGHEIDSANALYSE

| Randvoorwaarden                    | Grootte-maat | Waterkwaliteit<br>(objectcriterium) | Bijdrage RWZI<br>aan totaal (broncriterium) | Grote<br>wateren | Buiten<br>land |
|------------------------------------|--------------|-------------------------------------|---------------------------------------------|------------------|----------------|
| Standaardmaatlat                   | Oppervlak    | > 1 µg/l                            | > 0,1 µg/l                                  | Nee              | Ja             |
| Alt. 1, alternatief voor grootte   | Volume       | > 1 µg/l                            | > 0,1 µg/l                                  | Nee              | Ja             |
| Alt. 2, alternatieve criteria      | Oppervlak    | > 0,75, >2,<br>>5, >10 µg/l*        | >0,25 µg/l                                  | Nee              | Ja             |
| Alt. 3, relatief broncriterium**   | Oppervlak    | > 1 µg                              | > 10%                                       | Nee              | Ja             |
| Alt. 4, grote rijkwateren ook      | Oppervlak    | > 1 µg/l, >2 µg/l                   | > 0,1 µg/l                                  | Ja               | Ja             |
| Alt. 5, geen buitenland            | Oppervlak    | > 1 µg/l                            | > 0,1 µg/l                                  | Nee              | Nee            |
| Alt. 6, relatieve maatlat***       | Oppervlak    | > 1 µg/l                            | > 0,1 µg/l                                  | Nee              | Ja             |
| Alt. 7, winter in plaats van zomer | Oppervlak    | > 1 µg/l                            | > 0,1 µg/l                                  | Nee              | Ja             |

\* Alternatief broncriterium 0,25 µg/l is doorgerekend voor objectcriterium 1 en 2 µg/l.

\*\* Als de totaalconcentratie in een waterlichaamsegment bijvoorbeeld 4µg/l bedraagt, moet de bijdrage van een RWZI minimaal 0,4 µg/l bedragen

\*\*\* Relatieve invloed waarin per waterlichaamsegment de concentratiebijdrage per RWZI vermenigvuldigd is met de relatieve bijdrage per RWZI

Met het doorrekenen van de alternatieve maatlatten komen verschillen naar voren die ontstaan door de uitgangspunten aan te passen. De belangrijkste verschillen tussen de met de begeleidingscommissie vastgestelde standaard maatlat en alternatieven staan hieronder toegelicht (de nummers verwijzen naar de alternatieven uit **Tabel 3-1**):

- 1 Wanneer volume in plaats van oppervlakte wordt gebruikt als maat voor grootte van het watersysteem stijgen enkele RWZI's die diepere oppervlaktewateren beïnvloeden op de lijst. Dit zijn vooral Garmerwolde, Amstelveen en Leiden Noord en -Zuidwest. Wolvega, Echten en Eindhoven dalen op de lijst doordat de ontvangende wateren bij deze RWZI's relatief ondiep zijn.
- 2 Bij het gebruik van andere objectcriteria (zowel lager als hoger dan 1 µg/l) verschuiven enkele RWZI's sterk, vooral als criteria met hogere concentraties worden toegepast. Een objectcriterium van 2 µg/l leidt ertoe dat Beemster, Katwoude en Wolvega sterk dalen op de rangorde doordat zij overwegend water met een totaalconcentratie tussen de 1 en 2 µg/l beïnvloeden. Bij 5 µg/l vallen Gieten, Heerenveen, Drachten en Leeuwarden van de lijst. Garmerwolde, Leiden (beiden) en Zwaanshoek stijgen.
- 3 Gebruik van dit relatieve broncriterium veroorzaakt geen relevante verschillen.
- 4 Wanneer grote rijkswateren worden meegeteld komen Harderwijk (16%), Amersfoort (9%), Ede (7%), Almere (7%), Nijkerk (3%), Soest, Veenendaal, Hilversum-Oost, Huizen, Enschede west, en Hengelo in de top 25 met 60% van de totale invloed in Nederland. Dit komt doordat het IJsselmeer en de randmeren gaan meetellen. Voor Hengelo en Enschede telt de bijdrage aan het Zwarte Meer dan mee. Door deze maatlat te beschouwen kan de invloed op rijkswateren worden beoordeeld. De invloed op rijkswateren is niet meegeteld in de standaardmaatlat omdat het IJsselmeer het 'overige' landelijke beeld anders volledig overheerst. Het grootste deel van de grote wateren telt al niet mee doordat de individuele bijdrage van RWZI's zeer klein is en daardoor niet boven het broncriterium uitkomt.
- 5 Wanneer bij de berekeningen de invloed vanuit het buitenland niet meegenomen wordt, verandert ook de relatieve invloed van de Nederlandse RWZI's. Immers minder wateren zullen een totaalconcentratie > 1µg/l hebben en meedoen bij de berekening van de invloed van iedere individuele RWZI. De bijdrage van deze buitenlandse wateren is niet voor alle RWZI's gelijk. Zonder buitenland dalen enkele RWZI's op de lijst die eerder 'meetelden' bij een totaalconcentratie in beïnvloede wateren groter dan 1 µg/l. Het totaalbeeld verandert nauwelijks.
- 6 Relatieve maatlat: De berekening van een relatieve invloedsscore (concentratiebijdrage\* fractie bijdrage aan totaalconcentratie \* oppervlak) laat zien dat vooral RWZI's in het westen en noorden van het land sterk dalen doordat een groot aantal RWZI's de daar aanwezige wateren beïnvloeden. Per RWZI wordt dan de relatieve bijdrage lager. Alphen aan den Rijn, Bodegraven, Drachten en Beemster vallen dan buiten de 70%. Noordwijk, Beilen en Tilburg-Noord stijgen zeer sterk en Leiden-Zuidwest, Amstelveen en Leek stijgen ook sterk naar een plaats in de top 7. In boezemsystemen is de invloed weliswaar groot maar kan met een enkele maatregel dus relatief weinig winst worden geboekt.
- 7 Winter: In de winter verandert voor enkele RWZI's de score fors: doordat water niet meer wordt aangevoerd naar het regionale systeem verlaagt de score van Gouda, Gieten, Beemster, Leeuwarden, Kortenoord, Wolvega en Garmerwolde zeer sterk. Aan de andere kant dalen de scores van Ede, Alphen Kerk en Zanen en Eindhoven relatief weinig, waardoor zij zeer sterk stijgen op de (relatieve) lijst.

### 3.5 MAATLAT BEÏNVLOEDING DRINKWATERBRONNEN\*

Er zijn drie maatlatten afgeleid voor drinkwaterbronnen, namelijk voor oppervlaktewater, voor oeverfiltraat- en voor grondwaterwinningen. De beïnvloeding van deze typen winningen moet los van elkaar geïnterpreteerd en afgewogen worden (zie paragraaf 2.2.3).

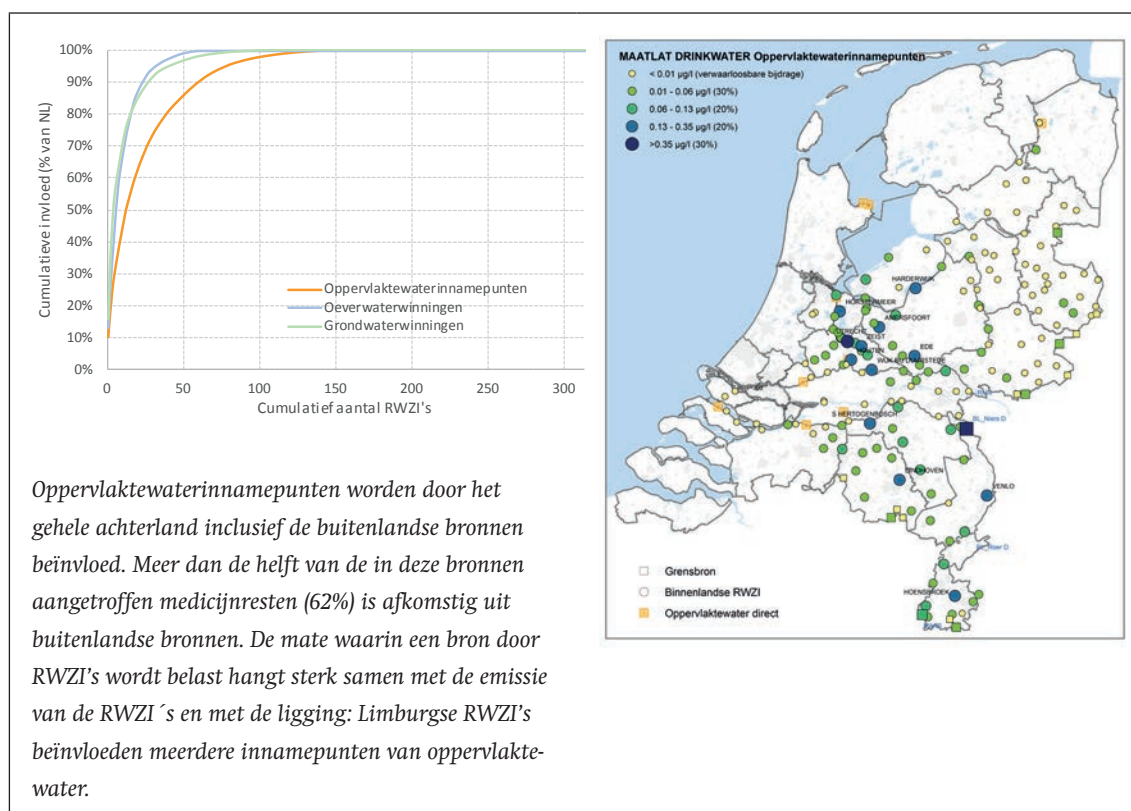
Wanneer een RWZI twee winningen van eenzelfde type beïnvloedt, beide met een bijdrage van 0,1 µg/l in oppervlaktewater, dan is de score van die RWZI 0,2 µg/l op de maatlat behorende bij dat type winning. Bijdragen vanuit een RWZI < 0,01 µg/l zijn verwaarloosbaar geacht en worden niet gepresenteerd/meegerekend (broncriterium voor drinkwaterbronnen). Van winningen met oppervlaktewaterinvloed waarin de totaalconcentratie in het oppervlaktewater kleiner is dan 0,1 µg/l wordt eveneens de invloed verwaarloosbaar geacht (objectcriterium voor drinkwaterbronnen).

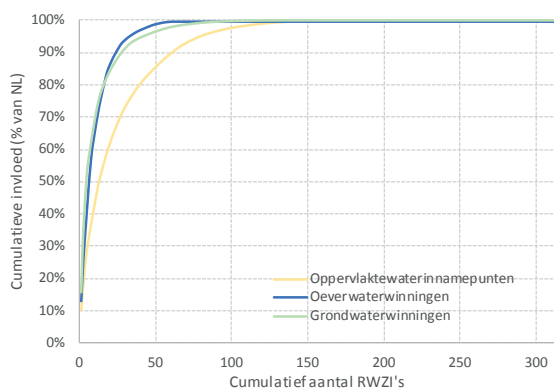
Er zijn in Nederland ruim 200 drinkwaterbronnen. Bij 84 daarvan is bekend dat invloeden van oppervlaktewater aanwezig zijn. In 64 daarvan is een bijdrage van oppervlaktewater met een significante concentratie medicijnresten te verwachten.

#### Maatlatten drinkwaterbronnen

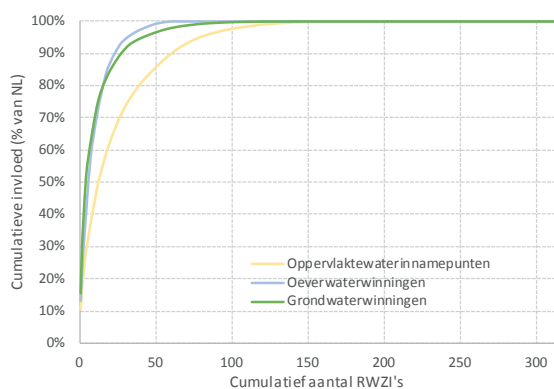
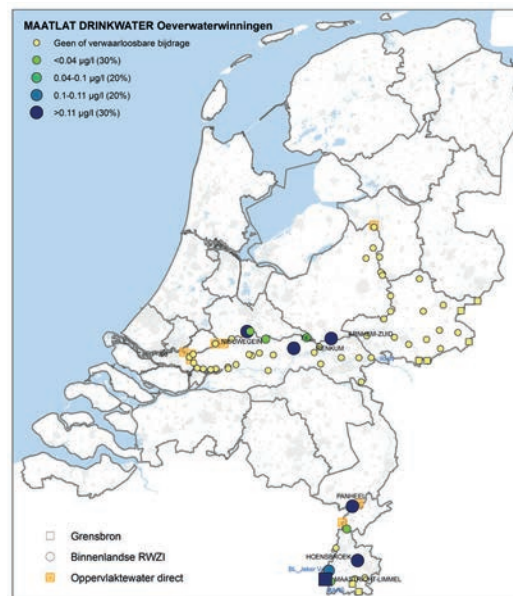
De resultaten voor de maatlat voor oppervlaktewaterinnamepunten, oeverwaterwinningen en grondwaterwinningen zijn gepresenteerd in Figuur 3-12. De Rijn en de Maas hebben verreweg de meeste invloed op de drinkwaterbronnen.

**FIGUUR 3-12** BEÏNVOEDING VAN DRIE TYPEN DRINKWATERBRONNEN IN NEDERLAND: PER RWZI DE TOTALE BIJDRAGE AAN OPPERVLAKTEWATERINNAMEPUNTEN (BOVEN), AAN OEVERWATERWINNINGEN (MIDDEN) EN AAN GRONDWATERWINNINGEN (ONDER). WEERGEGEVEN ZIJN EEN KAART EN EEN CUMULATIEVE GRAFIEK. ALLEEN RWZI'S MET EEN SCORE GROTER DAN 0 ZIJN WEERGEGEVEN OP DE KAART

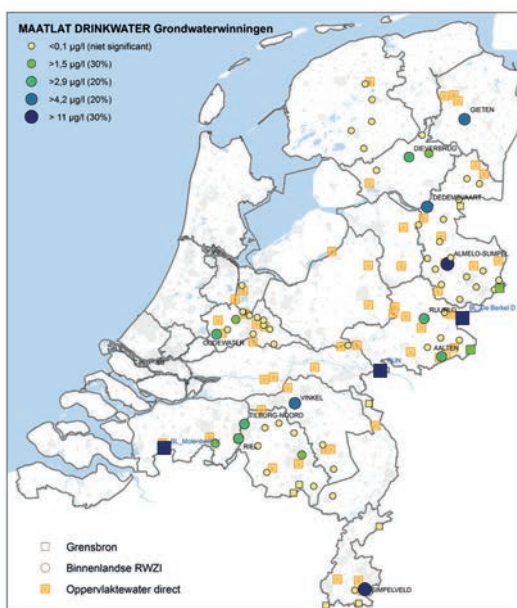




Oeverwaterwinningen worden door hun ligging voornamelijk (voor 90%) door buitenlandse bronnen beïnvloed. In het binnenland zijn enkele grote bronnen aan de Rijn dominant. De grafiek is zeer steil: het aantal RWZI's dat significant grondwaterbronnen kan beïnvloeden is beperkt. Er is niet nagegaan welk deel van het onttrokken water in elke bron door oppervlaktewater wordt beïnvloed en welke bodemprocessen optreden.



Grondwaterbronnen voor drinkwater waarin invloed van oppervlaktewater zichtbaar is liggen verspreid over het hoge deel van Nederland. De beïnvloeding van grondwaterbronnen wordt overwegend veroorzaakt door kleine regionale waterlopen die hoge concentraties geneesmiddelen kunnen bevatten. Er is niet nagegaan welk deel van het onttrokken water in elke bron door oppervlaktewater wordt beïnvloed en welke bodemprocessen optreden.

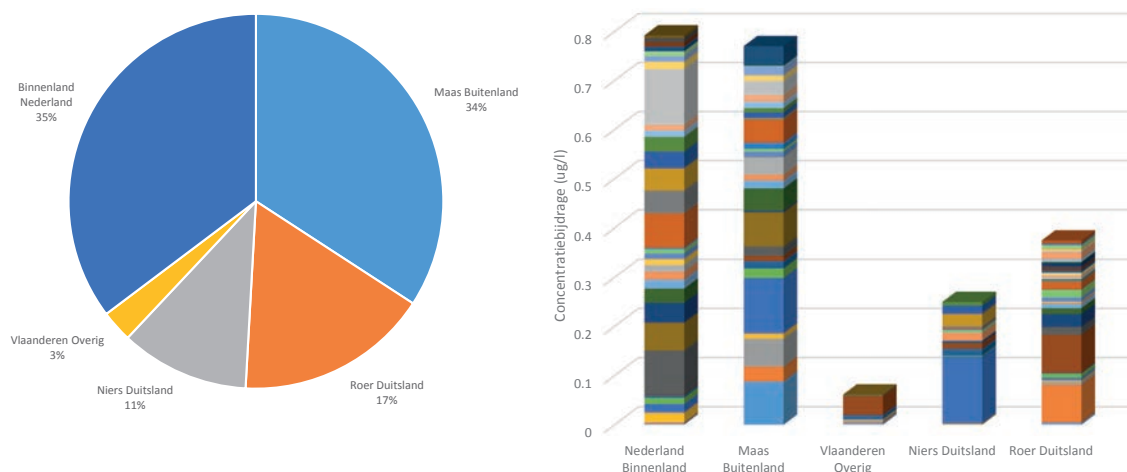


#### Beoordeling individuele winning (geen maatlat)

De modeluitvoer biedt ook de mogelijkheid per winning de bijdragen uit te splitsen. Dit is geen maatlat, maar biedt wel informatie die gebruikt kan worden om na te gaan bij welke RWZI maatregelen genomen zouden kunnen worden om de waterkwaliteit bij een specifieke winning te verbeteren.

Figuur -13 geeft als voorbeeld de bijdragen van de RWZI's aan de totaalconcentratie bij het innamepunt van de winning Brakel in de afgedamde Maas. De bijdragen vanuit het buitenland van de Maas, de Jeker, de Roer en de Niers zijn het grootst. Van de Nederlandse RWZI's is de bijdrage vanuit Eindhoven het grootst.

**FIGUUR 3-13 BIJDRAGEN VAN ALLE RWZI'S EN VAN RIVIEREN UIT HET BUITENLAND AAN DE ZOMERTOTAALCONCENTRATIE ( $\mu\text{G/L}$ ) BIJ HET INNAMEPUNT BRAKEL (AFGEDAMDE MAAS) EN (RECHTS) ALS STAAFDIAGRAM PER HOOFDBRON UITGESPLITST NAAR INDIVIDUELE RWZI (ALLEEN VOOR MAAS NIET MOGELIJK, DAAR IS EEN HYPOTHETISCHE VERDELING GEMAAKT)**



### 3.6 OVERIGE RESULTATEN

Behalve de getallen behorend bij de verschillende maatlaten is voor elke RWZI ook andere informatie verzameld en berekend. Deze informatie kan gebruikt worden om de gegevens beter te interpreteren of om beter maatregelen af te kunnen leiden. Dit zijn de volgende parameters:

**Verblijftijd:** De verblijftijd in het regionale systeem is gelijk aan de vracht daarin (het volume maal de concentratie voor alle waterlichaamsegmenten opgeteld), gedeeld door de emissie. Bij grote verblijftijden, bijvoorbeeld in de orde van maanden, mag verondersteld worden dat afbraak een rol van betekenis gaat spelen. Aan de hand van de verblijftijd en aan de hand van de combinatiekaarten van de som van medicijnresten kunnen specifieke oppervlaktewateren in Nederland worden geselecteerd waarin de afbraak in het watersysteem kan worden gekwantificeerd.

**DWA:** De droogweerafvoer van zuiveringen is verzameld omdat deze parameter als invoer wordt gebruikt in het LKM-model. De DWA is in de zuiveringswereld ook te gebruiken als indicator voor de benodigde dimensionering van installaties en daarmee als indicator voor de kosten van maatregelen aan een RWZI.

**Locatiegegevens:** Informatie over coördinaten van RWZI's, (deel)stroomgebied, waterschap en provincie is toegevoegd zodat gegevens eenvoudig op al die niveaus kunnen worden geaggregeerd.

## 3.7 RESULTEREND BEELD MAATLATTEN ONDERLING

In Figuur 3-14 zijn de emissies en scores op de maatlatten 'concentratiebijdrage lozingspunt' en 'invloed benedenstroomse waterkwaliteit' per RWZI zichtbaar gemaakt. De RWZI's zijn op basis van hun emissies en scores op de twee maatlatten per aspect onderverdeeld in vier categorieën (top 30%, top 50%, top 70% en overig). Vervolgens zijn ze per aspect gesorteerd. Hierdoor wordt snel zichtbaar of hoge scores op één aspect overeenkomen met hoge scores op een ander aspect.

FIGUUR 3-14

DE EMISSIE EN DE MAATLATTEN 'CONCENTRATIEBIJDRAGE BIJ LOZINGSPUNT IN ONTVANGEND OPPERVLAKTEWATER' EN 'INVLOED BENEDENSTROOMSE WATERKwaliteit' VAN LINKS NAAR RECHTS AFLOPEND GESORTEERD IN BOVENGENOEMDE VOLGORDE. IN KLEUR ZIJN DE RWZI'S AANGEGEVEN DIE HET HOOGST SCOREN EN DIE SAMEN 30%, 50% EN 70% AAN DE TOTALE BINNENLANDSE BIJDRAGE BIJDRAGEN

|      |         |
|------|---------|
| 3.6% | Top 30% |
| 2.0% | 30-50%  |
| 1.0% | 50-70%  |

| EmissionTypeID          | EMISSIE | CONC. | INVLOED | EmissionTypeID          | EMISSIE | CONC. | INVLOED | EmissionTypeID        | EMISSIE | CONC. | INVLOED |
|-------------------------|---------|-------|---------|-------------------------|---------|-------|---------|-----------------------|---------|-------|---------|
| DRACHTEN                | 0.4%    | 0.4%  | 4.6%    | HARNASCHPOLDER          | 5.1%    | 0.0%  | 0.0%    | HEINO                 | 0.0%    | 0.1%  | 2.3%    |
| GOUDA                   | 0.4%    | 0.7%  | 3.4%    | AMSTERDAM-WEST          | 3.3%    | 0.2%  | 0.0%    | SLEEN                 | 0.1%    | 2.3%  | 0.7%    |
| GIETEN                  | 0.2%    | 0.1%  | 2.9%    | ENDHOVEN                | 2.6%    | 0.6%  | 1.3%    | BENNEKOM              | 0.1%    | 2.3%  | 0.1%    |
| EMMEN                   | 0.6%    | 0.9%  | 2.7%    | ROTTERDAM-DOKHAVEN      | 1.8%    | 0.0%  | 0.0%    | STADSKANAAL           | 0.3%    | 2.2%  | 1.0%    |
| BEEMSTER (ZO-BEEMSTER)  | 0.6%    | 0.1%  | 2.5%    | GARMERWOLDE             | 1.6%    | 0.7%  | 1.8%    | HELYSTAD              | 0.5%    | 2.1%  | 2.3%    |
| LEEUWARDEN              | 0.6%    | 0.3%  | 2.3%    | CAP AD USSEL-           | 1.6%    | 0.0%  | 0.0%    | WEHL                  | 0.0%    | 2.0%  | 0.0%    |
| HELYSTAD                | 0.5%    | 2.1%  | 2.3%    | HOENSBOEK               | 1.5%    | 1.6%  | 0.2%    | MARUM                 | 0.0%    | 1.9%  | 0.3%    |
| HEERENVEEN-NOORD        | 0.3%    | 0.2%  | 2.3%    | UTRECHT                 | 1.5%    | 0.2%  | 1.1%    | UITHUIZERMEDDEN       | 0.1%    | 1.8%  | 0.6%    |
| ASSEN                   | 0.5%    | 1.3%  | 2.3%    | NIJMEUVEER (BRED)       | 1.5%    | 0.0%  | 0.0%    | LEEK                  | 0.1%    | 1.8%  | 1.4%    |
| WOERDEN                 | 0.3%    | 0.2%  | 2.2%    | WEURTALUMMEGEN          | 1.4%    | 0.0%  | 0.0%    | GRUESBEEK-BREDEWEG    | 0.7%    | 1.7%  | 0.0%    |
| ALPHEN AD RIJN-ALPHEN   | 0.3%    | 0.1%  | 2.2%    | TILBURG-NOORD           | 1.2%    | 1.6%  | 0.0%    | ENSCHDEE-WEST         | 0.2%    | 1.7%  | 1.2%    |
| LEIDEN-ZUIDWEST         | 0.6%    | 1.0%  | 2.1%    | WESTPOORT               | 1.2%    | 0.0%  | 0.0%    | VOUDENBERG            | 0.2%    | 1.6%  | 1.0%    |
| NIJCKERK AD USSEL-      | 0.4%    | 0.2%  | 2.1%    | GROOTE LUCHT            | 1.2%    | 0.0%  | 0.0%    | TILBURG-NOORD         | 1.2%    | 1.6%  | 0.7%    |
| WOLVEGA                 | 0.2%    | 0.4%  | 2.0%    | AMERSFOORT              | 1.2%    | 0.1%  | 0.7%    | HOENSBOEK             | 1.5%    | 1.6%  | 0.2%    |
| GARMERWOLDE             | 1.6%    | 0.7%  | 1.8%    | SHERTOGENBOSCH          | 1.2%    | 0.1%  | 0.0%    | HILVERSUM-OOST        | 0.3%    | 1.5%  | 0.1%    |
| LEIDEN-NOORD            | 0.5%    | 0.6%  | 1.8%    | NIJWGRAAF               | 1.2%    | 0.0%  | 0.0%    | BEVERWIJK             | 1.0%    | 1.5%  | 0.0%    |
| KATWOUDE                | 0.3%    | 0.4%  | 1.5%    | VENLO                   | 1.2%    | 0.0%  | 0.0%    | VOLDENZAAL            | 0.3%    | 1.5%  | 0.4%    |
| ZWAANSHOEK              | 0.6%    | 0.2%  | 1.4%    | EDE                     | 1.1%    | 1.3%  | 1.0%    | GOOR                  | 0.1%    | 1.4%  | 0.1%    |
| STEENWIJK               | 0.3%    | 0.1%  | 1.4%    | ALMERE                  | 1.1%    | 0.8%  | 0.7%    | HENGLO                | 0.7%    | 1.4%  | 0.8%    |
| LEEK                    | 0.1%    | 1.8%  | 1.4%    | GEESTMERAMBACHT         | 1.1%    | 0.1%  | 0.4%    | NIJCKERK              | 0.4%    | 1.4%  | 0.2%    |
| AMSTELVEEN              | 0.5%    | 0.2%  | 1.4%    | WERVERSHOOF             | 1.1%    | 1.3%  | 0.0%    | EVERSTEKDOG           | 0.1%    | 1.4%  | 0.0%    |
| ECHTEN (DR)             | 0.4%    | 0.4%  | 1.4%    | BEVERWIJK               | 1.0%    | 1.5%  | 0.0%    | ONDERENDAM            | 0.1%    | 1.3%  | 0.7%    |
| WADDIRKVEEN RANDENBURG  | 0.2%    | 0.1%  | 1.3%    | ARELDOORN               | 1.0%    | 0.0%  | 0.0%    | WERVERSHOOF           | 1.1%    | 1.3%  | 0.0%    |
| ENDHOVEN                | 2.3%    | 0.6%  | 1.3%    | SUSTEREN                | 1.0%    | 0.4%  | 0.0%    | ASSEN                 | 0.5%    | 1.3%  | 2.3%    |
| ALPHEN KERK & ZANEN     | 0.3%    | 0.2%  | 1.3%    | HARDERWIJK              | 1.0%    | 0.2%  | 0.5%    | EDE                   | 1.1%    | 1.3%  | 1.0%    |
| ENSCHDEE-WEST           | 0.4%    | 1.7%  | 1.2%    | ZWANENBURG              | 1.0%    | 0.1%  | 0.2%    | RAALTE                | 0.2%    | 1.3%  | 0.5%    |
| UITHOORN                | 0.2%    | 0.2%  | 1.2%    | AREL RIKTEL             | 0.9%    | 0.6%  | 0.4%    | ALMELO-SUMPEL         | 0.4%    | 1.3%  | 0.5%    |
| DE MEERN                | 0.2%    | 0.3%  | 1.2%    | ENSCHDEE-WEST           | 0.9%    | 1.7%  | 1.2%    | EEPE                  | 0.2%    | 1.2%  | 0.0%    |
| BEILEN                  | 0.2%    | 1.2%  | 1.2%    | HOUTRUST                | 0.8%    | 0.0%  | 0.0%    | BEILEN                | 0.2%    | 1.2%  | 1.2%    |
| UTRECHT                 | 1.5%    | 0.2%  | 1.1%    | ARNHEM-ZUID             | 0.8%    | 0.0%  | 0.0%    | VRIEZENVEEN           | 0.1%    | 1.2%  | 0.1%    |
| DOKKUM                  | 0.2%    | 0.1%  | 1.1%    | OUEN                    | 0.8%    | 1.0%  | 0.2%    | KATWIJK               | 0.6%    | 1.2%  | 0.4%    |
| STADSKANAAL             | 0.3%    | 2.2%  | 1.0%    | HAARLEM-WAARDERPOLDER   | 0.8%    | 0.2%  | 0.6%    | LAND VAN CUIJK (HAPS) | 0.5%    | 1.2%  | 0.3%    |
| DE RONDE VENEN          | 0.2%    | 0.2%  | 1.0%    | HENGLO                  | 0.7%    | 1.4%  | 0.8%    | TERNEUZEN             | 0.3%    | 1.2%  | 0.1%    |
| EDE                     | 1.1%    | 1.3%  | 1.0%    | ZWOLLE                  | 0.7%    | 0.0%  | 0.0%    | DE BILT               | 0.2%    | 1.1%  | 0.2%    |
| DELFTZIJL               | 0.2%    | 0.8%  | 1.0%    | ROERMOND                | 0.7%    | 0.0%  | 0.0%    | KAFFEBERG (KERKRADE)  | 0.2%    | 1.1%  | 0.0%    |
| KLOOSTERWOLDE (A+B)     | 0.1%    | 0.4%  | 1.0%    | DORDRECHT               | 0.7%    | 0.0%  | 0.0%    | TUBBERGEN             | 0.1%    | 1.1%  | 0.0%    |
| NOORDWIJK               | 0.3%    | 1.0%  | 0.8%    | VALCHEREN               | 0.7%    | 0.0%  | 0.0%    | PAPEEL                | 0.1%    | 1.1%  | 0.1%    |
| DAMWOUDE                | 0.1%    | 0.0%  | 0.9%    | ZWAANSHOEK              | 0.6%    | 0.2%  | 1.4%    | LEIDEN-ZUIDWEST       | 0.6%    | 1.0%  | 2.1%    |
| DIEVERBRUG              | 0.1%    | 0.2%  | 0.9%    | ZVINDRECHT              | 0.6%    | 0.0%  | 0.0%    | OUEN                  | 0.8%    | 1.0%  | 0.2%    |
| EELDE                   | 0.3%    | 0.5%  | 0.9%    | HORSTERMEER             | 0.6%    | 0.3%  | 0.3%    | HAAKSBERGEN           | 0.2%    | 1.0%  | 0.3%    |
| HENGLO                  | 0.7%    | 1.4%  | 0.8%    | BEEMSTER (ZO-BEEMSTER)  | 0.6%    | 0.1%  | 2.5%    | NOORDWIJK             | 0.3%    | 1.0%  | 0.9%    |
| SNEEK                   | 0.2%    | 0.2%  | 0.8%    | DINTHER                 | 0.6%    | 0.7%  | 0.1%    | MEUJEL                | 0.0%    | 1.0%  | 0.1%    |
| MEPEL                   | 0.3%    | 0.2%  | 0.8%    | ETTEN                   | 0.6%    | 0.1%  | 0.2%    | RIJEN                 | 0.3%    | 1.0%  | 0.1%    |
| SLOTEN                  | 0.1%    | 0.0%  | 0.8%    | KATWIJK                 | 0.6%    | 1.2%  | 0.4%    | ST MAARTENSDIJK-      | 0.1%    | 1.0%  | 0.1%    |
| BERGUM-SUAMEER          | 0.2%    | 0.0%  | 0.8%    | LEEUWARDEN              | 0.6%    | 0.3%  | 2.3%    | EMMEN                 | 0.6%    | 0.9%  | 2.7%    |
| BIRDAARD                | 0.1%    | 0.1%  | 0.7%    | LEIDEN-ZUIDWEST         | 0.6%    | 1.0%  | 2.1%    | DELFTZIJL             | 0.2%    | 0.8%  | 1.0%    |
| WOLKUM                  | 0.0%    | 0.5%  | 0.7%    | EMMEN                   | 0.6%    | 0.9%  | 2.7%    | ALMERE                | 1.1%    | 0.8%  | 0.7%    |
| CAP AD USSEL-GROENEDIJK | 0.3%    | 0.1%  | 0.7%    | NIJWEGEN                | 0.6%    | 0.0%  | 0.0%    | LICHTENVOORDE         | 0.1%    | 0.8%  | 0.1%    |
| WINSUM                  | 0.1%    | 0.1%  | 0.7%    | LAND VAN CUIJK (HAPS)   | 0.5%    | 1.2%  | 0.3%    | ENSCHDEE-GLANERBRUG   | 0.1%    | 0.8%  | 0.0%    |
| SLEEN                   | 0.1%    | 2.3%  | 0.7%    | LEIDEN-NOORD            | 0.5%    | 0.6%  | 1.8%    | DEDEMSVAART           | 0.1%    | 0.7%  | 0.4%    |
| ONDERENDAM              | 0.1%    | 1.3%  | 0.7%    | DEVENTER                | 0.5%    | 0.3%  | 0.9%    | SIMPVELD              | 0.5%    | 0.7%  | 0.1%    |
| NIJWVEEN                | 0.1%    | 0.2%  | 0.7%    | AMSTELVEEN              | 0.5%    | 0.2%  | 1.4%    | DINTHER               | 0.6%    | 0.7%  | 0.1%    |
| GORREDIJK               | 0.1%    | 0.2%  | 0.7%    | DOONGEMOND (OOSTERHOUT) | 0.5%    | 0.1%  | 0.4%    | HALSTEREN             | 0.1%    | 0.7%  | 0.0%    |
| AMERSFOORT              | 1.2%    | 0.1%  | 0.7%    | MAASTRICHT-LIMMEL       | 0.5%    | 0.0%  | 0.0%    | CHAAM                 | 0.0%    | 0.7%  | 0.0%    |
| JOURE                   | 0.1%    | 0.1%  | 0.7%    | ASSEN                   | 0.5%    | 1.3%  | 2.3%    | KLOOSTERZANDE         | 0.0%    | 0.7%  | 0.1%    |
| TILBURG-NOORD           | 1.2%    | 1.6%  | 0.7%    | ZUTPHEN                 | 0.5%    | 0.0%  | 0.0%    | GOUDA                 | 0.4%    | 0.7%  | 3.4%    |
| ALMERE                  | 1.1%    | 0.8%  | 0.7%    | HELYSTAD                | 0.5%    | 2.1%  | 2.3%    | GARMERWOLDE           | 1.6%    | 0.7%  | 1.8%    |
| UITHUIZERMEDDEN         | 0.1%    | 1.8%  | 0.6%    | DEN HELDER              | 0.4%    | 0.0%  | 0.0%    | KAATSHUVEL            | 0.2%    | 0.6%  | 0.1%    |
| HAARLEM-WAARDERPOLDER   | 0.8%    | 0.2%  | 0.6%    | ZAANDAM-OOST            | 0.4%    | 0.0%  | 0.0%    | LEIDEN-NOORD          | 0.5%    | 0.6%  | 1.8%    |
| TURSEM                  | 0.2%    | 1.1%  | 0.6%    | SPIJKENISSE-            | 0.4%    | 0.0%  | 0.0%    | AREL RIKTEL           | 0.3%    | 0.6%  | 0.4%    |
| RAALTE                  | 1.0%    | 0.2%  | 0.5%    | ECHTEN (DR)             | 0.4%    | 0.4%  | 1.4%    | ZEIST                 | 0.4%    | 0.6%  | 0.2%    |
| HARDERWIJK              | 0.1%    | 0.5%  | 0.5%    | ELBURG                  | 0.4%    | 0.1%  | 0.0%    | ENDHOVEN              | 2.6%    | 0.6%  | 1.3%    |
| BODEGRAVEN              | 0.1%    | 1.3%  | 0.5%    | WILLEM ANNAPOLDER       | 0.4%    | 0.0%  | 0.0%    | RIJURLO               | 0.1%    | 0.5%  | 0.0%    |
| ALMELO-SUMPEL           | 0.4%    | 1.3%  | 0.5%    | HELLEVOETSLUIS          | 0.4%    | 0.0%  | 0.0%    | ONDERENDIJK           | 0.1%    | 0.5%  | 0.1%    |
| KOOTSTERTILLE           | 0.1%    | 0.0%  | 0.5%    | OLBURGEN                | 0.4%    | 0.0%  | 0.0%    | BODEGRAVEN            | 0.1%    | 0.5%  | 0.5%    |

Uit de tabellen blijkt dat er weinig correlatie is tussen de maatlatten 'concentratiebijdrage lozingspunt' en 'invloed benedenstroomse waterkwaliteit'. Er is ook weinig relatie met de emissie.

De relatieve scores op de verschillende maatlatten blijken onderling weinig overeen te komen en dus 'onafhankelijk' te zijn. Met andere woorden: met een scenario waarin gefocust wordt op de aanpak van de hoogste concentratiebijdragen bij het lozingspunt zal weinig progressie worden geboekt in het verminderen van de invloed op de benedenstroomse waterkwaliteit in het oppervlaktewatersysteem en vice versa. Dit is enerzijds een nadeel, omdat de totale impact van medicijnresten niet met een beperkt aantal gericht maatregelen is te redu-

ceren. Anderzijds heeft dit als voordeel dat de concentratiebijdrage en de invloed op benedenstroomse wateren deels kunnen worden gereduceerd met maatregelen aan RWZI's met een relatief lage DWA en emissie. Dit scheelt naar verwachting aanzienlijk in de kosten die gemoeid gaan met de aanpak van de top 30% RWZI's op deze maatlaten.

In onderstaand kader is de gevonden relatie tussen de maatlaten nog iets nader geduid.

#### **DUIDING MAATLAT BENEDENSTROOMSE INVLOED, RIJKSWATEREN, EN DE NOORDZEE**

Het gebruik van bron- en objectcriteria leidde ertoe dat de beïnvloeding van de Noordzee niet meetelt in de maatlat benedenstroomse waterkwaliteit. De totaalconcentratie in de Noordzee is zeer laag en is als niet relevant aangemerkt omdat het 'relatief zeer schoon' is ten opzichte van andere verontreinigde delen van het Nederlandse watersysteem (objectcriterium). Ook is de individuele bijdrage van RWZI's aan het totaal is dermate klein dat van een beperkt maatregelenpakket geen effect kan worden verondersteld (broncriterium). De bijdrage van RWZI's aan de Noordzee is evenredig met de emissie.

Dit geldt ook voor de grote rijkswateren<sup>7</sup>. In de grote rijkswateren kan de totaalconcentratie relevant zijn, maar is de individuele bijdrage van RWZI's nog altijd dermate klein dat van een beperkt maatregelenpakket geen meetbare invloed / effect kan worden verondersteld. De invloed is er evenredig met deelverzamelingen van de emissie.

Voor het regionale watersysteem geldt precies het omgekeerde: de invloed kan zeer groot zijn (objectcriterium) en de relatieve bijdragen van RWZI's zijn hoog, waardoor maatregelen bij individuele RWZI's groot effect kunnen hebben. De invloed heeft nagenoeg geen relatie met de emissie van RWZI's, maar wordt grotendeels bepaald door de plek in en het type watersysteem.

Er is gekozen rijkswateren geheel niet mee te tellen zodat de maatlat benedenstroomse waterkwaliteit zich volledig richt op de benedenstroomse invloed op het regionale watersysteem. Belangrijke functies van rijkswateren worden gerepresenteerd in de maatlaten drinkwater en kunnen worden opgezocht doordat ook voor alle meetstations van Rijkswaterstaat de totale en individuele bijdragen van RWZI's in beeld zijn gebracht. De maatlaten kunnen in die zin behalve onafhankelijk ook complementair genoemd worden.

<sup>7</sup> Grote rijkswateren zijn de rivieren en grote randmeren, IJsselmeer en de Zeeuwse delta. Van de kanalen (ook rijkswater) zijn alleen het Amsterdam Rijn Kanaal en het Noordzeekanaal onder de grote rijkswateren geschaard. Andere kanalen tellen dus wel mee in de maatlat benedenstroomse invloed waterkwaliteit, zie ook paragraaf 2.2.2.

## 4

## DISCUSSIE

## 4.1 RESULTAAT

*Het model*

Een belangrijk resultaat van deze studie is het verbeteren van het LKM-model zelf. De verspreiding en verdunning van effluënten door het watersysteem is voor elke RWZI en grensbron gecontroleerd, verbeterd en in beeld gebracht. Daardoor is nu veel beter dan voorheen bekend wat de betrouwbaarheid en bruikbaarheid van het LKM-model is voor gebruik in verschillende typen regionale en nationale vraagstukken. Met de resultaten kan bijvoorbeeld een landelijk beeld van afwenteling van effluentvracht van verontreinigende stoffen uit RWZI's tussen waterschappen onderling en naar rijkswateren worden berekend.

*De maatlatten*

De modeluitvoer is geaggregeerd tot een set maatlatten die het mogelijk maakt op landelijke of regionale schaal maatregelenscenario's uit te werken en te evalueren. Alle maatlatten zijn landsdekkend en op uniforme wijze tot stand gekomen zowel wat betreft de methodiek als de uitwerking. Voor elke RWZI zijn karakteristieken in tabellen en op kaart weergegeven zodat het invloedsgebied ook letterlijk in beeld is.

*Invloed buitenland*

De hotspotanalyse is voor de binnenlandse RWZI's uitgevoerd, maar ook buitenlandse bronnen zijn per grensoverschrijdende rivier of beek gesommeerd en als 'RWZI' op de grensovergang doorgerekend. De invloed van buitenlandse bronnen is daarom mee te nemen bij het bepalen van de effectiviteit van maatregelen.

## 4.2 BETROUWBAARHEID

## 4.2.1 BETROUWBAARHEID EMISSIESCHATTING

De emissie per RWZI is evenredig verondersteld met het aantal aangesloten inwoners. Het aantal aangesloten inwoners per RWZI is per waterschap op verschillende manieren bepaald. Voor elk waterschap zijn meerdere controlerondes doorlopen, onder andere door vergelijking met i.e.'s en DWA en door berekening van het totale aantal inwoners per waterschap en in Nederland. Een afwijking van de werkelijke emissie is het gevolg van twee typen onzekerheden, de nauwkeurigheid en de precisie. Dit betreft ten eerste de gehanteerde hoogte van het kental van 2 g medicijnresten per persoon per jaar, dat is afgeleid uit beschikbare metingen (zie ook bijlage 3) en het aantal inwoners per RWZI, en ten tweede de variabiliteit in het zuiveringsrendement van RWZI's (zie ook bijlage 5):

- **Nauwkeurigheid:** betrouwbaarheid van het kental en het aantal inwoners.  
Deze factor, die aangeeft of de waarde van het kental zelf correct is, is voor de resultaten van de hotspotanalyse niet relevant. Dit komt doordat de *relatieve* bijdrage van iedere

RWZI is beschouwd in deze hotspotanalyse. Het kental voor de emissie van medicijnresten is berekend uit het gemiddelde van metingen in effluent. Het kental is in de bijlagen nader geduid. Het aantal inwoners per RWZI wordt verondersteld relatief betrouwbaar in beeld te zijn gebracht.

- Precisie van het kental.

De precisie geeft aan of het kental in alle RWZI's precies het zelfde is of dat er verschillen bestaan tussen de RWZI's. In Bijlage 5 is een overzicht van de bronnen voor variabiliteit gegeven. De variabiliteit van het kental tussen RWZI's zal naar verwachting kleiner zijn dan een factor 2, de gemiddeld veronderstelde emissiereductiefactor van een aanvullende zuiveringsstap die specifiek op medicijnrestenverwijdering is gericht (zie ook onderin paragraaf 4.3). Bij het uitwerken van maatregelscenario's is deze variabiliteit van ondergeschikt belang (zie bijlage B5.2).

#### 4.2.2 BETROUWBAARHEID VERSPREIDING BEREKEND MET MODEL

Modellen zijn altijd een versimpelde weergave van de werkelijkheid, maar kunnen wel acceptabel worden bevonden voor het beoogde gebruik. Met die insteek is in deze hotspotanalyse het LKM-model verbeterd: het model is gebruikt om bestaande kennis en informatie over verspreiding en verdunning in het Nederlandse watersysteem samen te brengen en het is zodanig verbeterd dat de verspreiding en verdunning die in het model berekend wordt (vooral in de zomer) in voldoende mate overeenstemt met de werkelijke verspreiding, voor zover die bekend is bij de waterschappen (zie bijlagen 2, 3 en 5).

Het is van belang de beperkingen van het model te kennen, zodat daar in de toepassing en de interpretatie van de resultaten rekening mee gehouden kan worden. De belangrijkste kanttekeningen bij het model worden onderstaand beschreven.

##### *Representativiteit voor de 'werkelijke' stroming*

Vooral in de zomer gedragen veel watersystemen in Nederland zich niet-stationair. De afvoerhoeveelheden en -richtingen variëren dan sterk afhankelijk van hoe nat of droog de weersomstandigheden zijn. Het LKM is echter een stationair model. Gelukkig bevat het model een nat en een droog zomerkwartaal waardoor in gebieden waar de stromingsrichting wisselt een 'gemiddelde' verspreiding wordt berekend die twee kanten opgaat, zie Bijlage 4.1. De modelberekening is uiteraard niet representatief voor extremere perioden wanneer het watersysteem anders functioneert en ook niet voor 'werkelijke' jaren: vanuit het model dat het kwartaalgemiddelde klimaat in de periode 2005-2008 simuleert is het model verbeterd om de 'huidige gemiddelde winter- en zomersituatie' weer te geven.

##### *De aanwezigheid van 'probleemgebieden'*

Het model kon niet overal dusdanig worden verbeterd dat het de veronderstelde werkelijkheid afdoende representeert (zie ook Bijlage B4.5 en Bijlage B8) en dus om binnen de gewenste factor 2 afwijking ten opzichte van de gemeten debieten in effluent-ontvangende oppervlaktewateren te blijven. Soms bleek ook de 'werkelijke' verspreiding en het 'werkelijke' halfjaar-debiet moeilijk vast te stellen, hetgeen ook een bron van onzekerheid is.

#### 4.2.3 BETROUWBAARHEID VAN DE BEREKENDE MAATLATTEN

##### *Betrouwbaarheid maatlat concentratiebijdrage bij lozingspunt*

De concentratiebijdrage van een RWZI ter hoogte van elk lozingspunt is berekend met het model. Op die manier kon ook voor ontvangende wateren waarvan het debiet niet (goed)

gemeten is de concentratiebijdrage van de RWZI's worden bepaald. Tegelijkertijd is in ontvangende wateren waarvan het zomerdebiet wel bekend is, een fout geïntroduceerd door gebruik te maken van modelresultaten. Een afwijking van maximaal een factor 2 tussen het in het model gehanteerde debiet en het door de waterschappen aangeleverde debiet is acceptabel geacht. Die nauwkeurigheid is bijna overal bereikt<sup>8</sup>.

Een factor 2 afwijking tussen het in het model gehanteerde debiet en het werkelijke debiet zal bij zeer lage verdunning (bijna puur effluent) weinig verschil maken voor de berekende concentratie. Bij grote verdunning zal een factor 2 afwijking in het berekende debiet van het ontvangende water leiden tot maximaal een factor 2 fout in de berekende concentratie in het oppervlaktewater. De lage concentratie bij zeer grote verdunning is dan echter weinig relevant en zal in absolute zin nauwelijks verschillen. Bij de meeste RWZI's waarvoor het gemodelleerde debiet afwijkt van de metingen treedt enige mate van verdunning op, waardoor de fout in het debiet significant doorwerkt in de concentratiemaatlat.

Het effect van de afwijking van het berekende debiet ten opzichte van de aangeleverde schatting van het werkelijke debiet is inzichtelijk gemaakt door de concentratiebijdrage in het ontvangende water ook te berekenen met het door het waterschap opgegeven gemeten debiet en door zowel voor het debiet als voor concentratiebijdrage het resultaat in een grafiek uit te zetten (zie bijlage B8.5). Voor iets meer dan de helft van de RWZI's is geen debiet van het ontvangende water bekend. Dit betreft vooral lozingen op rijkswateren waarvan de debieten groot zijn en afwijkingen laag.

Uit de grafiek (zie bijlage B8.5) kan worden afgelezen voor welke RWZI's modelresultaten van de concentratie nog niet betrouwbaar genoemd kunnen worden. Vooral in Groningen en in de Krimpenerwaard zijn door modeltekortkomingen grotere fouten geaccepteerd.

#### *Betrouwbaarheid maatlat 'invloed benedenstroomse waterkwaliteit'*

De maatlat 'invloed benedenstroomse waterkwaliteit' is een weerslag van de berekende verspreiding zoals deze ook op de verspreidingskaarten vanuit elke RWZI is weergegeven. De prioritering van de RWZI's op de maatlat 'invloed benedenstroomse waterkwaliteit' wordt deels bepaald door de gehanteerde bron- en objectcriteria. Deze lijst blijkt behoorlijk robuust te zijn en de volgorde van RWZI's verandert bij het aanpassen van bron- en objectcriteria niet veel. Dit komt omdat hoog scorende RWZI's altijd grote verspreidingsgebieden hebben en liggen in gebieden met relatief weinig doorstroming.

Er worden twee foutenbronnen onderscheiden die op verschillende manieren zijn benaderd:

- **Debietberekening.**  
Het effect van de afwijking in de debietberekening op de maatlat 'invloed benedenstroomse waterkwaliteit' is indicatief bepaald door de gevoeligheid van de maatlat voor een debietafwijking te berekenen (zie bijlage B8.6 en kaart B9.16). De maatlat is vooral gevoelig voor RWZI's die op kleine watersystemen lozen.
- **Verspreidingspatroon.**  
Het effect van fouten in de verspreiding op de score op de verschillende maatlaten is op basis van expert-judgement door de waterschappen zelf ingeschat. De door de waterschappen relevant geachte afwijkingen zijn gecorrigeerd.

<sup>8</sup> In de digitaal aangeleverde maatlattentabel is ook informatie opgenomen over de afwijking tussen een door het model berekend debiet en een door het waterschap aangeleverd bekend debiet van de ontvangende watergang, alsmede de op basis van het aangeleverde debiet berekende concentratie. Bij grote afwijkingen zijn opmerkingen in de tabel opgenomen over de oorzaak.

