

Rapport

Projectnummer: 6500978000

Referentienummer: Referentienummer

Datum: 17-05-2018

Interpretatie metingen influent en effluent RWZI's

Meetronde geneesmiddelen RWZI's en regionaal water provincie Utrecht 2017

Eindconcept



PROVINCIE ■■ UTRECHT

water **net**



waterschap
**vallei en
veluwe**



HOOGHEEMRAADSCHAP
**DE STICHTSE
RIJNLANDEN**

Verantwoording

Titel	Interpretatie metingen influenten en effluenten RWZI's
Subtitel	Meetronde provincie Utrecht 2017
Projectnummer	356608
Referentienummer	Referentienummer
Revisie	Revisie EC2
Datum	17-05-2018
Auteur(s)	Marc Vissers
E-mailadres	marc.vissers@sweco.nl
Gecontroleerd door	Lideke Vergouwen
Paraaf gecontroleerd	
Goedgekeurd door	Naam en Achternaam
Paraaf goedgekeurd	

SAMENVATTING

I. Doelstelling meetronde en deze rapportage

De Utrechtse waterschappen hebben samen met de provincie een meetronde uitgevoerd bij de RWZI's in de provincie Utrecht. Van elke RWZI zijn 24-uurs monsters van zowel het influent als van het effluent geanalyseerd op de aanwezigheid van geneesmiddelen.