De fout in het resultaat is dus vooral afhankelijk van de controle door de waterschappen, van het succes van de daaropvolgende verbeterlagen voor zowel debiet als verspreiding en van de mogelijkheid om de werkelijke halfjaargemiddelde beïnvloeding eenduidig te kunnen vaststellen. Dit laatste is vooral in boezemsystemen lastig doordat de stroming daar sterk varieert in de tijd.

#### *Betrouwbaarheid maatlat beïnvloeding drinkwaterbronnen*

De betrouwbaarheid van de maatlaten voor beïnvloeding van drinkwaterbronnen is afhankelijk van de plaats waar de invloed wordt berekend. Deze is ten eerste afhankelijk van de verspreiding en ten tweede van de verdunning.

De drinkwatermaatlaten voor oppervlaktewaterinnamepunten en oeverwaterwinningen zijn betrouwbaar. De verspreiding naar en verdunning in rivieren en grote wateren is nauwkeurig bepaald met het model. De drinkwatermaatlat voor grondwaterwinningen is minder betrouwbaar, omdat in lokale systemen de onzekerheid van zowel debiet als de verspreiding groter kan zijn. Het debiet van de oppervlaktewateren die drinkwaterbronnen beïnvloeden is niet opgevraagd, waardoor geen nader inzicht kan worden gegeven in de nauwkeurigheid van de drinkwatermaatlat.

#### *Implicaties betrouwbaarheid maatlaten voor het gebruik ervan*

Uit de analyse van de betrouwbaarheid van de maatlaten blijkt dat de score van individuele RWZI's ca. een factor 2 kunnen afwijken. De onderlinge verschillen zijn echter nog groter, waardoor het mogelijke effect van een afwijking op de 'relatieve score' of de 'ranking' beperkt is. Bij alle maatlaten bestaat de top immers uit een beperkt aantal RWZI's en is die top is behoorlijk robuust. De maatlaten zijn zelfs *zeer* betrouwbaar voor het opstellen van maatregelenpakketten (zie Bijlage B5.3).

### **4.3 GEBRUIK VAN DE MAATLATTEN**

In deze paragraaf benoemen we een aantal aandachtspunten bij het gebruik van de maatlaten.

#### **4.3.1 REPRESENTATIVITEIT VAN DE MAATLATTEN CONCENTRATIE EN BENEDENSTROOMSE INVLOED**

In de maatlat 'concentratiebijdrage bij lozingspunt' is de waarde van het water dat wordt beïnvloed op geen enkele manier meegenomen. Dezelfde concentratie telt in een kleine effluentsloot even hoog als in een groot meer of in een natuurlijke beek in een natuurgebied. Ook is bijvoorbeeld geen rekening gehouden met de aanwezige nutriënten of andere stoffen die de totale waterkwaliteit beïnvloeden. Veel meer factoren samen bepalen dus of een hoge score op deze maatlat ook als problematisch wordt ervaren.

In de maatlat benedenstroomse invloed is de waarde van water gekwantificeerd door het oppervlak en de concentratiebijdrage van het effluent mee te wegen. Doordat het oppervlak als maat voor de grootte is gebruikt telt een kilometer kanaal vanwege de grotere breedte bijvoorbeeld zwaarder in de score door dan een kilometer beek. Dit is een eigenschap van de maatlat zelf waarmee bij het gebruik ervan ook rekening moet worden gehouden.

Het prioriteren van maatregelen aan RWZI's vergt een bestuurlijke afweging die behalve van de maatlaten zelf ook gebruik maakt van nader onderzoek op verschillende schaalniveaus en

met meerdere andere factoren rekening houdt. In onderstaand kader is een niet uitputtende lijst factoren opgenomen die kunnen meewegen in de prioritering van maatregelen.

#### **NADERE AFWEGINGEN OPPERVAKTEWATERKWALITEIT**

Met de volgende aspecten kan op verschillende niveaus rekening worden gehouden bij het afwegen van maatregelen voor het reduceren van de invloed van medicijnresten op de waterkwaliteit:

- Verschillen in zuiveringsrendement tussen RWZI's.
- De aanwezigheid van andere verontreinigingen of verontreinigingsbronnen (bijvoorbeeld buiten communale RWZI's om lozende industriële bronnen, landbouwbronnen). De waterkwaliteit zal dan minder of niet verbeteren en maatregelen zijn daardoor minder effectief.
- De effecten van de belasting van RWZI-effluent voor andere stofgroepen dan geneesmiddelen zoals overige microverontreinigingen, metalen, nutriënten en (antibioticaresistente) bacteriologische verontreiniging.
- De chemische status van het oppervlaktewater. Een maatregel draagt meer bij aan een verbetering van de waterkwaliteit als het water niet in slechte toestand blijft door overheersende invloed van andere stofgroepen als nutriënten en metalen.
- De ecologische status van het oppervlaktewater.
- De beschermingsstatus, beleidsstatus, of ecologische waarde van een oppervlaktewater, bijvoorbeeld N2000-gebieden, EHS, specifieke natuurdoelen, waterparels, etc. Bij een hogere status valt iets te zeggen voor hogere prioritering. Ook zwemwateren zijn daar een voorbeeld van.
- De gebruikstoepassingen van het water. In deze hotspotanalyse is wel de drinkwaterfunctie beoordeeld, niet andere toepassingen als irrigatie, zwemwater en veedrenking. Deze en andere aspecten (lokale natuurdoelen, stedelijke waterdoelen, etc.) aspecten kunnen lokaal een rol spelen.
- Bestrijding zoetwatertekorten. Er zijn in Nederland enkele RWZI's waarvan het effluent wordt ingezet om (zoet)watertekorten te bestrijden. Dit effluent wordt dan tijdelijk geloosd op kleiner water, zodat automatisch voor deze RWZI's de score op de maatlat concentratiebijdrage bij lozingspunt stijgt. Daarnaast is er wegens de functie van dit water (natuur, recreatie, landbouw) extra noodzaak tot gerichte zuivering op medicijnresten.
- Processen die niet of onjuist in het LKM-model zijn gemodelleerd, zoals het transportprocessen door wind in het IJsselmeer, stratificatie in meren, etc.

#### **4.3.2 REPRESENTATIVITEIT VAN DE MAATLATTEN DRINKWATER**

Voor drinkwaterbronnen is de invloed van het oppervlaktewater op verschillende manieren van belang. Daarom zijn voor drinkwaterbronnen drie maatlatten afgeleid, voor oppervlaktewaterinnamepunten (8 stuks), voor oeverwaterwinningen (12 stuks) en voor grondwaterwinningen die beïnvloed worden door oppervlaktewater (64 stuks). Van de 64 grondwaterwinningen worden er 48 beïnvloed door oppervlaktewater dat onder invloed van RWZI-effluent staat.

Verschillende typen drinkwatermaatlatten zullen op verschillende manieren moeten worden benaderd bij het uitwerken van maatregelscenario's. Voor oeverwaterwinningen en oppervlaktewaterinnamepunten scheppen de maatlatten een representatief beeld van de invloed op de kwaliteit van het ingenomen ruwwater, omdat er een vrij directe relatie bestaat tussen de kwaliteit van het oppervlaktewater en het ingenomen water. Voor grondwaterwinningen is die relatie minder eenduidig. De invloed van medicijnresten in het oppervlaktewater op het ingenomen ruwwater hangt sterk af van de relatieve bijdrage van het oppervlaktewater aan het onttrokken ruwwater. Die bijdrage is niet altijd nauwkeurig bekend en niet meegenomen in de maatlat.

De eerste twee categorieën verschillen erg van de derde categorie doordat ze overwegend water uit rijkswateren onttrekken. Ze worden door veel RWZI's en ook door buitenlandse RWZI's beïnvloed. De maatlat is daardoor evenredig met de som van verschillende (grote) deelverzamelingen van de emissie van de RWZI's.

Bij het ontwikkelen van scenario's voor verbetering van de ruwwaterkwaliteit is de verwachting dat de beïnvloeding door RWZI's meestal op individuele basis (per winning) zal worden afgewogen. Er zijn namelijk grote verschillen tussen de winningen en het aantal winningen is zeker op stroomgebiedsniveau klein. Daarom is ook de onderliggende basistabel met daarin voor elke winning de bijdrage van elke individuele RWZI aan de kwaliteit van het infiltrerende oppervlaktewater digitaal opgeleverd.

Tot slot wordt opgemerkt dat in oppervlaktewaterinnamepunten vooral problemen optreden in de droogste zomermaanden. Dan is het debiet van de rivieren gedurende lange perioden een factor 3 lager is dan nu berekend in het model en zijn de totaalconcentraties medicijnresten en andere effluent-gerelateerde stoffen (en ook concentraties uit andere lozingen) 3 maal hoger.

In onderstaand kader zijn nadere afwegingen bij de drinkwatermaatlaten opgesomd die een rol kunnen spelen bij het prioriteren van RWZI's.

#### **NADERE AFWEGINGEN DRINKWATERMAATLATTEN**

- Het bestaande zuiveringsniveau;
- Het risico drinkwaterkwaliteitsnormen te overschrijden (waardoor zuiveringsniveau omhoog zou moeten);
- De mogelijkheid om het bestaande zuiveringsniveau in de toekomst te verlagen;
- De aanwezigheid en (huidige en toekomstige) invloed van andere verontreinigingen in de winning;
- De grootte van een winning: dezelfde invloed is in een grote winning 'ernstiger' dan in een kleine door hogere potentiële kosten;
- De bijdrage van oppervlaktewater aan het ruwwater;
- Processen in de ondergrond (voor alle winningen met bodempassage);
- Kosten-batenanalyses voor en verkenningen van alternatieve maatregelen bij drinkwaterwinningen zelf.

#### **4.3.3 KOSTENEFFECTIVITEIT MAATREGELEN**

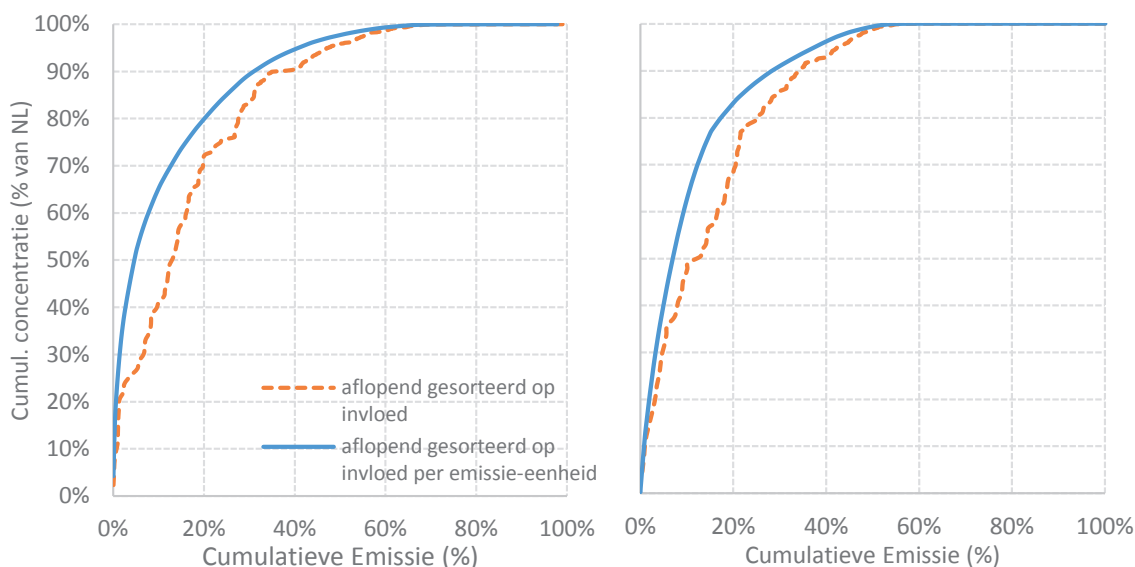
Uit de maatlattengrafieken en -kaarten in Hoofdstuk 3 kunnen per maatlat de hotspots worden geselecteerd, bijvoorbeeld alle RWZI's die meer dan 10 µg/l bijdragen aan het ontvangende oppervlaktewater. Uit de bijbehorende cumulatieve grafiek kan dan het aantal RWZI's worden afgelezen en de emissie die daarbij hoort. Als men bijvoorbeeld de totale benedenstroomse invloed met 50% wil reduceren, kan uit de grafiek en kaarten worden afgeleid welke RWZI's moeten worden verbeterd om het doel zo effectief en efficiënt mogelijk te bereiken.

Een maatregel aan een RWZI die op een maatlat hoog scoort, zal vooral efficiënt zijn wanneer de RWZI relatief klein is ten opzichte van de score op de maatlat, omdat daar tegen minder kosten een verbetering is te realiseren. Daarom is de score op de maatlaten voor elke RWZI gedeeld door de emissie. Ook voor deze maat zijn de uitkomsten per RWZI gesorteerd en is de cumulatieve score tegen de cumulatieve emissie uitgezet in grafieken. Dit biedt een eerste, zeer grove indicatie van de kosteneffectiviteit.

In Figuur 4-1 zijn de voor de maatlaten 'concentratiebijdrage bij lozingspunt' en 'benedenstroomse invloed' twee lijnen uitgezet: De oranje stippellijn is gericht op het wegnemen van de grootste bronnen ongeacht de kosteneffectiviteit, de paarse doorgetrokken lijn is gericht op het kosteneffectief wegnemen van vracht om de doelstellingen van de maatlaten te bereiken.

FIGUUR 4-1

EFFECT VAN HET MEEWEGEN VAN EEN KOSTENINDICATOR (EMISSION) BIJ HET PRIORITEREN VAN MAATREGELEN OP DE CUMULATIEVE SCORE OP DE MAATLATTEN 'CONCENTRATIE-BIJDRAGE LOZINGSPUNT' (LINKS) EN 'BENEDENSTROOMSE INVLOED' (RECHTS) TEN OPZICHTE VAN DE CUMULATIEVE EMISSION



Voor de maatlat 'concentratiebijdrage bij lozingspunt' kan 40% doelbereik gehaald worden door de emissie met 10% te reduceren. Wanneer geprioriteerd wordt op kosteneffectiviteit kan dit bereikt worden met slechts 4,5% van de emissie. Voor de maatlat benedenstroomse invloed kan 70% doelbereik worden gehaald door de emissie met 13 tot 20% te reduceren, afhankelijk van de wijze van prioriteren. Uiteindelijk speelt ook een groot aantal andere factoren een rol. Belangrijk is te realiseren dat de volgorde van de hoogst scorende RWZI's volgens beide weergaven (invloed en invloed per emissie-eenheid) sterk van elkaar verschilt.

De kosten zullen, behalve van de emissie, ook van andere karakteristieken afhangen, zoals de DWA per inwoner (is meestal 150-300 l pppd: ca. factor 2 bandbreedte), de gekozen zuiverings-techniek (ca. factor 2 bandbreedte in kosten per kuub) en van de schaal/omvang van de RWZI (ook bijna factor 2 afhankelijk van de grootte van de RWZI). De onderlinge verschillen zijn niet uitgewerkt binnen deze studie. De werkelijke kosteneffectiviteitsvolgorde van RWZI's zal dan ook afwijken van zowel de maatlatscores als de voor de emissie gecorrigeerde scores.

Een laatste kanttekening hierbij is dat hoe groter het gewenste doelbereik is, hoe meer RWZI's moeten worden verbeterd, en hoe kleiner de speelruimte is voor het selecteren van die RWZI's waar kostenefficiënte maatregelen mogelijk zijn.

#### NADERE AFWEGINGEN KOSTENEFFECTIVITEIT

- De kosteneffectiviteit van het verhogen van het zuiveringsniveau: Twee RWZI's die even hoog scoren wat betreft beïnvloeding kunnen heel anders scoren op doelmatigheid door verschillen in kosten.
- Kosteneffectiviteit van alternatieve maatregelen: Er zijn meerdere typen maatregelen mogelijk om de invloed op de waterkwaliteit te reduceren. Naast een extra zuiveringsstap zijn andere maatregelen mogelijk, bijvoorbeeld verplaatsing van lozingspunten, aanpassingen in het watersysteem en opheffing van RWZI's. Deze kunnen lokaal voor een totaal ander beeld van de kosteneffectiviteit zorgen. Voor buitenlandse bronnen geldt uiteraard ook een andere aanpak.

#### 4.3.4 PRIORITERING TUSSEN MAATLATTEN EN OPSTELLEN MAATREGELENSCENARIO'S

Uit een vergelijking van de maatlatten (paragraaf 3.7) is naar voren gekomen dat de maatlatten onderling weinig tot geen correlatie vertonen. RWZI's die hoog scoren op één maatlat scoren kunnen gemakkelijk laag scoren op een andere maatlat. De selectie van RWZI's die voor een aanvullende zuivering in aanmerking komen is daarmee afhankelijk van specifieke doelstellingen en prioriteiten voor de waterkwaliteit.

Het is uiteindelijk een beleidsmatige en bestuurlijke keuze welke maatlat of welke combinatie van maatlatten gehanteerd wordt voor prioritering van maatregelen bij RWZI's en op welke wijze binnen de maatlatten wordt geprioriteerd (puur op kosten, puur op impact of iets daartussenin) en tot slot ook welke andere factoren een rol spelen bij prioritering. Naast de waterkwaliteitsaspecten die door de maatlatten vertegenwoordigd worden zijn er meer waterkwaliteitsaspecten (zwemwater, veedrenking, natuurwaarde) die een rol kunnen spelen in de afweging van maatlatten en maatregelen onderling (doelmatigheidsanalyse). Die aspecten vallen echter buiten de reikwijdte van deze studie.

Het gekozen maatregelenpakket kan afhangen van zowel (inter)nationale als regionale en lokale doelstellingen. Afwegingen dienen daarom op verschillende niveaus te gebeuren, van internationaal niveau tot op lokaal niveau.

In **Tabel 4-1** is voor elk van de maatlatten weergegeven op welke manieren ze kunnen worden gebruikt bij het opstellen van maatregelscenario's. Momenteel zijn er landelijke noch regionale of lokale beleidsdoelstellingen gedefinieerd voor de reductie van medicijnresten in het oppervlaktewater.

TABEL 4-1 VOORBEELDEN VAN MAATREGLSCENARIO'S AFGELEID VAN DE VERSCHILLENDE MAATLATTEN

| Maatlat                                                   | Voorbeelden van maatregels scenario's die kunnen worden uitgewerkt met de ontwikkelde maatlatten                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|-----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Concentratie bijdrage in ontvangend water bij lozingspunt | Normen bereiken (vergelijkbaar met emissietoets) bij lozingspunt. Wettelijke normen ontbreken echter. Het is wel duidelijk dat de kans op effecten groter is bij hogere concentraties. Maatregelenpakketten gericht op oppervlaktewateren met zeer hoge concentraties kunnen ook worden afgeleid met de alternatieve maatlat benedenstroomse waterkwaliteit die gebruik maakt van een hoog broncriterium.                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Invloed benedenstroomse waterkwaliteit                    | Benedenstroomse waterkwaliteit verbeteren door invloed vanuit RWZI's te verminderen, gericht op een maximale afname van concentraties in een zo groot mogelijk oppervlak, specifiek gericht op die concentratieverhogingen die een bovengemiddeld grote invloed op de benedenstroomse waterkwaliteit hebben.<br>Met deze maatlat kan de sterkste verbetering van de waterkwaliteit in Nederland worden bewerkstelligd. Ervan uitgaande dat voor elke RWZI de emissie kan worden gehalveerd (zie onderstaand kader) zal bij maatregelen in de top 19 RWZI's op deze maatlat (50% van de binnenlandse invloed) de waterkwaliteit in regionale wateren met 25% verbeteren. |
| Drinkwatermaatlatten voor 3 typen winningen               | Nagaan of en hoe het mogelijk is een norm van 0,1 µg/l te bereiken in alle oppervlaktewaterinnamepunten met emissiereductie en indien dit niet mogelijk is nagaan wat wel bereikt kan worden. Idem voor Oeverwaterwinningen en grondwaterwinningen.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |

#### BEPERKT EFFECT BIJ INGRIJPEN OP HET ZUIVERINGSRENDEMENT

Bij ingrijpen op het zuiveringsrendement zal de emissie niet afnemen tot een verwaarloosbaar niveau. De verbetering van rendementen die voor verschillende medicijnresten worden behaald zal sterk afhankelijk zijn van de gekozen techniek. In het algemeen wordt aangenomen dat de emissie met een aanvullende zuiveringsstap zal halveren, maar deze emissiereductie zal per individuele stof sterk en techniek variëren.

#### 4.4 METEN IN WATER: MODELVALIDATIE?

In deze hotspotanalyse is alleen in de bijlage aandacht voor 'modelvalidatie' door uitgangspunten te toetsen aan veldwaarnemingen. Gebruik makend van veldmetingen is de aanname getoetst dat het kentel van buitenlandse bronnen vergelijkbaar is met het Nederlandse kentel en is getoetst of afbraak een rol van betekenis heeft in het Nederlandse watersysteem.

Er is geen validatie van de modelresultaten uitgevoerd met metingen in regionale wateren. Het is dan ook niet eenvoudig de in deze studie berekende verspreiding van medicijnresten in het watersysteem met metingen te valideren. Daarvoor zijn meerdere redenen:

- Het model werkt met zomerhalfjaargemiddelde. Ter validatie zou een zomerhalfjaargemiddelde bemonstering moeten worden uitgevoerd of met behulp van (niet-stationaire) modellering een berekening van de concentratie op het bemonsteringsmoment moeten worden gesimuleerd. In veel watersystemen is bekend dat vooral in de zomer de stromingsrichting van dag tot dag kan variëren en zijn beide opties te kostenintensief.
- De totaalemissie medicijnresten van RWZI's is gemiddeld gezien voldoende betrouwbaar vastgesteld (zie Bijlage 3), maar is op niveau van individuele RWZI's variabel. In het project ZORG is geconstateerd dat de emissie voor individuele geneesmiddelen en in mindere mate de som van de geneesmiddelen per RWZI zeer sterk varieert, soms tot meer dan factor 2 (zie Tabel B5-1 punt 3).
- Het zuiveringsrendement van een RWZI zal in de tijd sterk verschillen afhankelijk van neerslagevents, temperatuur en willekeurige en periodieke variabiliteit in het algemene functioneren.

Het is ook niet nodig om het model te valideren met metingen. Een afwijkende meting zou vooral betekenen dat er een fout zit in de aannames waar het model op is gebaseerd. Om de

verspreiding in het watersysteem beter te begrijpen is het vaak effectiever om debietmetingen frequenter uit te voeren dan om medicijnresten te analyseren.

Anderzijds blijven er meerdere redenen bestaan om lokaal te gaan meten:

- Het verwijderingsrendement verschilt aanzienlijk per RWZI, zonder dat we exact weten waardoor dit wordt veroorzaakt.
- Voor de keuze van de inzet van extra zuiveringstechnieken geldt dat de mate waarin deze technieken zorgen voor extra zuivering flink verschilt per geneesmiddel. Om uit te kunnen rekenen met welke maatregelen welke problemen in de waterkwaliteit worden opgelost, moet de analyse afdalen tot het stofniveau.
- De analyse op stofniveau heeft als extra voordeel dat de mogelijkheden voor een bron-aanpak van medicijnresten, die sterk verschillen per geneesmiddel, ook in de afwegingen kunnen worden betrokken.
- Natuurlijke afbraak vindt vooral plaats onder invloed van UV-straling in wateren waar de medicijnresten lang verblijven, zoals meren. Wanneer afbraakprocessen worden meegenomen, zal de benedenstroomse invloed van RWZI's die afwateren op zulke waterlichamen verminderen. Overigens (zie Bijlage 8) speelt afbraak voor de meeste medicijnresten en in de meeste watersystemen geen rol van betekenis.
- Gezien de hoge kosten van aanvullende zuiveringsmaatregelen op een RWZI, moeten nut en noodzaak goed worden onderbouwd. Een combinatie van model- en meetresultaten is daarbij overtuigender dan enkel modelresultaten.
- Het kan relevant zijn toxiciteitmetingen of bioassays uit te voeren die kunnen aantonen dat er werkelijk iets aan de hand is.

# 5

## CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

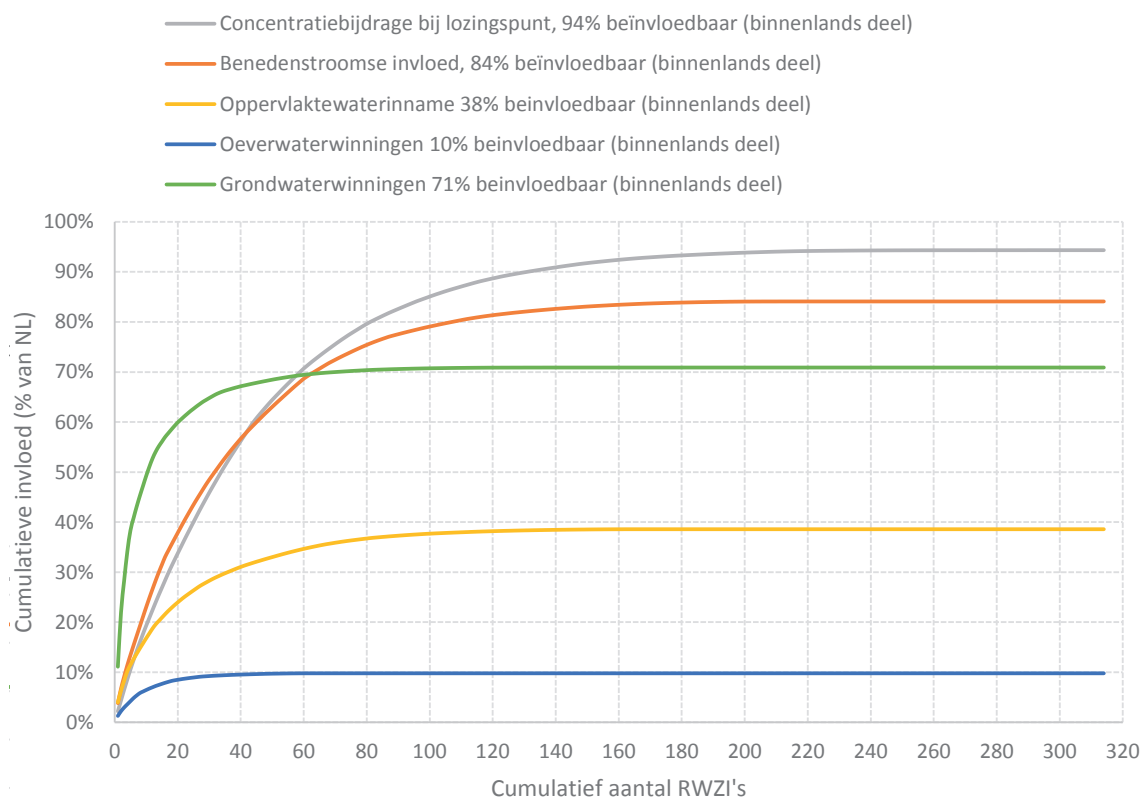
### 5.1 CONCLUSIES MAATLATTEN

In deze hotspotanalyse is bepaald welke RWZI's een relatief grote invloed hebben op de concentratiebijdrage van medicijnresten bij het lozingspunt, de beïnvloeding van de benedenstroomse waterkwaliteit en de beïnvloeding van drinkwaterbronnen. Per maatlat zijn de hoogst scorende RWZI's of 'hotspots' afgeleid. Voor alle maatlaten geldt dat een beperkt aantal RWZI's een dominante invloed hebben. Dit zijn de RWZI's die voorkomen op de steile stukken in de cumulatieve grafieken (hier samengevoegd in Figuur 5-1). Ook blijkt uit de analyse dat de maatlaten onderling weinig relatie hebben. De hotspots verschillen sterk per maatlat.

In onderstaande Figuur 5-1 zijn de cumulatieve grafieken van alle maatlaten in één figuur gepresenteerd. De grafieken zijn gemaximeerd tot het percentage dat beïnvloed is door Nederlandse RWZI's. Bijvoorbeeld voor oeverwaterwinningen komt 90% van de invloed uit het buitenlandse deel van de Rijn.

FIGUUR 5-1

CUMULATIEVE PROCENTUELE VERDELING VAN DE BEREKENDE MAATLATTEN



Bijna 200 van de 314 RWZI's vallen op geen enkele maatlat binnen de groep met de grootste invloed die 70% van de totale invloed veroorzaken. Deze RWZI's zijn dus voor alle onderzochte waterkwaliteitsaspecten niet relevant. Op basis van dit inzicht kan nader onderzoek worden gericht op de RWZI's met een relatief grote impact op één of meerdere van de onderzochte waterkwaliteitsaspecten.

*De maatlat 'concentratiebijdrage bij het lozingspunt'*

Deze maatlat onderscheidt RWZI's die potentieel een groot effect op de waterkwaliteit hebben van RWZI's die dat niet hebben. Een beperkt aantal RWZI's (10% van het totaal) is verantwoordelijk voor de helft van de concentratieophoging in ontvangende oppervlaktewaterlichamen (zie Figuur 5-1). De omvang en de functie van het ontvangende water zijn niet meegewogen in deze maatlat.

RWZI's met hoge concentratiebijdragen bij het lozingspunt komen vooral voor in het oosten en zuiden van het land bij de kleine ontvangende oppervlaktewateren en in het westen en noorden van het land op plekken waar het oppervlaktewater weinig doorspoelt. Vooral langs rivieren en andere grote rijkswateren zijn concentratiebijdragen bij lozingspunten te verwaarlozen omdat daar grote verdunning optreedt. Wanneer de grensbronnen in de analyse worden meegerekend als bron is nog altijd 94% van de concentratieverhogingen bij lozingspunten afkomstig van binnenlandse bronnen.

*De maatlat 'invloed benedenstroomse waterkwaliteit'*

Deze maatlat sluit het beste aan bij de definitie van hotspots: RWZI's die de waterkwaliteit relatief sterk beïnvloeden. De concentratiebijdrage van de RWZI in het hele afwentelingsgebied telt namelijk mee. Er zijn sterke regionale verschillen in invloed tussen met name noorden en westen (veel stagnante wateren, grote beïnvloede oppervlakken, en relatief grote invloed op de waterkwaliteit) versus andere delen van het land (veel snelstromende wateren, relatief kleine oppervlakken en relatief kleine invloed op de waterkwaliteit).

Ook voor deze maatlat geldt dat een klein deel van de RWZI's een groot deel van de invloed veroorzaakt. Deze top blijkt weinig gevoelig voor wijzigingen in de criteria en biedt sterke aanknopingspunten om de invloed van medicijnresten op het regionale watersysteem significant en kosteneffectief te verminderen. De Rijn en Maas hebben als 'bron' de grootste invloed op het regionale oppervlaktewater. Ca. 16% van de totale invloed van medicijnresten op het regionale watersysteem komt voort uit inlaten vanuit de grote rivieren. De buitenlandse invloed is relatief beperkt in vergelijking tot de grote vracht aan buitenlandse medicijnresten, omdat het grootste deel van deze vracht direct via de rivieren in de Noordzee stroomt.

*De maatlaten 'beïnvloeding drinkwaterbronnen'*

De drinkwatermaatlaten hebben een specifieke toepassing en zijn maatgevend om te bepalen welke RWZI's de oppervlaktewaterkwaliteit nabij de drinkwaterbronnen relatief sterk beïnvloeden.

Grondwaterwinningen worden soms door het effluent van een enkele RWZI beïnvloed, terwijl rivierwaterinnamepunten en oeverwaterwinningen door grote aantallen RWZI's worden beïnvloed. Buitenlandse RWZI's kunnen een forse invloed hebben (zie voorbeeld Figuur 3-13 van een winning in de Maas, voor winningen uit de Rijn geldt dezelfde conclusie).

In het algemeen gesteld is de beïnvloeding van drinkwaterbronnen locatiespecifiek en is het aantal winningen beperkt. De resultaten van deze maatlat zullen daarom op regionale en lokale schaal nader moeten worden beoordeeld. Voor alle typen winningen geldt dat met de aanpak van een beperkt aantal RWZI's veel effect kan worden bereikt. Echter, door de relatief grote bijdrage vanuit het buitenland (voornamelijk Rijn en Maas), vereist een goede kwaliteit van drinkwaterbronnen in veel gevallen maatregelen in zowel binnen- als buitenland. Dit is met name het geval voor oeverwaterwinningen die water uit de Rijn aantrekken (zie Figuur 5-1).

## 5.2 AANBEVELINGEN

### 5.2.1 AANBEVELINGEN VOOR HET GEBRUIK VAN MAATLATTEN VOOR PRIORITERING MAATREGELEN

De hotspots op de verschillende maatlatten geven een goed inzicht in de RWZI's waar maatregelen relatief sterk kunnen bijdragen aan het verminderen van de invloed van medicijnresten op de waterkwaliteit. Aanbevolen wordt om maatregelen toe te spitsen op deze hotspots.

De maatlatten vereisen echter een zorgvuldige interpretatie. Aandachtspunten zijn:

- de maatlatten vertegenwoordigen belangrijke en relevante waterkwaliteitsaspecten, maar niet alle aspecten (o.a. de 'waarde' van water en doelmatigheid van maatregelen);
- maatregelen en kosten zijn nog niet uitgewerkt. Bepalende factoren voor de kosten en efficiëntie van maatregelen zijn de techniekeuze, schaaufactoren en DWA per RWZI en per inwoner;
- de in maatlatten uitgewerkte waterkwaliteitsaspecten spelen op meerdere schalen, te weten internationaal, landelijk, regionaal en lokaal;
- de maatlatten moeten onderling in belang worden afgewogen.
- nieuwe inzichten in bijvoorbeeld de emissie of verspreiding kunnen leiden tot veranderingen in een maatlat.

Aanbevolen wordt zorgvuldig met al deze aandachtspunten om te gaan.

### 5.2.2 AANBEVELINGEN VOOR HET AANVULLEN VAN KENNISLACUNES

#### *Modellering extreme situaties*

In de modelberekeningen is uitgegaan van de halfjaargemiddelde zomersituatie. In specifieke gevallen kan overwogen worden extreme situaties door te rekenen of om resultaten te vertalen naar extreme situaties.

#### *Aanvullende metingen*

De resultaten van deze landelijke hotspotanalyse zijn zo robuust dat het niet wordt aanbevolen om deze op basis van metingen te verfijnen. De resultaten bieden wel een handvat voor individuele waterschappen om kritische monitoringslocaties voor medicijnresten en andere microverontreinigingen uit RWZI's te selecteren. Zeker voor de grootste hotspots is eerst screening van in- en effluentconcentraties aan te bevelen om het zuiveringsrendement te bepalen en zo het effect van een aanvullende zuivering beter te kunnen inschatten. Dit kan deels al met bestaande analysegegevens.

*Kosten en zuiveringsrendement*

Om effectieve en efficiënte maatregelen te kunnen treffen, wordt aanbevolen om de state-of-the-art kennis, nationaal en internationaal, van de effecten (zuiveringsrendement) en kosten van aanvullende zuiveringstechnische maatregelen in beeld te brengen. De grootte van de zuivering en de inrichting daarvan vormen belangrijke elementen daarin. Deze kennis kan een belangrijke basis vormen voor de selectie van maatregelen voor de hotspots.

*Pilots zuiveringstechnieken*

De plaats, route en wijze van verwijdering van medicijnresten in een conventionele biologische zuivering is nog vrijwel onbekend. De kennis beperkt zich grotendeels tot het totale zuiveringsrendement. Dat is het verschil tussen concentraties in effluent en influent. Aanbevolen wordt om te onderzoeken welke optimalisaties van conventionele zuiveringen kunnen leiden tot een verhoging van het zuiveringsrendement, zonder het nemen van dure nageschakelde technieken. Dit onderzoek kan aanvullend aan lopende pilots plaatsvinden en deels worden gebaseerd op ervaringen in het buitenland.

*Toxicologie*

Er zijn voldoende aanwijzingen om uit voorzorg te handelen (Moermond et al., 2016 (RIVM Briefrapport 2016-0111); Derksen & ter Laak, 2013 (STOWA-rapport 2013-06); Derksen, 2014 (STOWA-rapport 2014-45)), maar verdere onderbouwing van het toxicologisch belang van medicijnresten en de noodzaak van maatregelen bij een bepaalde RWZI blijft wenselijk. Dit kan deels al met bestaande meetgegevens, aangevuld met gerichte effectmetingen op hotspotlocaties (vergelijk project SMART monitoring). Het wordt aanbevolen om milieueffecten van medicijnresten nader in beeld te brengen, ook in relatie tot hoeveelheden en effecten van andere stoffen en andere bronnen.

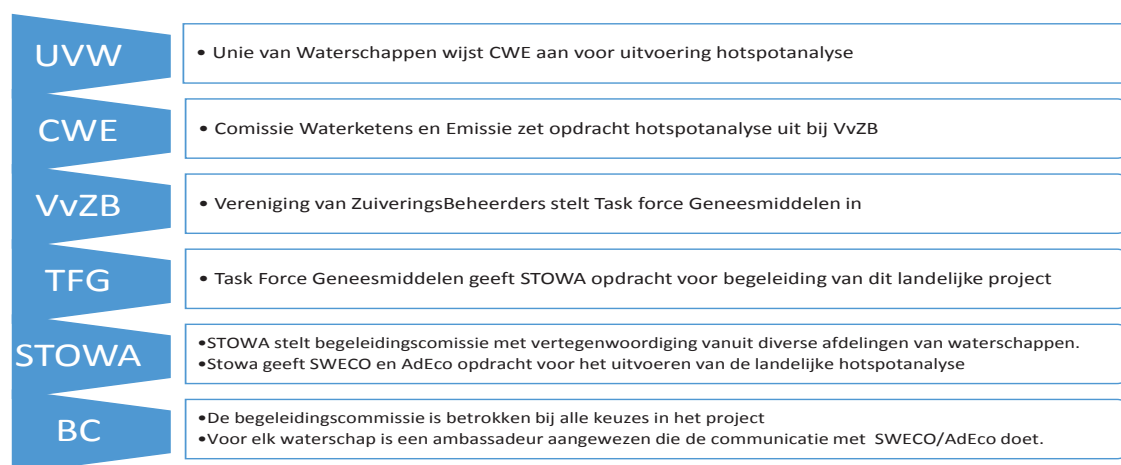
## BIJLAGE 1

## COLOFON

## B1.1 SAMENSTELLING GROEPEN

In Figuur B1-1 is het organisatieschema weergegeven. In de navolgende paragrafen van deze bijlage is de samenstelling van de verschillende organisatieonderdelen opgesomd.

FIGUUR B1-1 ORGANISATIESCHEMA



## B1.2 STUURGROEP/TASKFORCE

- Fred Klein Woolthuis (Noorderzijlvest) is aangewezen als trekker van de Taskforce.
- De volgende leden van de VvZB nemen deel aan de Taskforce: Flip Huijser (HHNK), Dorine Kolkman (WRIJ, wordt vervangen door Gerrit Kuper), Wanda Danvers (WBL), Ed Steenberg (Rivierenland), Wim Heijbroek (HDSR), Dick Kuiper (Vechtstromen).
- Voor een goede verbinding met diverse stakeholders zijn de volgende mensen toegevoegd als (agenda) leden:
  - STOWA: Bert Palsma, Bas van der Wal en Cora Uijterlinde
  - Unie van Waterschappen: Ciska Blom (UvW), Pierre de Vries (UvW), Henry van Veldhuizen (Vallei en Veluwe, ondersteunt UvW op zuiveringstak), Anke Durand (Vechtstromen, ondersteunt UvW op ecotoxicologie), Hans Schepman (WDOD, vanuit de Unie betrokken bij Delta Aanpak Waterkwaliteit) en Arjen van der Mark (WWE, Wetterskip Fryslân)
  - Landelijk Technologen Platform (LTP): Coert Petri (vz. LTP, WRIJ), Leo van Efferen (ZZL), Bart Verberkt (Aa en Maas).
  - Ministerie van I&M en de landelijke Ketenaanpak Geneesmiddelen: Marc de Rooij en Gerard Rijs.
  - VEWIN: Arjan Frentz, Lieke Coonen en Jos Dekker (PWN, ondersteunt Vewin).

Het gaat om circa 20 mensen, waarbij een aantal mensen elkaar kan vervangen. Hiermee wordt ervoor gezorgd dat alle partijen zoveel mogelijk zijn aangehaakt, zonder dat altijd iedereen aanwezig hoeft te zijn. Ook zijn hiermee de volgende partijen en projecten en platforms vertegenwoordigd: Expertgroep Waterfabriek, Project Schone Maaswaterketen, Ketenaanpak Geneesmiddelen, Themagroep Geneesmiddelen, Netwerk Monitoring Nieuwe Stoffen en Begeleidingscommissie Hot Spot analyse.

**B1.3 AMBASSADEUR VAN DE WATERSCHAPPEN VOOR DE HOTSPOTANALYSE**

- Arjan Verhoeff Drents Overijsselse Delta
- Ton Ruigrok Rivierenland
- Frank Groot Hollands Noorderkwartier
- Joan Meijerink Zuiderzeeland
- John Koop Hunze en Aas
- Niels Lenting Stichtse Rijnlanden
- Wim van der Hulst Aa en Maas
- Jelle Gommans Peel en Maasvallei
- Anna Koenis Rijnland
- Piet van Dongen Hollandse Delta
- Annemarie Kramer Rijn en IJssel
- Kees van de Ven Noorderzijlvest
- Onneke Driessen Waterbedrijf Limburg
- Theo Cuijpers Schieland en Krimpenerwaard
- Jos Goossen Scheldestromen
- Casper Lambregts Brabantse Delta
- Roelof Veeningen Fryslan (opgevolgd door Harry Boonstra)
- Cor Verkerk Waternet
- Mathijs Oosterhuis Vechtstromen
- Oscar van Zanten Dommel
- Maurice Fransen Roer en Overmaas
- Marije Paardekooper Delfland
- Frans de Bles Vallei en Veluwe

**B1.4 ADVISEURS EN AUTEURS**

- Marc Vissers Sweco
- Lideke Vergouwen Sweco
- Stefan Witteveen Sweco

**MET BIJDRAGEN VAN**

- Anja Derksen AD eco advies
- Tom Raadgever Sweco

## BIJLAGE 2

## PROCESSHEMA

**B2.1 WIJZE VAN TERUGKOPPELING EN CONSULTATIE**

Terugkoppeling met de achterban heeft plaatsgevonden volgens twee sporen., nl. met de begeleidingscommissie (BC) en met de waterschappen.

*Begeleidingscommissie*

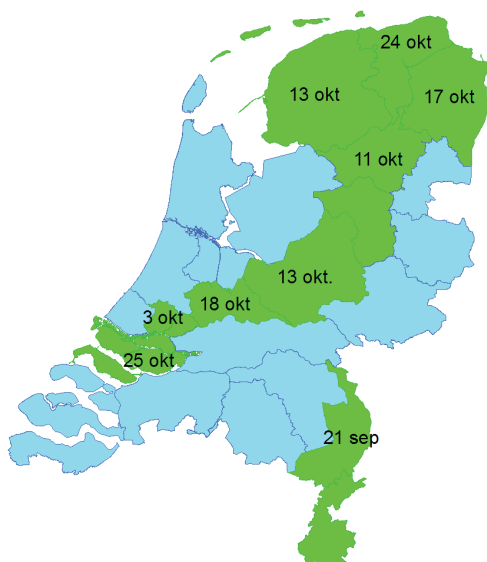
In overleg met de begeleidingscommissie werd de richting van het project bepaald in een iteratief proces. De uitgezette koers werd regelmatig herzien op basis van de verkregen resultaten. Met name het ontwikkelen van de maatlatten heeft levendige discussies opgeleverd.

*Waterschappen*

De waterschappen leverden de basisgegevens aan en controleerden in verschillende rondes de producten. De contacten met de waterschappen verliepen met een ambassadeur per waterschap. Deze verwees vaak door naar de betreffende specialisten binnen het waterschap. De verschillende correctierondes waren noodzakelijk om een kaartbeeld van de verspreidingsroutes vanuit de RWZI's te verkrijgen die gedragen wordt door de waterschappen. Op die manier is ook draagvlak gecreëerd voor het eindresultaat. Een deel van de waterschappen gaf er de voorkeur aan de eerste consultatie mondeling te laten verlopen (groen gekleurde waterschappen in Figuur B2-1)). Bij het andere deel (blauwgekleurd) volstond consultatie per telefoon of per mail.

FIGUUR B2-1

TERUGKOPPELING MET WATERSCHAPPEN. GROEN MET DATA: MONDELING. BLAUW: TELEFONISCH OF PER MAIL



## B2.2 OVERZICHT TERUGKOPPELING VOLGENS TWEE SPOREN IN DE TIJD

In tabel B2-1 is een overzicht gegeven van de terugkoppeling volgens de twee sporen in de tijd

TABEL B2-1 TERUGKOPPELING MET BC EN WATERSCHAPPEN

| SPOOR BC-overleggen                                                                                                                                                                  | SPOOR MODELLERING met ambassadeurs waterschappen                                                                                                                                               | periode          |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| Samenstellen BC-groep en groep ambassadeurs.                                                                                                                                         | Opvragen LKM-model bij Deltares en uitvoeren eerste verkennende berekeningen: onderzoeken mogelijkheid om alle RWZI's tegelijk als 'stof' door te rekenen.                                     | jun-16           |
| 0507_Presentatie project bij bijeenkomst Schone maaswaterketen                                                                                                                       | Runnen van het LKM met daarin alleen de lijst RWZI's geupdate aan de hand van gegevens Rijkswaterstaat.                                                                                        | jul-16           |
| 1508_Oplevering modelrun-resultaten inclusief notitie landelijk beeld                                                                                                                | Runnen van het LKM met daarin alleen de lijst RWZI's geupdate aan de hand van gegevens Rijkswaterstaat.                                                                                        | aug-16           |
| 2408_Startbespreking met BC, inclusief presentatie resultaten modelrun en belangrijkste waar-nemingen landelijk beeld vracht en concentratie-bijdrage in ontvangend oppervlaktewater | 1509_Opstellen en uitdoen documenten dataverzameling en kaarten ter beoordeling modelresultaat waterschappen.<br>3009_Uitvraag gegevens buitenland aan 'grenswaterschappen'                    | sep-16           |
|                                                                                                                                                                                      | Dataverzameling per waterschap, consultatieronde telefonisch of met bezoek.                                                                                                                    | okt-16           |
|                                                                                                                                                                                      | Dataverzameling per waterschap, consultatieronde telefonisch of met bezoek                                                                                                                     | nov-16           |
|                                                                                                                                                                                      | 0911_Start met doorvoeren verbeteringen in het model<br>22-11 laatste gegevens binnen                                                                                                          |                  |
| 0612_BC overleg en discussie over nieuw uitgewerkte maatlat benedenstroomse waterkwaliteit, discussie over maatlaten natuur en drinkwater                                            | 2312_Oplevering eerste modelcorrectieresultaat                                                                                                                                                 | dec-16           |
| 1701_BC overleg over oordeel waterschappen over modelverbeteringen (voldoende vertrouwen), en over nieuwe maatlaten                                                                  | 1501_Alle commentaar op modelresultaten 1e correctie binnen                                                                                                                                    | jan-17           |
| 0802_Extra overleg met subgroep BC over afleiding maatlaten: maatlat benedenstroomse waterkwaliteit vastgesteld                                                                      |                                                                                                                                                                                                | feb-17           |
| 2202_BC presentatie vastgestelde maatlaten                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                |                  |
| 1703_BC overleg over rapportage met voorlopige resultaten                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                | mrt-17           |
| 1704_Afronding rapportage met '98%-versie' maatlaten, presentatie                                                                                                                    | 2104_Resultaten tweede ronde correcties ter nacontrole aanleveren aan waterschappen<br>1205_Resultaten nacontrole terug bij SWEKO, correcties die daaruit voortkomen doorvoeren                | apr-17<br>Mei-17 |
| 2205 Bespreking concept eindversie                                                                                                                                                   | 3005_Definitieve vaststelling en oplevering maatlaten<br>0306 Oplevering definitieve maatlaten<br>1006 Oplevering concept2 rapportage en definitieve vaststelling maatlaten, 21-6 eindconcept. | Jun-17           |
|                                                                                                                                                                                      | 2806 Bijeenkomst met BC en alle waterschappen Amersfoort                                                                                                                                       | Jun-17           |

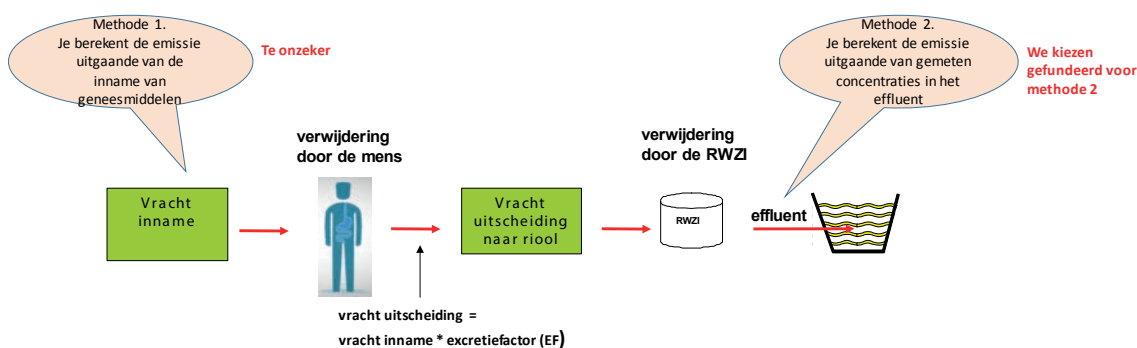
## BIJLAGE 3

## AFLEIDING KENTAL EMISSIE

## B3.1 METHODEN VOOR HET AFLEIDEN VAN EEN KENTAL VOOR DE EMISSIE VAN MEDICIJNRESTEN

Om de emissie van medicijnresten voor alle RWZI's efficiënt te berekenen wordt in deze studie gebruik gemaakt van een kental voor medicijnrestenemissie per op een RWZI aangesloten inwoner. De afleiding van het kental van de emissie per persoon kan op twee manieren worden aangevlogen, n.l. vanaf het begin bij de inname door personen of van de andere kant direct bij het effluent (zie figuur B3-1).

FIGUUR B3-1 MOGELIJKHEDEN VOOR AFLEIDING VAN KENTAL VOOR EMISSIE VAN MEDICIJNRESTEN PER PERSOON PER JAAR

**Methode 1. Afleiding op basis innamegegevens**

De emissie van medicijnresten door een RWZI wordt bepaald door het geneesmiddelengebruik, de emissiefactor (voor ingenomen middelen de excretiefactor, voor crèmes het deel dat van de huid afspoelt en dat via de was in het afvalwater terechtkomt), en tot slot het zuiveringsrendement van de RWZI.

Doordat informatie over de inname niet openbaar beschikbaar is, niet bekend is hoeveel via drogisterijen verkocht wordt en niet bekend is hoeveel van de verkochte middelen daadwerkelijk wordt gebruikt en informatie over de andere twee emissiebepalende factoren (excretiefactor en zuiveringsrendement) beperkt aanwezig en metingen en schattingen hiervan een grote bandbreedte tonen, is voor deze studie de schatting gebaseerd op metingen in effluent.

**Methode 2. Afleiding op basis concentraties in effluent: hier is voor gekozen.**

Bij deze methode wordt uitgegaan van in effluent gemeten concentraties van individuele medicijnresten. Deze worden gesommeerd naar een totaalconcentratie en met behulp van debieten en aangesloten inwoners omgerekend naar een totaalemissie medicijnresten per persoon. Deze methode heeft ook beperkingen, omdat geen analysepakket beschikbaar is voor alle mogelijke medicijnresten en omdat detectielimieten soms nog hoog zijn, zodat stoffen 'gemist' worden. De som van de aangetroffen medicijnresten is dan maar een deel van de werkelijke hoeveelheid. Daarnaast zijn van lang niet alle medicijnresten de metabolieten bekend en geen van de wel bekende metabolieten komen voor in de gehanteerde analysepakketten, een probleem dat overigens ook bij methode 1 speelt.

### B3.2 AFLEIDING KENTAL 2 GRAM PER PERSOON PER JAAR (2 G/P/J)

We hebben op basis van metingen in effluenten van RWZI's een kental voor de emissie van medicijnresten afgeleid van 2 g/p/j.

Bij voorgaande hotspotanalyses werd uitgegaan van een kental voor de emissie van 1 g/p/j (zonder metformine) en 1,5 g/p/j met in begrip van metformine. Dit kental was gebaseerd op metingen bij 7 RWZI in het project ZORG (STOWA 2011-02) (zie kader).

#### AFLEIDING KENTAL EMISSIE PER PERSOON IN PROJECT ZORG

##### • Project ZORG (STOWA 2011-02)

In het project ZORG zijn de kentallen voor individuele medicijnresten afgeleid uit analysegegevens van effluenten van 7 RWZI's<sup>9</sup>. Per RWZI zijn de analyseresultaten samen met de gemeten debieten en het aantal aangesloten inwoners omgerekend naar gram per persoon jaar.

De totale emissie, gebaseerd op gegevens uit het ZORG project is (inclusief metformine) 1,5 g per persoon per jaar (g/p/j) hetgeen zich bij DWA-omstandigheden vertaalt naar een totaalconcentratie van 13,5 µg/l (zie Tabel B3-1). De emissiewaarden voor de individuele bemeeten RWZI's varieert tussen 0,9 en 3,2 g/p/j. Juist in metformine zit een grote variatie (tussen 0,1 en 1,3 g/p/j).

De totale emissie gebaseerd ZORG is exclusief metformine 1 g per persoon per jaar (g/p/j). De emissiewaarden voor de individuele bemeeten RWZI's varieert tussen 0,8 en 2,1 g/p/j.

**Metformine** is qua kilo's verreweg het meest gebruikte geneesmiddel. Het zuiveringsrendement van deze stof is hoog (gemiddeld 89%), maar ook de spreiding is hoog (tussen 55% en 98%). Ondanks het hoge zuiveringsrendement komt metformine, vanwege de hoge vrachten in het influent, in het effluent van alle medicijnresten in de hoogste concentraties voor (van de gemeten medicijnresten gemiddeld ca 1/3 van het totaal). Vanwege deze relatief hoge concentraties, waardoor metformine een groot deel van de vracht bepaalt, en de mogelijke spreiding in deze concentraties is in eerdere studies vaak een kental exclusief metformine gebruikt.

In deze emissiewaarden zijn röntgencontrastmiddelen niet opgenomen. Voor **röntgencontrastmiddelen** is géén betrouwbaar kental af te leiden omdat de data heterogeen zijn: de keuze van middelen, de vrachten en de rendementen verschillen sterk per ziekenhuis en zuivering. Ieder ziekenhuis heeft voorkeur voor bepaalde röntgencontrastmiddelen en in zuiveringskringen waar ziekenhuizen zijn aangesloten zijn de vrachten röntgencontrastmiddelen groter dan in zuiveringskringen zonder ziekenhuizen omdat deze middelen in de eerste 24 uur vrijwel volledig worden uitgescheiden.

Inmiddels zijn er veel meer medicijnrestenanalyses in effluenten van RWZI's beschikbaar in de Watson database. Uit de Watson database zijn per geneesmiddel kentallen afgeleid voor gemiddelde concentraties in effluenten en voor de mediaan van de metingen. Deze waarden zijn omgerekend naar jaarlijkse Nederlandse vrachten op basis van een DWA-jaardebiet van 1.841.316.213 m<sup>3</sup>/jaar (bron bestand RWS 2014) en naar een emissievracht per persoon op basis van een inwoneraantal in 2014 van 16.902.000 personen (bron CBS). Het uitgangspunt hierbij is dat de meeste metingen onder DWA-omstandigheden hebben plaatsgevonden.

In Tabel B3-1 zijn per geneesmiddel weergegeven de emissie in mg/p/j (het totaal uitgedrukt in g/p/j), de concentratie in mg/l en de procentuele bijdrage van ieder geneesmiddel aan het totaal. De medicijnresten die onderdeel uitmaakten van het kental in het ZORG project zijn geel

<sup>9</sup> zie STOWA 2011-02, bijlage 2 en STOWA 2011- W01 t/m W08

gemarkeerd. De lijst is uitgebreid met 22 geneesmiddelen. Als kental is gekozen voor de gemiddelde concentraties in de Watson database. De tabel is van boven naar beneden gesorteerd op de kolom 'gemiddelde'. In de laatste kolom staat aangegeven op hoeveel metingen de gemiddelden en medianen zijn gebaseerd (aantal boven de rapportagegrens/totaal aantal metingen).

Uitgaande van de gemiddelde concentraties in effluent uit de Watson database is het volgende afgeleid:

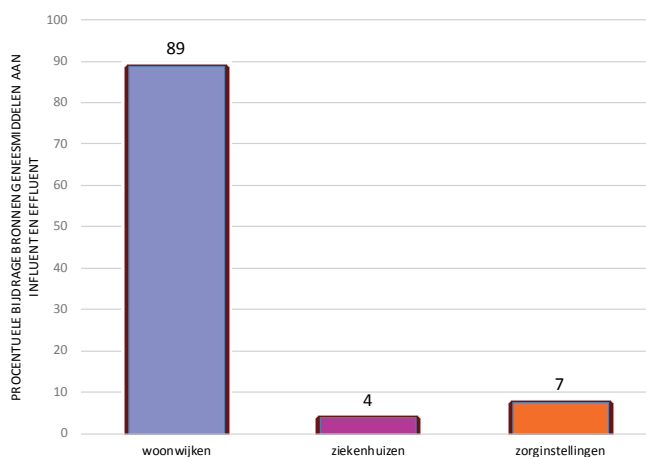
- Een kental van 2 g/p/j (eigenlijk 1,92 g/p/j) (inclusief metformine en exclusief röntgencontrastmiddelen).
- Een resulterende gemiddelde totaalconcentratie medicijnresten van 17,7 µg/l in effluent.

#### *Onzekerheden werkelijke emissie uit een RWZI*

Per persoon scheiden mensen die in een ziekenhuis of zorginstelling verblijven door hun grotere gebruik meer medicijnresten uit per persoon. De emissie vanuit een RWZI hangt dus af of er een dergelijke instelling aanwezig is in de zuiveringskring die loost op de RWZI. Het aandeel medicijnresten uit ziekenhuizen en zorginstellingen varieert dus per zuiveringskring maar is klein zoals blijkt uit figuur B3-2. Andere onzekerheden kunnen ontstaan door een lokaal afwijkend voorschrijfpatroon, door de aanwezigheid van forenzen of toerisme waardoor het aantal lozers afwijkt van het aantal aangesloten inwoners etc. Ook het verwijderingspercentage van de RWZI's is variabel en deze laatste is de grootste bron van onzekerheid in de werkelijke emissie van een RWZI, zeker als naar individuele stoffen wordt gekeken.

FIGUUR B3-2

LANDELIJK BEELD PROCENTUELE BIJDRAGE MEDICIJNRESTEN AAN INFLUENTEN EN EFFLUENTEN VAN RWZI'S NAAR OPPERVLAKTWATER VANUIT VERSCHILLENDE BRONNEN. PER ZUIVERINGSKRING VERSCHILLEN DE ONDERLINGE VERHOUDINGEN



### **B3.3 IN WERKELIJKHEID IS DE EMISSIE MOGELIJK GROTER MAAR DIT IS NIET ERG.**

In werkelijkheid is het kental voor de emissie groter dan het uit de Watson database afgeleide kental van 2g/p/j, maar niet heel veel groter omdat de analysepakketten om de concentraties in de effluenten te meten zijn samengesteld op basis van verwachtingen van de grootste bijdrage naar het watersysteem.

#### *RIVM*

In het rapport van het Moermond et al (2016) wordt een totale emissie geschat van 140 ton per jaar of omgerekend 8 g/p/j. Dit getal is gebaseerd op verkoopcijfers van alle circa 2000 geneesmiddelen in Nederland (receptplichtig en niet receptplichtig, verkregen van BOGIN) onder de aanname dat de emissiefactor 4% is.

### Vlaanderen

Uit de verkoopgegevens van Vlaanderen, waar alle innamegegevens, ook die van drogisterijen, openbaar zijn, kan ook een schatting van werkelijke emissie worden gemaakt. Uit deze cijfers zijn eerst irrelevante geneesmiddelen (zoals kalktabletten, ijzertabletten, vezelpreparaten, etc.) worden weggestreept, zijn vervolgens van gemeten stoffen de werkelijke emissies opgeteld, waarna voor de overige stoffen de gemiddelde emissiefactor van de in de gemeten stoffen is toegepast. Die exercitie leidt tot een emissie van ongeveer 3 g/p/j.

### Te laag kental is niet erg

Het is niet erg dat het kental waarmee gewerkt wordt lager is dan de daadwerkelijke emissie. Immers het gaat om een relatieve vergelijking van de invloed van alle RWZI's op het watersysteem en bij alle RWZI's wordt gewerkt met hetzelfde kental. Er is uitgegaan van de gemeten concentraties in effluent, waarbij ook recente metingen zijn gebruikt en er meer medicijnresten zijn gedetecteerd en er dus een iets hoger kental is afgeleid dan in eerdere studies is aangehouden.

Omdat het kental voor de emissie hoger zal zijn dan het gehanteerde kental is het belangrijk te realiseren dat ook de berekende totaalconcentraties in het oppervlaktewater in werkelijkheid hoger zullen zijn. Ook zal de toxiciteit hoger zijn dan die berekend is op basis van de mix medicijnresten waaruit het huidige kental is afgeleid.

**TABEL B3-1 KENTALEN VOOR MEDICIJNRESTENEMISSIONS GEBASEERD OP METINGEN IN HET PROJECT ZORG (STOWA 2011-02), OP DE MEDIAAN VAN METINGEN UIT DE WATSON DATABASE EN OP HET GEMIDDELDE VAN METINGEN UIT DE WATSON DATABASE. JAARDEBIET<sub>2014</sub> TOTAAL BEHANDELD EFFLUENT = 1.841 MILJOEN M<sup>3</sup>. INWONERAANTAL<sub>2014</sub>=16.902.000 PERSONEN. DE MEDICIJNRESTEN DIE ONDERDEEL IN HET ZORG PROJECT BOVEN DE RAPPORTAGEGRENSEN (RG) ZIJN GEDETECTEERD ZIJN GEEL GEMARKEERD. # = AANTAL.**

| ATC-code-stofnaam               | STOWA,<br>2011-02<br>vracht | STOWA<br>2011-02<br>conc.<br>effluent | STOWA,<br>2011-02<br>Als % | Watson<br>2009-2016<br>med. vracht | Watson<br>2009-2016<br>med conc. | Watson<br>2009-2016<br>Als % | Watson<br>2009-2016<br>gem. vracht | Watson<br>2009-2016<br>gem conc. | Watson<br>2009-2016<br>Als % | Watson<br>2009-2016<br>aantal<br>metingen |
|---------------------------------|-----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|------------------------------------|----------------------------------|------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|------------------------------|-------------------------------------------|
|                                 | mg/pp/j                     | µg/l                                  |                            | mg/pp/j                            | (µg/l)                           |                              | mg/pp/j                            | (µg/l)                           |                              | # >RG / #                                 |
| A10BA02 - Metformine            | 520                         | 4,77                                  | 35,5%                      | 196                                | 1,80                             | 15,2%                        | 436                                | 4                                | 22,6%                        | 48 / 51                                   |
| N03AX12 - Gabapentine           | 210                         | 1,93                                  | 14,4%                      | 131                                | 1,20                             | 10,1%                        | 172                                | 1,58                             | 8,9%                         | 68 / 69                                   |
| C07AB02 - Metoprolol            | 240                         | 2,20                                  | 16,4%                      | 163                                | 1,50                             | 12,6%                        | 165                                | 1,52                             | 8,6%                         | 165 / 165                                 |
| C09CA04 - Irbesartan            | -                           | -                                     | -                          | 109                                | 1,00                             | 8,4%                         | 143                                | 1,32                             | 7,4%                         | 65 / 65                                   |
| C07AA07 - Sotalol               | 100                         | 0,92                                  | 6,8%                       | 94                                 | 0,86                             | 7,3%                         | 126                                | 1,15                             | 6,5%                         | 135 / 135                                 |
| J01FA01 - Anhydro-erythromycine | -                           | -                                     | -                          | 47                                 | 0,43                             | 3,6%                         | 114                                | 1,04                             | 5,9%                         | 7 / 9                                     |
| C03AA03 - Hydrochlorothiazide   | -                           | -                                     | -                          | 81                                 | 0,74                             | 6,2%                         | 111                                | 1,02                             | 5,7%                         | 39 / 58                                   |
| N03AF01 - Carbamazepine         | 50                          | 0,46                                  | 3,4%                       | 52                                 | 0,48                             | 4,0%                         | 66                                 | 0,60                             | 3,4%                         | 156 / 156                                 |
| R06AX26 - Fexofenadine          | -                           | -                                     | -                          | 53                                 | 0,48                             | 4,1%                         | 57                                 | 0,52                             | 2,9%                         | 11 / 11                                   |
| C07AB03 - Atenolol              | -                           | -                                     | -                          | 36                                 | 0,33                             | 2,8%                         | 44                                 | 0,41                             | 2,3%                         | 29 / 29                                   |
| C03CA01 - Furosemide            | -                           | -                                     | -                          | 22                                 | 0,20                             | 1,7%                         | 41                                 | 0,38                             | 2,1%                         | 7 / 7                                     |
| C09CA03 - Valsartan             | -                           | -                                     | -                          | 22                                 | 0,20                             | 1,7%                         | 38                                 | 0,35                             | 2,0%                         | 32 / 53                                   |
| N05BA04 - Oxazepam              | 60                          | 0,55                                  | 4,1%                       | 28                                 | 0,26                             | 2,2%                         | 34                                 | 0,32                             | 1,8%                         | 93 / 104                                  |
| C10AB04 - Gemfibrozil           | 40                          | 0,37                                  | 2,7%                       | 14                                 | 0,13                             | 1,1%                         | 29                                 | 0,27                             | 1,5%                         | 80 / 97                                   |
| M01AB05 - Diclofenac            | 20                          | 0,18                                  | 1,4%                       | 24                                 | 0,22                             | 1,9%                         | 27                                 | 0,25                             | 1,4%                         | 163 / 170                                 |
| N02AX02 - tramadol              | -                           | -                                     | -                          | 25                                 | 0,23                             | 1,9%                         | 27                                 | 0,25                             | 1,4%                         | 16 / 16                                   |
| M01AE02 - Naproxen              | 30                          | 0,28                                  | 2,1%                       | 14                                 | 0,13                             | 1,1%                         | 27                                 | 0,25                             | 1,4%                         | 81 / 97                                   |
| B01AC07 - Dipyridamol           | 10                          | 0,09                                  | 0,7%                       | 0                                  | 0,00                             | 0,0%                         | 26                                 | 0,24                             | 1,3%                         | 22 / 69                                   |
| C09CA07 - Telmisartan           | -                           | -                                     | -                          | 25                                 | 0,23                             | 2,0%                         | 24                                 | 0,22                             | 1,2%                         | 11 / 11                                   |
| N03AX14 - Levetiracetam         | 20                          | 0,18                                  | 1,4%                       | 20                                 | 0,18                             | 1,6%                         | 20                                 | 0,18                             | 1,0%                         | 18 / 24                                   |
| N05CD07 - Temazepam             | -                           | -                                     | -                          | 17                                 | 0,16                             | 1,3%                         | 18                                 | 0,17                             | 0,9%                         | 4 / 4                                     |
| C09CA01 - Losartan              | -                           | -                                     | -                          | 14                                 | 0,13                             | 1,1%                         | 16                                 | 0,14                             | 0,8%                         | 13 / 13                                   |
| J01EC01 - Sulfamethoxazol       | 10                          | 0,09                                  | 0,7%                       | 12                                 | 0,11                             | 0,9%                         | 15                                 | 0,14                             | 0,8%                         | 112 / 142                                 |
| N06AX16 - venlafaxine           | -                           | -                                     | -                          | 15                                 | 0,14                             | 1,2%                         | 15                                 | 0,14                             | 0,8%                         | 12 / 14                                   |
| J01FA10 - Azitromycine          | 10                          | 0,09                                  | 0,7%                       | 14                                 | 0,13                             | 1,1%                         | 14                                 | 0,13                             | 0,8%                         | 42 / 62                                   |
| N05AD05 - Pipamperon            | 50                          | 0,46                                  | 3,4%                       | 0                                  | 0,00                             | 0,0%                         | 14                                 | 0,13                             | 0,7%                         | 11 / 37                                   |
| J01EA01 - Trimethoprim          | 10                          | 0,09                                  | 0,7%                       | 11                                 | 0,10                             | 0,8%                         | 13                                 | 0,12                             | 0,7%                         | 88 / 118                                  |
| J01FA09 - Claritromycine        | -                           | -                                     | -                          | 7                                  | 0,06                             | 0,5%                         | 12                                 | 0,11                             | 0,6%                         | 55 / 95                                   |
| C01BB01 - Lidocaïne             | 10                          | 0,09                                  | 0,7%                       | 10                                 | 0,09                             | 0,8%                         | 11                                 | 0,10                             | 0,6%                         | 80 / 91                                   |

| ATC-code-stofnaam                    | STOWA,<br>2011-02 | STOWA<br>2011-02  | STOWA,<br>2011-02 | Watson<br>2009-2016 | Watson<br>2009-2016 | Watson<br>2009-2016 | Watson<br>2009-2016 | Watson<br>2009-2016 | Watson<br>2009-2016 | Watson<br>2009-2016 |
|--------------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
|                                      | vracht            | conc.<br>effluent |                   | med. vracht         | med conc.           |                     | gem. vracht         | gem conc.           |                     | aantal<br>metingen  |
|                                      | mg/pp/j           | µg/l              | Als %             | mg/pp/j             | (µg/l)              | Als %               | mg/pp/j             | (µg/l)              | Als %               | # >RG / #           |
| M01AE01 – Ibuprofen                  | 10                | 0,09              | 0,7%              | 4                   | 0,03                | 0,3%                | 10                  | 0,09                | 0,5%                | 52 / 90             |
| C01BC04 – Flecainide                 | -                 | -                 | -                 | 10                  | 0,09                | 0,8%                | 10                  | 0,09                | 0,5%                | 11 / 11             |
| N05AH02 – Clozapine                  | 30                | 0,28              | 2,1%              | 0                   | 0,00                | 0,0%                | 9                   | 0,08                | 0,5%                | 21 / 44             |
| J02AC01 – Fluconazol                 | -                 | -                 | -                 | 7                   | 0,06                | 0,5%                | 9                   | 0,08                | 0,5%                | 11 / 11             |
| J01FA01 – Erytromycine               | -                 | -                 | -                 | 9                   | 0,08                | 0,7%                | 8                   | 0,07                | 0,4%                | 24 / 31             |
| N02BE01 – Paracetamol                | -                 | -                 | -                 | 0                   | 0,00                | 0,0%                | 5                   | 0,04                | 0,3%                | 2 / 9               |
| N05AH04 – Quetiapine                 | 20                | 0,18              | 1,4%              | 0                   | 0,00                | 0,0%                | 5                   | 0,04                | 0,2%                | 4 / 24              |
| C10AB01 – Clofibraat                 | -                 | -                 | -                 | 0                   | 0,00                | 0,0%                | 4                   | 0,04                | 0,2%                | 5 / 47              |
| N02AA59 – Codeïne                    | -                 | -                 | -                 | 5                   | 0,05                | 0,4%                | 4                   | 0,04                | 0,2%                | 11 / 11             |
| C07AA05 – Propranolol                | -                 | -                 | -                 | 0                   | 0,00                | 0,0%                | 2                   | 0,02                | 0,1%                | 12 / 54             |
| J01FF01 – Clindamycine               | -                 | -                 | -                 | 0                   | 0,00                | 0,0%                | 2                   | 0,02                | 0,1%                | 18 / 50             |
| N06AB04 – Citalopram                 | -                 | -                 | -                 | 2                   | 0,02                | 0,1%                | 2                   | 0,02                | 0,1%                | 11 / 11             |
| C10AB02 – Bezafibraat                | 10                | 0,09              | 0,7%              | 0                   | 0,00                | 0,0%                | 2                   | 0,02                | 0,1%                | 55 / 130            |
| M01AE03 – Ketoprofen                 | 3                 | 0,03              | 0,2%              | 0                   | 0,00                | 0,0%                | 1                   | 0,01                | 0,1%                | 26 / 115            |
| Totaal (excl stoffen met een P-PNEC) | 1463              | 13,43             | 100               | 1292                | 11,86               | 100                 | 1927                | 17,69               | 100                 |                     |
| Totaal stoffen met een P-PNEC        |                   |                   |                   |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |

\* P-PNEC beschikbaar in de NORMAN database.

Gemiddelde concentratie van metformine van 4 µg/l is zonder uitschieter 100 µg/l in één monster, anders zou het gemiddelde 6 µg/l zijn

Codes voor het geneesmiddel:A: spijsverteringsstelsel en metabolisme; B-bloed- men bloedvormende organen; C-hart- en vaatmiddelen;

J-anti-infectiemiddelen voor systemisch gebruik; M- spier- en skeletstelsel; N-zenuwstelsel.

**TABEL B3-2 OVERZICHT VAN GESCHATTE VRACHTEN VAN MEDICIJNRESTEN NAAR OPPERVLAKTEWATER UIT DIVERSE REFERENTIES EN IN VERGELIJKING MET BESTRIJDINGSMIDDELEN EN INDUSTRIËLE STOFFEN. DE VRACHTEN VOOR MEDICIJNRESTEN HEBBEN BETREKKING OP DE ACTIEVE STOFFEN EN ZIJN EXCL RÖNTGENCONTRASTMIDDELEN EN METFORMINE TENZIJ ANDERS VERMELD**

| Stofgroep                         | Vracht<br>(ton) | # stoffen          | Op basis van                                            | Berekeningswijze                                           | Bronnen                                                                                | Referentie                |
|-----------------------------------|-----------------|--------------------|---------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
| Medicijnresten (excl. metformine) | 17              | 23                 | Kental emissie effluent                                 | 1 gram pp per jaar *<br>aantal inwoners                    | Metingen in effluent project ZORG                                                      | STOWA 2011-02             |
| Medicijnresten (incl metformine)  | 23              | 24                 | Kental emissie effluent                                 | 1,5 gram pp per jaar *<br>aantal inwoners                  | Metingen in project ZORG                                                               | STOWA 2011-02             |
| Medicijnresten (incl metformine)  | 34              | 43                 | Kental emissie effluent                                 | 2 gram pp per jaar *<br>aantal inwoners                    | WATSON-database metingen gemiddelde                                                    | Dit project               |
| Medicijnresten                    | 51              | Alle               | Extrapolatie Vlaamse gegevens met WATSON metingen**     | 3 gram pp per jaar *<br>aantal inwoners                    | Vlaamse gebruikscijfers en WATSON metingen                                             | Dit project               |
| Medicijnresten                    | > 140           | Alle<br>(ca. 2000) | Verkoopcijfers (op recept en over-the-counter)          | Verkoopcijfer maal<br>algemene emissiefactor<br>4%         | BOGIN (verkoopcijfers),<br>Watsondatabase<br>(zuiveringsrendement /<br>excretiefactor) | Moermond et al.<br>(2016) |
| Medicijnresten (inname)           | 100             | 14                 | Door apotheken verstrekte receptplichtige dagdoseringen | Met<br>standaarddagdosering<br>(DDD) omgerekend<br>naar kg | GIP-databank                                                                           | Moermond et al.<br>(2016) |
| Medicijnresten                    | 17              | 14                 | Emissiefactoren o.b.v. meetgegevens                     |                                                            | Emissieregistratie                                                                     | Moermond et al.<br>(2016) |
| Industriële stoffen               | 1600            |                    | EPTR stoffen                                            |                                                            | Emissieregistratie                                                                     | Moermond et al.<br>(2016) |

\* Influent / effluent

\*\* Nederlandse WATSON-gegevens geven momenteel een beeld voor 64% van de totale Vlaamse ingenomen vracht van 150 gram pp per jaar waarvan 42 gram pp per jaar niet-relevante medicijnresten zijn (vezels, kalktabletten, ijzertabletten, etc.). Vanuit de Vlaamse cijfers wordt een emissiefactor van 2,2% afgeleid.

## BIJLAGE 4

## BEPALING VERSPREIDING MET LKM

**B4.1 HET LKM-MODEL**

Om efficiënt een landelijk en uniform beeld te kunnen maken van de invloed van effluënten op de waterkwaliteit, waarin ook afwenteling kan worden meegenomen, wordt gebruik gemaakt van een landelijk model, het Landelijk KRW Model (LKM). Het LKM wordt ook wel het KRW-verkennermodel genoemd. Het is in 2012 in gebruik genomen om op landelijke schaal KRW-maatregelen te kunnen doorrekenen.

Het LKM is in de basis opgebouwd uit de schematisatie van het LSM (Landelijk Sobek Model). Aan die schematisatie zijn alle KRW-waterlichamen toegevoegd en zijn diverse andere modelconcepten gekoppeld die de 'waterstromen' regelen zoals kwel en wegzijging, verdamping, neerslag, stedelijke afspoeling, etc. De schematisatie is door waterschappers meestal omschreven als 'grof': de sloten zitten er niet in en ook ontbreken veel A-watgangen. Omdat RWZI's vaak op grotere watgangen lozen leidt dit bij deze studie zelden tot problemen.

Sommige RWZI's lozen op zeer kleine wateren die volledig of bijna volledig uit effluent bestaan. Veel van deze effluentsloten komen niet voor in het LKM. Bij de modellering is in samenspraak met de waterschappen van geval tot geval beoordeeld hoe de effluentsloten in het model worden opgenomen. Afhankelijk van het lokale belang van de effluentsloot is deze wel of niet opgenomen.

Van het model is een versie verkregen van Deltares, waarin als invoer de gemiddelde periode 2008-2012 is gesimuleerd (onder meer voor neerslag, verdamping, berekening kwelfluxen). Deze gemiddelde periode is gesimuleerd voor vier kwartalen van een jaar. In deze studie zijn de resultaten van de twee zomerkwartalen en van de twee winterkwartalen samen gepresenteerd. Omdat de kwartalen onderling verschillen is voor diverse RWZI's een stroming in twee richtingen zichtbaar. Dit benadert in veel gevallen de werkelijke gemiddelde halfjaarsituatie beter dan wanneer slechts één halfjaarperiode stationair zou zijn doorgerekend. Echter het zou nog beter zijn nog kleinere tijdstappen te hebben of zelfs een niet-stationaire modellering te kunnen gebruiken waarmee de gemiddelde concentratie en de variabiliteit daarin kan worden berekend. Dit is zeker op landelijke schaal nog verre toekomstmuziek.

In Figuur B4-1 is een voorbeeld gegeven hoe in specifieke gevallen met deze stationaire benadering moest worden omgegaan om een modelresultaat te verkrijgen dat de feitelijke zomer-situatie het best benadert.

FIGUUR B4-1

VOORBEELD SCHEMATISATIE EN MODELRESULTAAT INVLOED RWZI LELYSTAD: IN HET NATTE ZOMERKWARTAAL NOORDELIJK GERICHTE STROMING EN IN HET DROGE KWARTAAL AFVOER RICHTING ALMERE. PER KWARTAAL ZIJN BEREKENDE CONCENTRATIES TWEEMAAL ZO HOOG (!). DE RWZI IS NIET OP DE WATERGANG IN LELYSTAD GEZET OMDAT HET MODEL DIE WATERGANG IN DE STATIONAIRE BEREKENING OP HET IJSSELMEER LOOST. WELISWAAR GAAT VERUIT HET MEESTE DEBIET VANUIT DEZE WATERGANG NAAR HET IJSSELMEER, DIT IS MAAR ENKELE PROCENTEN VAN DE TIJD HET GEVAL, NA FORSE REGEN



#### B4.2 RWZI'S: DEBIETEN VRACHTEN IN HET MODEL

Samen met de waterschappen is een lijst van RWZI's opgesteld. Aan alle waterschappen is gevraagd ook aan te geven voor welke RWZI's al vaststaat dat deze worden opgeheven of verplaatst. De vaststaande toekomstige situatie is doorgerekend. Ook zijn in dit proces voor alle buitenlandse RWZI's inwoneraantallen geïnventariseerd die via RWZI's de grensoverschrijdende beken en rivieren beïnvloeden, en zijn ook voor die beken debieten opgevraagd. Voor Rijn en Maas zijn ook inwoneraantallen bepaald om met de 'Nederlandse kentallen' emissies door te rekenen. Die kentallen zijn in Bijlage 8 nader gevalideerd, omdat aangenomen mag worden dat zowel voor het kental (door verschillen in dosering en gebruik als door verschillen in gemiddeld zuiveringsrendement) als de afbraak in het systeem (vooral van veraf in het lokaal systeem gelegen lozingen voor meren e.d., zie volgende paragraaf) verschillen mogen worden verondersteld ten opzichte van een RWZI-lozing binnen Nederland.

Als effluentdebiet is DWA in het model ingevoerd. Dit heeft met de modelschematisatie te maken: de afspoeling van water van stedelijke verharding is in het model gemodelleerd met de module MOZART. Deze manier om stedelijke afspoeling te modelleren heeft als nadeel dat wanneer het regenwater over grote afstand wordt getransporteerd naar een RWZI, het afspoelende regenwater in een andere watergang terechtkomt dan het effluent. Lokaal zal dit een fout veroorzaken, omdat dan niet 300 liter per persoon per dag (gemiddelde afvoer RWZI's) maar 200 liter per persoon per dag (gemiddelde DWA) wordt doorgerekend.

#### B4.3 GEEN REKENING HOUDEN MET AFBRAAK

Het is eenvoudig om 1e orde afbraak te modelleren in het LKM. Echter, dan moet er wel een duidelijke aanwijzing zijn voor afbraak en ook moet deze afbraak voor alle relevante individuele middelen bekend zijn zodat met een combinatie van meerdere halfwaardetijden (kort voor de medicijnresten die snel afbreken in het milieu, lang voor persistente middelen) de werkelijke totaalconcentratie kan worden gesimuleerd.

Gegevens over afbraak zijn echter niet met dat detail beschikbaar. Gezien de vaak korte verblijftijden in beken (vanaf de Belgische grens stromen beken in ongeveer een dag in de Maas) is echter weinig afbraak te verwachten. De relatief grote afbraak in RWZI's zelf (66-80% in ongeveer een dag verblijftijd) zal in het oppervlaktewater zeker niet gehaald worden. Dit is ten eerste zo doordat het water oppervlaktewater biologisch veel minder actief is dan in een rioolwaterzuiveringsinstallatie, ten tweede doordat de meest afbreekbare stoffen al in de RWZI zullen zijn afgebroken: deze laat alleen de relatief persistente en mobiele stoffen door.

In oppervlaktewater is er wel een extra afbraakproces namelijk door lichtinval. Sommige medicijnresten breken af onder invloed van UV. Dit proces speelt vooral in grote oppervlakten ondiep water, en speelt in de zomer meer dan in de winter. Uiteraard speelt ook de verblijftijd een rol. Door de afbraak op nul te stellen kan vooral in de maatlat invloed sprake zijn van een overschatting van de concentraties in meren. Dit geldt ook voor andere wateren waarin de verblijftijd significant veel langer is dan één tot enkele weken. Daarom is in de maatlatten-tabel in een aparte kolom ook de verblijftijd in het regionale watersysteem globaal berekend (totaal in het regionale oppervlaktewatersysteem aanwezige vracht / emissie van de RWZI).

#### B4.4 DOORVOEREN MODELVERBETERINGEN

Een overzicht van alle typen verbeteringen die in het model zijn doorgevoerd alsmede de lijsten met de gemaakte aanpassingen zijn in een aparte digitale notitie en database opgenomen.

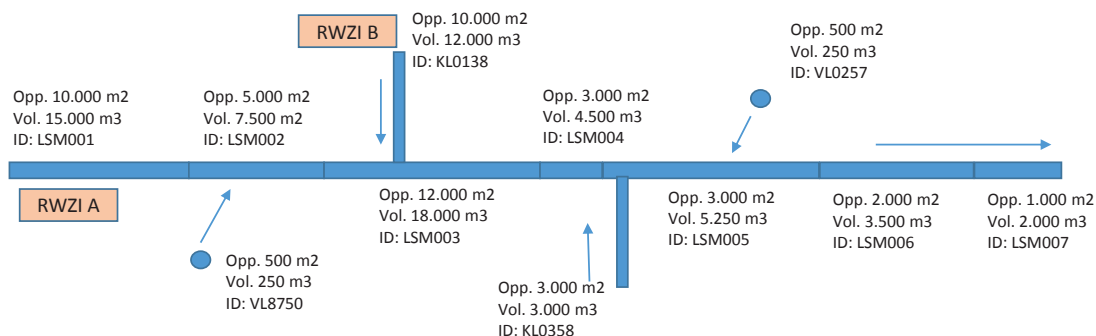
De modelverbeteringen zullen goeddeels ook in een nieuwe versie van het LKM worden overgenomen. Of dit correct is gebeurd kan op basis van de in deze studie verkregen verspreidingsbeelden worden nagegaan.

De volgende correcties zijn de belangrijkste typen correcties die zijn doorgevoerd:

- Correctie van de lijst RWZI's: RWZI's die in de nabije toekomst zeker gaan vervallen zijn uit de lijst gehaald, ontbrekende bronnen toegevoegd (onder meer op de Wadden)
- Correctie van het lozingspunt. Veel RWZI's loosden op de verkeerde watergang, waarschijnlijk doordat automatisch de dichtstbijzijnde watergang is gekozen. Soms is de watergang verkeerd omdat de watergang waar de RWZI op loost niet is geschematiseerd (bijvoorbeeld het Altenakanaal voor Stadskanaal). De betreffende watergang is dan toegevoegd aan het model.
- Correctie van het debiet van de lozing. De meest actuele gegevens van DWA die binnen deze studie zijn verzameld en in een extra controleronde door de waterschappen zijn gevalideerd zijn in het model ingevoerd.
- Correctie van 'regionodes'. Regionodes zijn 'virtuele bakjes' die vooral dienen om water tekorten in delen van regio's (meerdere oppervlaktewateren) diffuus uit de omgeving te halen (uit meerdere grotere oppervlaktewateren) om debieten kloppend te krijgen. Het debiet door de regionodes is vaak 'hard' opgegeven, waardoor het verwijderen van enkele van de foutenbronnen verergering geeft voor andere gebieden.
- Invoegen van waterscheidingen wanneer oppervlaktewateren fysiek gescheiden zijn of wanneer zij nagenoeg zijn gescheiden door bijvoorbeeld een sluis.
- Invoegen inlaten en uitlaten die niet in het model waren geschematiseerd.
- Verandering van de waterverdeling over watergangen (kan relatief of met behulp van absolute debieten, dan wel met een hybride (combinatie) vorm).
- Correcties van debieten langs de grens.
- Correctie van de waterverdeling in splitsingen.
- Omkering van de stromingsrichting.

**BAKJESMODEL: WATERLICHAAAMSEGMENTEN EN AGGREGATIE PER RWZI EN PER KRW LKM-WATERLICHAAAM**

In het LKM zijn kleinere waterlopen en sloten geschematiseerd als 'één gemengd bakje' met een volume (t.b.v. berekening doorstroming) en oppervlak (t.b.v. berekening verdamping). Dergelijke bakjes zijn als 'punt' op de kaart weergegeven. Het model berekent voor elk 'bakje' hoeveel water binnenkomt uit andere bakjes en naar welk bakje hoeveel water gaat. Dit kunnen relatieve hoeveelheden zijn (de helft wordt ingelaten) en absolute getallen (60 liter per seconde naar waterlichaamsegment X, de rest naar waterlichaamsegment Y). In gebieden waar een watervraag wordt berekend kan de stroming omkeren.



Het model is doorgerkend voor alle ruim 300 RWZI's en de ruim 30 buitenlandse bronnen (grensoverschrijdende beken en grote rivieren). Het model is doorgerkend voor een gemiddelde zomersituatie en een gemiddelde wintersituatie. Voor deze situaties berekent het model voor alle ruim 20.000 'bakjes' de ruim 40.000 debieten tussen de bakjes en de concentratie medicijnresten in de bakjes. Deze concentraties zijn het gevolg van de emissies van elk van de ruim 300 RWZI's en ruim 30 buitenlandse bronnen. Dit levert een tabel met ruim 300.000 'bijdragen' van RWZI's aan waterlichaamsegmenten op voor 4 seizoenen.

De modelresultaten zijn op 3 momenten aan de hydrologen en waterkwaliteitsspecialisten van de individuele waterschappen voorgelegd, ter controle. De resultaten zijn gecontroleerd op de volgende kaarten en tabellen, tot voor alle RWZI's een bevredigend resultaat was bereikt:

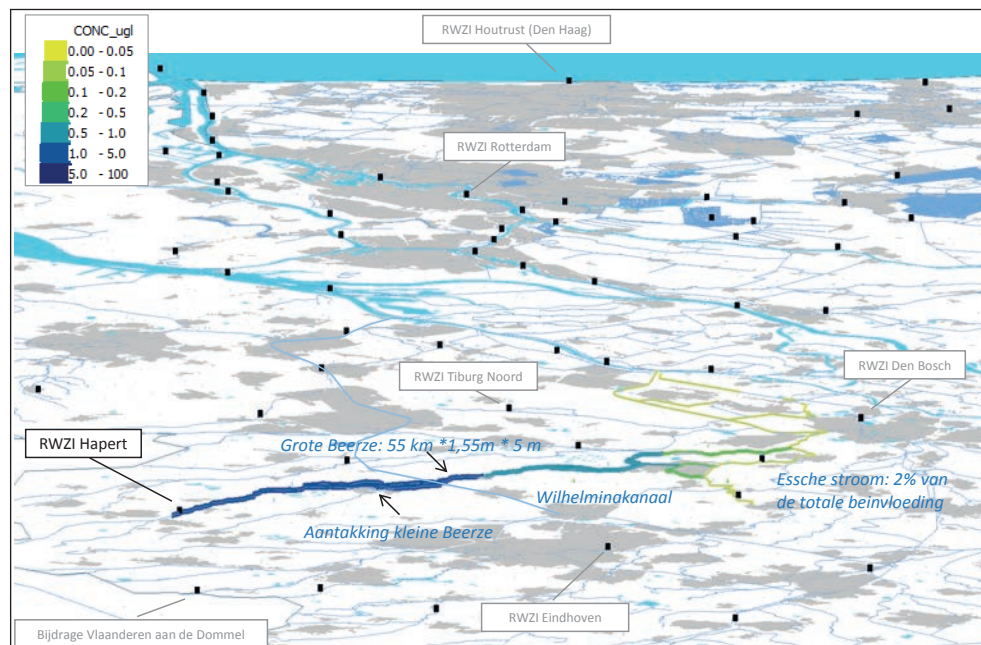
- Debietkaarten op waterschapsniveau voor de zomer- en wintersituatie
- Debiettabellen voor de ontvangende waterlichaamsegmenten, waarin de door waterschappen aangeleverde debieten in ontvangende waterlichaamsegmenten worden vergeleken met gemodelleerde debieten.
- Concentratiekaarten waarin de totale concentratie in watergangen is weergegeven (de invloed van alle RWZI's opgeteld), waarbij ook de relatieve bijdrage van de meest bijdragende RWZI in een datalabel is weergegeven. Deze kaarten zijn in de laatste controleronde opgeleverd met en zonder de invloed van het buitenland.
- Concentratiekaarten van de verspreiding van effluent van individuele RWZI's in de zomer- en wintersituatie. Op deze kaarten kunnen goed modelschematisatiefouten voor de verspreidingsroute worden geïdentificeerd. Zowel een detailkaart met de ligging van elke RWZI als een volledige zoom van het verspreidingsdebiet zijn aangeleverd.

In onderstaande Figuur B4-2 is als voorbeeld een geannoteerde kaart van het modelresultaat van RWZI Hapert gepresenteerd. De verdunning die stroomafwaarts optreedt door aantakende beken en door invloed van kwel is goed te zien. Ook zijn twee belangrijke typen modelschematisatiefouten zichtbaar die zijn gecorrigeerd. Het effluent van Hapert stroomt in werkelijkheid langs RWZI Den Bosch, maar werd door het model de andere kant opgestuurd doordat de Dommel verkeerd was geschematiseerd. Daardoor ontstond in het gebied ten westen van Den Bosch een watertekort (modelschematisatiefout 1). Modelschematisatiefout 2

laat invloed stroomopwaarts zien. De meeste van dat soort fouten in het model worden veroorzaakt door de zogenaamde 'virtuele regionodes'.

FIGUUR B4-2

ROUTE MEDICIJNRESTEN VANUIT RWZI HAPERT MET DE CONCENTRATIE EN DE DIMENSIES VAN DE AANGEGEVEN WATERLICHAMEN



#### B4.5 DE AANWEZIGHEID VAN 'PROBLEEMGEBIEDEN'

Het model kon niet overal dusdanig worden verbeterd dat het de veronderstelde werkelijkheid afdoende representeert. De belangrijkste knelpunten zijn hieronder opgesomd:

- In het rivierengebied is veel meer interactie tussen de Linge, het rivierengebied en de rivieren die zomer en winter bij lage waterstand sterk draineren. Die situatie zit niet in het LKM verwerkt. RWZI's aan de Linge zullen daardoor iets hoger scoren dan berekend.
- In de Krimpenerwaard zijn verblijftijden nog veel langer dan in het model berekend. Er zou veel meer aan het model moeten worden aangepast om dit correct in beeld te krijgen. De RWZI's in dit gebied zullen daar meer invloed hebben.
- Het gebied in de omgeving van Heenvliet en het kanaal door Voorne zit onjuist in het model geschematiseerd. Voor de hotspots is dit gebied niet relevant.
- De dynamiek van het water in het IJsselmeer is niet specifiek gemodelleerd / gevalideerd in het LKM, waardoor verspreiding naar bijvoorbeeld innamepunt Andijk anders zal liggen. Verbetering van de waterkwaliteit bij Andijk zal nader onderzoek vergen.
- In oost en noord Nederland is geen volledig inzicht aanwezig hoe het kanalsysteem functioneert en waar het aangevoerde water wordt gebruikt en hoe dit voor de gemiddelde zomersituatie uitpakt. Deze informatie kon ook niet helder uit het model worden herleid. Dit maakte het lastig de informatie van verschillende waterschappen consistent aan elkaar te knopen. De waterbalans kon waarschijnlijk voor een deel niet sluitend worden gemaakt door afwijkingen in de grondwatercomponent. Concreet is de verspreiding vanuit de hieronder genoemde RWZI's afwijkend.
  - Leek: in de zomer is de stroming de andere kant op door inlaat en gaat het via het Dwarsdiep weer richting het Van Starckenborghkanaal, dus omgedraaid t.o.v. de winter.
  - Vanuit Onderdendam, Winsum en Feerwerd stroomt water in de zomer grotendeels 'oostwaarts' en 'noordwaarts' door inlaat van water.
- De te hoge debieten in het Vallekanaal. Door de kwelstroom aan de noordflank van de Utrechtse Heuvelrug geheel uit te schakelen is een acceptabel resultaat verkregen.

## BIJLAGE 5

## DISCUSSIE ONZEKERHEDEN

**B5.1 INLEIDING**

Wanneer een maatlat moet worden gebruikt om scenarioberekeningen te maken en om maatregelen te nemen, moet men wel vertrouwen hebben in de nauwkeurigheid. Wat als een maatregel in RWZI A tweemaal effectiever is dan in RWZI B, maar met een onzekerheidsmarge van 500%? Dat is natuurlijk niet de bedoeling.

De onzekerheid in de uitkomst moet ongeveer bekend zijn zodat daarmee rekening kan worden gehouden bij het gebruik van de maatlaten. De uitkomsten van deze hotspotanalyse zijn echter op verschillende manieren veel 'robuuster' dan de onzekerheid in de score van de RWZI alleen doet vermoeden.

**B5.2 ONZEKERHEDEN OP INDIVIDUEEL NIVEAU**

In Figuur B5-1 en in Tabel B5-1 wordt een algemeen beeld geschetst van de factoren die uiteindelijk de onzekerheid in de score van een RWZI op de maatlat benedenstroomse waterkwiteit bepalen. Door middel van 'thermometers' is in beeld gebracht waar de relatief grote bronnen van onzekerheid liggen en waar onzekerheden relatief klein zijn.

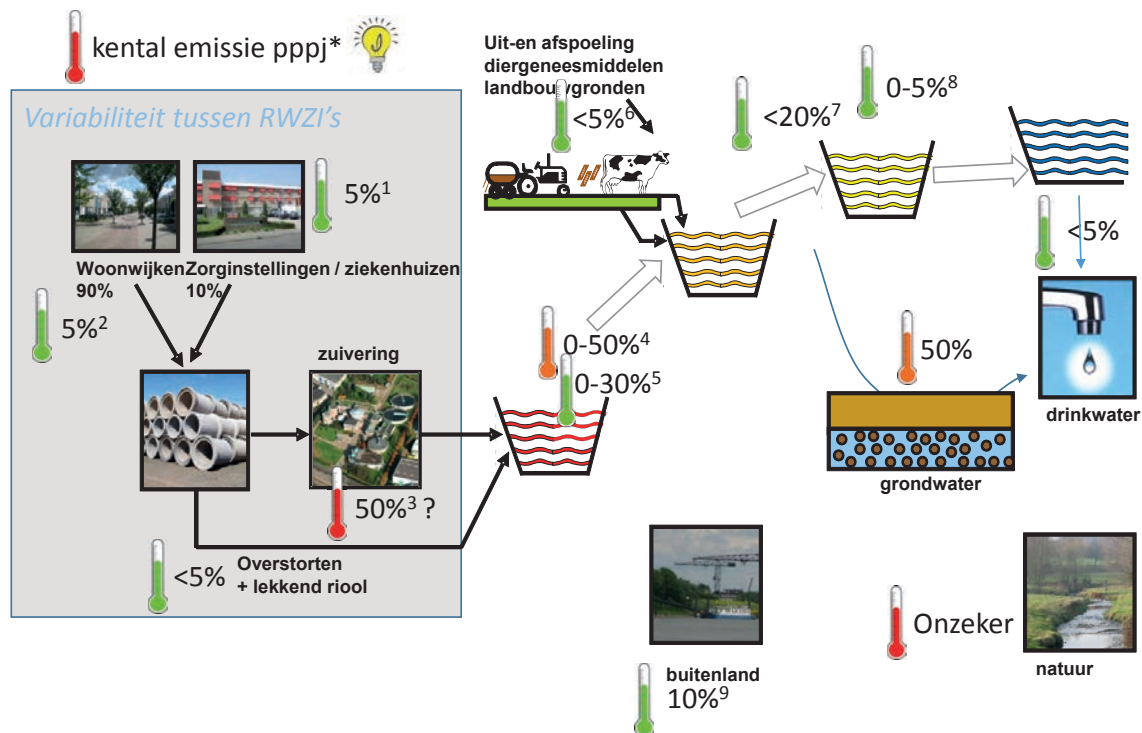
**TABEL B5-1 ONZEKERHEDEN IN DE SCHATTING VAN DE EMISSIE (ZIJNDE MEDICIJNRESTENVRACHT PER PERSOON PER JAAR IN EFFLUENT\* AANTAL INWONERS PER ZUIVERINGSKRING) EN DE BEREKENING CONCENTRATIE IN WATERGANG**

| Onzekerheidsbron / bron van variatie                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Relatieve standaard-afwijking                                                            |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| Het kentel zelf is behoorlijk onzeker. Op basis van Vlaamse cijfers is afgeleid dat van het totale medicijnrestengebruik van 150-200 gpppj (gram per persoon per jaar) nog 50 gram inname resteert waarvan geen analysegegevens bekend zijn. De onzekerheid is in die zin 'beperkt' maar theoretisch kan deze nog groot zijn, wanneer dit allen persistente stoffen zouden zijn. Omdat naar de relatieve invloed van RWZI's wordt gezocht is deze bron van onzekerheid irrelevant.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Irrelevant                                                                               |
| 1: Berekeningen zijn uitgevoerd op basis van kentallen voor emissie (g/pers/jaar) in een <u>gemiddelde situatie</u> . In werkelijkheid verschilt de zuiveringskring per RWZI (d.w.z. de aanwezigheid en aandeel van ziekenhuizen, zorginstellingen, huishoudens en industrie in het afvalwater). Hier wordt geen rekening mee gehouden. Het aandeel zorginstellingen varieert: bijdrage per RWZI 5-15%.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | <5%                                                                                      |
| 2: Het aantal inwoners per RWZI niet exact bekend. Ook de bevolkingsopbouw zal licht variëren. Het exacte aantal inwoners was niet bij alle waterschappen bekend. Soms is het aantal inwoners afgeleid uit gemeentelijke basisbestanden en bij andere waterschappen is het aantal inwoners berekend op basis van ie's van de RWZI's. Er heeft een check van de gehanteerde aantallen inwoners per RWZI plaatsgevonden door controle van de waterschappen van de uiteindelijke resultaten en uit controle op basis van de som van inwoners per provincie en van het hele land. Afwijkende DWA's per inwoner kunnen in verschillende gebieden worden verklaard door toerisme, bijvoorbeeld in Zeeuws-Vlaanderen. Ook zijn verschillen te verwachten door in- en uitreizende forensen en verschillen in bevolkingsopbouw. | <5%                                                                                      |
| De bijdrage van overstorten, foutaansluitingen (toilet op regenwaterriool) en lekkage van riolering, die direct ongezuiverd afvalwater lozen op het oppervlaktewater, is niet meegenomen. De bijdrage wordt geschat op minder dan 1% van het debiet dat aankomt op een RWZI (Grontmij, 2011). Dit water ondergaat echter geen zuivering. De bijdrage aan de totale vracht naar het oppervlaktewater wordt voor individuele middelen geschat op 1 - 10% (ICBR, 2010). Over lekkage van riolering is bekend dat dit tot meetbare concentraties medicijnresten kan leiden in grondwater onder stedelijke gebieden.                                                                                                                                                                                                        | < 5% voor totaal genees, groter voor individuele medicijnresten door ontbreken zuivering |

| Onzekerheidsbron / bron van variatie                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Relatieve standaard-afwijking                           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| <p>3: Er is een grote variabiliteit in verwijdering per middel waargenomen. De kentallen zijn gebaseerd op een generiek gemiddeld verwijderingspercentage van totaal medicijnresten in de RWZI van 65%. In werkelijkheid weten is de variatie in verwijderingspercentages groot kan zijn, zowel tussen individuele medicijnresten, maar ook tussen verschillende RWZI's, tussen natte en droge perioden en tussen seizoenen. Hier is geen rekening mee gehouden. Wanneer alle medicijnresten samen worden genomen wordt de variatie die voor individuele middelen zeer groot is veel kleiner.</p> <p>Op basis ZORG verwijderingspercentage (incl. Metformine) gem 81 % (tussen 63 en 91 %), SD 11 % = 7 % afwijking, zonder metformine gem 65% (tussen 53% en 76%); SD 8 % = 7% afwijking.</p> <p>Verwijderingspercentage per in effluent gedetecteerde stof varieerde tussen 9% en 96%</p> | >100%                                                   |
| <p>4: Fout model in berekenen representatief zomer- of winterdebiet, gemiddeld. Er is geprobeerd de een fout kleiner dan factor 2 te bereiken. De mediane afwijking tussen berekend en opgegeven debiet is 50%.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 50%                                                     |
| <p>5: Onzekerheid in meting of bepaling van het representatief zomer- of winterdebiet van de watergang. Net als foutenbron 4 zal ook deze fout specifiek op kunnen treden. Op deze fout wordt in de volgende paragraaf nog nader ingegaan.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 30%                                                     |
| <p>6: Onzekerheid bijdrage diergeneesmiddelen aan oppervlaktewater. Er kunnen ook medicijnresten van diergeneesmiddelen in oppervlaktewater zitten. Deze zouden voor de onderhavige analyse relevant kunnen zijn als er aanwijzingen bestonden dat de vracht medicijnresten in oppervlaktewater afkomstig van veterinaire gebruik significant waren. Dit is niet het geval.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | irrelevant                                              |
| <p>7: Karakteristieken van de watergangen in het systeem. Het wateroppervlak van elk waterlichaamsegment is opgenomen in het model. Er is daarvan geen onzekerheid bekend. Op basis van verkennende berekeningen zijn geen 'verdachte' getallen gevonden en wanneer op individueel niveau nagerekend (voor enkele meren is het oppervlak geschat) blijken getallen overeenkomstig de schatting.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | <20%                                                    |
| <p>8: Afbraak van stoffen in het watersysteem is waarschijnlijk alleen bij extreme verblijftijden &gt; 1 maand relevant. Verblijftijden zijn om die reden ook gepresenteerd. In Duitsland (voornamelijk snelstromende systemen) is uit diverse studies geconcludeerd dat afbraak verwaarloosbaar is. Alleen onder invloed van UV-straling is afbraak waargenomen op korte tijdschalen. Dit zou voor ondiepe meren een belangrijke rol kunnen spelen voor specifieke medicijnresten. Overigens ook bijvoorbeeld in opslagvijvers ruwwater (rivierwater) voor drinkwaterbereiding (!).</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | <5%; zeer variabel per stof bij langere verblijftijden  |
| <p>9: Bronnen in het buitenland zijn op exact dezelfde manier meegenomen als NL. Er is echter geen check inwoneraantallen etc. door buurlanden uitgevoerd en geneesmiddelengebruik iets anders.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 10%                                                     |
| <p>Onzekerheid in bijdrage aan natuur (natura 2000): zeer groot doordat veel zaken onbekend zijn: welk water draagt bij, welke natuurdoelen zijn aanwezig, is oppervlaktewater van invloed op deze doelen (aquatische ecologie, op water foeragerende dieren). Tevens zijn behalve de N2000-gebieden diverse andere typen natuurgebieden en waterlopen met een hoge ecologische doelstelling gedefinieerd in provinciale plannen.</p> <p>Ook voor uitgebreid onderzochte stoffen, zoals zink, zijn nooit normen bepaald voor natuurgebieden apart. De algemene waterkwaliteitsnormen zijn gebaseerd op "een zeer gering aantal soorten = stenen die uit de voedselpyramide van het ecosysteem mogen worden geslagen, zodat zeker is dat de pyramide niet in stort. Waarschijnlijk biedt dit beschermingsniveau ook voldoende bescherming aan de natuurdoelen.</p>                           | Te groot om maatlat af te leiden en daardoor irrelevant |
| <p>Onzekerheid in bijdrage aan drinkwaterbronnen: klein voor rivierwaterinname, iets groter voor oeverwaterwinningen, zeer groot voor grondwaterwinningen. Door variabiliteit in verdunning met oppervlaktewater, door variabele afbraakprocessen in de ondergrond.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Afhankelijk van type winning. Oordeel is aan WLB's      |

FIGUUR B5-1

## OVERZICHT ONZEKERHEID EN VARIABILITEIT



De grootste bron van onzekerheid zit in de debieten van ontvangende watergangen, waarin zowel het model als de opgave van de waterschappen een 'standaardfout' zal hebben. Alleen deze gecombineerde fout kan worden herleid, door het verschil gemeten en berekend te kwantificeren. Deze fout is direct toe te kennen aan individuele RWZI's, waar dus een afwijkende concentratie wordt berekend ten opzichte van de verwachte concentratie. In die RWZI's mag worden verondersteld dat de concentratiebijdrage in het ontvangende oppervlaktewater (maatlat) met extra aandacht moet worden bekeken.

De onzekerheid die uit deze fout voortkomt voor de maatlat benedenstroomse waterkwaliteit zal fors kleiner zijn. Ook wanneer een debietfout van factor 2 is gevonden bij het lozingspunt, zal deze debietfout stroomafwaarts steeds kleiner worden.

#### Conclusie / voorstel 1

Doordat de grootste foutenbron variabiliteit van het zuiveringsrendement is, verdient het aanbeveling zich ervan te vergewissen of de werkelijke verwijdering / effluentgehalten nog aanleiding geven tot forse afwijking; RWZI's kunnen hierdoor stijgen of dalen t.o.v. andere RWZI's bij iedere maatlat.

#### Conclusie / voorstel 2

RWZI's waar een relatief grote afwijking is waargenomen in het berekende ten opzichte van het door het waterschap opgegeven debiet, worden aangemerkt zodat deze fout in beeld blijft.

### B5.3 ONZEKERHEID MAATLAT WATERKWALITEIT IN SCENARIOS

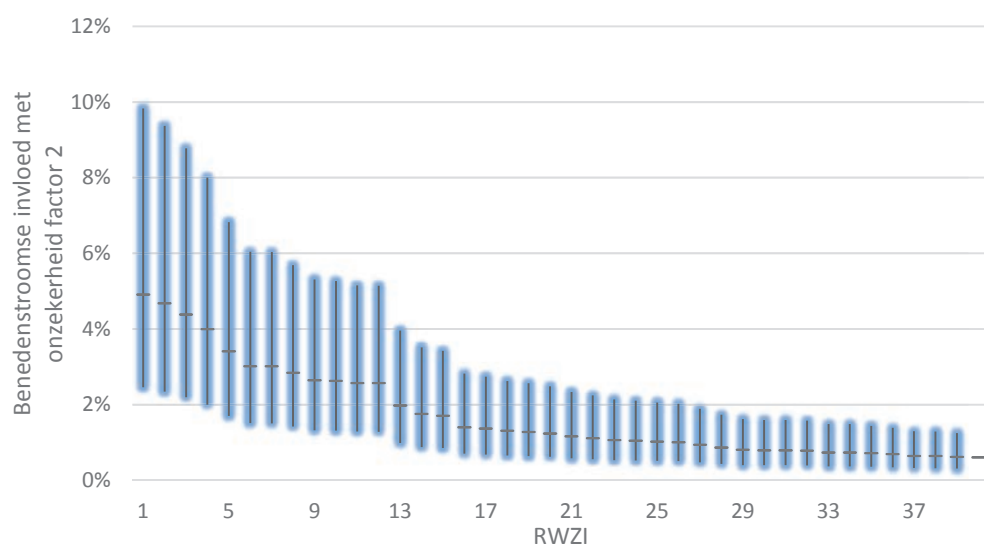
Op individueel niveau kunnen flinke afwijkingen bestaan. Al snel rijst dan de vraag of een onzekerheid, of variabiliteit, ertoe leidt dat scenario's minder betrouwbaar kunnen worden afgeleid.

Dit kan met statistische analyse inzichtelijk worden gemaakt: door de onzekerheid toe te voegen aan de lijst en daarmee duizenden simulaties door te rekenen, kan bijvoorbeeld de onzekerheid worden berekend wanneer de bijdrage van de top 15 RWZI's aan de waterkwaliteit

teit wordt berekend (50% van de 'beïnvloeding van de waterkwaliteit'). De onzekerheid blijkt ongeveer 2%, dus meestal tussen de 48 en 52% te liggen, met andere woorden het maatregelenpakket zal een grote betrouwbaarheid hebben.

De onzekerheid wordt kleiner naarmate het aantal RWZI's groter is. Ook bij een onzekerheid van 50% blijven de RWZI's in de lijst grotendeels hetzelfde. De top 4 RWZI's zitten tussen de 4 en 5% invloed, die zal dus niet snel onder de 2% duiken. Op nummer 18 staat een RWZI die 1,3% bijdraagt. De top 10 draagt meer dan 2,6% bij, en zal dus bijna altijd geheel in de in de top 15 terug te vinden zijn staan en dus bijna 'nooit fout' zijn.

**FIGUUR B5-2 DE MAATLAT INVLOED BENEDENSTROOMSE WATERKwalITEIT GEPRESENTEERD MET EEN FOUTENBAND VAN FACTOR 2: DOOR DE GROTE VERSCHILLEN ZAL ZELFS BIJ FORSE ONZEKERHEID DE RANGORDE NIET VEEL WIJZIGEN**



#### B5.4 ONZEKERHEID MAATLAT WATERKwalITEIT DOOR KEUZE BRON- EN OBJECTCRITERIA

De maatlatten zelf hebben ook bepaalde vormen van 'onzekerheid'. Als broncriterium is gekozen voor 0,1 µg/l. Alleen bijdragen van RWZI's > 0,1 µg/l aan de totaalconcentratie van wateren doen mee. In de BC is tot overeenstemming gekomen over dit criterium omdat maatregelen bij een RWZI nauwelijks effect zullen hebben op de totaalconcentratie in een water waar de bijdrage van de RWZI zo laag is. De consequentie van criteria is dat een RWZI net boven en net onder dit criterium kan vallen, waardoor een RWZI opeens wel of juist niet meer meedoet. Door een groot aantal opties door te rekenen en de resultaten daarvan in dit rapport te bespreken is deze onzekerheid / variabiliteit in de uitkomst inzichtelijk gemaakt.

#### B5.5 OVERIGE KANTTEKENINGEN

Er moeten nog enkele kanttekeningen worden gemaakt die ook van invloed zijn op de manier waarop de gegevens worden beoordeeld:

- Een zeer belangrijke kanttekening is dat met het doorrekenen van de gemiddelde zomer-situatie geen beeld is gemaakt voor extreme situaties. Er kunnen knelpunten ontstaan in situaties die extremer zijn dan de zomergemiddelde situatie, bijvoorbeeld bij extreme droogte. Dit kan bijvoorbeeld leiden tot innamestops, en omkering van watersystemen. Dergelijke extreme situaties zijn hier dus niet verder uitgewerkt.
- Ieder waterschap levert nu op zijn eigen manier een zomerdebiet en winterdebiet aan. Dit is een bewuste keuze geweest: een aanvraag voor halfjaargemiddelde dagdebieten in de zomer en winter over de afgelopen 10 jaar kan niet succesvol worden voldaan, door ontbre-

kende metingen, verschillende meetfrequenties, door wijzigingen in het watersysteem (!), etc. Deze informatievraag is om die reden zo open mogelijk gehouden: een representatief winter- en zomerdebiet.

- De medicijnrestenemissie is niet alleen afhankelijk van aantallen inwoners en verwijderingsrendement. Onder meer Waterschap Drents Overijsselse Delta verwerkt zuiverings-slib centraal, op drie RWZI's. Hierbij kunnen medicijnresten de-adsorberen en dus weer in te zuiveren afvalwater komen. Dat betekent dat deze RWZI's zeer waarschijnlijk een relatief grotere belasting met medicijnresten kennen dan binnen de hotspotanalyse wordt aangehouden en de overige RWZI's een lagere.
- Waterschappen verschillen in Nederland sterk, bijvoorbeeld in aantallen peilgebieden, de totale lengte watergangen, en aantallen kunstwerken. In 'ingewikkelde' gebieden zullen voor het merendeel van de ontvangende wateren geen metingen en/of modelgegevens beschikbaar zijn. In die gevallen is 'het grote systeem' dat wel is te controleren beoordeeld, alsmede de verspreidingsrichtingen stroomafwaarts van de RWZI's.

Er mag verondersteld worden dat het model in specifieke situaties te kort schiet. In het rivierengebied zijn bijvoorbeeld veel inlaatpunten aanwezig in polders tussen rivieren, echter daarvoor is de schematisatie ontoereikend. Het inlaatwater bij deze inlaatpunten is bestemd voor wegzijgingsgebieden van oeverwallen, die veel water vragen wanneer de rivieren laag staan, zelfs in de winter. Deze inlaat wordt niet gesimuleerd met het model. Wel is van deze poldergebieden bekend dat altijd afvoer door kwel in centrale delen en inlaat uit rivieren plaatsvindt. Een groot deel van het effluent zal zoals het model aangeeft nog altijd direct richting de rivieren afstromen.

## BIJLAGE 6

# ONDERBOUWING OBJECTCRITERIUM

## B6.1 OBJECTCRITERIUM

Het objectcriterium is de concentratiegrens die aangeeft dat wateren met een aanwezige concentratie medicijnresten onder dit objectcriterium niet meetellen in de invloedsscore benedenstroomse waterkwaliteit.

Een objectcriterium voor benedenstroomse waterkwaliteit is ten eerste gebaseerd op de gemiddelde bijdrage van effluent aan de waterkwaliteit in Nederland. Immers doel van de hotspotanalyse is om RWZI's te identificeren die de waterkwaliteit relatief sterk beïnvloeden.

Ten tweede moet bij het afleiden van dit criterium worden nagegaan wij welke concentratie überhaupt een effect wordt verwacht: als geen effect wordt verwacht dan hebben de stoffen geen invloed op de waterkwaliteit en kan ondanks een bovengemiddelde bijdrage nog steeds niet worden gesproken van een 'sterke invloed op de waterkwaliteit'.

### *Wat is 'relatief sterke invloed'?*

Het eerste aspect dat van belang is voor het bepalen van het objectcriterium (wanneer is een concentratie 'relevant') zit in de definitie van hotspots. In de hotspotanalyse wordt gezocht naar RWZI's die de waterkwaliteit *relatief* het meest beïnvloeden. Gezien de gemiddelde concentratie van 2 µg/l in de *door effluent beïnvloede* wateren in Nederland volgens de modelresultaten zal een waarde van 2 µg/l overwogen moeten worden als objectcriterium: maatregelen voor oppervlaktewater met een concentratie onder dit gemiddelde kunnen in ieder geval niet zijn ingegeven door de definitie van hotspots.

### *Wat is de effectconcentratie?*

Een dergelijke concentratie is globaal in te schatten op basis van een gecombineerd risicoquotiënt voor de som van de medicijnresten. Dit risicoquotiënt wordt uitgedrukt als Toxic Units, en wordt bepaald door de concentratie in het effluent te delen door de concentratie waarboven de stof effect heeft. Theoretisch is er sprake van een risico in onverdund effluent als het getal (het aantal Toxic Units) van het effluent groter is dan 1. Voor het effect van het mengsel kunnen alle Toxic Units van de individuele stoffen opgeteld worden. Dit gaat uit van de aanname dat alle effecten op te tellen zijn. Voor medicijnresten is dit waarschijnlijk niet helemaal correct, omdat sommige medicijnresten een specifieke werking hebben of elkaars werking kunnen beïnvloeden. Voor een eerste benadering is de methode echter wel bruikbaar.

Voor de berekening zijn de stoffen waaruit het kental is opgebouwd als uitgangspunt genomen (zie Bijlage 3). Voor een deel van deze stoffen zijn inmiddels normen, conceptnormen of Predicted No Effect Concentraties (PNEC's) afgeleid. Allen worden op een vergelijkbare manier afgeleid, maar normen hebben een beleidsmatige status en PNEC's niet. De concentraties van de individuele stoffen die samen het kental voor medicijnresten totaal bepalen en dus ook de onderlinge verhouding van deze stoffen in effluent staan in Bijlage 3, tabel B3-1. De concentraties zijn berekend en gebaseerd op het gemiddelde van alle metingen en op de mediaan van alle metingen.

De volgende gegevens zijn verzameld (in voorkeurvulgorde):

- Europese normen die in het kader van de KRW zijn afgeleid (voor diclofenac)
- Beleidsmatig vastgestelde Nederlandse normen (voor carbamazepine, metoprolol en metformine)
- Voorgestelde Zwitserse normen (stand december 2016; 11 stoffen)
- Op basis van experimentele toxiciteitsdata afgeleide PNEC uit de NORMAN-database (furosemide)
- Voorlopig PNEC (op basis van een beperkt literatuuronderzoek door van de Aa et al (2011) afgeleid; paracetamol)
- Predicted PNEC-waarden (P-PNEC's) uit de NORMAN-database. PPNEC-waarden zijn afgeleid op basis van structuurrelaties met stoffen met een bekende toxiciteit.

In Tabel B6-1 is de berekening van het aantal Toxic Units in effluent weergegeven, voor zowel de gemiddelde concentratie als de mediaan concentratie. P-PNECs kennen een grote onzekerheid en zijn daarom niet getalsmatig weergegeven in Tabel B6-1. Voor diclofenac, carbamazepine, metoprolol en metformine worden door het Zwitserse Oekotoxzentrum andere normen voorgesteld, zowel hoger als lager. Voor deze stoffen zijn echter de reeds beleidsmatig vastgestelde Europese en Nederlandse normen genomen.

#### *Mediaan*

De uit de kentallen berekende concentratie totaal medicijnresten in effluent is 11,9 µg/l (mediaan van de metingen, incl metformine). Het berekende aantal Toxic Units van het effluent is 15,8 (mediaan). Zoals gezegd is er theoretisch sprake van een risico als de Toxic Unit hoger dan 1 is. Dit komt overeen met een concentratie van 0,75 µg/l (11,9 µg/l gedeeld door 15,8 Toxic Units), danwel 6,3% effluent (100% gedeeld door 15,8 Toxic Units).

#### *Gemiddelde*

De uit de kentallen berekende concentratie totaal medicijnresten in effluent is 17,7 µg/l (gemiddelde, incl metformine). Het berekende aantal Toxic Units van het effluent is 22,3 (gemiddelde). Zoals gezegd is er theoretisch sprake van een risico als de Toxic Unit hoger dan 1 is. Dit komt overeen met een concentratie van 0,79 µg/l (17,7 µg/l gedeeld door 22,3 Toxic Units), danwel 4,5% effluent (100% gedeeld door 22,3 Toxic Units).

Theoretisch wordt in onverdund effluent een risico op effect verwacht door azitromycine, ibuprofen, diclofenac, erythromycine en carbamazepine (laatste alleen o.b.v. gemiddelde concentratie) omdat deze individuele stoffen een Toxic Unit groter dan 1 hebben. Metformine, dat de grootste bijdrage aan de concentratie heeft, draagt nauwelijks bij aan het risico. Stoffen met een P-PNEC dragen nauwelijks bij aan de som Toxic Units (0,23 o.b.v. gemiddelde, 0,17 o.b.v. mediaan).

#### *Keuze objectcriterium op basis van toxiciteit*

Op basis van het risicocoefficient zou een objectcriterium van ca 0,75 µg/l afgeleid worden. De gevolgde methode kent wel de nodige onzekerheden, zowel voor wat betreft de gebruikte normen / PNEC's als ten aanzien van het bepalen van het risico van het totale mengsel.

Het risicocoefficient alleen is niet maatgevend voor het objectcriterium, maar wel relevant om het gekozen objectcriterium te duiden.

| ATC-code-stofnaam                    |                |                |             |                  |             |                  |             |           |           |           |                    |                  |
|--------------------------------------|----------------|----------------|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|-----------|-----------|-----------|--------------------|------------------|
| STOWA, 2011-02                       | STOWA, 2011-02 | STOWA, 2011-02 | Watson 2016 | Watson 2009-2016 | Watson 2016 | Watson 2009-2016 | Watson 2016 | gem conc. | Als %     | gem conc. | aantal metingen    | Watson 2009-2016 |
| vraht                                | conc. effluent | Als %          | med. vracht | med conc.        | Als %       | gem. vracht      | gem conc.   | (µg/l)    | Als %     | µg/l      | type               | bron             |
| mg/pp/j                              | µg/l           |                | mg/pp/j     | (µg/l)           |             | mg/pp/j          | (µg/l)      |           |           |           | beleidsmatige norm | RIVM             |
| 520                                  | 4,77           | 35,5%          | 196         | 1,80             | 15,2%       | 436              | 4           | 22,6%     | 48 / 51   | 780       | beleidsmatige norm | RIVM             |
| 210                                  | 1,93           | 14,4%          | 131         | 1,20             | 10,1%       | 172              | 1,58        | 8,9%      | 68 / 69   | *         |                    |                  |
| 240                                  | 2,20           | 16,4%          | 163         | 1,50             | 12,6%       | 165              | 1,52        | 8,6%      | 165 / 165 | 62        | beleidsmatige norm | RIVM             |
| -                                    | -              | -              | 109         | 1,00             | 8,4%        | 143              | 1,32        | 7,4%      | 65 /65    | 704       | PNEC               | CH               |
| 100                                  | 0,92           | 6,8%           | 94          | 0,86             | 7,3%        | 126              | 1,15        | 6,5%      | 135 / 135 | *         |                    |                  |
| -                                    | -              | -              | 47          | 0,43             | 3,6%        | 114              | 1,04        | 5,9%      | 7 / 9     | -         |                    |                  |
| -                                    | -              | -              | 81          | 0,74             | 6,2%        | 111              | 1,02        | 5,7%      | 39 / 58   | *         |                    |                  |
| 50                                   | 0,46           | 3,4%           | 52          | 0,48             | 4,0%        | 66               | 0,60        | 3,4%      | 156 / 156 | 0,5       | beleidsmatige norm | NL               |
| -                                    | -              | -              | 53          | 0,48             | 4,1%        | 57               | 0,52        | 2,9%      | 11 /11    | -         |                    |                  |
| -                                    | -              | -              | 36          | 0,33             | 2,8%        | 44               | 0,41        | 2,3%      | 29 / 29   | 150       | PNEC               | CH               |
| -                                    | -              | -              | 22          | 0,20             | 1,7%        | 41               | 0,38        | 2,1%      | 7 / 7     | 10        | PNEC               | NORMAN           |
| -                                    | -              | -              | 22          | 0,20             | 1,7%        | 38               | 0,35        | 2,0%      | 32 / 53   | 560       | PNEC               | CH               |
| 60                                   | 0,55           | 4,1%           | 28          | 0,26             | 2,2%        | 34               | 0,32        | 1,8%      | 93 / 104  | *         |                    |                  |
| 40                                   | 0,37           | 2,7%           | 14          | 0,13             | 1,1%        | 29               | 0,27        | 1,5%      | 80 / 97   | *         |                    |                  |
| 20                                   | 0,18           | 1,4%           | 24          | 0,22             | 1,9%        | 27               | 0,25        | 1,4%      | 163 / 170 | 0,1       | KRW-norm           | EU               |
| -                                    | -              | -              | 25          | 0,23             | 1,9%        | 27               | 0,25        | 1,4%      | 16 /16    | *         |                    |                  |
| 30                                   | 0,28           | 2,1%           | 14          | 0,13             | 1,1%        | 27               | 0,25        | 1,4%      | 81 / 97   | 1,7       | PNEC               | CH               |
| 10                                   | 0,09           | 0,7%           | 0           | 0,00             | 0,0%        | 26               | 0,24        | 1,3%      | 22 / 69   | -         |                    |                  |
| -                                    | -              | -              | 25          | 0,23             | 2,0%        | 24               | 0,22        | 1,2%      | 11 /11    | -         |                    |                  |
| 20                                   | 0,18           | 1,4%           | 20          | 0,18             | 1,6%        | 20               | 0,18        | 1,0%      | 18 / 24   | *         |                    |                  |
| -                                    | -              | -              | 17          | 0,16             | 1,3%        | 18               | 0,17        | 0,9%      | 4 / 4     | *         |                    |                  |
| -                                    | -              | -              | 14          | 0,13             | 1,1%        | 16               | 0,14        | 0,8%      | 13 /13    | *         |                    |                  |
| 10                                   | 0,09           | 0,7%           | 12          | 0,11             | 0,9%        | 15               | 0,14        | 0,8%      | 112 / 142 | 0,6       | PNEC               | CH               |
| -                                    | -              | -              | 15          | 0,14             | 1,2%        | 15               | 0,14        | 0,8%      | 12 /14    | *         |                    |                  |
| 10                                   | 0,09           | 0,7%           | 14          | 0,13             | 1,1%        | 14               | 0,13        | 0,8%      | 42 / 62   | 0,019     | PNEC               | CH               |
| 50                                   | 0,46           | 3,4%           | 0           | 0,00             | 0,0%        | 14               | 0,13        | 0,7%      | 11 / 37   | *         |                    |                  |
| 10                                   | 0,09           | 0,7%           | 11          | 0,10             | 0,8%        | 13               | 0,12        | 0,7%      | 88 / 118  | 120       | PNEC               | CH               |
| -                                    | -              | -              | 7           | 0,06             | 0,5%        | 12               | 0,11        | 0,6%      | 55 /95    | 0,12      | PNEC               | CH               |
| 10                                   | 0,09           | 0,7%           | 10          | 0,09             | 0,8%        | 11               | 0,10        | 0,6%      | 80 / 91   | *         |                    |                  |
| 10                                   | 0,09           | 0,7%           | 4           | 0,03             | 0,3%        | 10               | 0,09        | 0,5%      | 52 / 90   | 0,011     | PNEC               | CH               |
| -                                    | -              | -              | 10          | 0,09             | 0,8%        | 10               | 0,09        | 0,5%      | 11 /11    | -         |                    |                  |
| 30                                   | 0,28           | 2,1%           | 0           | 0,00             | 0,0%        | 9                | 0,08        | 0,5%      | 21 / 44   | -         |                    |                  |
| -                                    | -              | -              | 7           | 0,06             | 0,5%        | 9                | 0,08        | 0,5%      | 11 /11    | -         |                    |                  |
| -                                    | -              | -              | 9           | 0,08             | 0,7%        | 8                | 0,07        | 0,4%      | 24 /31    | 0,04      | PNEC               | CH               |
| -                                    | -              | -              | 0           | 0,00             | 0,0%        | 5                | 0,04        | 0,3%      | 2 / 9     | 9,2       | voortlopie PNEC    | RIVM             |
| 20                                   | 0,18           | 1,4%           | 0           | 0,00             | 0,0%        | 5                | 0,04        | 0,2%      | 4 / 24    | -         |                    |                  |
| -                                    | -              | -              | 0           | 0,00             | 0,0%        | 4                | 0,04        | 0,2%      | 5 / 47    | -         |                    |                  |
| -                                    | -              | -              | 5           | 0,05             | 0,4%        | 4                | 0,04        | 0,2%      | 11 /11    | *         |                    |                  |
| -                                    | -              | -              | 0           | 0,00             | 0,0%        | 2                | 0,02        | 0,1%      | 12 /54    | 0,16      | PNEC               | NORMAN           |
| -                                    | -              | -              | 0           | 0,00             | 0,0%        | 2                | 0,02        | 0,1%      | 18 /50    | -         |                    |                  |
| -                                    | -              | -              | 2           | 0,02             | 0,1%        | 2                | 0,02        | 0,1%      | 11 /11    | *         |                    |                  |
| 10                                   | 0,09           | 0,7%           | 0           | 0,00             | 0,0%        | 2                | 0,02        | 0,1%      | 55 / 130  | 0,46      | PNEC               | CH               |
| 3                                    | 0,03           | 0,2%           | 0           | 0,00             | 0,0%        | 1                | 0,01        | 0,1%      | 26 / 115  | *         |                    |                  |
| 1463                                 | 13,43          | 100            | 1292        | 11,86            | 100         | 1927             | 17,69       | 100       |           |           |                    |                  |
| Totaal (excl stoffen met een P-PNEC) |                |                |             |                  |             |                  |             |           |           |           |                    |                  |
| Totaal stoffen met een P-PNEC        |                |                |             |                  |             |                  |             |           |           |           |                    |                  |

## B6.2 OBJECTCRITERIUM VOOR DRINKWATERBRONNEN

Wanneer medicijnresten een zeer kleine invloed hebben op de ruwwaterkwaliteit, bijvoorbeeld doordat een licht verontreinigde watergang slechts voor een klein percentage bijdraagt aan een grondwaterwinning, kan deze invloed niet relevant worden genoemd. De grens waaronder invloed van medicijnresten niet relevant meer is, is het 'objectcriterium voor beïnvloeding van drinkwaterbronnen'. Bij concentraties lager dan dit criterium worden de resultaten niet gepresenteerd ('afkapgrens').

Er bestaan in diverse kaders streefwaarden en/of kwaliteitseisen voor organische microverontreinigingen (waaronder medicijnresten) voor drinkwater of voor oppervlaktewater waaruit drinkwater wordt bereid. Al deze streefwaarden en kwaliteitseisen zijn generiek en gaan uit van het voorzorgprincipe. Ze zijn verzameld in Tabel B6.2. Er wordt onderscheid gemaakt in pesticiden en biociden (en hun metabolieten), genotoxische stoffen, steroïde hormonen en overige antropogene stoffen. medicijnresten worden alleen in het Europese Rivier Memorandum als aparte groep onderscheiden, in de andere gevallen vallen zij onder overige antropogene (niet natuurlijke) stoffen.

**TABEL B6-2 OVERZICHT VAN STREEFWAARDEN EN KWALITEITSEISEN VOOR ORGANISCHE MICROVERONTREINIGINGEN IN DRINKWATER OF OPPERVLAKTEWATER WAARUIT DRINKWATER WORDT BEREID**

| Referentie                             | Betreft                                                                            | Waarde    | Geldt voor                                                                                                                                                                                                   |
|----------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Drinkwaterbesluit (2011)               | Maximaal toegestane concentratie in drinkwater                                     | 1 µg/l    | Overige antropogene stoffen (d.w.z. niet apart benoemd in bijlage 1 drinkwaterbesluit (individueel))                                                                                                         |
|                                        | Maximaal toegestane concentratie in drinkwater                                     | 0,1 µg/l  | Pesticiden (individueel)                                                                                                                                                                                     |
|                                        | Maximaal toegestane concentratie in drinkwater                                     | 0,5 µg/l  | Pesticiden (som)                                                                                                                                                                                             |
| BKMW (2015)                            | Milieukwaliteitseis voor oppervlaktewater als grondstof voor drinkwater (algemeen) | 0,1 µg/l  | Gewasbeschermingsmiddelen, biociden en hun humaan toxicologisch relevante afbraakproducten (individueel)                                                                                                     |
| Europees Riviermemorandum (IAWR, 2013) | Streefwaarde voor oppervlaktewater                                                 | 0,1 µg/l  | Stoffen die inwerken op biologische systemen (individueel): pesticiden en biociden (en hun metabolieten), hormoonverstorende stoffen, medicijnresten, perfluorverbindingen en andere gehalogeneerde stoffen) |
|                                        | Streefwaarde voor oppervlaktewater                                                 | 1 µg/l    | Geëvalueerde stoffen met bekende effecten                                                                                                                                                                    |
|                                        | Streefwaarde voor oppervlaktewater                                                 | 0,1 µg/l  | Niet geëvalueerde drinkwaterrelevante stoffen                                                                                                                                                                |
| Mons et al. (2013)                     | Threshold of Toxicological Concern (TTC) / streefwaarde in drinkwater              | 0,01µg/l  | Genotoxische stoffen (individueel en som)                                                                                                                                                                    |
|                                        | Threshold of Toxicological Concern (TTC) / streefwaarde in drinkwater              | 0,01 µg/l | Steroïde hormonen (individueel en som)                                                                                                                                                                       |
|                                        | Threshold of Toxicological Concern (TTC) / streefwaarde in drinkwater              | 0,1 µg/l  | Alle andere organische stoffen (individueel)                                                                                                                                                                 |
|                                        | Threshold of Toxicological Concern (TTC) / streefwaarde in drinkwater              | 1 µg/l    | Alle andere organische stoffen (som)                                                                                                                                                                         |

BKMW (2015). Besluit van 15 oktober 2015 tot wijziging van het Besluit kwaliteitseisen en monitoring water 2009 en het Waterbesluit. Staatsblad 2015-394.

Drinkwaterbesluit (2011). <http://wetten.overheid.nl/BWBR0030111/2015-11-28>.

IAWR (2013). Memorandum regarding the protection of European rivers and watercourses in order to protect the provision of drinking water. IAWR, Internationale Arbeitsgemeinschaft der Wasserwerke im Rheineinzugsgebiet, Düsseldorf, Duitsland.

Mons, M.N., M.B. Heringa, J. van Genderen, L.M. Puijker, W. Brand, C.J. van Leeuwen, P. Stoks, J.P. van der Hoek & D. van der Kooij (2013). Use of the Threshold of Toxicological Concern (TTC) approach for deriving target values for drinking water contaminants. Water Research 47(4): 1666-78.

Op dit moment is er dus een discrepantie tussen de streefwaarde die geldt voor de oppervlaktewaterkwaliteit (0,1 µg/l voor een individuele antropogene stof) en de maximaal toegestane concentratie in drinkwater (1 µg/l voor een individuele antropogene stof). Er is een discussie

gaande om deze waarden gelijk te trekken, waarschijnlijk op 0,1 µg/l (pers. Comm. met Lieke Coonen, VEWIN).

Mede op basis hiervan is als objectcriterium bij drinkwaterbronnen een waarde van 0,1 µg/l voor de som medicijnresten gekozen. Dit objectcriterium is behoudend: als de som medicijnresten de waarde van 0,1 µg/l niet overschrijdt zullen de individuele stoffen dat ook niet doen.

Indien metformine en/of andere medicijnresten worden meegenomen in de berekeningen nemen de totale vrachten en concentraties toe. Theoretisch zal dit eerder tot overschrijding van de objectcriteria leiden. Voor drinkwaterbronnen is bekeken of dit in de praktijk tot meer 'probleemlocaties' leidt. Bij een objectcriterium van 0,1 µg/l blijkt het niets uit te maken (de concentratie is op één locatie na overal groter dan 0,1 µg/l).

## BIJLAGE 7

# OPGELEVERDE PRODUCTEN

De volgende producten worden opgeleverd in een digitale bijlage:

- De modelbestanden, inclusief de logbestanden met alle wijzigingen die in het model zijn doorgevoerd. Deze wijzigingen zijn ook aan Deltares opgeleverd en worden geheel in een komende versie van het LKM verwerkt.
- De modeluitvoerbestanden waarmee databasequeries kunnen worden gemaakt om maatlatten af te leiden, en waarmee nog niet eerder uitgevoerde analyses alsnog kunnen worden uitgevoerd, bijvoorbeeld een nieuw broncriterium.
- Alle basisinformatie die tijdens het project is verzameld en berekend
  - DWA, inwoneraantallen, aangeleverde en berekende zomer- en winterdebieten van effluent ontvangende wateren, en absolute en relatieve scores op de maatlatten (zie Tabel B7-1 voor de opbouw)
  - Tabel met invloed uitgesplitst naar zowel RWZI als naar KRW-waterlichaam
  - Tabel met kenmerken buitenlandse bronnen
  - Tabel met kenmerken drinkwaterbronnen
  - Tabel met resultaten drinkwatermaatlatten uitgesplitst naar individuele RWZI
- De resultaten van het model, specifiek de kaarten en tabellen zoals ze tijdens dit project zijn ontwikkeld en voorgelegd aan de waterschappen, in definitieve vorm. Het betreft de volgende kaarten (zie voorbeeldfiguren):
  - Voor ieder waterschap een kaart met de debieten in de zomer en de winter in het hele watersysteem van het waterschap (voorbeeld zie Figuur B7-1);
  - Voor iedere RWZI een kaart voor de zomer en de winter van de concentratie ten gevolge van die RWZI in het afwentelingsgebied van de RWZI. Er zijn ook kaarten gemaakt van de concentraties ten gevolge van de emissie uit grensoverschrijdende rivieren (voorbeeld zie Figuur B7-2);
  - Voor ieder waterschap een kaart met de concentratie in het hele watersysteem in de zomer en de winter (bijdragen van alle RWZI's (voorbeeld zie Figuur B7-3);
  - Voor heel Nederland overzichtskaarten invloed buitenlandse bronnen en Rijn en Maas (voorbeeld zie Figuur B7-4 en B7-5);
  - Voor heel Nederland bollenkaarten met de relatieve score op de verschillende maatlatten zoals ook in dit rapport aanwezig. Tevens overzichtskaarten van de relatieve bijdrage van buitenlandse bronnen aan de totaalconcentratie in oppervlaktewateren (voorbeeld zie Figuur B7-6 en B7-7).

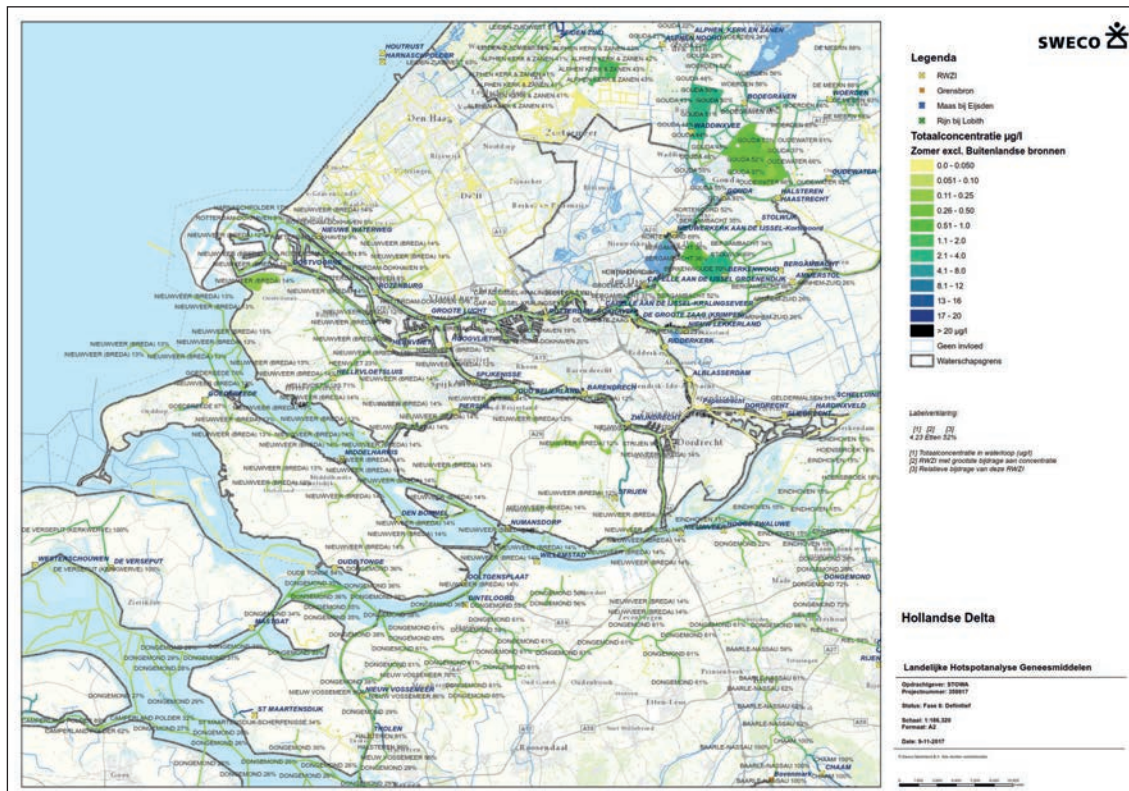
TABEL B7-1 OPBOUW MAATLATTENTABEL

| KOLOM | KOLOMNAAM             | VERKLARING                                                                                                                                                                                | KLEURCODE                              | VERBODEN KOLOM | GEGTYPE                                        |
|-------|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|----------------|------------------------------------------------|
| A     | ID                    | Volgnummer ten behoeve van sorteren naar vaste volgorde                                                                                                                                   | (-)                                    |                | Basisgegevens RWZI                             |
| B     | EMISSIE               | Emissienummer RWZI t.b.v. koppeling aan andere bestanden (deze studie)                                                                                                                    | (-)                                    |                |                                                |
| C     | WSKort                | Verkorte waterschapsnaam                                                                                                                                                                  | (-)                                    |                |                                                |
| D     | BL                    | Ja/Nee veld voor buitenlandse bronnen                                                                                                                                                     | (-)                                    |                |                                                |
| E     | DSG                   | Korte naam deelstroomgebied KRW                                                                                                                                                           | (-)                                    |                |                                                |
| F     | GIWB                  | Grondwaterlichaamligging                                                                                                                                                                  | (-)                                    |                |                                                |
| G     | ZANDKLEI              | Zand of klei                                                                                                                                                                              | (-)                                    |                |                                                |
| H     | PROV                  | Provincie                                                                                                                                                                                 | (-)                                    |                |                                                |
| I     | EmissionTypeID        | Naam RWZI                                                                                                                                                                                 | (-)                                    |                |                                                |
| J     | INW                   | Score op maatlat emissie: Aantal inwoners (-)                                                                                                                                             | (-)                                    |                |                                                |
| K     | CONCENTRATIE          | Score op maatlat concentratiebijdrage RWZI aan ontvangend oppervlaktewater ( $\mu\text{g/l}$ )                                                                                            | (-)                                    |                | Scoretabel maatlaten en alternatieve maatlaten |
| L     | INV_01_1              | Score op maatlat invloed broncriterium 0.1 $\mu\text{g/l}$ en objectcriterium 1 $\mu\text{g/l}$ ( $\mu\text{g/l} * \text{m}^2$ )                                                          | (-)                                    |                |                                                |
| M     | OPPWINNAME            | Score op maatlat drinkwater voor de oppervlaktewaterinnamepunten ( $\mu\text{g/l}$ )                                                                                                      | (-)                                    |                |                                                |
| N     | OEVERWATER            | Score op maatlat drinkwater voor de oeverwaterwinningen ( $\mu\text{g/l}$ )                                                                                                               | (-)                                    |                |                                                |
| O     | GRONDWATER            | Score op maatlat drinkwater voor de grondwaterwinningen ( $\mu\text{g/l}$ )                                                                                                               | (-)                                    |                |                                                |
| P     | INV_01_75             | Score op alternatieve maatlat invloed met broncriterium 0.1 $\mu\text{g/l}$ en objectcriterium 0.75 $\mu\text{g/l}$                                                                       | (-)                                    | JA             |                                                |
| Q     | INV_01_2              | Score op alternatieve maatlat invloed met broncriterium 0.1 $\mu\text{g/l}$ en objectcriterium 2 $\mu\text{g/l}$                                                                          | (-)                                    | JA             |                                                |
| R     | INV_025_1             | Score op alternatieve maatlat invloed met broncriterium 0.25 $\mu\text{g/l}$ en objectcriterium 1 $\mu\text{g/l}$                                                                         | (-)                                    | JA             |                                                |
| S     | INV_025_2             | Score op alternatieve maatlat invloed met broncriterium 0.25 $\mu\text{g/l}$ en objectcriterium 2 $\mu\text{g/l}$                                                                         | (-)                                    | JA             |                                                |
| T     | INV_01_2_RIVZEE       | Score op alternatieve maatlat invloed met broncriterium 0.1 $\mu\text{g/l}$ en objectcriterium 2 $\mu\text{g/l}$ , inclusief grote rijkswateren                                           | (-)                                    | JA             |                                                |
| U     | INV_01_1_RIVZEE       | Score op alternatieve maatlat invloed met broncriterium 0.1 $\mu\text{g/l}$ en objectcriterium 1 $\mu\text{g/l}$ , inclusief grote rijkswateren                                           | (-)                                    | JA             |                                                |
| V     | INVVOL_01_1           | Score op alternatieve maatlat invloed met broncriterium 0.1 $\mu\text{g/l}$ en objectcriterium 1 $\mu\text{g/l}$ , berekend op basis van Volume ( $\mu\text{g/l} * \text{m}^3$ )          | (-)                                    | JA             |                                                |
| W     | INV_01_5              | Score op alternatieve maatlat invloed met broncriterium 0.1 $\mu\text{g/l}$ en objectcriterium 5 $\mu\text{g/l}$                                                                          | (-)                                    | JA             |                                                |
| X     | INV_01_10             | Score op alternatieve maatlat invloed met broncriterium 0.1 $\mu\text{g/l}$ en objectcriterium 10 $\mu\text{g/l}$                                                                         | (-)                                    | JA             |                                                |
| Y     | RELINVLOED            | Score op alternatieve maatlat invloed met broncriterium 0.1 $\mu\text{g/l}$ en objectcriterium 1 $\mu\text{g/l}$ , vermenigvuldigd met fractie bijdrage                                   | (-)                                    | JA             |                                                |
| Z     | NOBL                  | Score op alternatieve maatlat invloed met broncriterium 0.1 $\mu\text{g/l}$ en objectcriterium 0.75 $\mu\text{g/l}$                                                                       | (-)                                    | JA             |                                                |
| AA    | WINTER                | Score op alternatieve maatlat invloed met broncriterium 0.1 $\mu\text{g/l}$ en objectcriterium 1 $\mu\text{g/l}$ , wintersituatie                                                         | (-)                                    | JA             |                                                |
| AB    | INV_10p_1             | Score op alternatieve maatlat invloed met broncriterium = 10% van het objectcriterium en objectcriterium = 1 $\mu\text{g/l}$ ( $\mu\text{g/l} * \text{m}^2$ )                             | (-)                                    | JA             |                                                |
| AC    | INV_LENTE             | Score op alternatieve maatlat invloed lengte (perimeter) in plaats van oppervlak ( $\mu\text{g/l} * \text{m}$ ) op basis van kaart LKM                                                    | (-)                                    | JA             |                                                |
| AD    | INV_LEN_NOBIG         | Score op alternatieve maatlat invloed lengte (perimeter) in plaats van oppervlak ( $\mu\text{g/l} * \text{m}$ ) exclusief de "lokale systemen"                                            | (-)                                    | JA             |                                                |
| AE    | REL_EMISSIE           | Relative Score op maatlat emissie: Aantal inwoners (-)                                                                                                                                    | Groep die 30 resp. 50 en 70% bijdraagt |                | Relative maatlaten en alternatieve maatlaten   |
| AF    | REL_CONCENTRATIE      | Relative Score op maatlat concentratiebijdrage RWZI aan ontvangend oppervlaktewater ( $\mu\text{g/l}$ )                                                                                   | Groep die 30 resp. 50 en 70% bijdraagt |                |                                                |
| AG    | REL_INV_01_1          | Relative Score op maatlat invloed broncriterium 0.1 $\mu\text{g/l}$ en objectcriterium 1 $\mu\text{g/l}$ ( $\mu\text{g/l} * \text{m}^2$ )                                                 | Groep die 30 resp. 50 en 70% bijdraagt |                |                                                |
| AH    | REL_OPPWINNAME        | Relative Score op maatlat drinkwater voor de oppervlaktewaterinnamepunten ( $\mu\text{g/l}$ )                                                                                             | Groep die 30 resp. 50 en 70% bijdraagt |                |                                                |
| AI    | REL_OEVERTWATER       | Relative Score op maatlat drinkwater voor de oeverwaterwinningen ( $\mu\text{g/l}$ )                                                                                                      | Groep die 30 resp. 50 en 70% bijdraagt |                |                                                |
| AJ    | REL_GRONDWATER        | Relative Score op maatlat drinkwater voor de grondwaterwinningen ( $\mu\text{g/l}$ )                                                                                                      | Groep die 30 resp. 50 en 70% bijdraagt |                |                                                |
| AK    | REL_INV_01_75         | Relative Score op alternatieve maatlat invloed met broncriterium 0.1 $\mu\text{g/l}$ en objectcriterium 0.75 $\mu\text{g/l}$                                                              | Groep die 30 resp. 50 en 70% bijdraagt | JA             |                                                |
| AL    | REL_INV_01_2          | Relative Score op alternatieve maatlat invloed met broncriterium 0.1 $\mu\text{g/l}$ en objectcriterium 2 $\mu\text{g/l}$                                                                 | Groep die 30 resp. 50 en 70% bijdraagt | JA             |                                                |
| AP    | REL_INV_025_1         | Relative Score op alternatieve maatlat invloed met broncriterium 0.25 $\mu\text{g/l}$ en objectcriterium 1 $\mu\text{g/l}$                                                                | Groep die 30 resp. 50 en 70% bijdraagt | JA             |                                                |
| AQ    | REL_INV_025_2         | Relative Score op alternatieve maatlat invloed met broncriterium 0.25 $\mu\text{g/l}$ en objectcriterium 2 $\mu\text{g/l}$                                                                | Groep die 30 resp. 50 en 70% bijdraagt | JA             |                                                |
| AR    | REL_INV_01_2_RIVZEE   | Relative Score op alternatieve maatlat invloed met broncriterium 0.1 $\mu\text{g/l}$ en objectcriterium 2 $\mu\text{g/l}$ , inclusief grote rijkswateren                                  | Groep die 30 resp. 50 en 70% bijdraagt | JA             |                                                |
| AS    | REL_INV_01_1_RIVZEE   | Relative Score op alternatieve maatlat invloed met broncriterium 0.1 $\mu\text{g/l}$ en objectcriterium 1 $\mu\text{g/l}$ , inclusief grote rijkswateren                                  | Groep die 30 resp. 50 en 70% bijdraagt | JA             |                                                |
| AT    | REL_INVVOL_01_1       | Relative Score op alternatieve maatlat invloed met broncriterium 0.1 $\mu\text{g/l}$ en objectcriterium 1 $\mu\text{g/l}$ , berekend op basis van Volume ( $\mu\text{g/l} * \text{m}^3$ ) | Groep die 30 resp. 50 en 70% bijdraagt | JA             |                                                |
| AU    | REL_INV_01_5          | Relative Score op alternatieve maatlat invloed met broncriterium 0.1 $\mu\text{g/l}$ en objectcriterium 5 $\mu\text{g/l}$                                                                 | Groep die 30 resp. 50 en 70% bijdraagt | JA             |                                                |
| AV    | REL_INV_01_10         | Relative Score op alternatieve maatlat invloed met broncriterium 0.1 $\mu\text{g/l}$ en objectcriterium 10 $\mu\text{g/l}$                                                                | Groep die 30 resp. 50 en 70% bijdraagt | JA             |                                                |
| AM    | REL_RELINVLOED        | Relative Score op alternatieve maatlat invloed met broncriterium 0.1 $\mu\text{g/l}$ en objectcriterium 1 $\mu\text{g/l}$ , vermenigvuldigd met fractie bijdrage                          | Groep die 30 resp. 50 en 70% bijdraagt | JA             |                                                |
| AN    | REL_NOBL              | Relative Score op alternatieve maatlat invloed met broncriterium 0.1 $\mu\text{g/l}$ en objectcriterium 0.75 $\mu\text{g/l}$                                                              | Groep die 30 resp. 50 en 70% bijdraagt | JA             |                                                |
| AO    | REL_WINTER            | Relative Score op alternatieve maatlat invloed met broncriterium 0.1 $\mu\text{g/l}$ en objectcriterium 1 $\mu\text{g/l}$ , wintersituatie                                                | Groep die 30 resp. 50 en 70% bijdraagt | JA             |                                                |
| AW    | REL_INV_10p_1         | Relative Score op alternatieve maatlat invloed met broncriterium = 10% van het objectcriterium en objectcriterium = 1 $\mu\text{g/l}$ ( $\mu\text{g/l} * \text{m}^2$ )                    | Groep die 30 resp. 50 en 70% bijdraagt | JA             |                                                |
| AX    | REL_INV_LENTE         | Relative Score op alternatieve maatlat invloed lengte (perimeter) in plaats van oppervlak ( $\mu\text{g/l} * \text{m}$ ) op basis van kaart LKM                                           | Groep die 30 resp. 50 en 70% bijdraagt | JA             |                                                |
| AY    | REL_INV_LEN_NOBIG     | Relative Score op alternatieve maatlat invloed lengte (perimeter) in plaats van oppervlak ( $\mu\text{g/l} * \text{m}$ ) exclusief de "lokale systemen"                                   | Groep die 30 resp. 50 en 70% bijdraagt | JA             |                                                |
| AZ    | WSRWZI                | Combinatie verkorte naam van het waterschap met naam RWZI                                                                                                                                 |                                        |                | Controlegegevens en aanvullende gegevens       |
| BA    | X                     | X-coördinaat                                                                                                                                                                              |                                        |                |                                                |
| BB    | Y                     | Y-coördinaat                                                                                                                                                                              |                                        |                |                                                |
| BC    | WDBT_BER              | Winterdebiet in ontvangend waterlichaam berekend met model ( $\text{m}^3/\text{s}$ )                                                                                                      |                                        |                |                                                |
| BD    | ZDBT_BER              | Zomerdebiet in ontvangend waterlichaam berekend met model ( $\text{m}^3/\text{s}$ )                                                                                                       |                                        |                |                                                |
| BE    | WDBT_WS               | Winterdebiet in ontvangend waterlichaam opgegeven door waterschap ( $\text{m}^3/\text{s}$ )                                                                                               |                                        |                |                                                |
| BF    | ZDBT_WS               | Zomerdebiet in ontvangend waterlichaam opgegeven door waterschap ( $\text{m}^3/\text{s}$ )                                                                                                |                                        |                |                                                |
| BG    | CONC_Werkelijk        | Berekende concentratie op basis van opgegeven zomerdebiet ( $\mu\text{g/l}$ )                                                                                                             |                                        |                |                                                |
| BH    | MaxCongdMinCon        | Verschilfactor modelberekening en 'werkelijk' concentratie in ontvangend oppervlaktewater (Max/Min)                                                                                       |                                        |                |                                                |
| BI    | GEVOELIGHEID_INVLOED  | Gevoeligheid van de invloed voor een verduubeling van het debiet in het ontvangende oppervlaktewater, uitgedrukt als fractie van de maximale invloedsverhoging                            |                                        |                |                                                |
| BJ    | NodeID                | Modelcode ontvangend waterlichaam                                                                                                                                                         |                                        |                | Ongerekenede getallen                          |
| BK    | TotaalCONC_ugl        | Totaalconcentratie geneesmiddelen in ontvangend oppervlaktewater                                                                                                                          |                                        |                |                                                |
| BL    | BIJDRAGEAANTOTAALCONC | Bijdrage van de RWZI in het ontvangende                                                                                                                                                   |                                        |                |                                                |
| BM    | DWA                   | DWA ( $\text{m}^3/\text{dag}$ )                                                                                                                                                           |                                        |                |                                                |
| BN    | REL_DWA               | DWA uitgedrukt als percentage van de totale DWA in Nederland                                                                                                                              | Groep die 30 resp. 50 en 70% bijdraagt |                |                                                |
| BO    | VERBLIJFTIJD          | Verblijftijd berekend op basis van relevante vracht in systeem en emissie                                                                                                                 | Onderverdeeld in drie categorieën      |                |                                                |
| BP    | DRINKW_COMBI          | Combinatie van de drie drinkwatermaatlaten (relatieve schaal)                                                                                                                             | Groep die 30 resp. 50 en 70% bijdraagt |                |                                                |
| BQ    | DWAm3/s               | DWA in ( $\text{m}^3/\text{s}$ )                                                                                                                                                          |                                        |                |                                                |
| BR    | DWA_literperinw       | DWA per inwoner (liter/inwoner)                                                                                                                                                           |                                        |                |                                                |
| BS    | INVperINW             | Invloed per inwoner                                                                                                                                                                       |                                        |                |                                                |
| BT    | INVperDWA             | Invloed per DWA                                                                                                                                                                           |                                        |                | Rangordes                                      |
| BU    | InTOP70proc           | Zit in een lijst van de top 70%                                                                                                                                                           | RWZI-naam weergegeven als in lijst     |                |                                                |
| BV    | TOP70drink            | Zit in een lijst van de top 70% van de drinkwatermaatlaten                                                                                                                                | RWZI-naam weergegeven als in lijst     |                |                                                |
| BW    | TOP70invconc          | Zit in een lijst van de top 70% van de maatlaten concentratie en / of invloed                                                                                                             | RWZI-naam weergegeven als in lijst     |                |                                                |
| BJ    | RANGEMM               | Rangorde Emissie                                                                                                                                                                          |                                        |                |                                                |
| BV    | RANGCONC              | Rangorde Concentratiemaatlat                                                                                                                                                              |                                        |                |                                                |
| BZ    | RANGINV               | Rangorde Benedenstroomse Invloed                                                                                                                                                          |                                        |                |                                                |
| CA    | RANGGRONDW            | Rangorde Drinkwaterbronnen Oppervlaktewater                                                                                                                                               |                                        |                |                                                |
| CB    | RANGOEUVW             | Rangorde Drinkwaterbronnen Oeverwater                                                                                                                                                     |                                        |                |                                                |
| CC    | RANGGRONDW            | Rangorde Drinkwaterbronnen Grondwater                                                                                                                                                     |                                        |                |                                                |



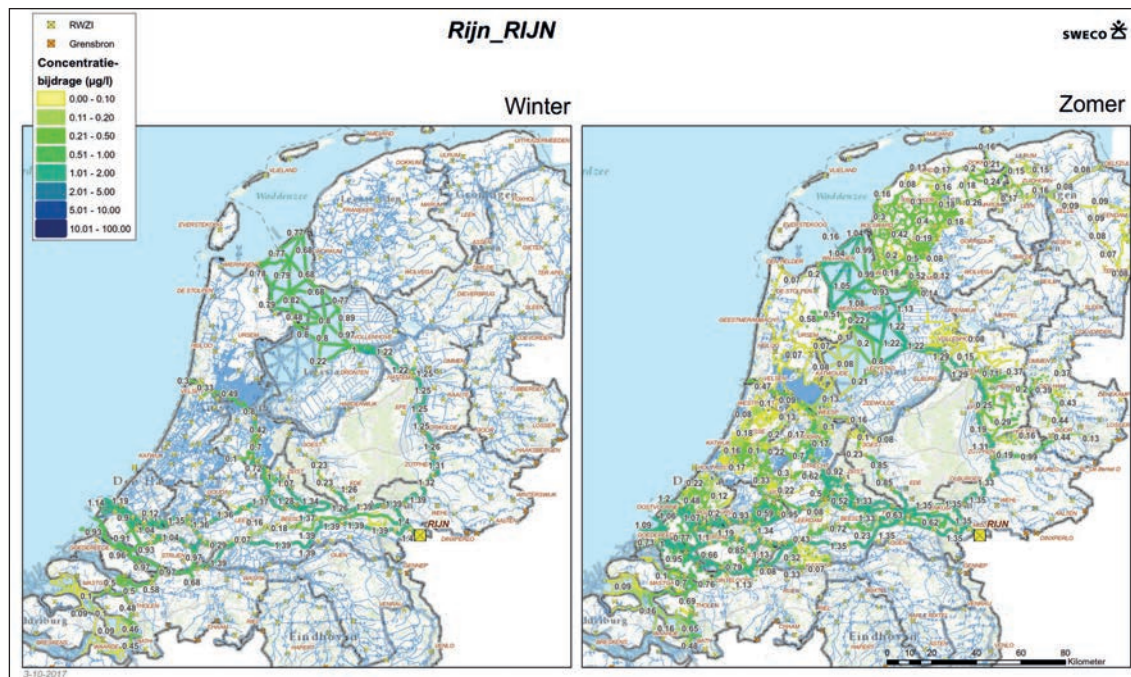
FIGUUR B7-3

VOORBEELD VAN EEN WATERSCHAPSKAART MET DE CONCENTRATIE IN HET HELE WATERSYSTEEM IN DE WINTER

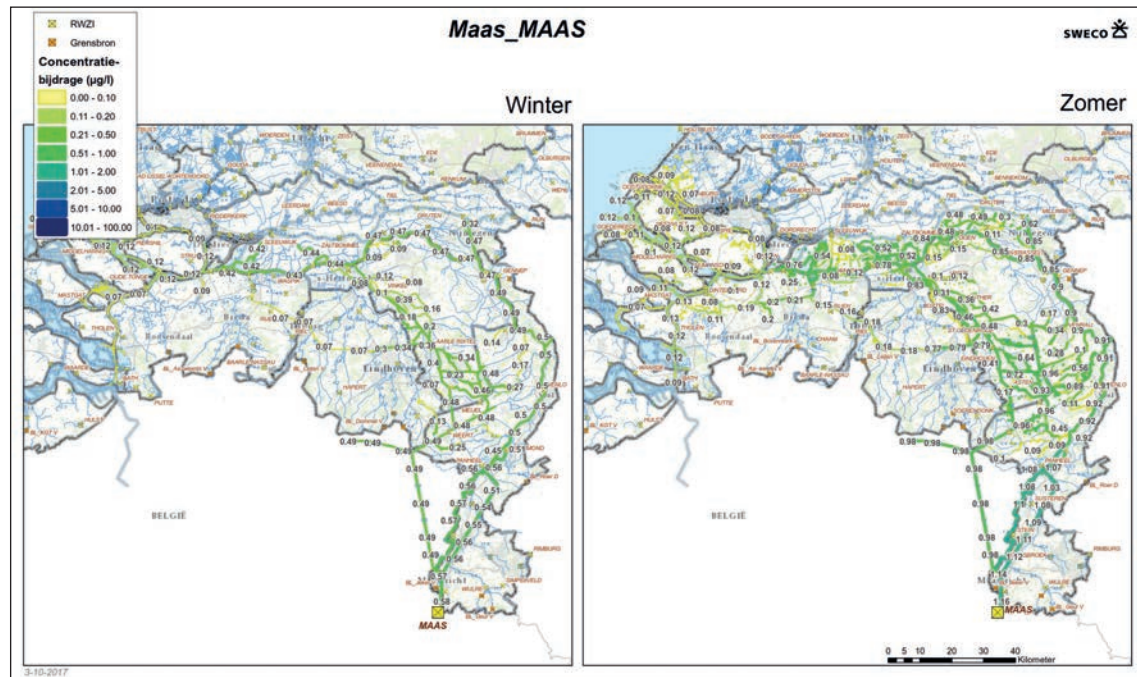


FIGUUR B7-4

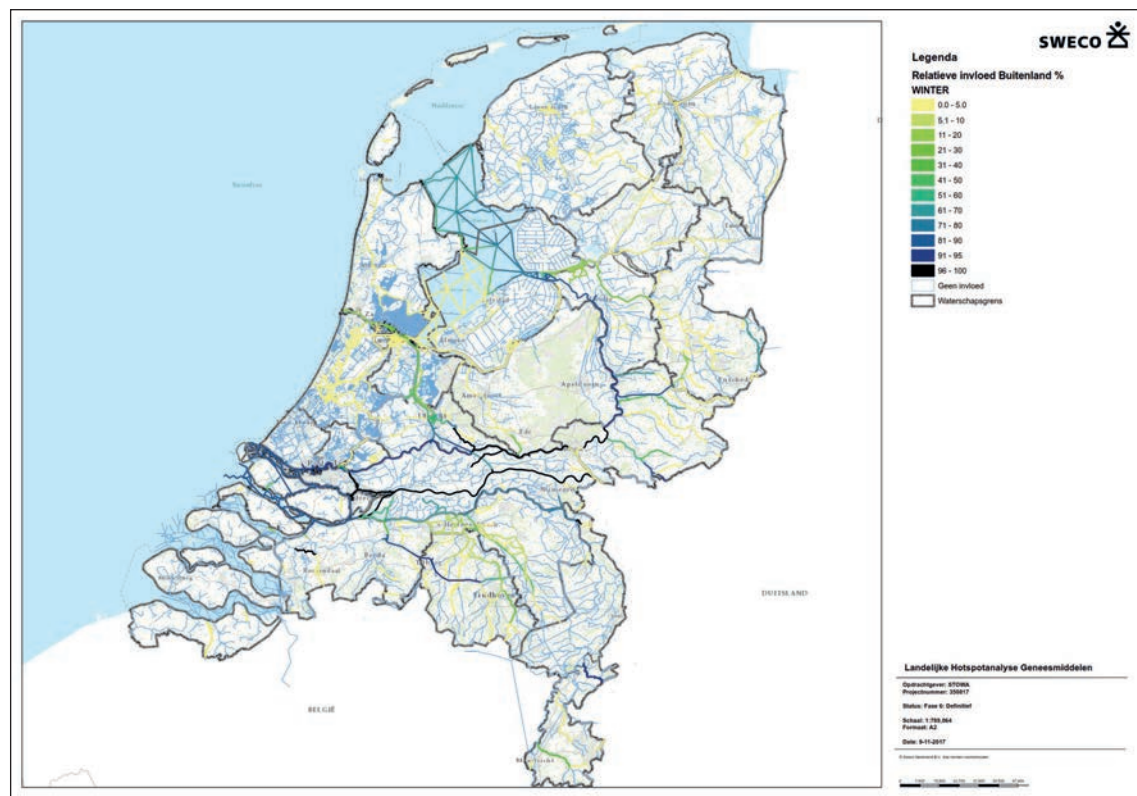
BEREKENDE CONCENTRATIEBIJDRAGE VAN DE RIJN IN HET NEDERLANDSE OPPERWATERSYSTEEM



FIGUUR B7-5 BEREKENDE CONCENTRATIEBIJDRAGE VAN DE MAAS IN HET NEDERLANDSE OPPERWATERSYSTEEM

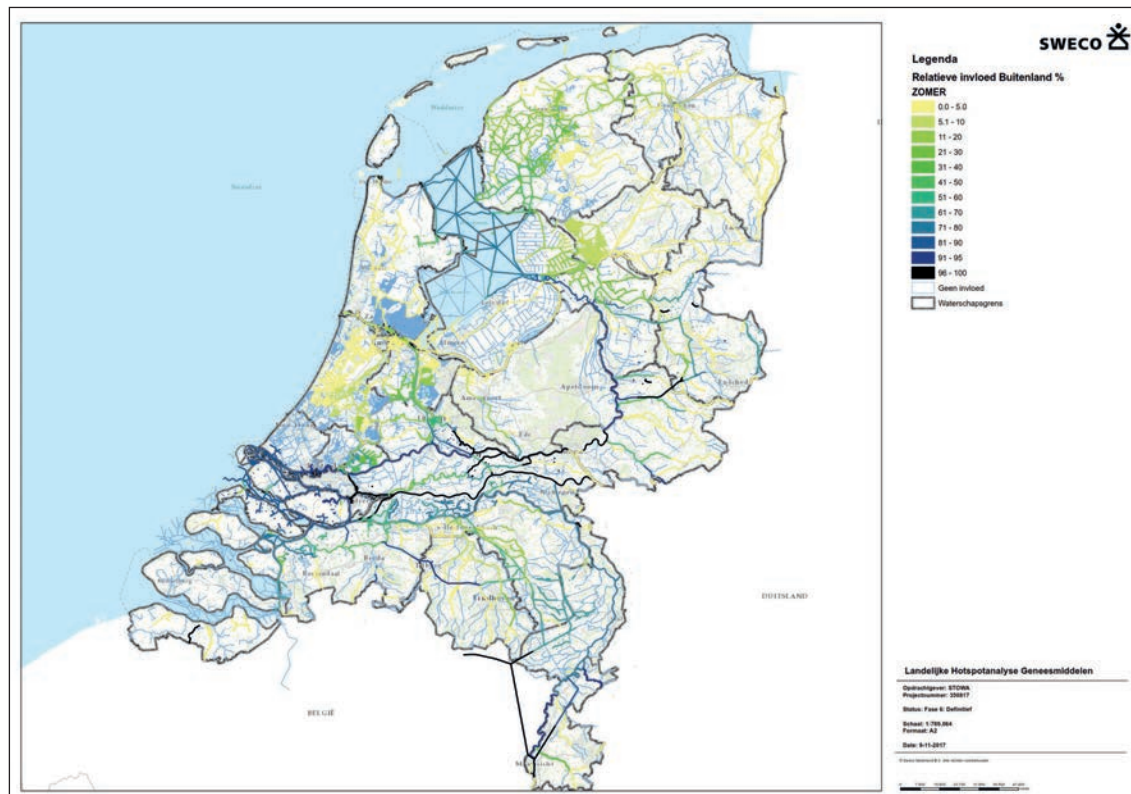


FIGUUR B7-6 RELATIEVE BIJDRAGE BUITENLANDSE BRONNEN AAN TOTAALCONCENTRATIE MEDICIJNRESTEN IN OPPERVLAKTEWATER IN DE WINTER



FIGUUR B7-7

RELATIEVE BIJDRAGE BUITENLANDSE BRONNEN AAN TOTAALCONCENTRATIE MEDICIJNRESTEN IN OPPERVLAKTEWATER IN DE ZOMER



## BIJLAGE 8

# VALIDATIE BEREKENDE CONCENTRATIES

Validatie kentallen voor Rijn en Maas, representativiteit debieten Rijn en Maas, effect afbraak, foutenanalyse concentratieberekeningen in regionale wateren en het effect daarvan op maatlat invloed

## B8.1 VALIDATIE AANNAME KENTAL RIJN EN MAAS

De Rijn en Maas zijn behalve voor de grote rijkswateren en Noordzee ook veruit de grootste medicijnrestenbronnen voor de regionale oppervlaktewateren in Nederland. Door inlaat van water in kanalen en door wateraanvoer naar grote gebieden met watertekorten in de zomerperioden en ten behoeve van doorspoeling wordt het regionale systeem sterk door rivierwater beïnvloed. De invloed van de Rijn (46,5 miljoen inwoners) is het grootst en is gelijk aan 11,2% van de invloed van Nederlandse RWZI's samen. De Maas (2,91 miljoen inwoners) heeft met 2,1% relatief t.o.v. zijn inwoneraantal meer invloed dan de Rijn.

De bronnen Rijn en Maas verschillen behalve door hun afmeting ook van de normale bronnen door de reistijd naar de Nederlandse grens, waardoor afbraak een rol zou kunnen gaan spelen. De Rijn is ongeveer een week onderweg vanuit Zwitserland, maar in zijtakken (en in lokaal aanwezige meren) kan de verblijftijd zeer veel langer zijn. Daarnaast verschilt het medicijnrestengebruik tussen de landen en zal het emissiekental anders zijn doordat zuiveringen van een extra zuiveringsstap kunnen zijn voorzien.

De in deze studie gemaakte aanname dat het kental voor de emissie van inwoners in het buitenland gelijk is als binnen Nederland is daarom met metingen in de rivieren gevalideerd.

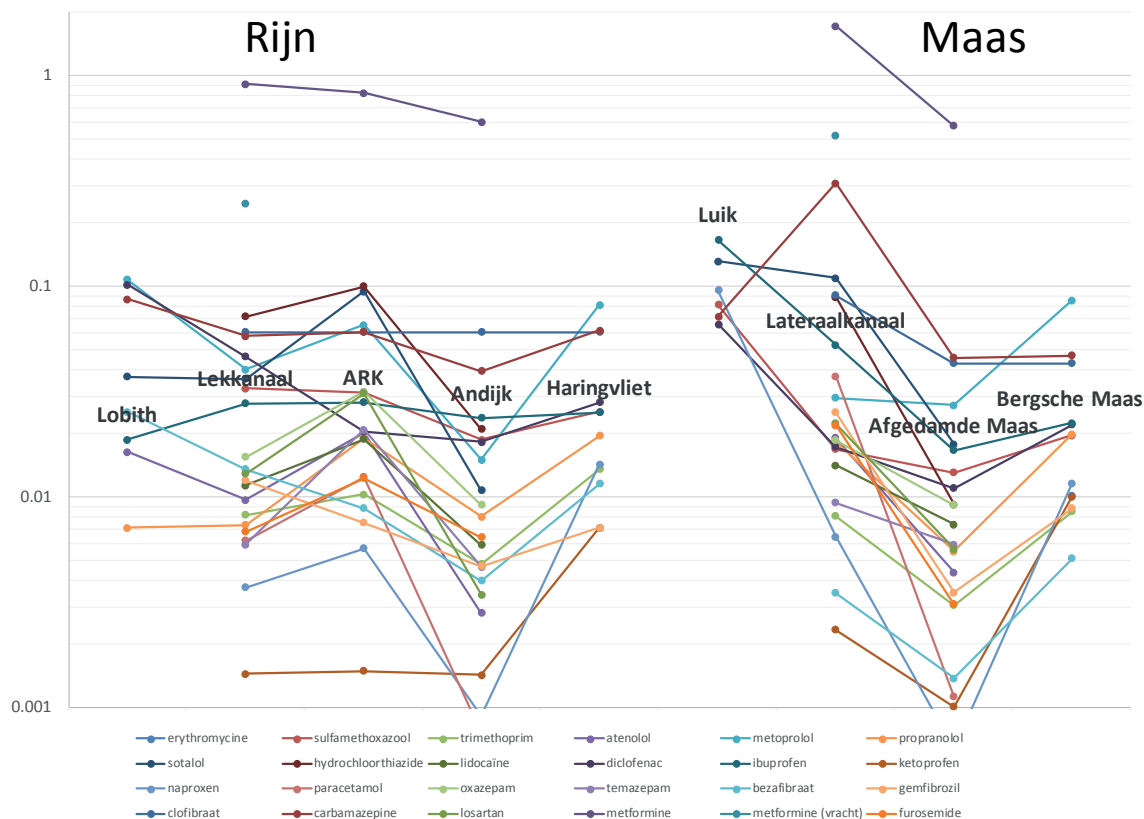
### *Bestudering RIWA-gegevens*

Eerst zijn de RIWA-statistieken nader bestudeerd. In Figuur B8-1 is te zien dat de concentratie in de Maas bij Luik / Maastricht aflijkt te nemen richting Lateraalkanaal en het laagst is in de Afgedamde Maas. In de Bergsche Maas is de concentratie weer iets hoger. Het LKM laat vanaf Maastricht juist een verdubbeling van de concentratie zien, door invloed van de Roer en de Niers. De invloed van deze twee wateren (1,85 miljoen inwoners) is mogelijk kleiner dan berekend in het model, om onbekende reden. Voor de Rijn worden dubbele concentraties in het ARK berekend en bij Andijk en Haringvliet weer concentraties vergelijkbaar met de Rijn. Dit beeld wordt alleen voor Andijk niet bevestigd, ook door onbekende reden.

Omdat de basisgegevens niet beschikbaar zijn maar alleen statistieken van de RIWA-concentratie metingen zijn gegevens van individuele meetpunten niet nader beschouwd.

FIGUUR B8-1

BEREKENDE GEMIDDELDE EMISSIE IN GRAM PER PERSOON PER JAAR OP DE MEETPUNTEN EN DE MAAS EN RIJN VOOR DE MEDICIJNRESTEN DIE OOK OP BASIS VAN DE DE WATSON-DATABASE EN/OF ZORG-KENTALLEN KONDEN WORDEN AFGELEID. AANTALLEN INWONERS IN HET ACHTERLAND VAN ELK MEETPUNT IN DE MAAS ZIJN HERLEID OP BASIS VAN DE LKM-BEREKENING. DE HARINGVLIEET BESTAAT VOOR ONGEVEER 1/5<sup>e</sup> DEEL UIT MAASWATER EN IS DAAROM INGEDEELD BIJ DE RIJN



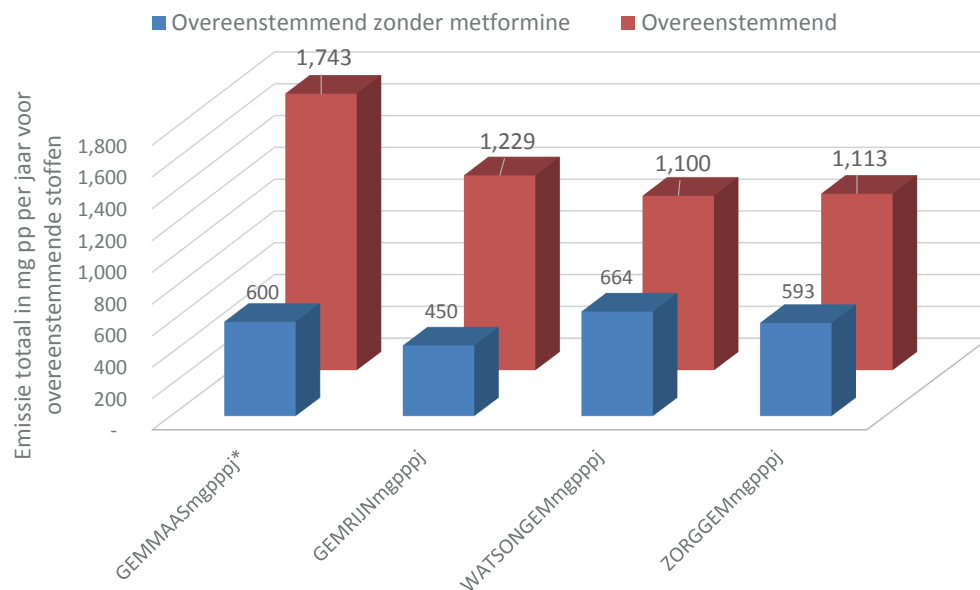
#### Afleiden kental voor rivieren

Om na te gaan of het kental dat is afgeleid op basis van de WATSON-gegevens van effluenten ook kan worden gebruikt voor de rivieren is voor iedere stof op ieder RIWA-meetpunt een kental per inwoner berekend. Voor de Maas zijn metingen gecorrigeerd op basis van het aantal inwoners in het achterland van het meetpunt, dus inclusief invloed uit Duitsland en binnen Nederland. Door van de berekende kentallen per meetpunt per rivier het gemiddelde te bepalen en vervolgens voor die medicijnresten die in alle pakketten zijn gemeten het totaal-kental te berekenen en te vergelijken inclusief en exclusief metformine is het beeld verkregen dat is gegeven in Figuur B8-2.

Figuur B8-2 laat zien dat het geoorloofd is hetzelfde kental toe te passen voor Rijn en Maas als het kental dat in deze studie gehanteerd wordt en dat gebaseerd is op de Watson database. Er is wel nadere duiding van de RIWA-gegevens nodig omdat in de metingen grote fluctuaties optreden die niet allemaal kunnen worden verklaard (Figuur B8-1).

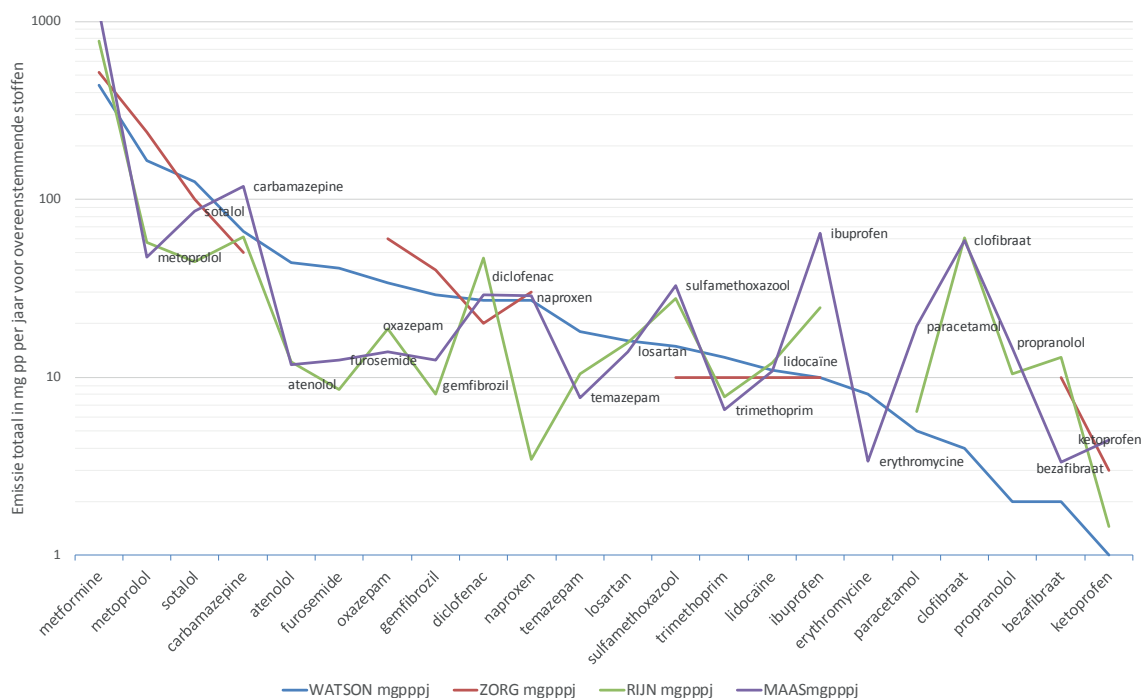
FIGUUR B8-2

NIEUW BEREKENDE KENTALLEN VOOR MAAS, RIJN EN REEDS BEREKENDE KENTALLEN UIT WATSON EN ZORG VOOR ALLEEN DAT DEEL VAN HET PAKKET DAT OVEREENSTEMMEND IS (23 STOFFEN, ONGEVEER 2/3 DEEL VAN DE EMISSIE BEREKEND MBV WATSON). VOORAL METFORMINE IN DE MAAS WIJKT STERK AF. IN DE RIVIEREN LIJKT HET KENTAL 10-25% LAGER UIT TE VALLEN WANNEER METFORMINE NIET WORDT BESCHOUWD EN ANDERS JUIST 10-50% HOGER



FIGUUR B8-3

VERGELIJKING KENTALLEN WATSON, ZORG, RIJN EN MAAS OP INDIVIDUEEL STOFNIVEAU



Inclusief metformine wordt een iets hoger, exclusief metformine een iets lager kental berekend. Een vergelijking van individuele stoffen laat een grotere variabiliteit zien (Figuur B8-3 en Tabel B8-1). Stoffen worden zowel in fors hogere hoeveelheden (ibuprofen, propranolol en clofibraat factor 5-10 hoger in de rivieren!) als in fors lagere hoeveelheden in rivierwater teruggevonden (metoprolol, atenolol, furosemide, oxazepam, gemfibrozil, naproxen (D), solatol (D) en temazepam zijn factor 3-4 lager dan in effluenten).

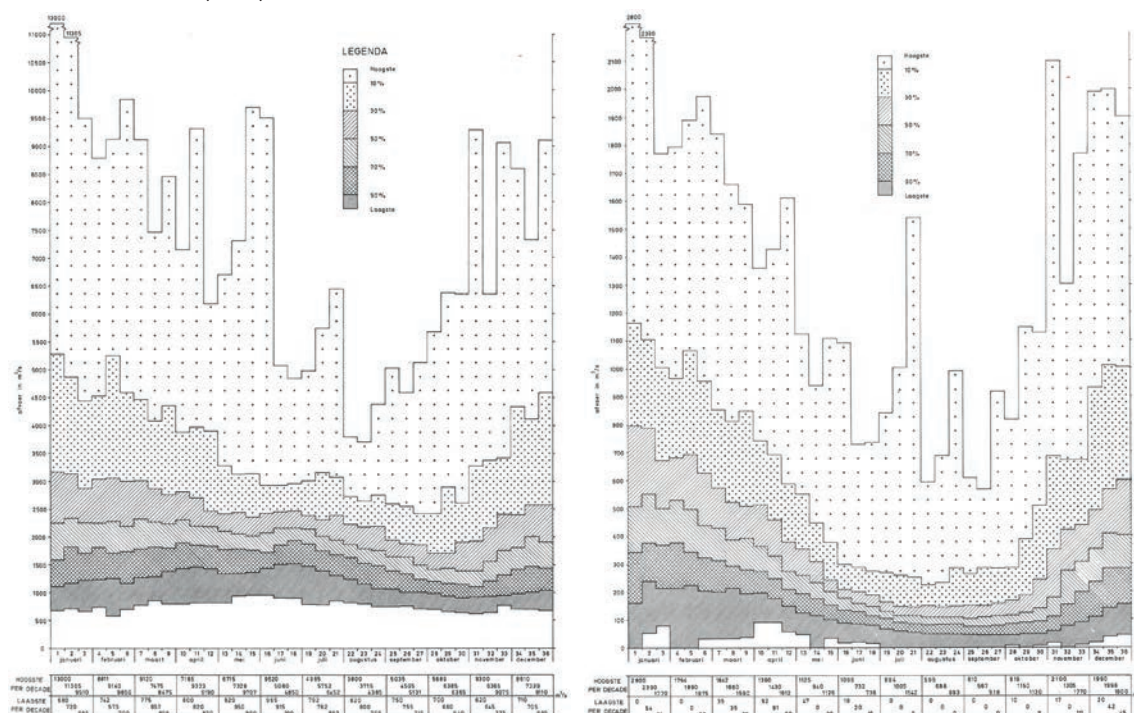
De lagere concentraties kunnen zowel door afbraak als door ander medicijnrestengebruik verklaard worden. Voor Naproxen en Solatol geldt dat alleen de Rijn zeer lage concentraties kent en ligt een verschil in de gebruikshoeveelheden meer voor de hand. Voor metoprolol lijkt afbraak waarschijnlijk omdat deze stof ook in Nederlandse wateren verlaagd is aangetroffen ten opzichte van de andere medicijnresten.

Geconcludeerd wordt dat verschillen worden waargenomen voor individuele stoffen, maar dat er geen duidelijke reden is een specifiek kental voor Rijn of Maas af te leiden: de gebruikte aanname dat de emissie per inwoner gelijk is aan die in Nederland gaat voor de som van de medicijnresten goed op.

## B8.2 DEBIET RIJN EN MAAS: REPRESENTATIEF VOOR DE AFVOER EN CONCENTRATIES?

Het percentage RWZI-effluent in rivierwater hangt af van de afvoer van de rivieren. Deze afvoer is in de zomer en het najaar op zijn laagst, veel lager dan de jaargemiddelde afvoer, maar ook veel lager dan de zomerhalfjaargemiddelde afvoer. In figuur B8-4 is de LKM-halfjaaraafvoer geplot op de frequentieverdeling van de afvoeren van Rijn en Maas.

FIGUUR B8-4 VERGELIJKING ZOMER- EN WINTERDEBIETEN LKM-MODEL MET LANGJARIGE FREQUENTIEVERDELINGEN VAN DE AFVOER VAN DE RIJN (LINKS) EN MAAS (RECHTS)



Het blijkt dat in de Maas een typische laagwaterafvoer (maandgemiddeld)  $50 \text{ m}^3/\text{s}$  is, bijvoorbeeld in de maanden augustus en september 2003, september 2009, juli 2010, mei en november 2011. Dat is ruim driemaal zo laag als de zomerhalfjaar afvoer van  $170 \text{ m}^3/\text{s}$  waar nu mee is gerekend. Het percentage RWZI-effluent en medicijnrestenconcentraties in de Maas zijn dan in die maanden met laagwaterafvoer navenant hoger, dus ruim 3x zo hoog. Geconcludeerd wordt dat het gebruik van een halfjaargemiddelde concentratie in specifieke situaties leidt tot een forse onderschatting van werkelijke concentraties wanneer, vooral wanneer deze op kortere tijdschalen al tot een probleem kunnen leiden zoals bij drinkwaterbronnen.

## B8.4 AFBRAAK EN VARIABILITEIT VAN INDIVIDUELE MEDICIJNRESTEN

### *Rijn en Maas*

De bijdrage vanuit het buitenland kent vooral op individueel stofniveau onzekerheid. Om op individueel stofniveau een beeld van de concentratie in de rivieren te krijgen kan gebruik worden gemaakt van de kentallen uit Tabel B8-1.

**TABEL B8-1 KENTALLEN MAAS EN RIJN IN VERGELIJKING MET DE KENTALLEN VOOR OVEREENSTEMMENDE STOFFEN UIT WATSON EN ZORG MET TUSSEN HAAKJES HET KENTAL ZONDER METFORMINE**

| naam                              | Emissie vlgs WATSON<br>(mgpppj) | Emissie vlgs ZORG<br>(mgpppj) | Emissie Rijn<br>(mgpppj) | Emissie Maas<br>(mgpppj) |
|-----------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| metformine                        | 436                             | 520                           | 778.38                   | 1142.80                  |
| metoprolol                        | 165                             | 240                           | 57.01                    | 47.35                    |
| sotalol                           | 126                             | 100                           | 44.55                    | 86.01                    |
| carbamazepine                     | 66                              | 50                            | 61.17                    | 117.79                   |
| atenolol                          | 44                              |                               | 12.23                    | 11.72                    |
| furosemide                        | 41                              |                               | 8.51                     | 12.50                    |
| oxazepam                          | 34                              | 60                            | 18.69                    | 13.88                    |
| gemfibrozil                       | 29                              | 40                            | 8.06                     | 12.51                    |
| diclofenac                        | 27                              | 20                            | 46.65                    | 29.13                    |
| naproxen                          | 27                              | 30                            | 3.43                     | 28.75                    |
| temazepam                         | 18                              |                               | 10.47                    | 7.68                     |
| losartan                          | 16                              |                               | 15.71                    | 13.96                    |
| sulfamethoxazool                  | 15                              | 10                            | 27.59                    | 32.82                    |
| trimethoprim                      | 13                              | 10                            | 7.76                     | 6.55                     |
| lidocaïne                         | 11                              | 10                            | 12.01                    | 10.78                    |
| ibuprofen                         | 10                              | 10                            | 24.55                    | 64.55                    |
| erythromycine                     | 8                               |                               | 0.00                     | 3.37                     |
| paracetamol                       | 5                               |                               | 6.45                     | 19.29                    |
| clofibrat                         | 4                               |                               | 60.56                    | 58.81                    |
| propranolol                       | 2                               |                               | 10.39                    | 14.56                    |
| bezafibrat                        | 2                               | 10                            | 12.91                    | 3.33                     |
| ketoprofen                        | 1                               | 3                             | 1.45                     | 4.46                     |
| Totaal (totaal zonder metformine) | 1100 (664)                      | 1113 (593)                    | 1229 (450)               | 1743 (600)               |

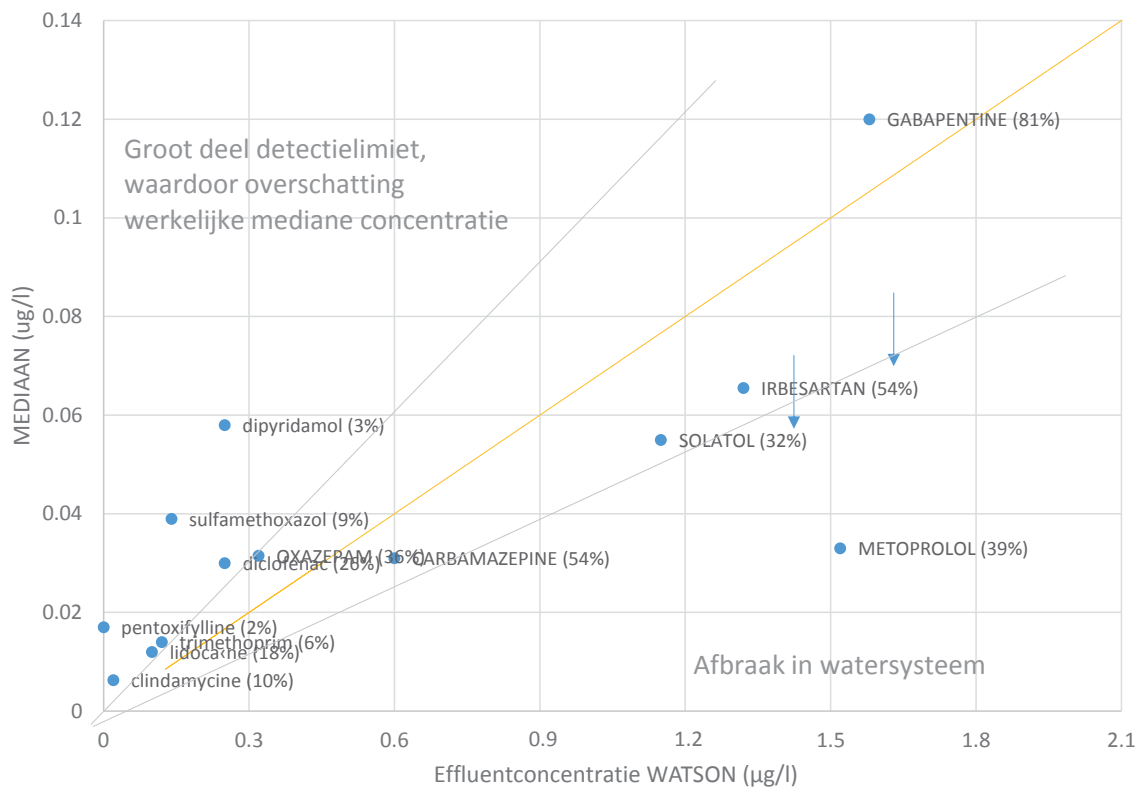
### *Binnenlandse wateren*

Afbraak en variabiliteit op stofniveau is indicatief beschouwd met gegevens in Friesland. Daar is in de meren stroomafwaarts van RWZI Drachten in de periode 2013-2016 intensief gemeten. Van deze metingen is per stof de mediaan bepaald. Deze is uitgezet tegen de samenstelling van gemiddeld effluent op basis van de WATSON-database.

Van gabapentine en carbamazepine wordt aangenomen dat deze zich relatief conservatief gedragen. Op basis daarvan is alleen metoprolol significant lager in concentratie dan verwacht op basis van verdunning van effluent. Afbraak / retentie is de waarschijnlijke oorzaak.

Andere stoffen zijn hoger dan verwacht op basis van gabapentine. De oorzaak daarvoor is het hoge percentage detectielimieten, die ertoe leiden dat de mediane concentratie sterk wordt overschat.

**FIGUUR B8-5** VERGELIJKING CONCENTRATIEVERDELING INDIVIDUELE MEDICIJNRESTEN IN EFFLUENT (BEREKEND MET KENTAL OP BASIS WATSON) MET METINGEN IN REGIONAAL WATER STROOMAFWAARTS VAN RWZI DRACHTEN (WETTERSKIP FRYSLAN). LABELS GEVEN BEHALVE DE STOFNAAM OOK HET PERCENTAGE METINGEN BOVEN DETECTIELIMIET



Deze korte interpretatie van regionale waterkwaliteitsgegevens om afbraak in het regionale watersysteem aan te tonen laat zien dat het globaal verkregen beeld (ook vanuit de RIWA-gegevens) wordt bevestigd: afbraak speelt waarschijnlijk voor enkele individuele stoffen een rol van betekenis. Echter voor individuele middelen is veel variabiliteit aanwezig en zijn er veel onzekerheden door detectielimieten. Afbraak is daardoor niet eenvoudig is aan te tonen.

### B8.5 BEREKENINGSRESULTATEN REGIONALE WATEREN

Een factor 2 fout in het berekende debiet, dus ten opzichte van het 'werkelijke' halfjaargemiddelde debiet, zal bij zeer lage verdunning (bijna puur effluent) weinig verschil maken voor de berekende concentratie in het oppervlaktewater. Bij grote verdunning zal een factor 2 afwijking in het berekende debiet van het ontvangende water leiden tot nagenoeg een factor 2 fout in de berekende concentratie, echter bij een zeer grote verdunning is de concentratie in het oppervlaktewater niet relevant.

De meeste RWZI's met een afwijkend berekend debiet liggen in het tussengebied waar de concentratie relevant is en de verdunningsfactor sterk doorwerkt in de berekende concentratie.

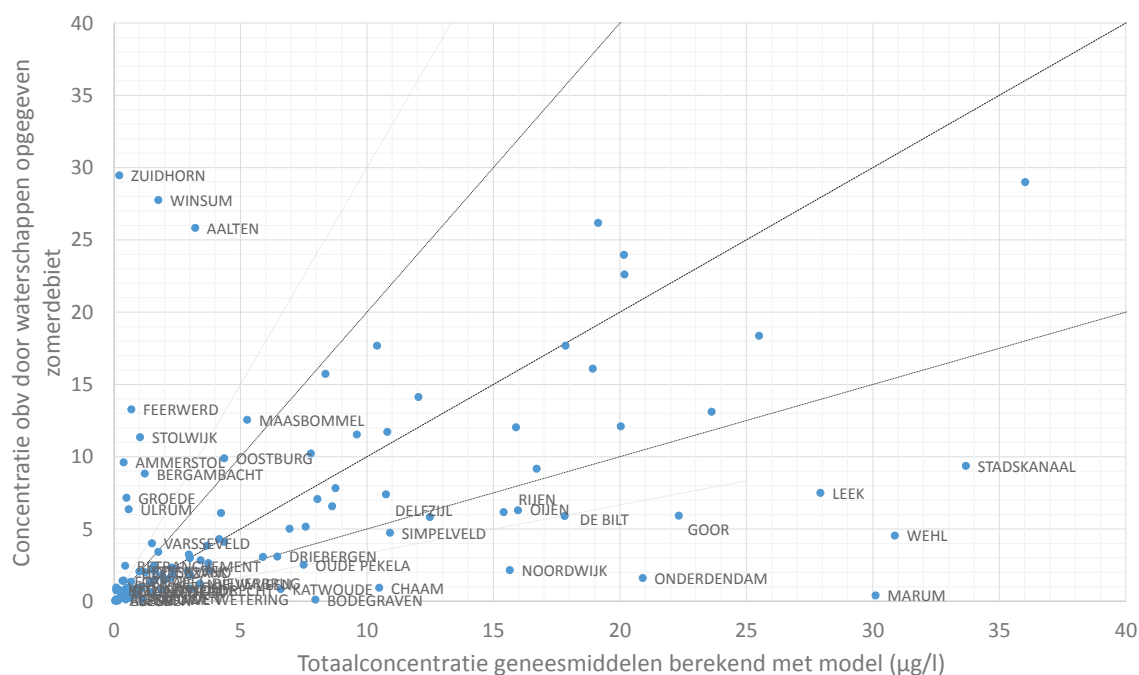
In Figuur B8-6 zijn de berekende en opgegeven debieten en de daarop gebaseerde concentraties medicijnresten gepresenteerd op logschaal en in figuur B8-7 is de concentratie op lineaire schaal gepresenteerd in twee concentratiebereiken. Hieruit kan worden afgelezen voor welke RWZI's modelresultaten van de concentratie nog niet betrouwbaar genoemd kunnen worden, vooral in Groningen en in de Krimpenerwaard zijn door modeltekortkomingen grotere fouten geaccepteerd.

**FIGUUR B8-6** VERGELIJKING BEREKENDE EN DOOR WATERSCHAPPEN OPGEGEVEN ZOMERDEBIETEN (BOVEN) EN (BENEDEN) DE DAARUIT BEREKENDE CONCENTRATIEBIJDRAGEN IN DE ONTVANGENDE WATERLICHAMEN. SCHAAL IS LOGARITMISCH



FIGUUR B8-7

VERGELIJKING BEREKENDE CONCENTRATIEBIJDRAGEN IN DE ONTVANGENDE WATERLICHAMEN OP BASIS VAN BEREKENDE EN DOOR WATERSCHAPPEN OPGEGEVEN ZOMERDEBIETEN. SCHAAL IS LINEAIR

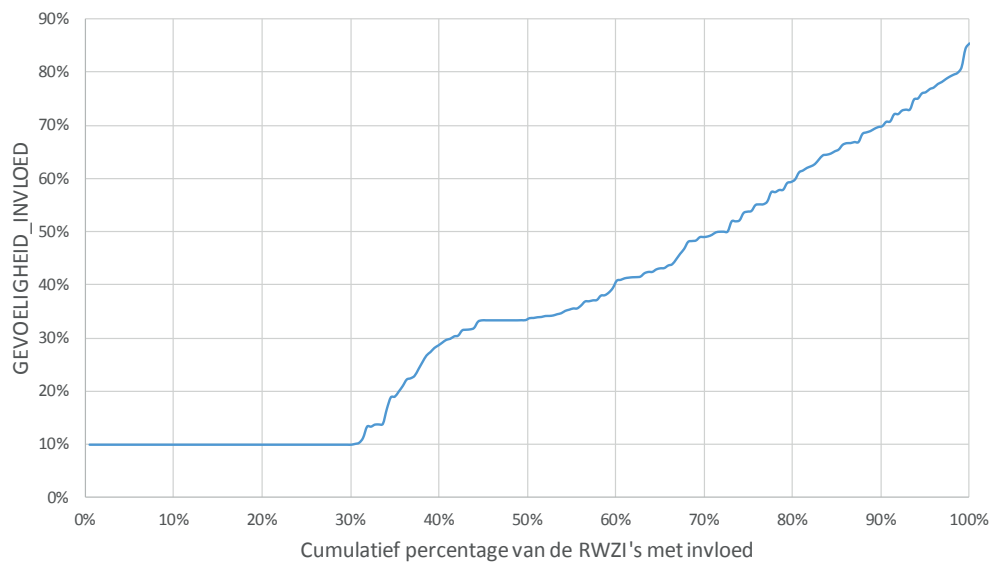


#### B8.6 DOORWERKING FOUTEN IN DE BEREKENINGSRESULTATEN OP MAATLAT INVLOED

Bij RWZI's waar de score op de maatlat invloed grotendeels wordt bepaald door de ontvangende watergang zal een fout in de berekende concentratie (zie vorige paragraaf) bijna 1 op 1 doorwerken naar de berekende invloed. Wanneer de ontvangende watergang klein is en stroomafwaarts debieten beter worden gesimuleerd zal een fout in het berekende concentratiebijdrage bij het lozingspunt nauwelijks een fout opleveren in de berekende invloed. Door het debiet van de ontvangende watergang 50% te vergroten en deze debiettoename aan alle stroomafwaarts gelegen waterlichamen toe te voegen om vervolgens daarmee de concentraties en invloed opnieuw te berekenen, is indicatief inzicht verkregen in de gevoeligheid van berekeningsresultaten voor een fout in het debiet van de ontvangende watergang. Van de 223 RWZI's waarvoor invloed groter dan 0 is berekend laat ruim de helft een zeer beperkte gevoeligheid zien. Ruim 65 RWZI's (30%) zijn gevoelig voor modelleerfouten bij de ontvangende waterlichamen: een fout in het debiet werkt voor meer dan de helft door in de berekende score voor invloed benedenstroomse waterkwaliteit. In Figuur B8-8 is de cumulatieve verdeling van de gevoeligheid gegeven. Een gevoeligheid van kleiner dan 10% betekent dat een fout van 50% in het berekende debiet tot een fout kleiner dan 5% in de berekende invloed leidt.

FIGUUR B8-8

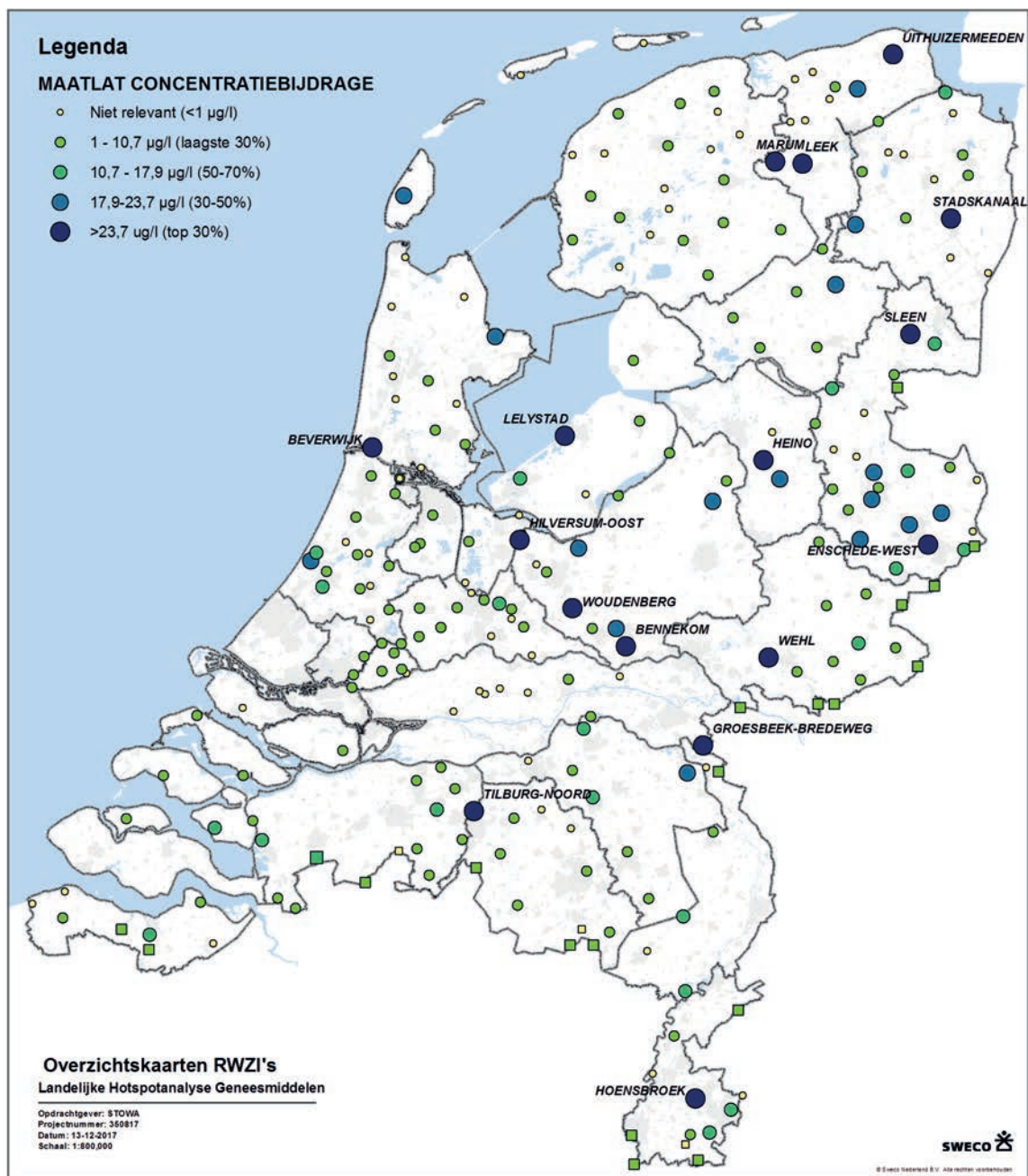
CUMULATIEVE CURVE VAN DE GEVOELIGHEID VAN DE INVLOED VOOR FOUTEN IN HET DEBIET VAN HET ONTVANGENDE OPPERVLAKEWATER, ERVAN UITGAANDE DAT DEZE (ABSOLUTE)FOUT IN HET GEHELE INVLOEDSGEBIED STROOMAFWAARTS DOORWERKT. BIJ 100% GELDT EEN 1 OP 1 RELATIE TUSSEN CONCENTRATIE IN HET ONTVANGENDE WATERLICHAAAM EN DE SCORE OP INVLOED. BIJ EEN LAGE INVLOED HEEFT EEN FOUT IN HET DEBIET IN HET ONTVANGENDE WATERLICHAAAM NAUWELIJKS INVLOED OP DE SCORE



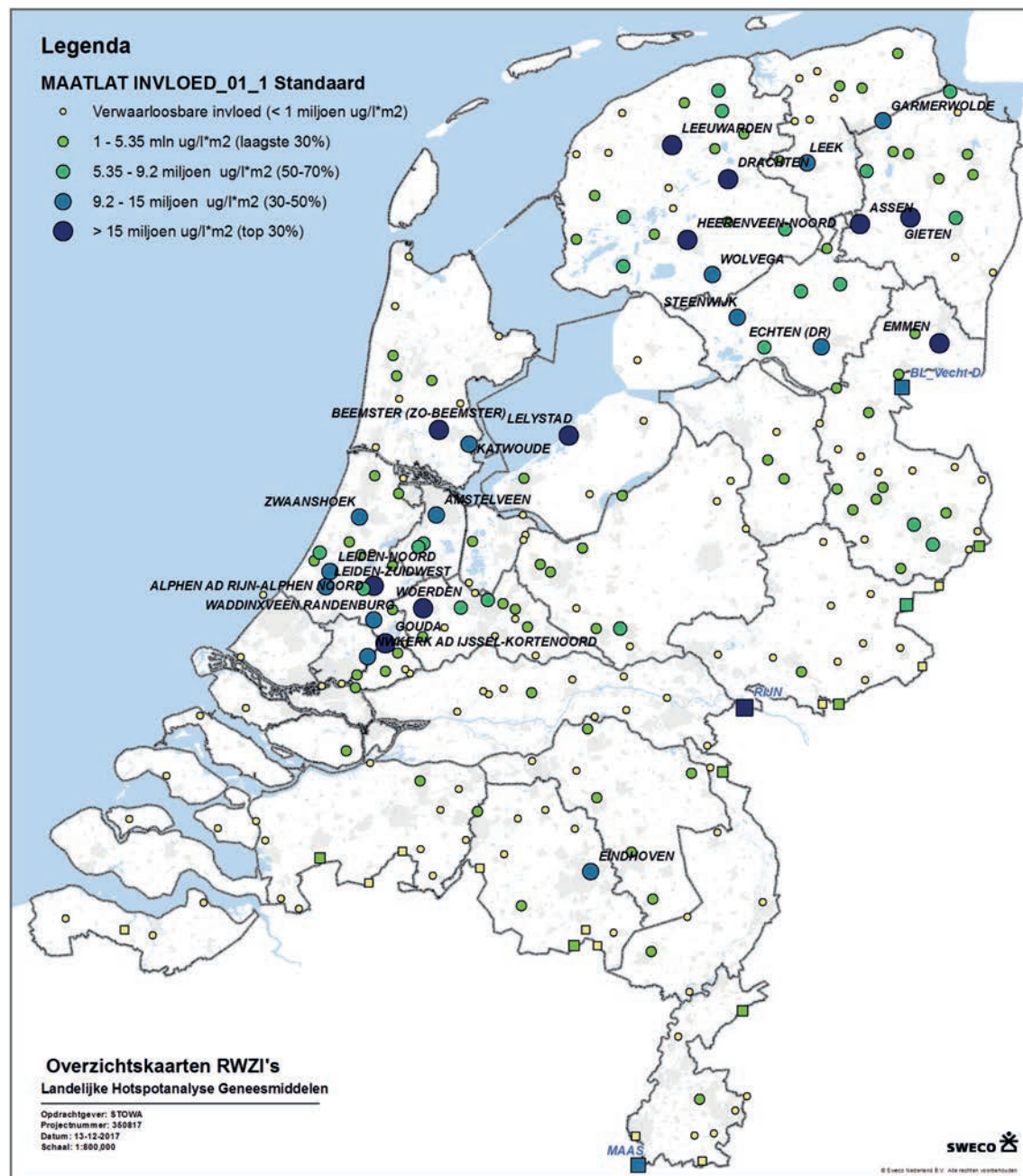
## BIJLAGE 9

## LANDELIJKE OVERZICHTSKAARTEN RWZI'S

FIGUUR B9-1 MAATLAT CONCENTRATIEBIJDRAGE BIJ LOZINGSPUNT IN ONTVANGEND OPPERVLAKTEWATER

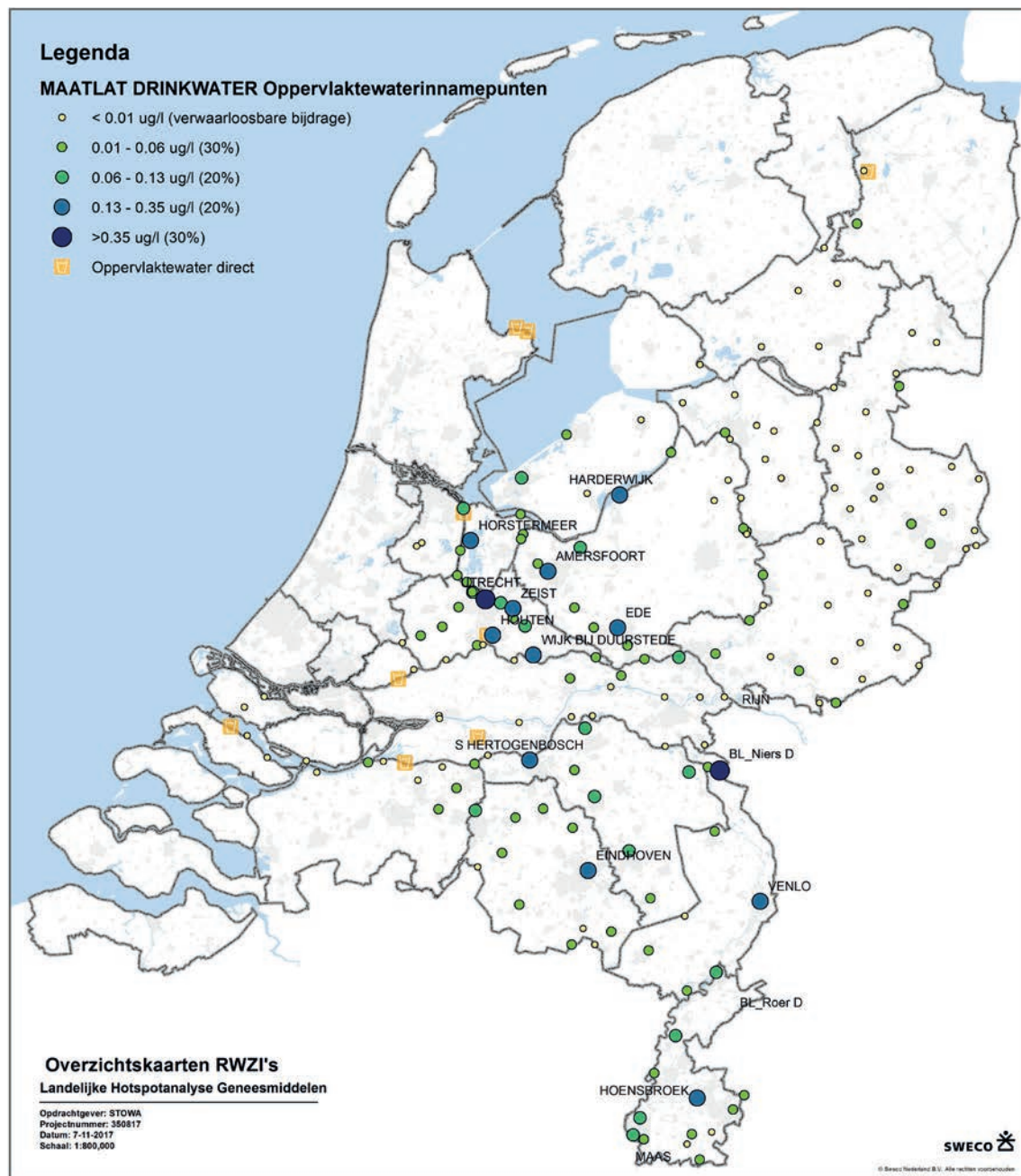


FIGUUR B9-2 MAATLAT BEÏNVLOEDING BENEDENSTROOMSE WATERKWALITEIT STANDAARD (BRONCRITERIUM 0,1 µG/L EN OBJECTCRITERIUM 1 µG/L)



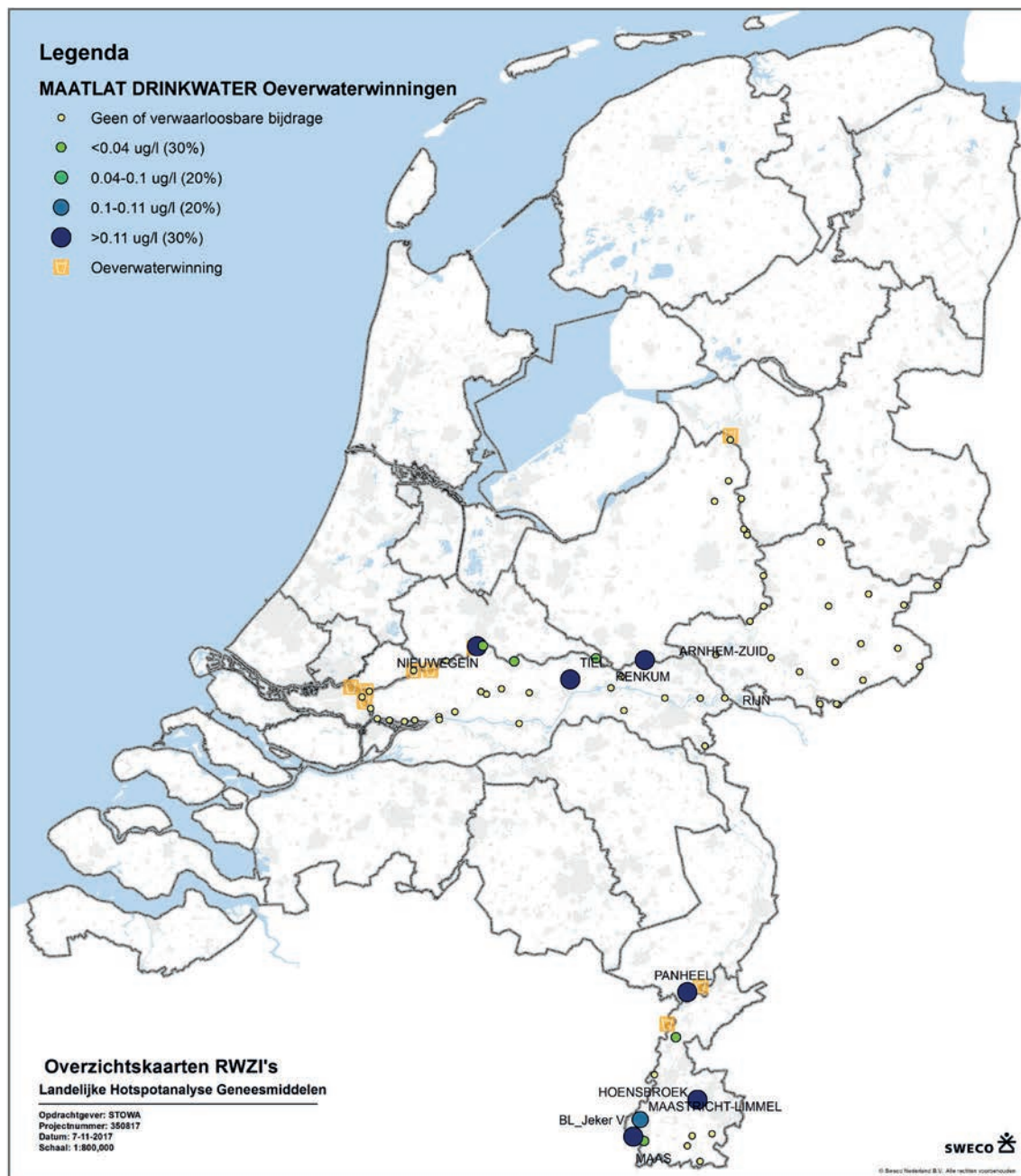
FIGUUR B9-3

MAATLAT BEÏNVLOEDING DRINKWATERBRONNEN: RIVIERWATERINNAMEPUNTEN



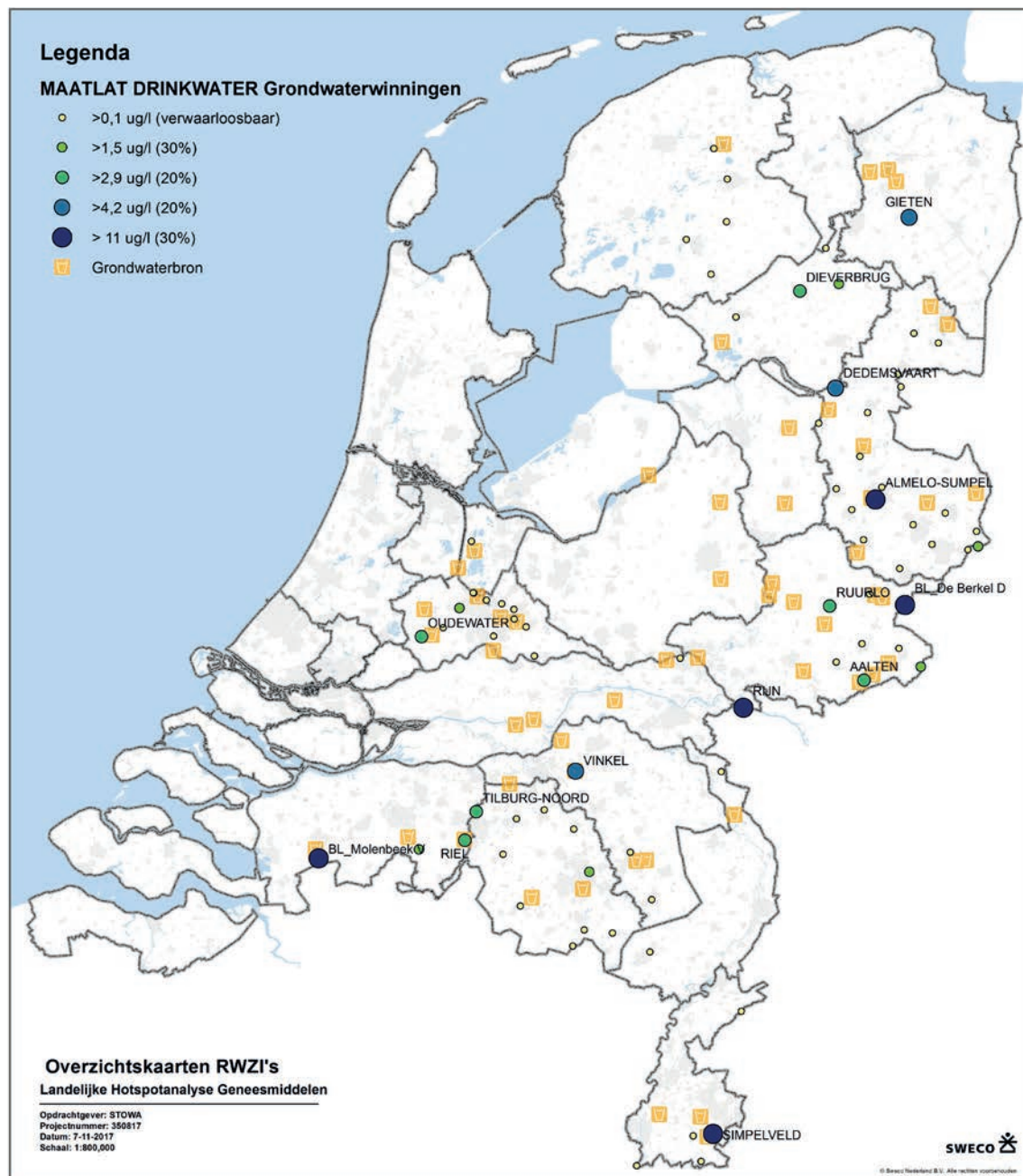
FIGUUR B9-4

MAATLAT BEÏNVLOEDING DRINKWATERBRONNEN: OEVERWATERWINNINGEN



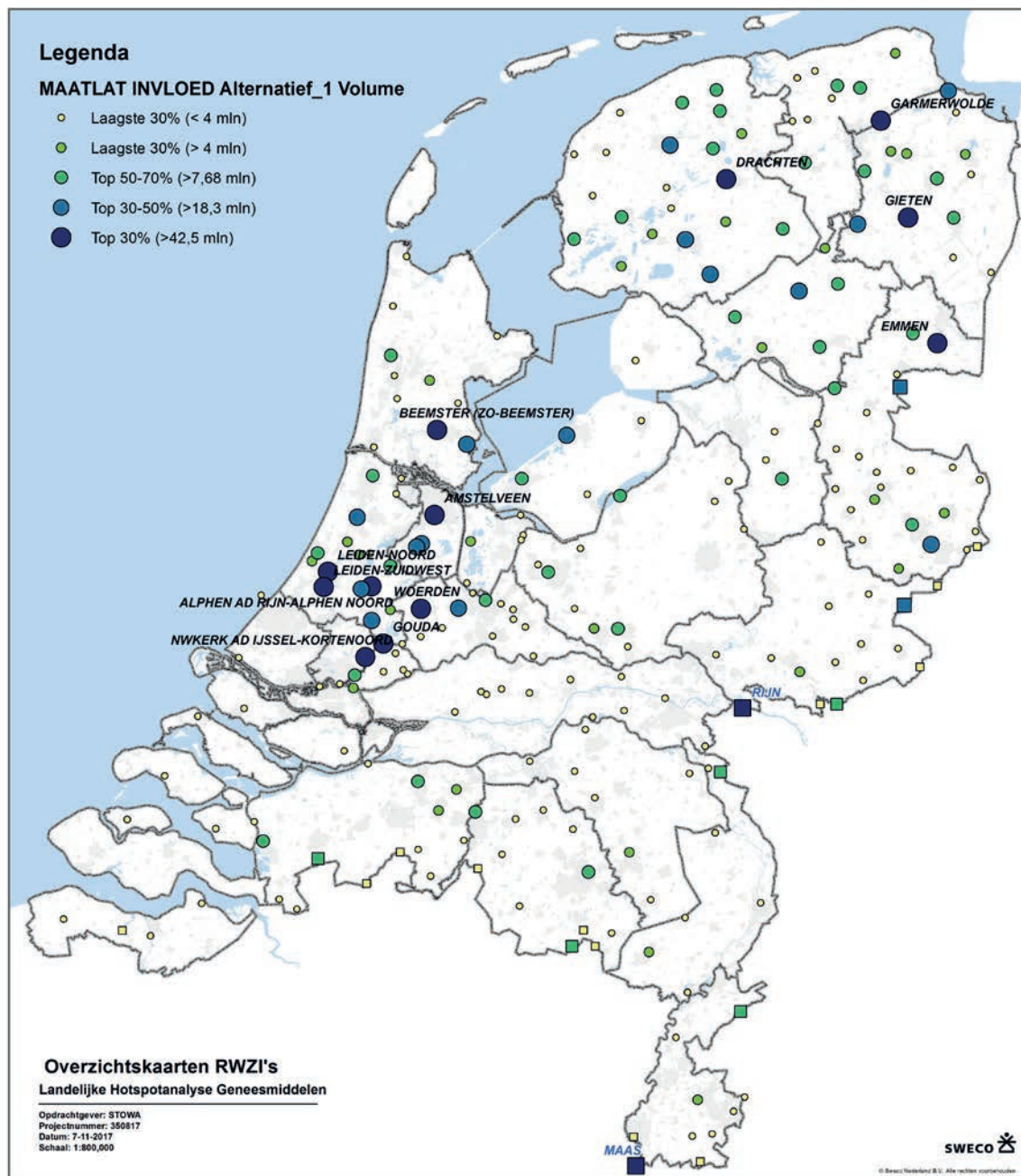
FIGUUR B9-5

MAATLAT BEÏNVLOEDING DRINKWATERBRONNEN: GRONDWATERWINNINGEN



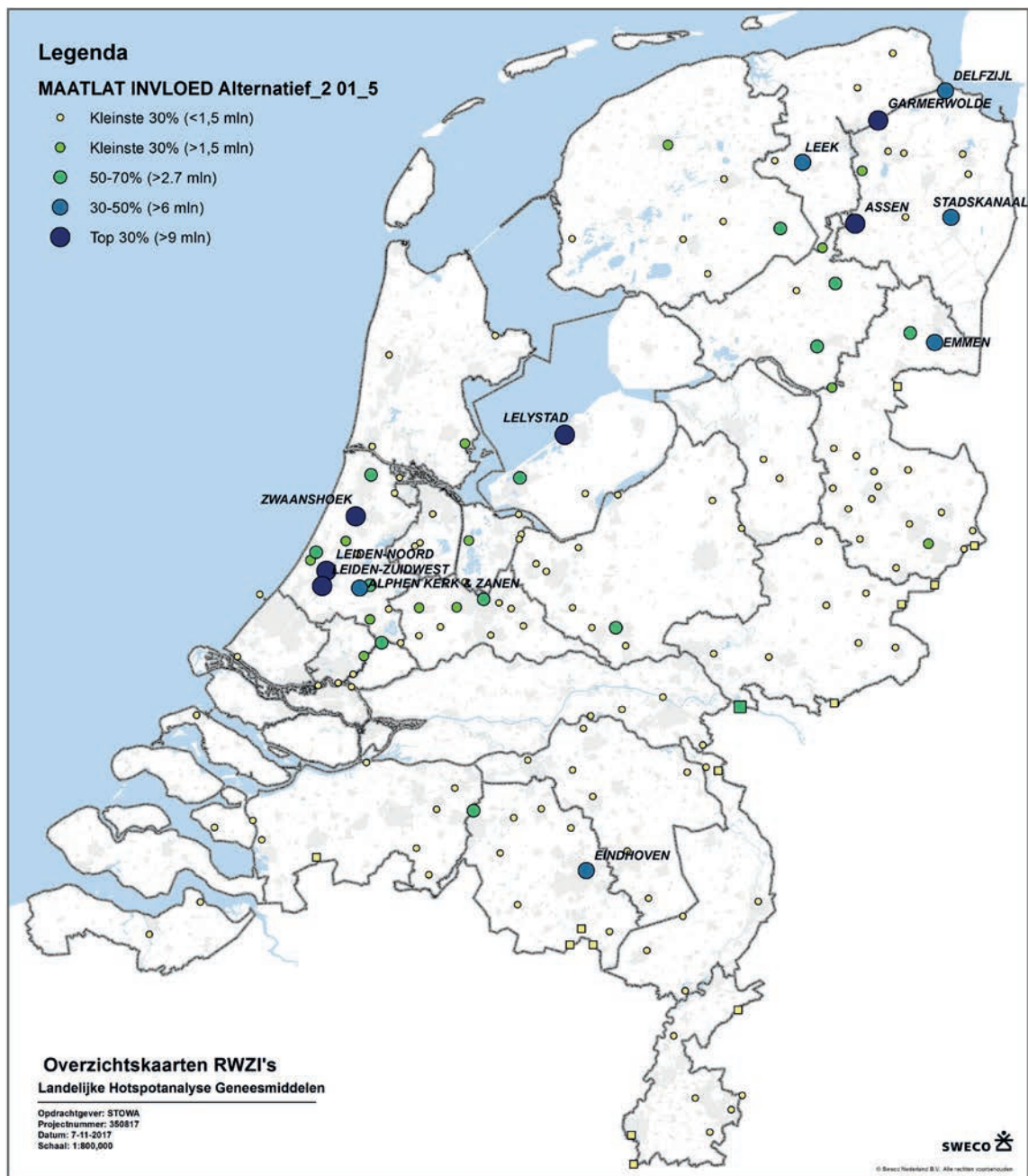
FIGUUR B9-6

MAATLAT BEÏNVLOEDING BENEDENSTROOMSE WATERKWALITEIT ALTERNATIEF 1: VOLUME ALS MAAT VOOR DE HOEVEELHEID WATER



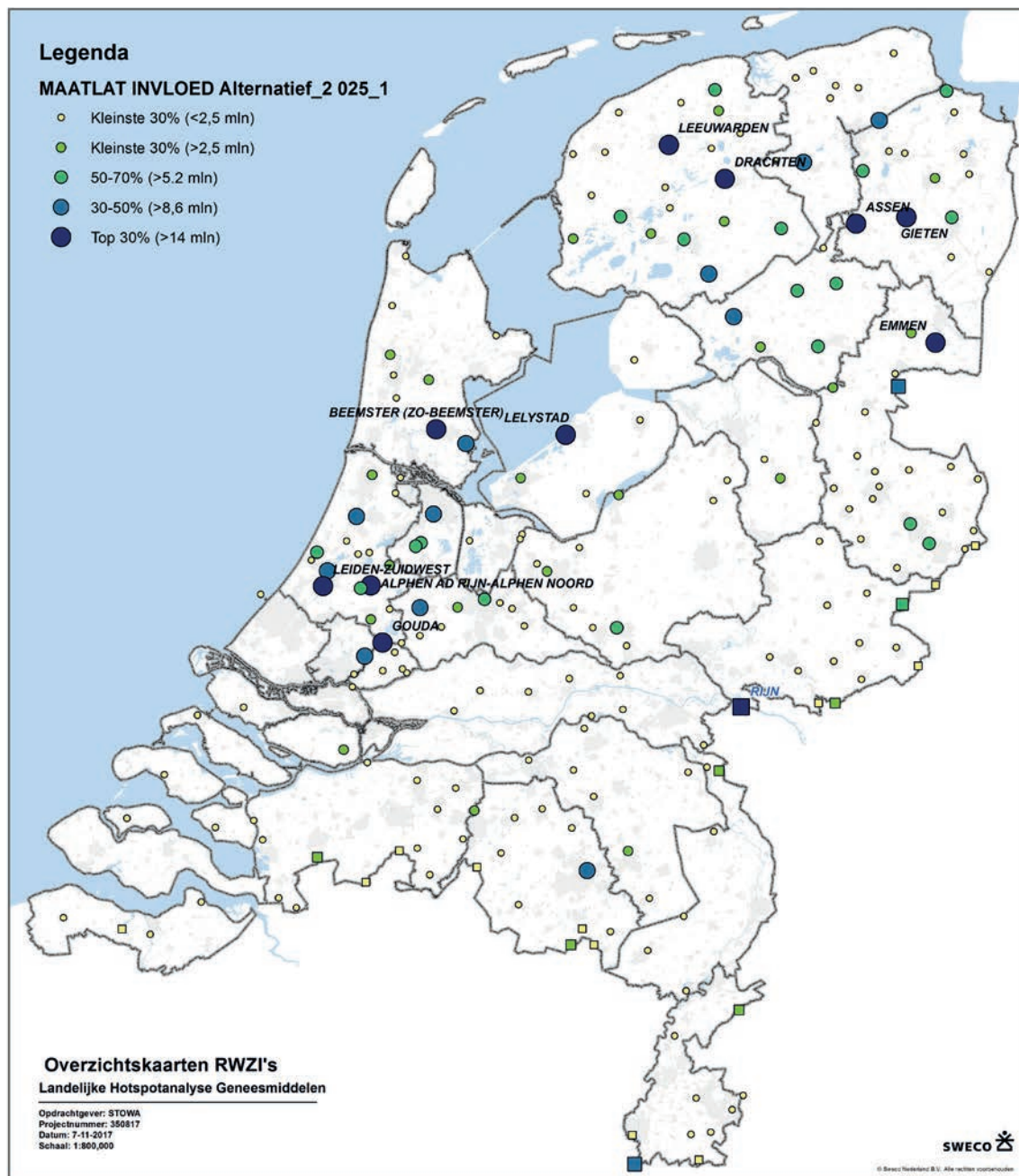
FIGUUR B9-7

MAATLAT BEÏNVLOEDING BENEDENSTROOMSE WATERKWALITEIT ALTERNATIEF 2 (BRONCRITERIUM 0,1 G/L EN OBJECTCRITERIUM 5 µG/L)

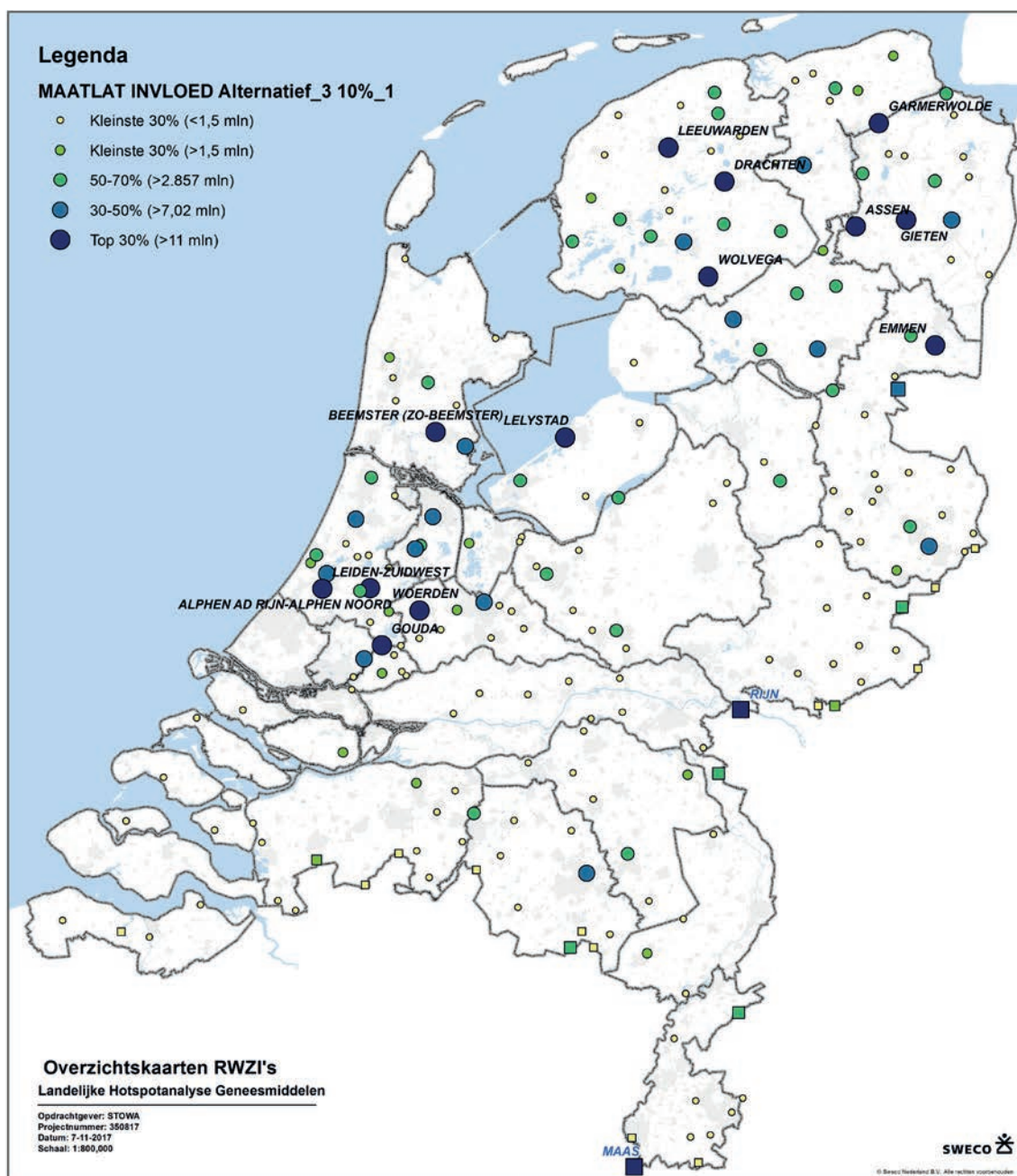


FIGUUR B9-8

MAATLAT BEÏNVLOEDING BENEDENSTROOMSE WATERKWALITEIT ALTERNATIEF 2 (BRONCRITERIUM 0,25 G/L EN OBJECTCRITERIUM 1 µG/L)

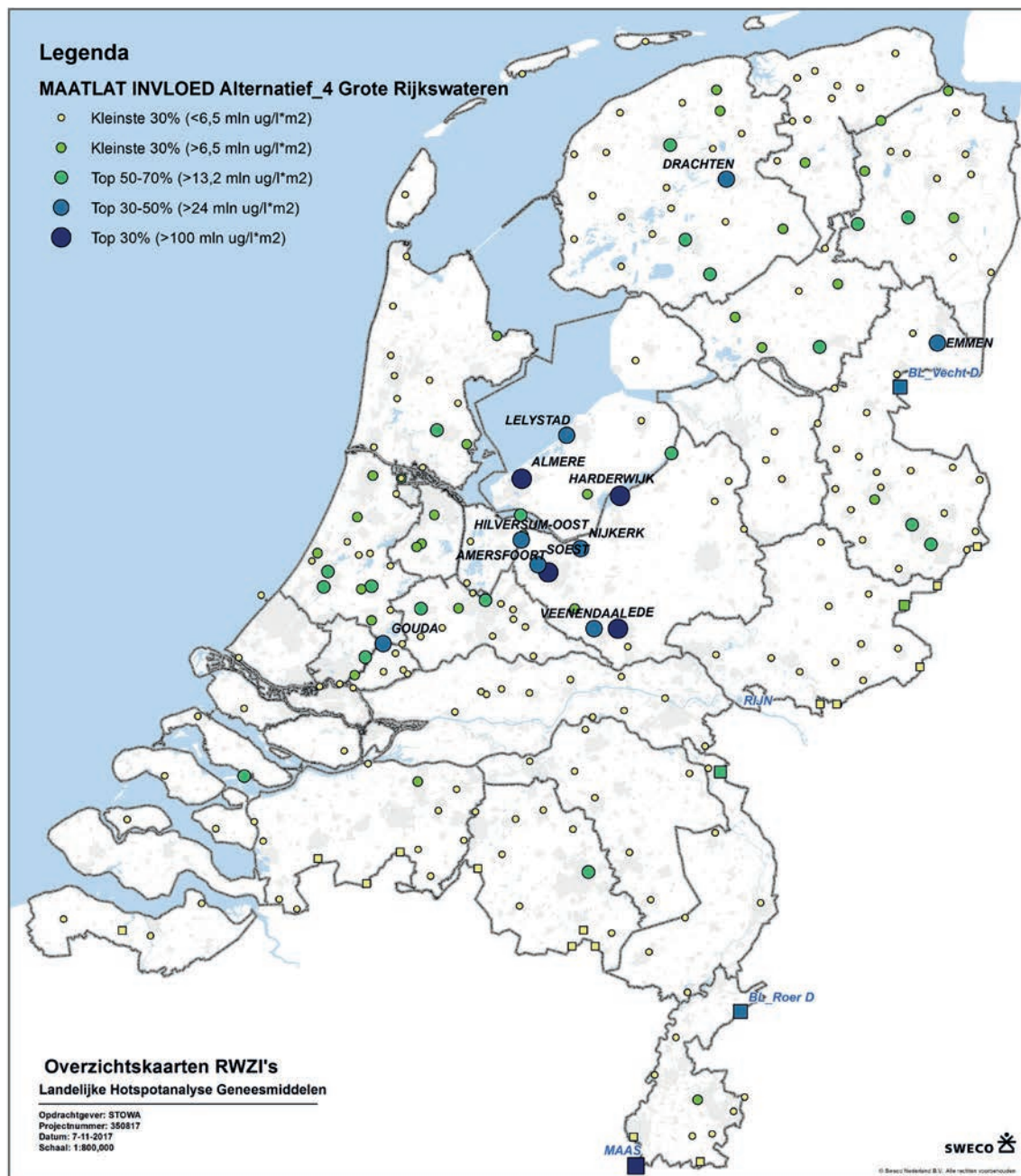


FIGUUR B9-9 MAATLAT BEÏNVLOEDING BENEDENSTROOMSE WATERKWALITEIT ALTERNATIEF 3: RELATIEF BRONCRITERIUM VAN 10%, DUS BIJDRAGE AAN EEN WATERLIJCHAM TELS NIET MEE ALS HET MINDER DAN 10% VAN DE TOTAALCONCENTRATIE BIJDRAAGT



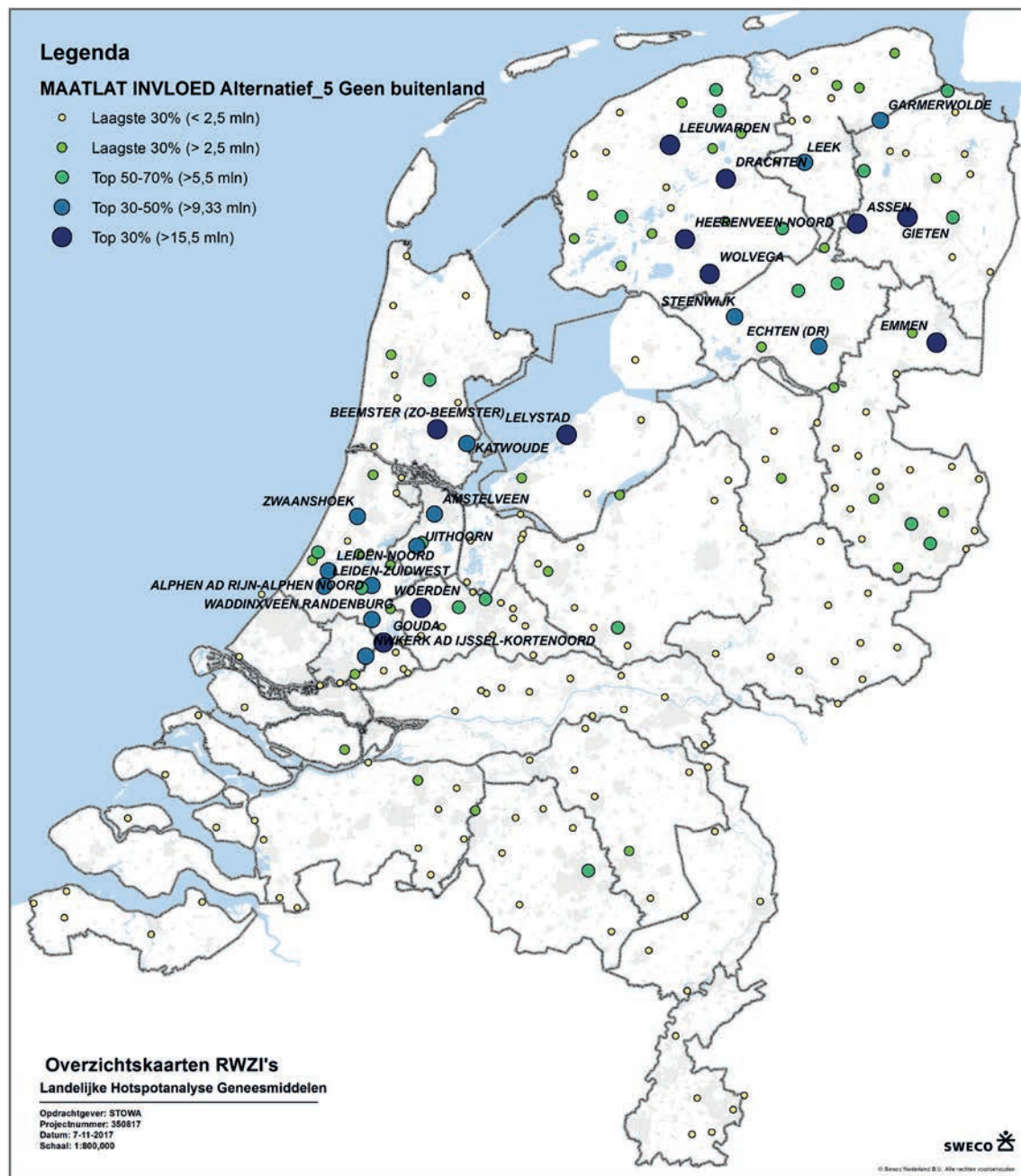
FIGUUR B9-10

MAATLAT BEÏNVLOEDING BENEDENSTROOMSE WATERKWALITEIT ALTERNATIEF 4: GROTE RIJKSWATEREN TELLEN MEE



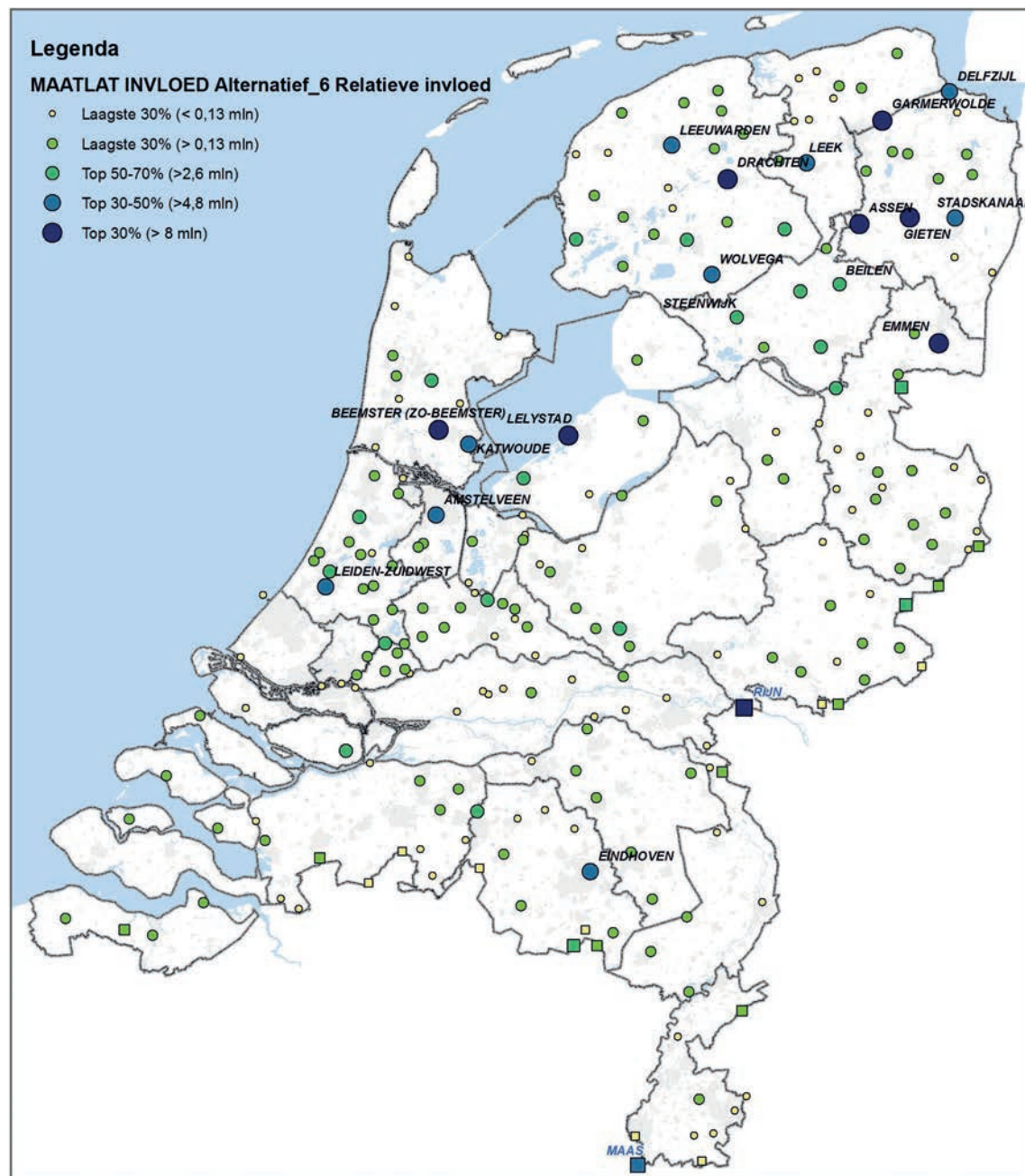
FIGUUR B9-11

MAATLAT BEÏNVLOEDING BENEDENSTROOMSE WATERKwalITEIT ALTERNATIEF 5: GEEN BUITENLAND



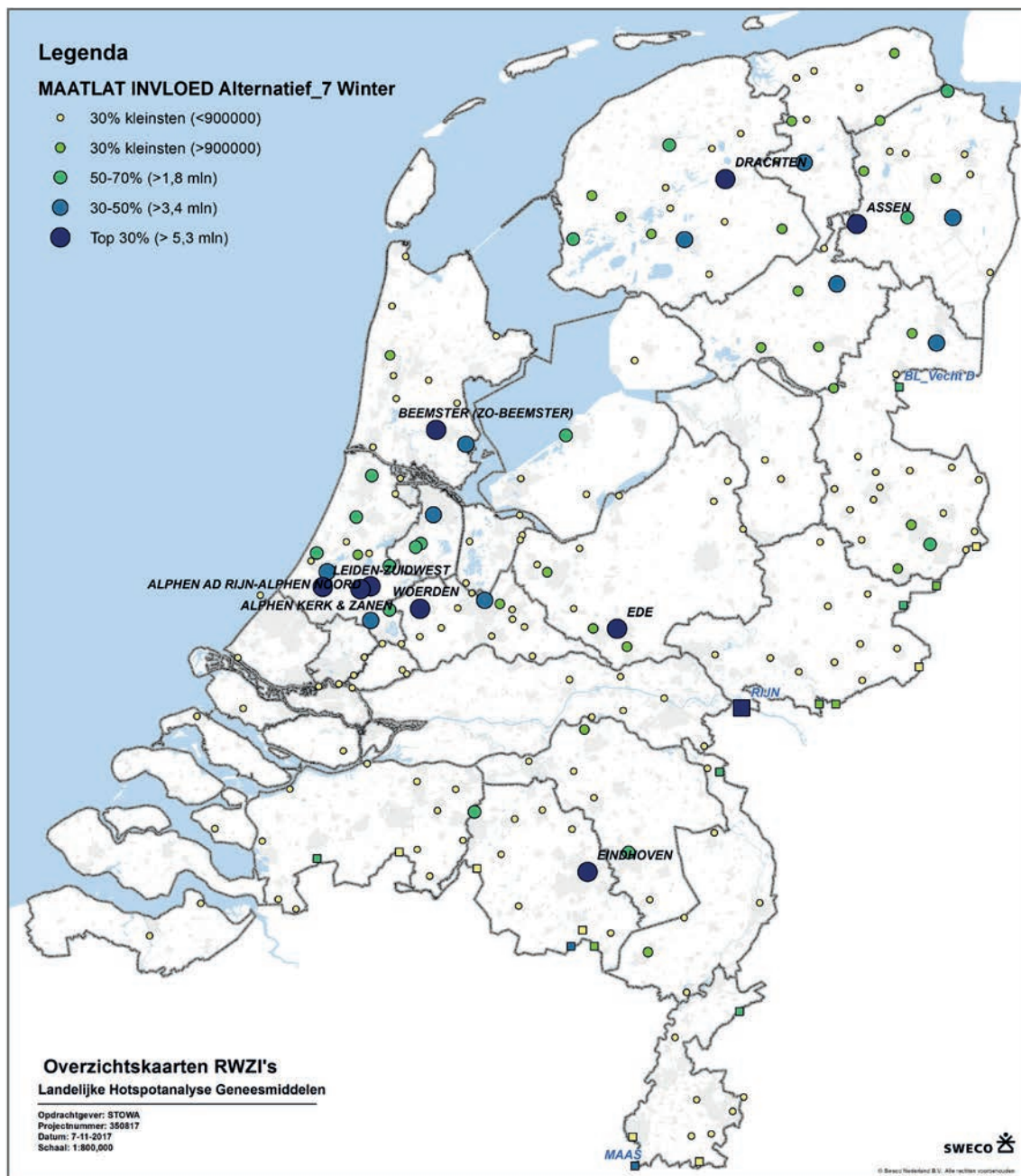
FIGUUR B9-12

MAATLAT BEÏNVLOEDING BENEDENSTROOMSE WATERKWALITEIT ALTERNATIEF 6: RELATIEVE INVLOED

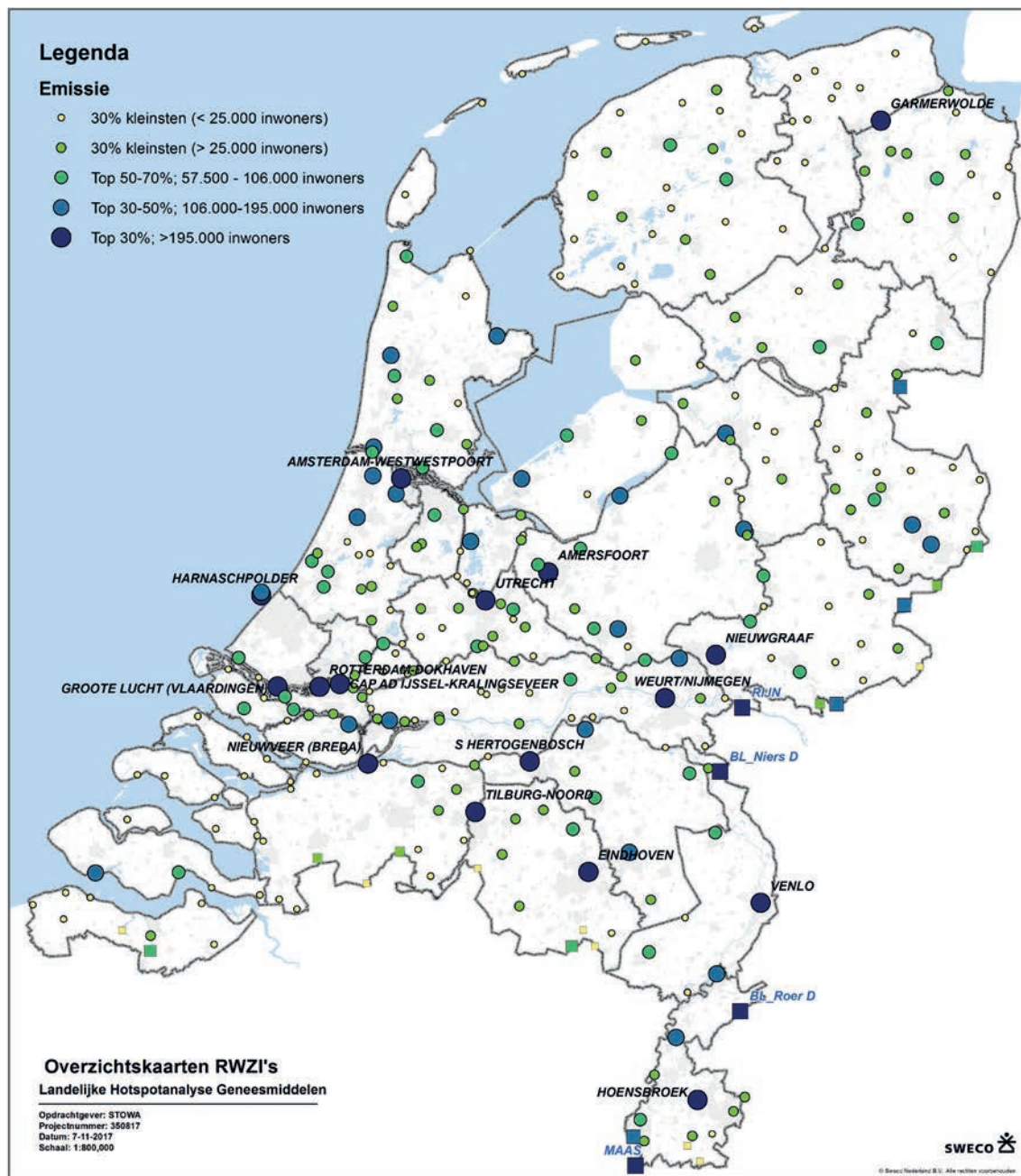


FIGUUR B9-13

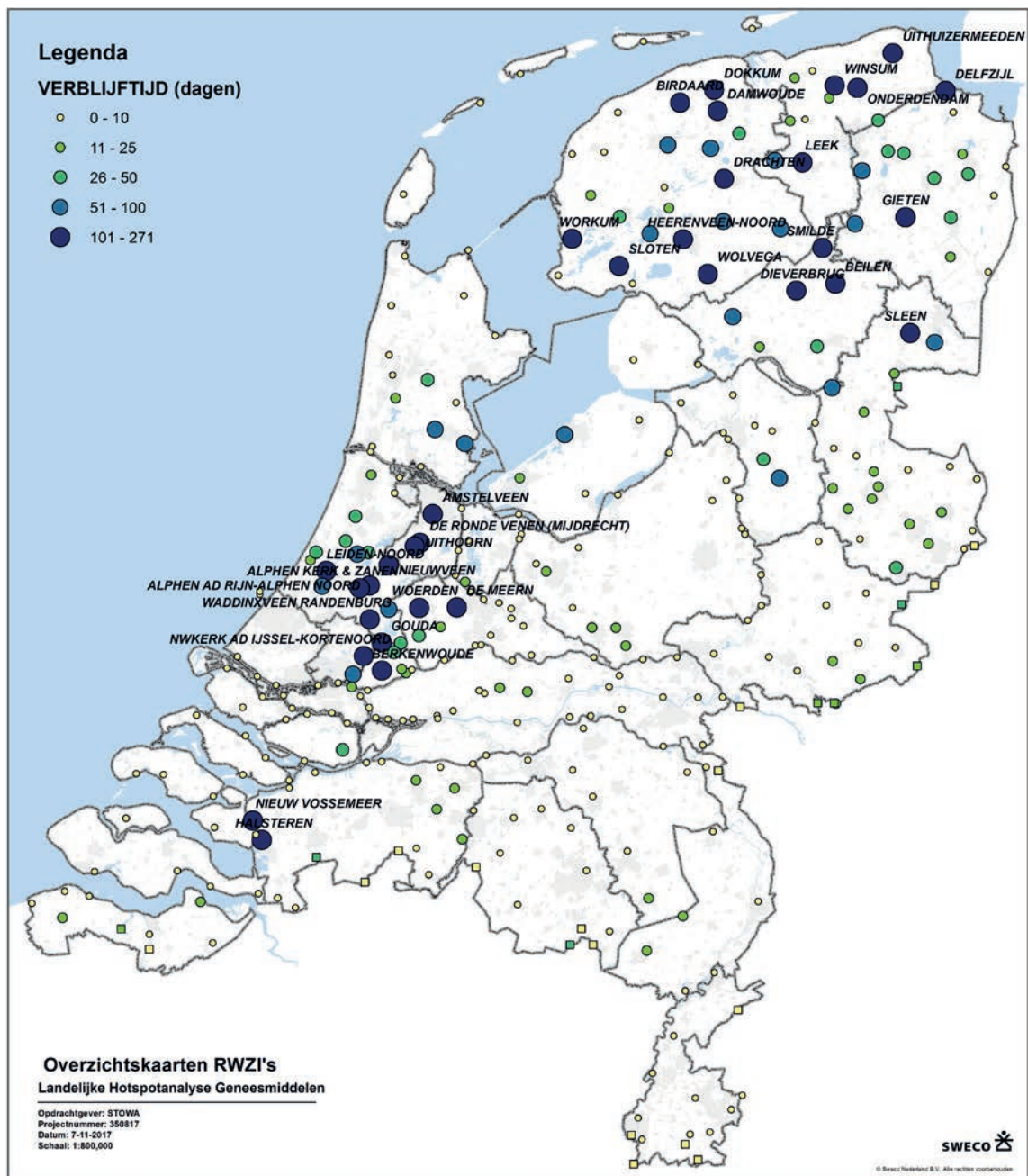
MAATLAT BEÏNVLOEDING BENEDENSTROOMSE WATERKWALITEIT ALTERNATIEF 7: WINTER



FIGUUR B9-14 EMISSIE

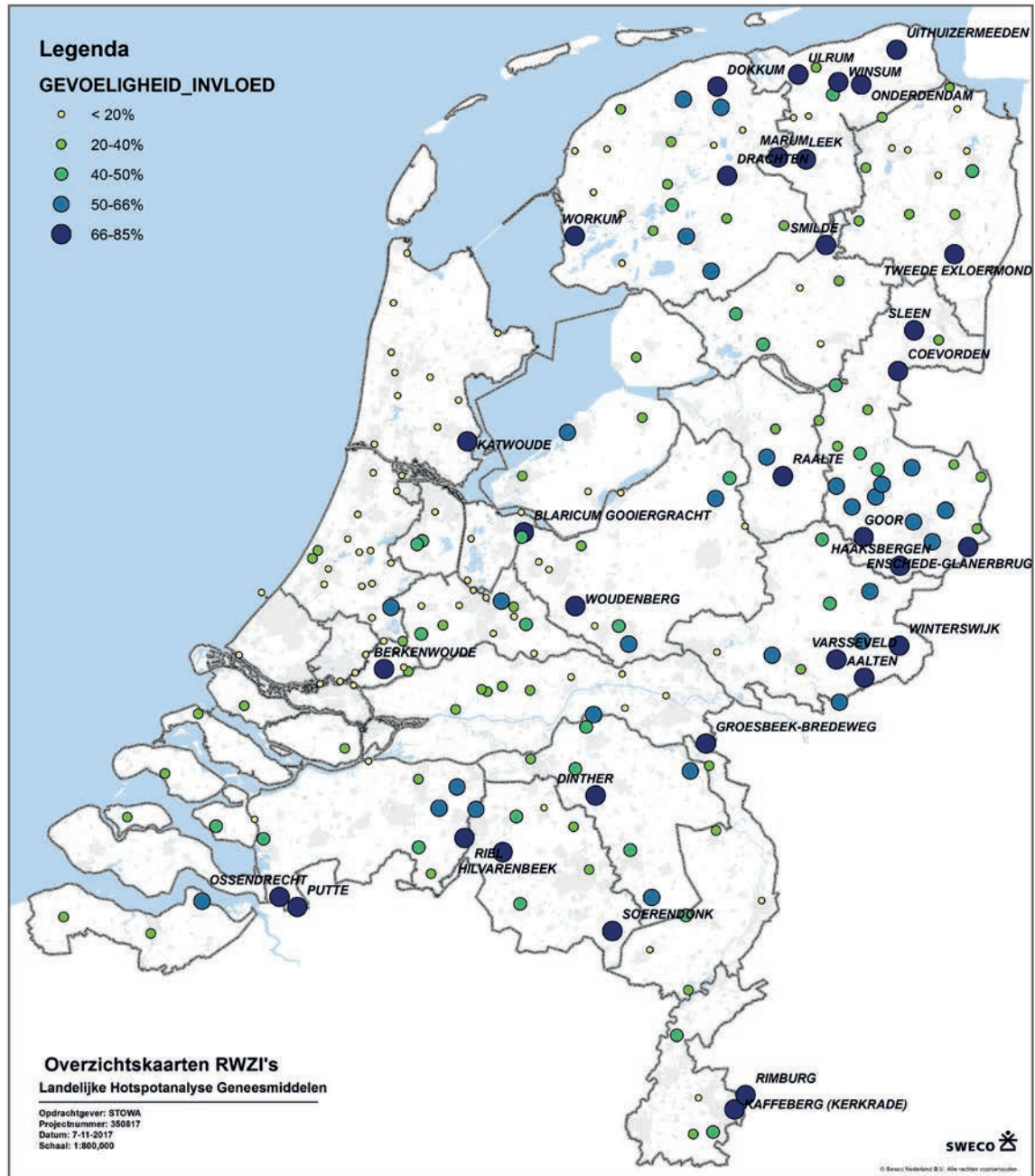


FIGUUR B9-15 KAART BEREKENDE VERBLIJFTIJD IN HET REGIONALE SYSTEEM (DAGEN)



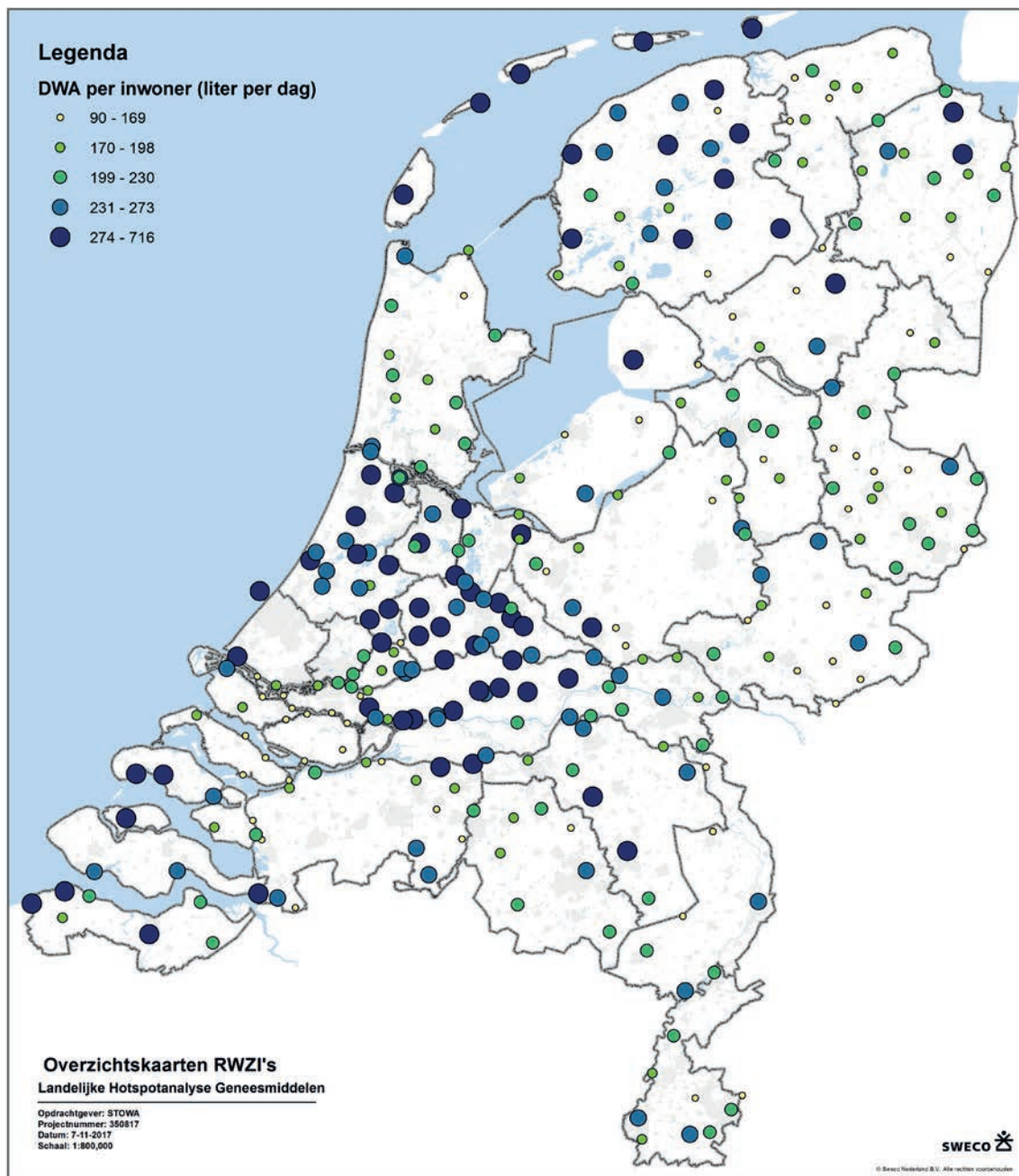
FIGUUR B9-16

GEVOELIGHEID INVLOED VOOR DEBIETVERANDERING (ALS % VAN DE PROCENTUELE DEBIETVERANDERING)



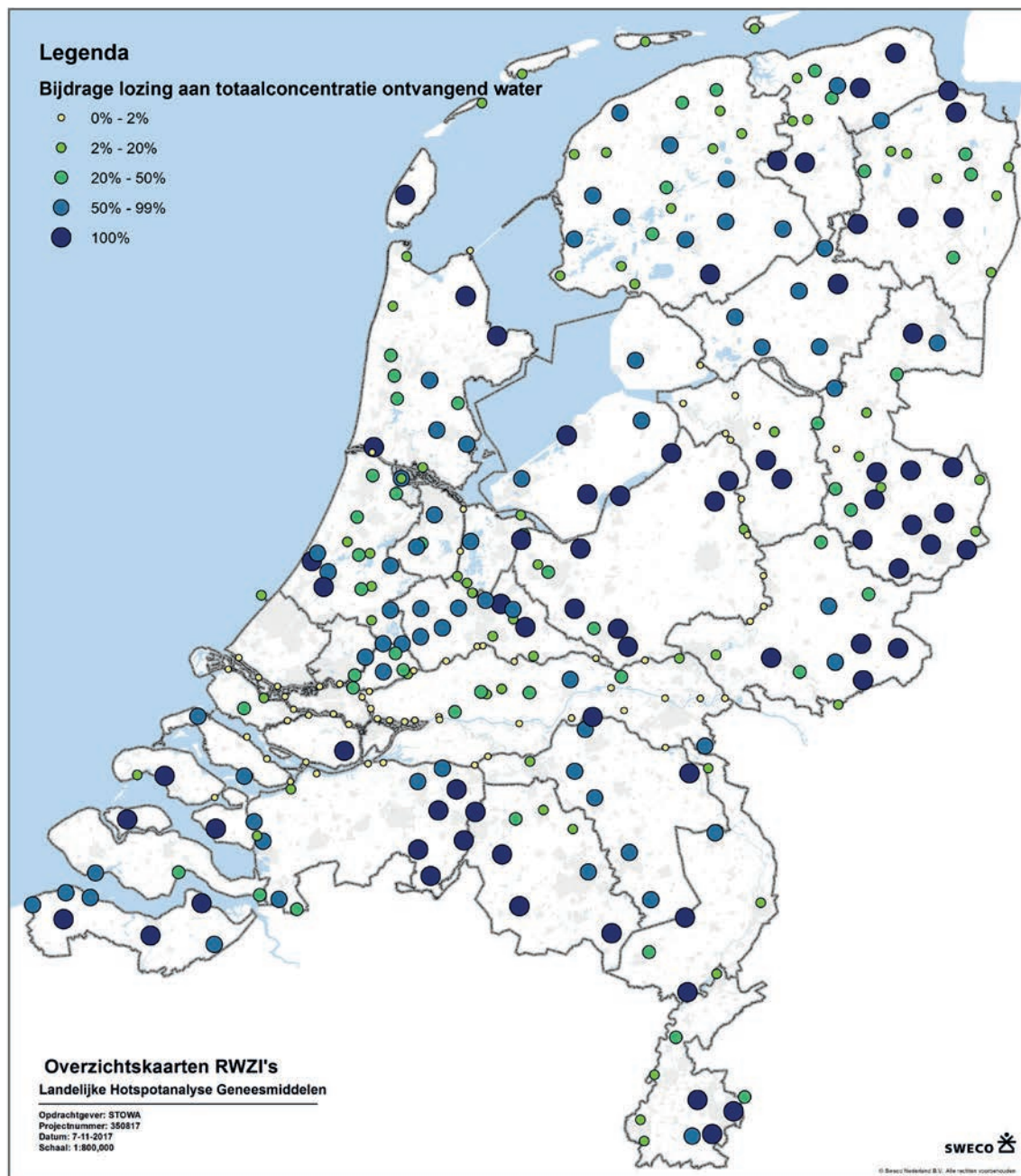
FIGUUR B9-17

DWA PER INWONER

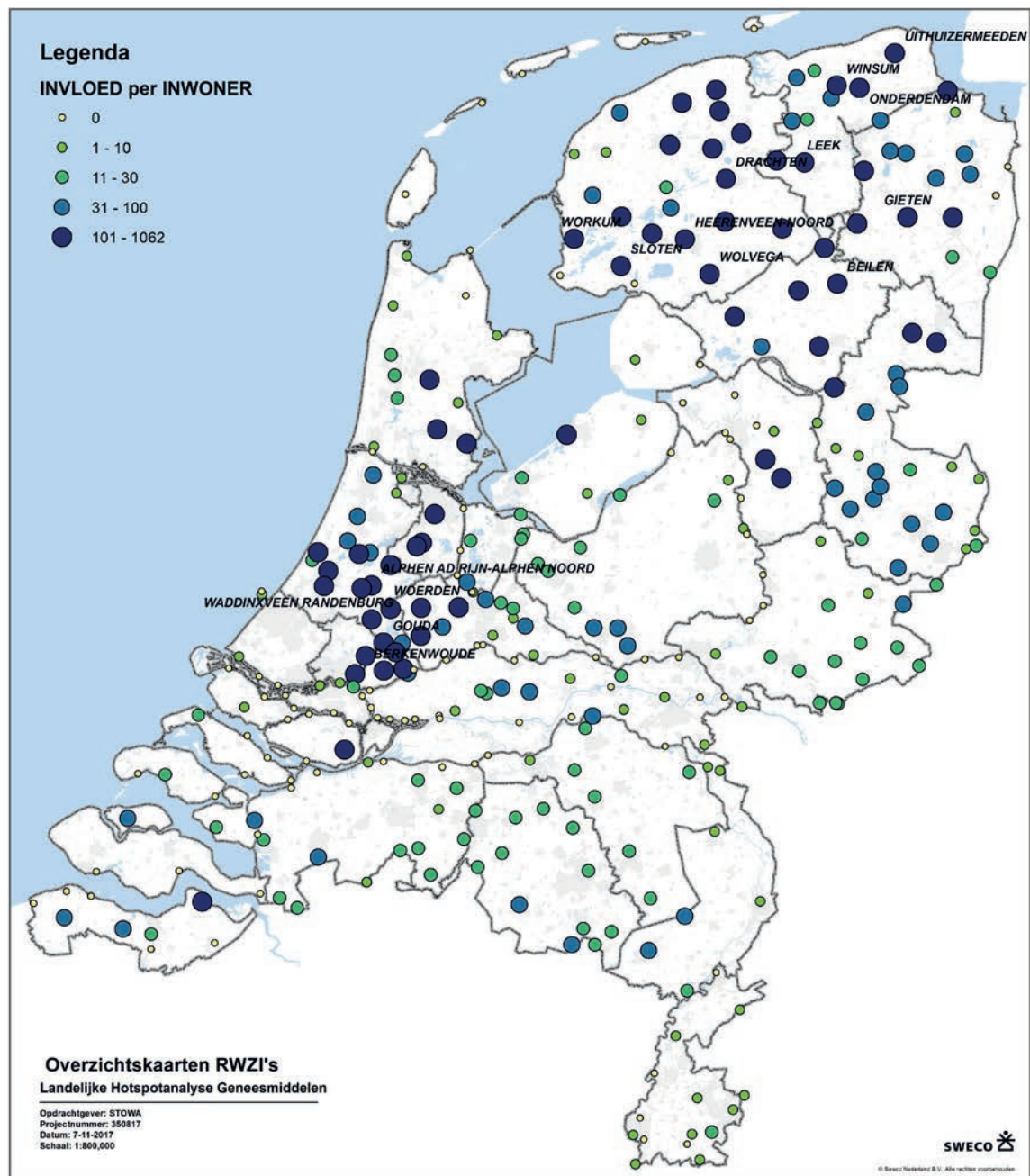


FIGUUR B9-18

CONCENTRATIEBIJDRAGE ALS PERCENTAGE VAN DE TOTAALCONCENTRATIE IN HET ONTVANGENDE OPPERVLAKEWATER

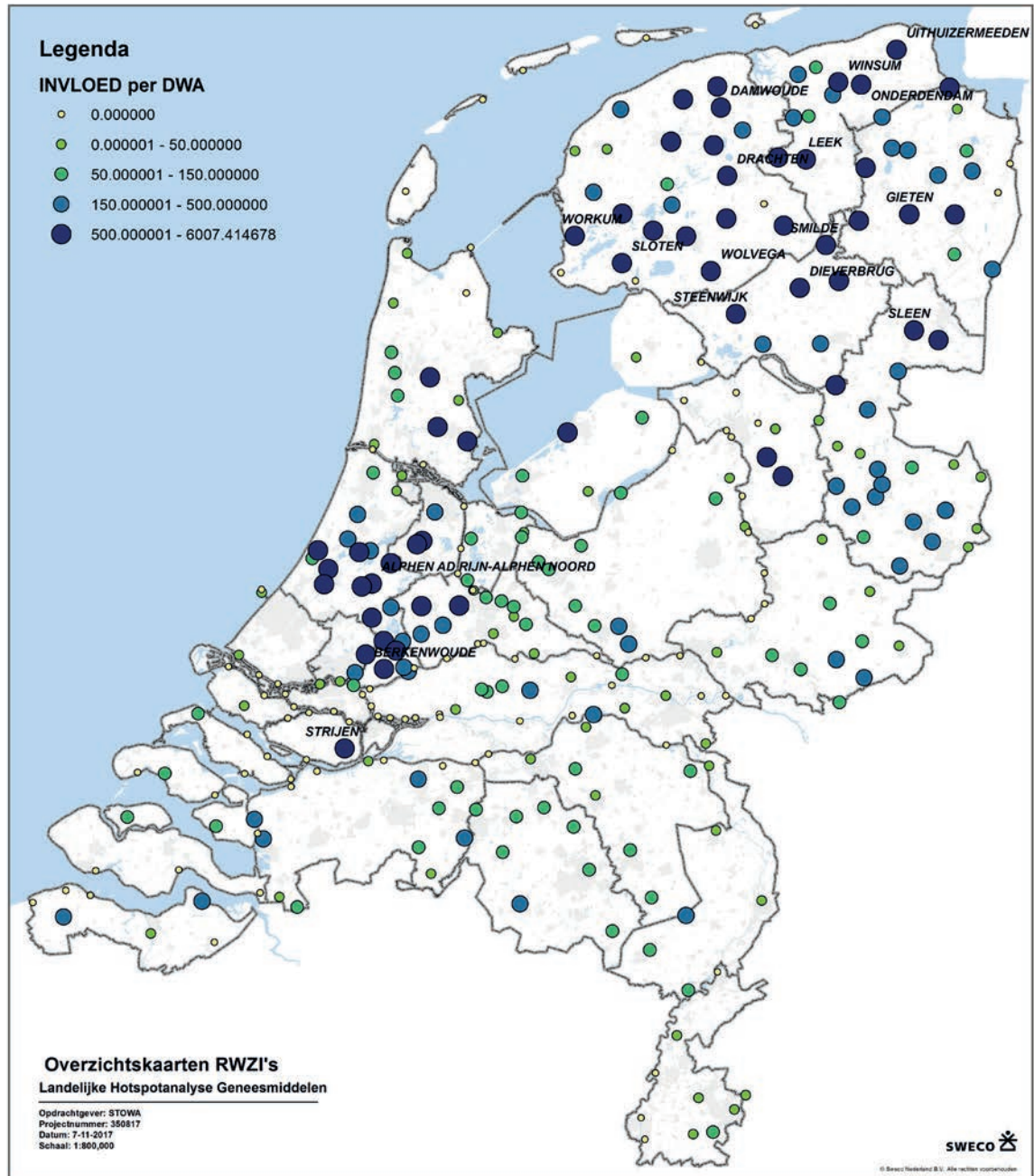


FIGUUR B9-19 BENEDENSTROOMSE INVLOED PER AANGESLOTEN INWONER



FIGUUR B9-20

BENEDENSTROOMSE INVLOED PER DWA



## BIJLAGE 10

# MAATLATTENTABELLEN EN TABEL MET EMISSIE

## VERKLARING TABELLEN

| EmissionTypeID | Naam RWZI                                                                                                                                            |
|----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| WSkort         | Verkorte waterschapsnaam                                                                                                                             |
| CONC_ugl       | Score op de maatlat waarop de tabel is gesorteerd                                                                                                    |
| EMISSIE        | Emissie uitgedrukt als percentage van de totale Nederlandse binnenlandse emissie van RWZI's                                                          |
| CONCEN         | Concentratiebijdrage in ontvangend oppervlaktewater uitgedrukt als percentage van de totale Nederlandse binnenlandse concentratiebijdrage van RWZI's |
| BEN_INVLOED    | Benedenstroomse invloed uitgedrukt als percentage van de totale Nederlandse binnenlandse benedenstroomse invloed                                     |
| OPPWINNAME     | Beïnvloeding oppervlaktewaterinnamepunten uitgedrukt als percentage van de totale Nederlandse binnenlandse beïnvloeding                              |
| OEVERW-WIN     | Beïnvloeding oeverwaterwinningen uitgedrukt als percentage van de totale Nederlandse binnenlandse beïnvloeding                                       |
| GRONDW-WIN     | Beïnvloeding grondwaterbronnen uitgedrukt als percentage van de totale Nederlandse binnenlandse beïnvloeding                                         |

## VERKLARING TABELLEN (VERVOLG)

| Verklaring kleurcode |                                                                                                                                                         |
|----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 0,1%                 | Buitenlandse invloed, uitgedrukt als percentage van de totale Nederlandse score                                                                         |
| 2,1%                 | Score op maatlat is in de groep hoogst scorende RWZI's die samen 30% van de totale binnenlandse score veroorzaken                                       |
| 1,3%                 | Score op maatlat is in de groep hoogst scorende RWZI's die samen 50% van de totale binnenlandse score veroorzaken en die niet in de bovenste 30% vallen |
| 0,9%                 | Score op maatlat is in de groep hoogst scorende RWZI's die samen 70% van de totale binnenlandse score veroorzaken en die niet in de bovenste 50% vallen |
| 0,1%                 | De overige RWZI's. De RWZI's in deze groep laagst scorende RWZI's veroorzaken samen 30% van de totale binnenlandse score                                |

## MAATLAT CONCENTRATIE BIJ LOZINGSPUNT IN ONTVANGEND OPPERVLAKTEWATER (µg/l)

| EmissionTypeID                    | Wskort             | CONC_uql | EMISSION | CONCEN | BEN_IN-<br>VLOED | OPPWIN-<br>NAME | OEVERW-<br>WIN | GRONDW-<br>WIN |
|-----------------------------------|--------------------|----------|----------|--------|------------------|-----------------|----------------|----------------|
| HEINO                             | WDOdelta           | 36,02    | 0,1%     | 2,3%   | 0,2%             | 0,0%            | 0,0%           | 0,1%           |
| SLEEN                             | Vechtstromen       | 35,50    | 0,1%     | 2,3%   | 0,7%             | 0,0%            | 0,0%           | 0,2%           |
| BENNEKOM                          | Vallei & Veluwe    | 35,28    | 0,1%     | 2,3%   | 0,1%             | 0,2%            | 0,0%           | 0,0%           |
| STADSKANAAL                       | Hunze en Aa's      | 33,68    | 0,3%     | 2,2%   | 1,0%             | 0,0%            | 0,0%           | 0,0%           |
| LELYSTAD                          | Zuiderzeeland      | 33,09    | 0,5%     | 2,1%   | 2,3%             | 0,5%            | 0,0%           | 0,0%           |
| WEHL                              | Rijn en IJssel     | 30,87    | 0,0%     | 2,0%   | 0,0%             | 0,0%            | 0,1%           | 0,0%           |
| MARUM                             | Noorderzijlvest    | 30,11    | 0,0%     | 1,9%   | 0,3%             | 0,0%            | 0,0%           | 0,0%           |
| UITHUIZERMEEDEN                   | Noorderzijlvest    | 28,40    | 0,1%     | 1,8%   | 0,6%             | 0,0%            | 0,0%           | 0,0%           |
| LEEK                              | Noorderzijlvest    | 27,93    | 0,1%     | 1,8%   | 1,4%             | 0,0%            | 0,0%           | 0,0%           |
| GROESBEEK-BREDEWEG                | WSRL               | 26,41    | 0,1%     | 1,7%   | 0,0%             | 0,0%            | 0,1%           | 0,0%           |
| ENSCHED-EST                       | Vechtstromen       | 25,72    | 0,9%     | 1,7%   | 1,2%             | 0,3%            | 0,0%           | 0,9%           |
| WOUDENBERG                        | Vallei & Veluwe    | 25,50    | 0,2%     | 1,6%   | 0,1%             | 0,4%            | 0,0%           | 0,0%           |
| TILBURG-NOORD                     | De Dommel          | 25,38    | 1,2%     | 1,6%   | 0,7%             | 1,7%            | 0,0%           | 3,3%           |
| HOENSBROEK                        | Roer en Overmaas   | 24,63    | 1,5%     | 1,6%   | 0,2%             | 3,4%            | 7,5%           | 0,1%           |
| HILVERSUM-OOST                    | Waternet           | 23,84    | 0,3%     | 1,5%   | 0,1%             | 0,9%            | 0,0%           | 0,0%           |
| BEVERWIJK                         | HHHNk              | 23,75    | 1,0%     | 1,5%   | 0,0%             | 0,0%            | 0,0%           | 0,0%           |
| OLDENZAAL                         | Vechtstromen       | 23,62    | 0,3%     | 1,5%   | 0,4%             | 0,1%            | 0,0%           | 0,3%           |
| GOOR                              | Vechtstromen       | 22,33    | 0,1%     | 1,4%   | 0,1%             | 0,0%            | 0,0%           | 0,1%           |
| HENGEL                            | Vechtstromen       | 21,40    | 0,7%     | 1,4%   | 0,8%             | 0,2%            | 0,0%           | 0,7%           |
| NIJKERK                           | Vallei & Veluwe    | 21,21    | 0,4%     | 1,4%   | 0,2%             | 1,2%            | 0,0%           | 0,0%           |
| EVERSTEKOOG                       | HHHNk              | 20,96    | 0,1%     | 1,4%   | 0,0%             | 0,0%            | 0,0%           | 0,0%           |
| ONDERENDAM                        | Noorderzijlvest    | 20,90    | 0,1%     | 1,3%   | 0,7%             | 0,0%            | 0,0%           | 0,0%           |
| WERVERSCHOOF                      | HHHNk              | 20,51    | 1,1%     | 1,3%   | 0,0%             | 0,0%            | 0,0%           | 0,0%           |
| ASSEN                             | Hunze en Aa's      | 20,18    | 0,5%     | 1,3%   | 2,3%             | 0,5%            | 0,0%           | 0,0%           |
| EDE                               | Vallei & Veluwe    | 20,16    | 1,1%     | 1,3%   | 1,0%             | 2,6%            | 0,0%           | 0,0%           |
| RAALTE                            | WDOdelta           | 20,03    | 0,2%     | 1,3%   | 0,5%             | 0,1%            | 0,0%           | 0,1%           |
| ALMELO-SUMPEL                     | Vechtstromen       | 19,89    | 0,4%     | 1,3%   | 0,5%             | 0,1%            | 0,0%           | 18,5%          |
| EPE                               | Vallei & Veluwe    | 19,14    | 0,2%     | 1,2%   | 0,0%             | 0,1%            | 0,3%           | 0,0%           |
| BEILEN                            | WDOdelta           | 18,93    | 0,2%     | 1,2%   | 1,2%             | 0,0%            | 0,0%           | 1,8%           |
| VRIEZENVEEN                       | Vechtstromen       | 18,73    | 0,1%     | 1,2%   | 0,1%             | 0,0%            | 0,0%           | 0,1%           |
| KATWIJK                           | HH Rijnland        | 18,32    | 0,6%     | 1,2%   | 0,4%             | 0,0%            | 0,0%           | 0,0%           |
| LAND VAN CUIJK (HAPS)             | Aa en Maas         | 17,93    | 0,5%     | 1,2%   | 0,3%             | 1,1%            | 0,0%           | 0,0%           |
| TERNEUZEN                         | Scheldestromen     | 17,85    | 0,3%     | 1,1%   | 0,1%             | 0,0%            | 0,0%           | 0,0%           |
| DE BILT                           | HDSR               | 17,82    | 0,2%     | 1,1%   | 0,2%             | 1,5%            | 0,0%           | 0,5%           |
| KAFFEBERG (KERKRADE)              | Roer en Overmaas   | 16,79    | 0,2%     | 1,1%   | 0,0%             | 0,5%            | 0,0%           | 0,0%           |
| TUBBERGEN                         | Vechtstromen       | 16,71    | 0,1%     | 1,1%   | 0,0%             | 0,0%            | 0,0%           | 0,1%           |
| PANHEEL                           | Peel en Maasvallei | 16,58    | 0,1%     | 1,1%   | 0,1%             | 0,2%            | 6,5%           | 0,0%           |
| BL_Molenbeek V                    | Buitenland         | 16,20    | 0,2%     | 1,0%   | 0,4%             | 0,0%            | 0,0%           | 10,8%          |
| LEIDEN-ZUIDWEST                   | HH Rijnland        | 16,07    | 0,6%     | 1,0%   | 2,1%             | 0,0%            | 0,0%           | 0,0%           |
| OIJEN                             | Aa en Maas         | 15,97    | 0,8%     | 1,0%   | 0,2%             | 1,8%            | 0,0%           | 0,0%           |
| HAAKSBERGEN                       | Vechtstromen       | 15,89    | 0,2%     | 1,0%   | 0,3%             | 0,0%            | 0,0%           | 0,2%           |
| NOORDWIJK                         | HH Rijnland        | 15,65    | 0,3%     | 1,0%   | 0,9%             | 0,0%            | 0,0%           | 0,0%           |
| MEIJEL                            | Peel en Maasvallei | 15,53    | 0,0%     | 1,0%   | 0,1%             | 0,1%            | 0,0%           | 0,0%           |
| RIJEN                             | Brabantse Delta    | 15,40    | 0,3%     | 1,0%   | 0,1%             | 0,4%            | 0,0%           | 0,0%           |
| ST MAARTENSDIJK-SCHER-<br>PENISSE | Scheldestromen     | 15,02    | 0,1%     | 1,0%   | 0,1%             | 0,0%            | 0,0%           | 0,0%           |
| EMMEN                             | Vechtstromen       | 13,47    | 0,6%     | 0,9%   | 2,7%             | 0,1%            | 0,0%           | 0,6%           |
| DELFIJL                           | Noorderzijlvest    | 12,49    | 0,2%     | 0,8%   | 1,0%             | 0,0%            | 0,0%           | 0,0%           |
| ALMERE                            | Zuiderzeeland      | 12,16    | 1,1%     | 0,8%   | 0,7%             | 1,4%            | 0,0%           | 0,0%           |
| LICHTENVOORDE                     | Rijn en IJssel     | 12,04    | 0,1%     | 0,8%   | 0,1%             | 0,0%            | 0,2%           | 1,3%           |
| ENSCHED-GLANERBRUG                | Vechtstromen       | 11,72    | 0,1%     | 0,8%   | 0,0%             | 0,0%            | 0,0%           | 0,8%           |
| DEDEMSVAART                       | Vechtstromen       | 11,48    | 0,1%     | 0,7%   | 0,4%             | 0,0%            | 0,0%           | 9,6%           |
| SIMPELVELD                        | Roer en Overmaas   | 10,91    | 0,1%     | 0,7%   | 0,0%             | 0,1%            | 0,6%           | 10,6%          |
| DINTHER                           | Aa en Maas         | 10,81    | 0,6%     | 0,7%   | 0,1%             | 1,3%            | 0,0%           | 0,0%           |
| HALSTEREN                         | Brabantse Delta    | 10,75    | 0,1%     | 0,7%   | 0,0%             | 0,0%            | 0,0%           | 0,0%           |
| CHAAM                             | Brabantse Delta    | 10,48    | 0,0%     | 0,7%   | 0,0%             | 0,0%            | 0,0%           | 1,5%           |
| KLOOSTERZANDE                     | Scheldestromen     | 10,40    | 0,0%     | 0,7%   | 0,1%             | 0,0%            | 0,0%           | 0,0%           |
| GOUDA                             | HH Rijnland        | 10,13    | 0,4%     | 0,7%   | 3,4%             | 0,0%            | 0,0%           | 0,0%           |
| GARMERWOLDE                       | Noorderzijlvest    | 10,08    | 1,6%     | 0,6%   | 1,8%             | 0,0%            | 0,0%           | 0,0%           |
| KAATSHEUVEL                       | Brabantse Delta    | 10,01    | 0,2%     | 0,6%   | 0,1%             | 0,3%            | 0,0%           | 0,0%           |
| LEIDEN-NOORD                      | HH Rijnland        | 9,86     | 0,5%     | 0,6%   | 1,8%             | 0,0%            | 0,0%           | 0,0%           |

MAATLAT BENEDENSTROOMSE INVLOED WATERKWALITEIT ( $\mu\text{g}/\text{l}\cdot\text{km}^2$ )

| EmissionTypeID                     | WSkort          | INV_01_1 | EMISSION | CONCENTR | BEN_IN-<br>VLOED | OPPWIN-<br>NAME | OEVERW-<br>WIN | GRONDW-<br>WIN |
|------------------------------------|-----------------|----------|----------|----------|------------------|-----------------|----------------|----------------|
| RIJN                               | Rijn            | 79,032   | 273,9%   | 0,1%     | 11,2%            | 102,3%          | 782,3%         | 14,0%          |
| DRACHTEN                           | Fryslân         | 32,054   | 0,4%     | 0,4%     | 4,5%             | 0,0%            | 0,0%           | 0,4%           |
| GOUDA                              | HH Rijnland     | 24,216   | 0,4%     | 0,7%     | 3,4%             | 0,0%            | 0,0%           | 0,0%           |
| GIETEN                             | Hunze en Aa's   | 20,125   | 0,2%     | 0,1%     | 2,9%             | 0,0%            | 0,0%           | 4,2%           |
| EMMEN                              | Vechtstromen    | 18,933   | 0,6%     | 0,9%     | 2,7%             | 0,1%            | 0,0%           | 0,6%           |
| BEEMSTER                           | HHHNk           | 17,291   | 0,6%     | 0,1%     | 2,5%             | 0,0%            | 0,0%           | 0,0%           |
| LEEWARDEN                          | Fryslân         | 16,400   | 0,6%     | 0,3%     | 2,3%             | 0,0%            | 0,0%           | 0,0%           |
| LELYSTAD                           | Zuiderzeeland   | 16,115   | 0,5%     | 2,1%     | 2,3%             | 0,5%            | 0,0%           | 0,0%           |
| HEERENVEEN-NOORD                   | Fryslân         | 15,988   | 0,3%     | 0,2%     | 2,3%             | 0,0%            | 0,0%           | 0,2%           |
| ASSEN                              | Hunze en Aa's   | 15,977   | 0,5%     | 1,3%     | 2,3%             | 0,5%            | 0,0%           | 0,0%           |
| WOERDEN                            | HDSR            | 15,780   | 0,3%     | 0,2%     | 2,2%             | 0,0%            | 0,0%           | 0,0%           |
| ALPHEN NOORD                       | HH Rijnland     | 15,351   | 0,3%     | 0,1%     | 2,2%             | 0,0%            | 0,0%           | 0,0%           |
| LEIDEN-ZUIDWEST                    | HH Rijnland     | 14,760   | 0,6%     | 1,0%     | 2,1%             | 0,0%            | 0,0%           | 0,0%           |
| MAAS                               | Maas            | 14,576   | 17,2%    | 0,1%     | 2,1%             | 29,3%           | 126,2%         | 1,3%           |
| NWKKERK AD IJSSSEL-KORTEN-<br>OORD | HHSK            | 14,476   | 0,4%     | 0,2%     | 2,1%             | 0,0%            | 0,0%           | 0,0%           |
| WOLVEGA                            | Fryslân         | 13,807   | 0,2%     | 0,4%     | 2,0%             | 0,0%            | 0,0%           | 0,1%           |
| GARMERWOLDE                        | Noorderzijlvest | 12,910   | 1,6%     | 0,6%     | 1,8%             | 0,0%            | 0,0%           | 0,0%           |
| LEIDEN-NOORD                       | HH Rijnland     | 12,771   | 0,5%     | 0,6%     | 1,8%             | 0,0%            | 0,0%           | 0,0%           |
| BL_Vecht D                         | Buitenland      | 10,925   | 1,0%     | 0,2%     | 1,6%             | 0,3%            | 0,0%           | 1,0%           |
| KATWOUDE                           | HHHNk           | 10,283   | 0,3%     | 0,4%     | 1,5%             | 0,0%            | 0,0%           | 0,0%           |
| ZWAANSHOEK                         | HH Rijnland     | 10,168   | 0,6%     | 0,2%     | 1,4%             | 0,0%            | 0,0%           | 0,0%           |
| STEENWIJK                          | WDOdelta        | 9,949    | 0,3%     | 0,1%     | 1,4%             | 0,0%            | 0,0%           | 1,0%           |
| LEEK                               | Noorderzijlvest | 9,848    | 0,1%     | 1,8%     | 1,4%             | 0,0%            | 0,0%           | 0,0%           |
| AMSTELVEEN                         | Waternet        | 9,811    | 0,5%     | 0,2%     | 1,4%             | 0,0%            | 0,0%           | 0,0%           |
| ECHTEN (DR)                        | WDOdelta        | 9,572    | 0,4%     | 0,4%     | 1,4%             | 0,1%            | 0,0%           | 0,1%           |
| WADDINXVEEN RANDENBURG             | HH Rijnland     | 9,335    | 0,2%     | 0,1%     | 1,3%             | 0,0%            | 0,0%           | 0,0%           |
| EINDHOVEN                          | De Dommel       | 9,261    | 2,6%     | 0,6%     | 1,3%             | 5,1%            | 0,0%           | 2,3%           |
| ALPHEN KERK & ZANEN                | HH Rijnland     | 9,111    | 0,3%     | 0,2%     | 1,3%             | 0,0%            | 0,0%           | 0,0%           |
| ENSCHEDÉ-WEST                      | Vechtstromen    | 8,802    | 0,9%     | 1,7%     | 1,2%             | 0,3%            | 0,0%           | 0,9%           |
| UITHOORN                           | Waternet        | 8,474    | 0,2%     | 0,2%     | 1,2%             | 0,1%            | 0,0%           | 0,0%           |
| DE MEERN                           | HDSR            | 8,456    | 0,2%     | 0,3%     | 1,2%             | 0,5%            | 0,0%           | 1,5%           |
| BEILEN                             | WDOdelta        | 8,353    | 0,2%     | 1,2%     | 1,2%             | 0,0%            | 0,0%           | 1,8%           |
| UTRECHT                            | HDSR            | 7,848    | 1,5%     | 0,2%     | 1,1%             | 10,3%           | 0,0%           | 1,1%           |
| DOKKUM                             | Fryslân         | 7,481    | 0,2%     | 0,1%     | 1,1%             | 0,0%            | 0,0%           | 0,0%           |
| STADSKANAAL                        | Hunze en Aa's   | 7,346    | 0,3%     | 2,2%     | 1,0%             | 0,0%            | 0,0%           | 0,0%           |
| DE RONDE VENEN (MIJDRECHT)         | Waternet        | 7,332    | 0,2%     | 0,2%     | 1,0%             | 0,1%            | 0,0%           | 0,0%           |
| EDE                                | Vallei & Veluwe | 7,260    | 1,1%     | 1,3%     | 1,0%             | 2,6%            | 0,0%           | 0,0%           |
| DELFIJL                            | Noorderzijlvest | 6,961    | 0,2%     | 0,8%     | 1,0%             | 0,0%            | 0,0%           | 0,0%           |
| OOSTERWOLDE (A+B)                  | Fryslân         | 6,901    | 0,1%     | 0,4%     | 1,0%             | 0,0%            | 0,0%           | 0,1%           |
| BL_De Berkel D                     | Buitenland      | 6,829    | 0,7%     | 0,3%     | 1,0%             | 0,2%            | 0,6%           | 14,0%          |
| NOORDWIJK                          | HH Rijnland     | 6,572    | 0,3%     | 1,0%     | 0,9%             | 0,0%            | 0,0%           | 0,0%           |
| DAMWOUDÉ                           | Fryslân         | 6,434    | 0,1%     | 0,0%     | 0,9%             | 0,0%            | 0,0%           | 0,0%           |
| DIEVERBRUG                         | WDOdelta        | 6,266    | 0,1%     | 0,2%     | 0,9%             | 0,0%            | 0,0%           | 3,5%           |
| EELDE                              | Noorderzijlvest | 6,220    | 0,3%     | 0,5%     | 0,9%             | 0,2%            | 0,0%           | 0,0%           |
| HENGÉLO                            | Vechtstromen    | 5,800    | 0,7%     | 1,4%     | 0,8%             | 0,2%            | 0,0%           | 0,7%           |
| SNEEK                              | Fryslân         | 5,748    | 0,2%     | 0,2%     | 0,8%             | 0,0%            | 0,0%           | 0,0%           |
| MEPPEL                             | WDOdelta        | 5,413    | 0,3%     | 0,2%     | 0,8%             | 0,1%            | 0,0%           | 0,1%           |
| SLOTEN                             | Fryslân         | 5,372    | 0,1%     | 0,0%     | 0,8%             | 0,0%            | 0,0%           | 0,0%           |
| BERGUM-SUAMEER (SUAMEER)           | Fryslân         | 5,348    | 0,2%     | 0,0%     | 0,8%             | 0,0%            | 0,0%           | 0,2%           |
| BIRDAARD                           | Fryslân         | 5,250    | 0,1%     | 0,1%     | 0,7%             | 0,0%            | 0,0%           | 0,0%           |
| WORKUM                             | Fryslân         | 5,242    | 0,0%     | 0,5%     | 0,7%             | 0,0%            | 0,0%           | 0,0%           |
| CAP AD IJSSSEL-GROENEDIJK          | HHSK            | 5,147    | 0,3%     | 0,1%     | 0,7%             | 0,0%            | 0,0%           | 0,0%           |
| WINSUM                             | Noorderzijlvest | 5,019    | 0,1%     | 0,1%     | 0,7%             | 0,0%            | 0,0%           | 0,0%           |
| SLEEN                              | Vechtstromen    | 5,006    | 0,1%     | 2,3%     | 0,7%             | 0,0%            | 0,0%           | 0,2%           |
| ONDERDENDAM                        | Noorderzijlvest | 4,933    | 0,1%     | 1,3%     | 0,7%             | 0,0%            | 0,0%           | 0,0%           |
| NIEUWVEEN                          | HH Rijnland     | 4,902    | 0,1%     | 0,2%     | 0,7%             | 0,0%            | 0,0%           | 0,0%           |
| GORREDIJK                          | Fryslân         | 4,799    | 0,1%     | 0,2%     | 0,7%             | 0,0%            | 0,0%           | 0,1%           |
| BL_Dommel V                        | Buitenland      | 4,788    | 0,4%     | 0,2%     | 0,7%             | 0,4%            | 0,0%           | 0,2%           |
| AMERSFOORT                         | Vallei & Veluwe | 4,781    | 1,2%     | 0,1%     | 0,7%             | 2,7%            | 0,0%           | 0,0%           |
| JOURE                              | Fryslân         | 4,759    | 0,1%     | 0,1%     | 0,7%             | 0,0%            | 0,0%           | 0,1%           |

## MAATLAT BEINVLOEDING OPPERVLAKTEWATERINNAMPUNTEN (µg/l)

| EmissionTypeID          | WSkort             | OPPIN-<br>NAME | EMISSION | CONCENTR | BEN IN-<br>VLOED | OPPIN-<br>NAME | OEVERW-<br>WIN | GRONDW-<br>WIN |
|-------------------------|--------------------|----------------|----------|----------|------------------|----------------|----------------|----------------|
| RIJN                    | Rijn               | 5,76           | 273,9%   | 0,1%     | 11,2%            | 102,3%         | 782,3%         | 14,0%          |
| MAAS                    | Maas               | 1,65           | 17,2%    | 0,1%     | 2,1%             | 29,3%          | 126,2%         | 1,3%           |
| BL_Roer D               | Buitenland         | 0,80           | 6,6%     | 0,3%     | 0,6%             | 14,3%          | 0,0%           | 0,3%           |
| UTRECHT                 | HDSR               | 0,58           | 1,5%     | 0,2%     | 1,1%             | 10,3%          | 0,0%           | 1,1%           |
| BL_Niers D              | Buitenland         | 0,53           | 4,3%     | 0,4%     | 0,6%             | 9,5%           | 0,0%           | 0,2%           |
| HOUTEN                  | HDSR               | 0,34           | 0,3%     | 0,0%     | 0,0%             | 6,1%           | 0,0%           | 0,4%           |
| EINDHOVEN               | De Dommel          | 0,29           | 2,6%     | 0,6%     | 1,3%             | 5,1%           | 0,0%           | 2,3%           |
| HORSTERMEER             | Waternet           | 0,28           | 0,6%     | 0,3%     | 0,3%             | 4,9%           | 0,0%           | 0,2%           |
| HOENSBOEK               | Roer en Overmaas   | 0,19           | 1,5%     | 1,6%     | 0,2%             | 3,4%           | 7,5%           | 0,1%           |
| WIJK BIJ DUURSTEDE      | HDSR               | 0,17           | 0,1%     | 0,0%     | 0,0%             | 3,0%           | 0,0%           | 0,2%           |
| HARDERWIJK              | Vallei & Veluwe    | 0,16           | 1,0%     | 0,2%     | 0,5%             | 2,8%           | 0,0%           | 0,0%           |
| AMERSFOORT              | Vallei & Veluwe    | 0,15           | 1,2%     | 0,1%     | 0,7%             | 2,7%           | 0,0%           | 0,0%           |
| S HERTOGENBOSCH         | Aa en Maas         | 0,15           | 1,2%     | 0,1%     | 0,0%             | 2,6%           | 0,0%           | 0,0%           |
| EDE                     | Vallei & Veluwe    | 0,15           | 1,1%     | 1,3%     | 1,0%             | 2,6%           | 0,0%           | 0,0%           |
| VENLO                   | Peel en Maasvallei | 0,14           | 1,2%     | 0,0%     | 0,0%             | 2,5%           | 0,0%           | 0,1%           |
| ZEIST                   | HDSR               | 0,14           | 0,4%     | 0,6%     | 0,2%             | 2,5%           | 0,0%           | 0,8%           |
| SUSTEREN                | Roer en Overmaas   | 0,12           | 1,0%     | 0,4%     | 0,0%             | 2,2%           | 4,8%           | 0,0%           |
| LEIDSCHER RIJN          | HDSR               | 0,10           | 0,3%     | 0,0%     | 0,0%             | 1,8%           | 0,0%           | 0,1%           |
| OIJEN                   | Aa en Maas         | 0,10           | 0,8%     | 1,0%     | 0,2%             | 1,8%           | 0,0%           | 0,0%           |
| AARLE RIXTEL            | Aa en Maas         | 0,10           | 0,9%     | 0,6%     | 0,4%             | 1,7%           | 0,0%           | 0,6%           |
| TILBURG-NOORD           | De Dommel          | 0,09           | 1,2%     | 1,6%     | 0,7%             | 1,7%           | 0,0%           | 3,3%           |
| ROERMOND                | Roer en Overmaas   | 0,09           | 0,7%     | 0,0%     | 0,0%             | 1,5%           | 0,0%           | 0,0%           |
| DE BILT                 | HDSR               | 0,08           | 0,2%     | 1,1%     | 0,2%             | 1,5%           | 0,0%           | 0,5%           |
| BL_Jeker V              | Buitenland         | 0,08           | 0,7%     | 0,3%     | 0,0%             | 1,4%           | 6,3%           | 0,1%           |
| ALMERE                  | Zuiderzeeland      | 0,08           | 1,1%     | 0,8%     | 0,7%             | 1,4%           | 0,0%           | 0,0%           |
| ARNHEM-ZUID             | WSRL               | 0,08           | 0,8%     | 0,0%     | 0,0%             | 1,4%           | 13,0%          | 0,2%           |
| DINTHER                 | Aa en Maas         | 0,07           | 0,6%     | 0,7%     | 0,1%             | 1,3%           | 0,0%           | 0,0%           |
| WEESP                   | Waternet           | 0,07           | 0,2%     | 0,0%     | 0,0%             | 1,2%           | 0,0%           | 0,0%           |
| NIJKERK                 | Vallei & Veluwe    | 0,07           | 0,4%     | 1,4%     | 0,2%             | 1,2%           | 0,0%           | 0,0%           |
| DRIEBERGEN              | HDSR               | 0,06           | 0,2%     | 0,4%     | 0,1%             | 1,2%           | 0,0%           | 0,6%           |
| LAND VAN CUIJK (HAPS)   | Aa en Maas         | 0,06           | 0,5%     | 1,2%     | 0,3%             | 1,1%           | 0,0%           | 0,0%           |
| MAASTRICHT-LIMMEL       | Roer en Overmaas   | 0,06           | 0,5%     | 0,0%     | 0,0%             | 1,1%           | 5,4%           | 0,0%           |
| MAARSSSENBOEK           | HDSR               | 0,05           | 0,1%     | 0,0%     | 0,0%             | 0,9%           | 0,0%           | 0,2%           |
| SOEST                   | Vallei & Veluwe    | 0,05           | 0,4%     | 0,0%     | 0,2%             | 0,9%           | 0,0%           | 0,0%           |
| HILVERSUM-OOST          | Waternet           | 0,05           | 0,3%     | 1,5%     | 0,1%             | 0,9%           | 0,0%           | 0,0%           |
| VEENENDAAL              | Vallei & Veluwe    | 0,05           | 0,4%     | 0,1%     | 0,3%             | 0,9%           | 0,0%           | 0,0%           |
| HUIZEN                  | Waternet           | 0,05           | 0,3%     | 0,0%     | 0,1%             | 0,8%           | 0,0%           | 0,0%           |
| VENRAIJ                 | Peel en Maasvallei | 0,04           | 0,3%     | 0,3%     | 0,0%             | 0,7%           | 0,0%           | 0,0%           |
| BREUKELN                | HDSR               | 0,04           | 0,1%     | 0,0%     | 0,0%             | 0,7%           | 0,0%           | 0,1%           |
| MAASTRICHT-BOSSCHERVELD | Roer en Overmaas   | 0,04           | 0,3%     | 0,0%     | 0,0%             | 0,7%           | 3,0%           | 0,0%           |
| ST OEDENRODE            | De Dommel          | 0,04           | 0,4%     | 0,0%     | 0,1%             | 0,7%           | 0,0%           | 0,3%           |
| RENKUM                  | Vallei & Veluwe    | 0,04           | 0,4%     | 0,0%     | 0,0%             | 0,7%           | 6,4%           | 0,1%           |
| WEERT                   | Peel en Maasvallei | 0,04           | 0,4%     | 0,0%     | 0,3%             | 0,7%           | 0,0%           | 0,3%           |
| TIEL                    | WSRL               | 0,04           | 0,4%     | 0,2%     | 0,0%             | 0,7%           | 6,4%           | 0,0%           |
| HEUGEM (GRONVELD)       | Roer en Overmaas   | 0,03           | 0,3%     | 0,0%     | 0,0%             | 0,6%           | 2,6%           | 0,0%           |
| BUNNIK                  | HDSR               | 0,03           | 0,1%     | 0,0%     | 0,0%             | 0,6%           | 0,0%           | 0,3%           |
| NIEUWGRAAF              | Rijn en IJssel     | 0,03           | 1,2%     | 0,0%     | 0,0%             | 0,5%           | 2,2%           | 0,1%           |
| KAFFEBERG (KERKRADE)    | Roer en Overmaas   | 0,03           | 0,2%     | 1,1%     | 0,0%             | 0,5%           | 0,0%           | 0,0%           |
| NIEUWVEER (BRED)        | Brabantse Delta    | 0,03           | 1,5%     | 0,0%     | 0,0%             | 0,5%           | 0,0%           | 0,0%           |
| BOXTEL                  | De Dommel          | 0,03           | 0,3%     | 0,0%     | 0,1%             | 0,5%           | 0,0%           | 0,2%           |
| GENNEP                  | Peel en Maasvallei | 0,03           | 0,2%     | 0,0%     | 0,0%             | 0,5%           | 0,0%           | 0,0%           |
| VINKEL                  | Aa en Maas         | 0,03           | 0,2%     | 0,5%     | 0,1%             | 0,5%           | 0,0%           | 7,1%           |
| APELDOORN               | Vallei & Veluwe    | 0,03           | 1,0%     | 0,0%     | 0,0%             | 0,5%           | 1,9%           | 0,0%           |
| ASSEN                   | Hunze en Aa's      | 0,03           | 0,5%     | 1,3%     | 2,3%             | 0,5%           | 0,0%           | 0,0%           |
| HILVARENBEEK            | De Dommel          | 0,03           | 0,2%     | 0,3%     | 0,1%             | 0,5%           | 0,0%           | 0,2%           |
| LELYSTAD                | Zuiderzeeland      | 0,03           | 0,5%     | 2,1%     | 2,3%             | 0,5%           | 0,0%           | 0,0%           |
| DE MEERN                | HDSR               | 0,03           | 0,2%     | 0,3%     | 1,2%             | 0,5%           | 0,0%           | 1,5%           |
| WIJLRE                  | Roer en Overmaas   | 0,03           | 0,2%     | 0,1%     | 0,0%             | 0,5%           | 2,2%           | 1,2%           |
| ASTEN                   | Aa en Maas         | 0,03           | 0,2%     | 0,3%     | 0,1%             | 0,4%           | 0,0%           | 0,2%           |
| RIMBURG                 | Roer en Overmaas   | 0,02           | 0,2%     | 0,1%     | 0,0%             | 0,4%           | 0,0%           | 0,0%           |

## MAATLAT BEINVLOEDING OEVERWATERWINNINGEN (µg/l)

| EmissionTypeID          | WSkort                  | OEVER-<br>WATER | EMISSION | CONCEN | BEN_IN-<br>VLOED | OPPIN-<br>NAME | OEVERW-<br>WIN | GRONDW-<br>WIN |
|-------------------------|-------------------------|-----------------|----------|--------|------------------|----------------|----------------|----------------|
| RIJN                    | Rijn                    | 13,33           | 273,9%   | 0,1%   | 11,2%            | 102,3%         | 782,3%         | 14,0%          |
| MAAS                    | Maas                    | 2,15            | 17,2%    | 0,1%   | 2,1%             | 29,3%          | 126,2%         | 1,3%           |
| ARNHEM-ZUID             | WSRL                    | 0,22            | 0,8%     | 0,0%   | 0,0%             | 1,4%           | 13,0%          | 0,2%           |
| NIEUWEGEIN              | HDSR                    | 0,16            | 0,6%     | 0,0%   | 0,0%             | 0,4%           | 9,6%           | 0,0%           |
| HOENSBROEK              | Roer en Overmaas        | 0,13            | 1,5%     | 1,6%   | 0,2%             | 3,4%           | 7,5%           | 0,1%           |
| PANHEEL                 | Peel en Maas-<br>vallei | 0,11            | 0,1%     | 1,1%   | 0,1%             | 0,2%           | 6,5%           | 0,0%           |
| TIEL                    | WSRL                    | 0,11            | 0,4%     | 0,2%   | 0,0%             | 0,7%           | 6,4%           | 0,0%           |
| RENKUM                  | Vallei & Veluwe         | 0,11            | 0,4%     | 0,0%   | 0,0%             | 0,7%           | 6,4%           | 0,1%           |
| BL_Jeker V              | Buitenland              | 0,11            | 0,7%     | 0,3%   | 0,0%             | 1,4%           | 6,3%           | 0,1%           |
| MAASTRICHT-LIMMEL       | Roer en Overmaas        | 0,09            | 0,5%     | 0,0%   | 0,0%             | 1,1%           | 5,4%           | 0,0%           |
| SUSTEREN                | Roer en Overmaas        | 0,08            | 1,0%     | 0,4%   | 0,0%             | 2,2%           | 4,8%           | 0,0%           |
| CULEMBORG               | WSRL                    | 0,05            | 0,2%     | 0,0%   | 0,0%             | 0,1%           | 3,2%           | 0,0%           |
| MAASTRICHT-BOSSCHERVELD | Roer en Overmaas        | 0,05            | 0,3%     | 0,0%   | 0,0%             | 0,7%           | 3,0%           | 0,0%           |
| RHENEN                  | HDSR                    | 0,05            | 0,2%     | 0,0%   | 0,0%             | 0,3%           | 3,0%           | 0,0%           |
| HEUGEM (GRONSVELD)      | Roer en Overmaas        | 0,04            | 0,3%     | 0,0%   | 0,0%             | 0,6%           | 2,6%           | 0,0%           |
| VIANEN                  | WSRL                    | 0,04            | 0,2%     | 0,0%   | 0,0%             | 0,1%           | 2,6%           | 0,0%           |
| WIJLRE                  | Roer en Overmaas        | 0,04            | 0,2%     | 0,1%   | 0,0%             | 0,5%           | 2,2%           | 1,2%           |
| NIEUWGRAAF              | Rijn en IJssel          | 0,04            | 1,2%     | 0,0%   | 0,0%             | 0,5%           | 2,2%           | 0,1%           |
| DODEWAARD               | WSRL                    | 0,04            | 0,2%     | 0,0%   | 0,1%             | 0,2%           | 2,1%           | 0,0%           |
| APELDOORN               | Vallei & Veluwe         | 0,03            | 1,0%     | 0,0%   | 0,0%             | 0,5%           | 1,9%           | 0,0%           |
| GROOT AMMERS (GELKENES) | WSRL                    | 0,03            | 0,1%     | 0,0%   | 0,0%             | 0,1%           | 1,8%           | 0,0%           |
| BL_Geul V               | Buitenland              | 0,03            | 0,1%     | 0,1%   | 0,0%             | 0,3%           | 1,5%           | 0,8%           |
| BL_Aastrang D           | Buitenland              | 0,02            | 0,8%     | 0,5%   | 0,4%             | 0,4%           | 1,4%           | 0,0%           |
| LOPIK                   | HDSR                    | 0,02            | 0,1%     | 0,0%   | 0,0%             | 0,1%           | 1,4%           | 0,0%           |
| ETTEN                   | Rijn en IJssel          | 0,02            | 0,6%     | 0,1%   | 0,2%             | 0,3%           | 1,1%           | 0,0%           |
| DORDRECHT               | Hollandse Delta         | 0,02            | 0,7%     | 0,0%   | 0,0%             | 0,0%           | 1,1%           | 0,0%           |
| DEVENTER                | WDDelta                 | 0,02            | 0,5%     | 0,0%   | 0,0%             | 0,2%           | 1,0%           | 0,0%           |
| WEURT/NIJMEGEN          | WSRL                    | 0,01            | 1,4%     | 0,0%   | 0,0%             | 0,1%           | 0,9%           | 0,0%           |
| ZUTPHEN                 | Rijn en IJssel          | 0,01            | 0,5%     | 0,0%   | 0,0%             | 0,2%           | 0,9%           | 0,0%           |
| RIDDERKERK              | Hollandse Delta         | 0,01            | 0,3%     | 0,0%   | 0,0%             | 0,0%           | 0,8%           | 0,0%           |
| OLBURGEN                | Rijn en IJssel          | 0,01            | 0,4%     | 0,0%   | 0,0%             | 0,2%           | 0,8%           | 0,0%           |
| STEIN                   | Roer en Overmaas        | 0,01            | 0,2%     | 0,0%   | 0,0%             | 0,3%           | 0,7%           | 0,0%           |
| BL_De Berkel D          | Buitenland              | 0,01            | 0,7%     | 0,3%   | 1,0%             | 0,2%           | 0,6%           | 14,0%          |
| SIMPVELD                | Roer en Overmaas        | 0,01            | 0,1%     | 0,7%   | 0,0%             | 0,1%           | 0,6%           | 10,6%          |
| NIEUW-LEKKERLAND        | WSRL                    | 0,01            | 0,1%     | 0,0%   | 0,0%             | 0,0%           | 0,5%           | 0,0%           |
| HATTEM                  | Vallei & Veluwe         | 0,01            | 0,2%     | 0,0%   | 0,0%             | 0,1%           | 0,4%           | 0,0%           |
| BL_Oude IJssel D        | Buitenland              | 0,01            | 0,2%     | 0,2%   | 0,1%             | 0,1%           | 0,4%           | 0,0%           |
| WINTERSWIJK             | Rijn en IJssel          | 0,01            | 0,2%     | 0,4%   | 0,1%             | 0,1%           | 0,4%           | 1,0%           |
| HAARLO                  | Rijn en IJssel          | 0,01            | 0,2%     | 0,1%   | 0,1%             | 0,1%           | 0,4%           | 0,9%           |
| EPE                     | Vallei & Veluwe         | 0,01            | 0,2%     | 1,2%   | 0,0%             | 0,1%           | 0,3%           | 0,0%           |
| ALBLASSERDAM            | WSRL                    | 0,01            | 0,1%     | 0,0%   | 0,0%             | 0,0%           | 0,3%           | 0,0%           |
| Papendrecht             | WSRL                    | 0,01            | 0,2%     | 0,0%   | 0,0%             | 0,0%           | 0,3%           | 0,0%           |
| TERWOLDE                | Vallei & Veluwe         | 0,01            | 0,2%     | 0,0%   | 0,0%             | 0,1%           | 0,3%           | 0,0%           |
| SLIEDRECHT              | WSRL                    | 0,00            | 0,2%     | 0,0%   | 0,0%             | 0,0%           | 0,3%           | 0,0%           |
| BL_Buurserbeek D        | Buitenland              | 0,00            | 0,2%     | 0,6%   | 0,1%             | 0,1%           | 0,3%           | 0,1%           |
| BRUMMEN                 | Vallei & Veluwe         | 0,00            | 0,1%     | 0,0%   | 0,0%             | 0,1%           | 0,3%           | 0,0%           |
| HOLTEN                  | Rijn en IJssel          | 0,00            | 0,1%     | 0,2%   | 0,0%             | 0,1%           | 0,2%           | 0,0%           |
| GELDERMALSEN            | WSRL                    | 0,00            | 0,1%     | 0,0%   | 0,2%             | 0,0%           | 0,2%           | 0,0%           |
| AALTEN                  | Rijn en IJssel          | 0,00            | 0,1%     | 0,2%   | 0,1%             | 0,1%           | 0,2%           | 3,0%           |
| SLEEUWIJK               | WSRL                    | 0,00            | 0,3%     | 0,0%   | 0,0%             | 0,0%           | 0,2%           | 0,0%           |
| OLST/WIJHE (OLST)       | WDDelta                 | 0,00            | 0,1%     | 0,0%   | 0,0%             | 0,1%           | 0,2%           | 0,0%           |
| LICHTENVOORDE           | Rijn en IJssel          | 0,00            | 0,1%     | 0,8%   | 0,1%             | 0,0%           | 0,2%           | 1,3%           |
| HEERDE                  | Vallei & Veluwe         | 0,00            | 0,1%     | 0,1%   | 0,0%             | 0,0%           | 0,2%           | 0,0%           |
| ZALTBOMMEL              | WSRL                    | 0,00            | 0,3%     | 0,0%   | 0,0%             | 0,0%           | 0,2%           | 0,0%           |
| SCHELLUINEN             | WSRL                    | 0,00            | 0,3%     | 0,0%   | 0,0%             | 0,0%           | 0,2%           | 0,0%           |
| LEERDAM                 | WSRL                    | 0,00            | 0,1%     | 0,0%   | 0,1%             | 0,0%           | 0,2%           | 0,0%           |
| VARSSEVELD              | Rijn en IJssel          | 0,00            | 0,1%     | 0,1%   | 0,0%             | 0,0%           | 0,1%           | 1,2%           |
| GORINCHEM OOST          | WSRL                    | 0,00            | 0,1%     | 0,0%   | 0,0%             | 0,0%           | 0,1%           | 0,0%           |
| HARDINXVELD-DE PEULEN   | WSRL                    | 0,00            | 0,1%     | 0,0%   | 0,0%             | 0,0%           | 0,1%           | 0,0%           |
| DRUTEN                  | WSRL                    | 0,00            | 0,2%     | 0,0%   | 0,0%             | 0,0%           | 0,1%           | 0,0%           |

## MAATLAT BEINVLOEDING GRONDWATERWINNINGEN (µg/l)

| EmissionTypeID           | Wskort             | GROND-<br>WATER | EMISSION | CONCEN | BEN_IN-<br>VLOED | OPPWIN-<br>NAME | OEVERW-<br>WIN | GRONDW-<br>WIN |
|--------------------------|--------------------|-----------------|----------|--------|------------------|-----------------|----------------|----------------|
| ALMELO-SUMPEL            | Vechtstromen       | 19,65           | 0,4%     | 1,3%   | 0,5%             | 0,1%            | 0,0%           | 18,5%          |
| RIJN                     | Rijn               | 14,89           | 273,9%   | 0,1%   | 11,2%            | 102,3%          | 782,3%         | 14,0%          |
| BL_De Berkel D           | Buitenland         | 14,87           | 0,7%     | 0,3%   | 1,0%             | 0,2%            | 0,6%           | 14,0%          |
| BL_Molenbeek V           | Buitenland         | 11,43           | 0,2%     | 1,0%   | 0,4%             | 0,0%            | 0,0%           | 10,8%          |
| SIMPELVELD               | Roer en Overmaas   | 11,25           | 0,1%     | 0,7%   | 0,0%             | 0,1%            | 0,6%           | 10,6%          |
| DEDEMSVAART              | Vechtstromen       | 10,20           | 0,1%     | 0,7%   | 0,4%             | 0,0%            | 0,0%           | 9,6%           |
| VINKEL                   | Aa en Maas         | 7,58            | 0,2%     | 0,5%   | 0,1%             | 0,5%            | 0,0%           | 7,1%           |
| GIETEN                   | Hunze en Aa's      | 4,42            | 0,2%     | 0,1%   | 2,9%             | 0,0%            | 0,0%           | 4,2%           |
| RUURLO                   | Rijn en IJssel     | 4,11            | 0,1%     | 0,5%   | 0,0%             | 0,0%            | 0,1%           | 3,9%           |
| DIEVERBRUG               | WDDelta            | 3,75            | 0,1%     | 0,2%   | 0,9%             | 0,0%            | 0,0%           | 3,5%           |
| TILBURG-NOORD            | De Dommel          | 3,51            | 1,2%     | 1,6%   | 0,7%             | 1,7%            | 0,0%           | 3,3%           |
| OUDEWATER                | HDSR               | 3,49            | 0,1%     | 0,5%   | 0,2%             | 0,2%            | 0,0%           | 3,3%           |
| AALTEN                   | Rijn en IJssel     | 3,22            | 0,1%     | 0,2%   | 0,1%             | 0,1%            | 0,2%           | 3,0%           |
| RIEL                     | Brabantse Delta    | 2,92            | 0,0%     | 0,2%   | 0,0%             | 0,0%            | 0,0%           | 2,7%           |
| BL_Dinkel D              | Buitenland         | 2,87            | 0,4%     | 0,3%   | 0,2%             | 0,1%            | 0,0%           | 2,7%           |
| EINDHOVEN                | De Dommel          | 2,40            | 2,6%     | 0,6%   | 1,3%             | 5,1%            | 0,0%           | 2,3%           |
| BL_Boven Slinge D        | Buitenland         | 2,16            | 0,1%     | 0,1%   | 0,0%             | 0,0%            | 0,1%           | 2,0%           |
| BEILEN                   | WDDelta            | 1,95            | 0,2%     | 1,2%   | 1,2%             | 0,0%            | 0,0%           | 1,8%           |
| CHAAM                    | Brabantse Delta    | 1,63            | 0,0%     | 0,7%   | 0,0%             | 0,0%            | 0,0%           | 1,5%           |
| DE MEERN                 | HDSR               | 1,62            | 0,2%     | 0,3%   | 1,2%             | 0,5%            | 0,0%           | 1,5%           |
| MAAS                     | Maas               | 1,43            | 17,2%    | 0,1%   | 2,1%             | 29,3%           | 126,2%         | 1,3%           |
| LICHTENVOORDE            | Rijn en IJssel     | 1,34            | 0,1%     | 0,8%   | 0,1%             | 0,0%            | 0,2%           | 1,3%           |
| WIJLRE                   | Roer en Overmaas   | 1,32            | 0,2%     | 0,1%   | 0,0%             | 0,5%            | 2,2%           | 1,2%           |
| VARSEVELD                | Rijn en IJssel     | 1,28            | 0,1%     | 0,1%   | 0,0%             | 0,0%            | 0,1%           | 1,2%           |
| UTRECHT                  | HDSR               | 1,20            | 1,5%     | 0,2%   | 1,1%             | 10,3%           | 0,0%           | 1,1%           |
| BL_Vecht D               | Buitenland         | 1,05            | 1,0%     | 0,2%   | 1,6%             | 0,3%            | 0,0%           | 1,0%           |
| STEENWIJK                | WDDelta            | 1,04            | 0,3%     | 0,1%   | 1,4%             | 0,0%            | 0,0%           | 1,0%           |
| WINTERSWIJK              | Rijn en IJssel     | 1,02            | 0,2%     | 0,4%   | 0,1%             | 0,1%            | 0,4%           | 1,0%           |
| ENSCHDEDE-WEST           | Vechtstromen       | 0,97            | 0,9%     | 1,7%   | 1,2%             | 0,3%            | 0,0%           | 0,9%           |
| HAARLO                   | Rijn en IJssel     | 0,95            | 0,2%     | 0,1%   | 0,1%             | 0,1%            | 0,4%           | 0,9%           |
| BL_Tongelreep V          | Buitenland         | 0,91            | 0,1%     | 0,1%   | 0,0%             | 0,2%            | 0,0%           | 0,9%           |
| BL_Geul V                | Buitenland         | 0,90            | 0,1%     | 0,1%   | 0,0%             | 0,3%            | 1,5%           | 0,8%           |
| ENSCHDEDE-GLANERBRUG     | Vechtstromen       | 0,87            | 0,1%     | 0,8%   | 0,0%             | 0,0%            | 0,0%           | 0,8%           |
| ZEIST                    | HDSR               | 0,86            | 0,4%     | 0,6%   | 0,2%             | 2,5%            | 0,0%           | 0,8%           |
| LOSSER                   | Vechtstromen       | 0,81            | 0,1%     | 0,1%   | 0,0%             | 0,0%            | 0,0%           | 0,8%           |
| HENGLO                   | Vechtstromen       | 0,78            | 0,7%     | 1,4%   | 0,8%             | 0,2%            | 0,0%           | 0,7%           |
| MONTFOORT                | HDSR               | 0,66            | 0,1%     | 0,2%   | 0,1%             | 0,3%            | 0,0%           | 0,6%           |
| AARLE RIXTEL             | Aa en Maas         | 0,66            | 0,9%     | 0,6%   | 0,4%             | 1,7%            | 0,0%           | 0,6%           |
| DRIEBERGEN               | HDSR               | 0,63            | 0,2%     | 0,4%   | 0,1%             | 1,2%            | 0,0%           | 0,6%           |
| EMMEN                    | Vechtstromen       | 0,62            | 0,6%     | 0,9%   | 2,7%             | 0,1%            | 0,0%           | 0,6%           |
| DE BILT                  | HDSR               | 0,52            | 0,2%     | 1,1%   | 0,2%             | 1,5%            | 0,0%           | 0,5%           |
| DRACHTEN                 | Fryslân            | 0,45            | 0,4%     | 0,4%   | 4,5%             | 0,0%            | 0,0%           | 0,4%           |
| HOUTEN                   | HDSR               | 0,39            | 0,3%     | 0,0%   | 0,0%             | 6,1%            | 0,0%           | 0,4%           |
| WEERT                    | Peel en Maasvallei | 0,33            | 0,4%     | 0,0%   | 0,3%             | 0,7%            | 0,0%           | 0,3%           |
| BUNNIK                   | HDSR               | 0,33            | 0,1%     | 0,0%   | 0,0%             | 0,6%            | 0,0%           | 0,3%           |
| BL_Roer D                | Buitenland         | 0,33            | 6,6%     | 0,3%   | 0,6%             | 14,3%           | 0,0%           | 0,3%           |
| ST OEDENRODE             | De Dommel          | 0,32            | 0,4%     | 0,0%   | 0,1%             | 0,7%            | 0,0%           | 0,3%           |
| OLDENZAAL                | Vechtstromen       | 0,30            | 0,3%     | 1,5%   | 0,4%             | 0,1%            | 0,0%           | 0,3%           |
| SMILDE                   | WDDelta            | 0,29            | 0,1%     | 0,3%   | 0,4%             | 0,0%            | 0,0%           | 0,3%           |
| HEERENVEEN-NOORD         | Fryslân            | 0,25            | 0,3%     | 0,2%   | 2,3%             | 0,0%            | 0,0%           | 0,2%           |
| HORSTERMEER              | Waternet           | 0,25            | 0,6%     | 0,3%   | 0,3%             | 4,9%            | 0,0%           | 0,2%           |
| RIJSSEN                  | Vechtstromen       | 0,24            | 0,2%     | 0,1%   | 0,2%             | 0,1%            | 0,0%           | 0,2%           |
| SLEEN                    | Vechtstromen       | 0,24            | 0,1%     | 2,3%   | 0,7%             | 0,0%            | 0,0%           | 0,2%           |
| BOXTEL                   | De Dommel          | 0,24            | 0,3%     | 0,0%   | 0,1%             | 0,5%            | 0,0%           | 0,2%           |
| ALMELO-VISSEDIJK         | Vechtstromen       | 0,23            | 0,2%     | 0,1%   | 0,2%             | 0,1%            | 0,0%           | 0,2%           |
| WIJK BIJ DUURSTED        | HDSR               | 0,22            | 0,1%     | 0,0%   | 0,0%             | 3,0%            | 0,0%           | 0,2%           |
| BERGUM-SUAMEER (SUAMEER) | Fryslân            | 0,22            | 0,2%     | 0,0%   | 0,8%             | 0,0%            | 0,0%           | 0,2%           |
| HILVARENBEEK             | De Dommel          | 0,22            | 0,2%     | 0,3%   | 0,1%             | 0,5%            | 0,0%           | 0,2%           |
| BL_Niers D               | Buitenland         | 0,22            | 4,3%     | 0,4%   | 0,6%             | 9,5%            | 0,0%           | 0,2%           |
| HARDENBERG               | Vechtstromen       | 0,21            | 0,2%     | 0,0%   | 0,2%             | 0,1%            | 0,0%           | 0,2%           |

TABEL EMISSIE UITGEDRUKT IN AANTAL AANGESLOTEN INWONERS (-), KENTAL EMISSIE = 2 gppp

| EmissionTypeID               | WSkort             | INW        | EMISSIE | CONCEN | BEN_IN-<br>VLOED | OPPWIN-<br>NAME | OEVERW-<br>WIN | GRONDW-<br>WIN |
|------------------------------|--------------------|------------|---------|--------|------------------|-----------------|----------------|----------------|
| RIJN                         | Rijn               | 46.500.000 | 273,9%  | 0,1%   | 11,2%            | 102,3%          | 782,3%         | 14,0%          |
| MAAS                         | Maas               | 2.919.000  | 17,2%   | 0,1%   | 2,1%             | 29,3%           | 126,2%         | 1,3%           |
| BL_Roer D                    | Buitenland         | 1.115.394  | 6,6%    | 0,3%   | 0,6%             | 14,3%           | 0,0%           | 0,3%           |
| HARNASCHPOLDER               | HH Delfland        | 862.271    | 5,1%    | 0,0%   | 0,0%             | 0,0%            | 0,0%           | 0,0%           |
| BL_Niers D                   | Buitenland         | 736.816    | 4,3%    | 0,4%   | 0,6%             | 9,5%            | 0,0%           | 0,2%           |
| AMSTERDAM-WEST               | Waternet           | 558.830    | 3,3%    | 0,2%   | 0,0%             | 0,0%            | 0,0%           | 0,0%           |
| EINDHOVEN                    | De Dommel          | 444.742    | 2,6%    | 0,6%   | 1,3%             | 5,1%            | 0,0%           | 2,3%           |
| ROTTERDAM-DOKHAVEN           | Hollandse Delta    | 305.055    | 1,8%    | 0,0%   | 0,0%             | 0,0%            | 0,0%           | 0,0%           |
| GARMERWOLDE                  | Noorderzijlvest    | 266.861    | 1,6%    | 0,6%   | 1,8%             | 0,0%            | 0,0%           | 0,0%           |
| CAP AD IJSSSEL-KRALINGSEVEER | HHSK               | 265.744    | 1,6%    | 0,0%   | 0,0%             | 0,0%            | 0,0%           | 0,0%           |
| HOENSBROEK                   | Roer en Overmaas   | 262.823    | 1,5%    | 1,6%   | 0,2%             | 3,4%            | 7,5%           | 0,1%           |
| UTRECHT                      | HDSR               | 257.851    | 1,5%    | 0,2%   | 1,1%             | 10,3%           | 0,0%           | 1,1%           |
| NIEUWVEER (BREDAS)           | Brabantse Delta    | 257.595    | 1,5%    | 0,0%   | 0,0%             | 0,5%            | 0,0%           | 0,0%           |
| WEURT/NIJMEGEN               | WSRL               | 230.288    | 1,4%    | 0,0%   | 0,0%             | 0,1%            | 0,9%           | 0,0%           |
| TILBURG-NOORD                | De Dommel          | 211.648    | 1,2%    | 1,6%   | 0,7%             | 1,7%            | 0,0%           | 3,3%           |
| WESTPOORT                    | Waternet           | 211.340    | 1,2%    | 0,0%   | 0,0%             | 0,0%            | 0,0%           | 0,0%           |
| GROOTE LUCHT (VLAARDINGEN)   | HH Delfland        | 206.834    | 1,2%    | 0,0%   | 0,0%             | 0,0%            | 0,0%           | 0,0%           |
| AMERSFOORT                   | Vallei & Veluwe    | 204.654    | 1,2%    | 0,1%   | 0,7%             | 2,7%            | 0,0%           | 0,0%           |
| S HERTOGENBOSCH              | Aa en Maas         | 200.000    | 1,2%    | 0,1%   | 0,0%             | 2,6%            | 0,0%           | 0,0%           |
| NIEUWGRAAF                   | Rijn en IJssel     | 197.540    | 1,2%    | 0,0%   | 0,0%             | 0,5%            | 2,2%           | 0,1%           |
| VENLO                        | Peel en Maasvallei | 195.833    | 1,2%    | 0,0%   | 0,0%             | 2,5%            | 0,0%           | 0,1%           |
| EDE                          | Vallei & Veluwe    | 194.880    | 1,1%    | 1,3%   | 1,0%             | 2,6%            | 0,0%           | 0,0%           |
| ALMERE                       | Zuiderzeeland      | 190.078    | 1,1%    | 0,8%   | 0,7%             | 1,4%            | 0,0%           | 0,0%           |
| GEESTMERABACHT               | HHHNk              | 183.677    | 1,1%    | 0,1%   | 0,4%             | 0,0%            | 0,0%           | 0,0%           |
| WERVERSHOOF                  | HHHNk              | 182.669    | 1,1%    | 1,3%   | 0,0%             | 0,0%            | 0,0%           | 0,0%           |
| BEVERWIJK                    | HHHNk              | 176.117    | 1,0%    | 1,5%   | 0,0%             | 0,0%            | 0,0%           | 0,0%           |
| APELDOORN                    | Vallei & Veluwe    | 174.756    | 1,0%    | 0,0%   | 0,0%             | 0,5%            | 1,9%           | 0,0%           |
| SUSTEREN                     | Roer en Overmaas   | 169.794    | 1,0%    | 0,4%   | 0,0%             | 2,2%            | 4,8%           | 0,0%           |
| HARDERWIJK                   | Vallei & Veluwe    | 165.000    | 1,0%    | 0,2%   | 0,5%             | 2,8%            | 0,0%           | 0,0%           |
| BL_Vecht D                   | Buitenland         | 164.320    | 1,0%    | 0,2%   | 1,6%             | 0,3%            | 0,0%           | 1,0%           |
| ZWANENBURG                   | HH Rijnland        | 162.363    | 1,0%    | 0,1%   | 0,2%             | 0,0%            | 0,0%           | 0,0%           |
| AARLE RIXTEL                 | Aa en Maas         | 161.000    | 0,9%    | 0,6%   | 0,4%             | 1,7%            | 0,0%           | 0,6%           |
| ENSCHDEDE-WEST               | Vechtstromen       | 151.329    | 0,9%    | 1,7%   | 1,2%             | 0,3%            | 0,0%           | 0,9%           |
| HOUTRUST                     | HH Delfland        | 143.216    | 0,8%    | 0,0%   | 0,0%             | 0,0%            | 0,0%           | 0,0%           |
| ARNHEM-ZUID                  | WSRL               | 140.945    | 0,8%    | 0,0%   | 0,0%             | 1,4%            | 13,0%          | 0,2%           |
| OIJEN                        | Aa en Maas         | 137.000    | 0,8%    | 1,0%   | 0,2%             | 1,8%            | 0,0%           | 0,0%           |
| HAARLEM-WAARDERPOLDER        | HH Rijnland        | 131.335    | 0,8%    | 0,2%   | 0,6%             | 0,0%            | 0,0%           | 0,0%           |
| BL_Aastrang D                | Buitenland         | 130.000    | 0,8%    | 0,5%   | 0,4%             | 0,4%            | 1,4%           | 0,0%           |
| HENGELLO                     | Vechtstromen       | 122.358    | 0,7%    | 1,4%   | 0,8%             | 0,2%            | 0,0%           | 0,7%           |
| ZWOLLE                       | WODDelta           | 121.297    | 0,7%    | 0,0%   | 0,0%             | 0,3%            | 0,0%           | 0,0%           |
| ROERMOND                     | Roer en Overmaas   | 120.025    | 0,7%    | 0,0%   | 0,0%             | 1,5%            | 0,0%           | 0,0%           |
| BL_Jeker V                   | Buitenland         | 120.000    | 0,7%    | 0,3%   | 0,0%             | 1,4%            | 6,3%           | 0,1%           |
| BL_De Berkel D               | Buitenland         | 116.000    | 0,7%    | 0,3%   | 1,0%             | 0,2%            | 0,6%           | 14,0%          |
| DORDRECHT                    | Hollandse Delta    | 115.304    | 0,7%    | 0,0%   | 0,0%             | 0,0%            | 1,1%           | 0,0%           |
| WALCHEREN                    | Scheldestromen     | 114.280    | 0,7%    | 0,0%   | 0,0%             | 0,0%            | 0,0%           | 0,0%           |
| ZWAANSHOEK                   | HH Rijnland        | 109.396    | 0,6%    | 0,2%   | 1,4%             | 0,0%            | 0,0%           | 0,0%           |
| ZWIJNDRECHT                  | Hollandse Delta    | 108.410    | 0,6%    | 0,0%   | 0,0%             | 0,0%            | 0,0%           | 0,0%           |
| HORSTERMEER                  | Waternet           | 106.200    | 0,6%    | 0,3%   | 0,3%             | 4,9%            | 0,0%           | 0,2%           |
| BEEMSTER                     | HHHNk              | 105.293    | 0,6%    | 0,1%   | 2,5%             | 0,0%            | 0,0%           | 0,0%           |
| DINTHER                      | Aa en Maas         | 104.000    | 0,6%    | 0,7%   | 0,1%             | 1,3%            | 0,0%           | 0,0%           |
| ETTEN                        | Rijn en IJssel     | 97.795     | 0,6%    | 0,1%   | 0,2%             | 0,3%            | 1,1%           | 0,0%           |
| KATWIJK                      | HH Rijnland        | 97.207     | 0,6%    | 1,2%   | 0,4%             | 0,0%            | 0,0%           | 0,0%           |
| LEEWARDEN                    | Fryslân            | 96.792     | 0,6%    | 0,3%   | 2,3%             | 0,0%            | 0,0%           | 0,0%           |
| LEIDEN-ZUIDWEST              | HH Rijnland        | 96.546     | 0,6%    | 1,0%   | 2,1%             | 0,0%            | 0,0%           | 0,0%           |
| EMMEN                        | Vechtstromen       | 96.083     | 0,6%    | 0,9%   | 2,7%             | 0,1%            | 0,0%           | 0,6%           |
| NIEUWEGEIN                   | HDSR               | 95.865     | 0,6%    | 0,0%   | 0,0%             | 0,4%            | 9,6%           | 0,0%           |
| LAND VAN CUIJK (HAPS)        | Aa en Maas         | 91.000     | 0,5%    | 1,2%   | 0,3%             | 1,1%            | 0,0%           | 0,0%           |
| LEIDEN-NOORD                 | HH Rijnland        | 90.427     | 0,5%    | 0,6%   | 1,8%             | 0,0%            | 0,0%           | 0,0%           |
| DEVENTER                     | WODDelta           | 90.000     | 0,5%    | 0,0%   | 0,0%             | 0,2%            | 1,0%           | 0,0%           |
| AMSTELVEEN                   | Waternet           | 88.750     | 0,5%    | 0,2%   | 1,4%             | 0,0%            | 0,0%           | 0,0%           |

## BIJLAGE 11

## VERKLARENDE WOORDENLIJST

|                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|---------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Aggregeren                                                    | Gegevens samenvatten op een bepaald 'niveau' bijvoorbeeld per regio per drinkwaterbron, per land.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Concentratiebijdrage                                          | De bijdrage van een individuele RWZI aan de totaalconcentratie medicijnresten in een oppervlaktewater.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Criterium, broncriterium, objectcriterium                     | Een criterium is een beslissend kenmerk, toets. Een broncriterium is in deze studie de concentratiebijdrage van een RWZI aan een oppervlaktewater dat 'relevant' wordt geacht om mee te wegen in een score die de invloed berekend. Een objectcriterium is de concentratiegrens waaronder de in een oppervlaktewater of bij een drinkwaterbron aanwezige concentratie medicijnresten niet meer mee wordt geteld in de score omdat deze 'niet significant' is. Dat is het geval wanneer deze concentratiebijdrage onder de gemiddelde concentratiebijdrage van RWZI's in Nederland is. De concentratiebijdrage is dan niet 'relatief hoog en voldoet dan niet meer aan de definitie van 'hotspot'. |
| Doelstelling                                                  | Een doelstelling waarmee met behulp van maatlaten scenario's kunnen worden ontwikkeld. Bijvoorbeeld: het verminderen van de emissie van medicijnresten naar oppervlaktewater.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Emissie                                                       | Vracht van een puntbron, in deze studie de RWZI, uitgedrukt als gewicht per tijdseenheid. De totale emissie medicijnresten in het effluent per RWZI wordt uitgedrukt in kg/jaar.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Hotspot                                                       | Een RWZI die wat betreft medicijnresten de (drink)waterkwaliteit relatief sterk beïnvloedt.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Hotspotanalyse                                                | De identificatie van hotspots, en het nader duiden van de betekenis van de maatstaf aan de hand waarvan de hotspots zijn geïdentificeerd.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Kental                                                        | Met kental wordt in deze rapportage altijd bedoeld de eenheidsvracht die is gebruikt om de emissie van RWZI's af te leiden. Het kental is uitgedrukt in gram per persoon per jaar. Om de emissie van RWZI's te berekenen is dit kental vermenigvuldigd met het aantal aangesloten inwoners.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Maatlat                                                       | In KRW wordt de ecologische maatlat gedefinieerd als de schaalverdeling die de toestand van een water kwalificeert als zeer goed, goed, matig, ontoereikend of slecht. In deze hotspotanalyse wordt een maatlat gebruikt om een relatieve score voor beïnvloeding van de waterkwaliteit door een RWZI aan te geven. Aan deze score hangt geen kwalificatie.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Maatlat concentratiebijdrage bij lozingspunt                  | Bij de maatlat 'concentratiebijdrage lozingspunt' wordt de tabel bedoeld waarin de concentratie in het oppervlaktewater bij het lozingspunt van de RWZI die het gevolg is van de emissie vanuit die specifieke RWZI (dus zonder de bijdrage van stroomopwaarts gelegen RWZI's) of op de grensovergang.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Maatlat invloed / beïnvloeding benedenstroomse waterkwaliteit | Bij deze maatlat wordt met twee parameters de 'beïnvloeding' van de waterkwaliteit afgeleid door deze met elkaar te vermenigvuldigen. Dat is met (1) de concentratiebijdrage van de RWZI aan elk waterlichaam en (2) met de grootte van het de beïnvloede waterlichaam. Beïnvloeding van een tweemaal groter waterlichaam of een tweemaal grotere concentratie resulteren dus in een tweemaal hogere 'invloed'. Om de score te berekenen voor een RWZI wordt de invloed op een geselecteerde groep benedenstroomse waterlichamen opgeteld.                                                                                                                                                        |
| Maatlatten beïnvloeding drinkwaterbronnen                     | Voor elk waterlichaam waarvan het oppervlaktewater een drinkwaterbron beïnvloed, berekent het model de totaalconcentratie en de concentratiebijdrage van elke RWZI aan die totaalconcentratie. De maatlatten voor beïnvloeding van drinkwaterbronnen kwantificeert voor elke RWZI de totale invloed in µg/l aan elk onderscheiden type drinkwaterbron.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Maatstaf                                                      | Norm voor de beoordeling. In deze rapportage: criterium.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Medicijnresten                                                | Resten van de actieve stof van het geneesmiddel en de metabolieten daarvan in het milieu. In deze studie is geen rekening gehouden met metabolieten omdat deze niet zijn gemeten / aangetroffen in effluent (WATSON-database).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Scenario                                                      | Uitwerking van één of meerdere maatlatten aan de hand van concrete doelen: waar een maatlat alleen aangeeft hoe belangrijk RWZI's ten opzichte van elkaar zijn, wordt in een scenario bepaald hoe doelstellingen het best kunnen worden gehaald gezien de maatlatten.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Totaalconcentratie                                            | De totaalconcentratie medicijnresten in een oppervlaktewater, waarbij de invloeden van alle RWZI's zijn opgeteld.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Vracht                                                        | De hoeveelheid stof die in een bepaald milieucompartiment aanwezig is (gewicht). Voor de helderheid wordt voor vracht per tijdseenheid in dit rapport het ondubbelzinnige woord <i>emissie</i> gebruikt.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Waterkwaliteitsaspect                                         | Een aspect van de waterkwaliteit dat bepalend is voor het gebruik of de waarde van het water. Denk daarbij behalve aan natuur en drinkwater ook aan veedrenking, irrigatie en zwemwaterfunctie.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |

|                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Waterlichaam                                  | <p>Een in zekere mate coherent deel van het watersysteem. In deze studie moet dan meestal worden gedacht aan de waterlichamen zoals onderscheiden in het LKM-model, waarin beken en andere watersystemen slim zijn 'opgeknippt' in delen zodat voor en na aantakkingen van zijstromen concentraties en de verspreiding juist in beeld kunnen worden gebracht.</p> <p>Wanneer een KRW-waterlichaam wordt bedoeld wordt dit expliciet genoemd.</p> |
| Waterlichaamsegment<br>("modelnode", "bakje") | <p>Met een waterlichaamsegment wordt in deze studie bedoeld op de eenheden in het LKM-model. In het LKM-model zijn waterlichamen opgeknippt in stukjes om voor en na aftakkingen en aantakkingen debieten en concentraties goed te kunnen simuleren. In de modellenwereld wordt meestal gerefereerd naar 'bakjes' of 'modelnodes' voor deze eenheden.</p>                                                                                        |

---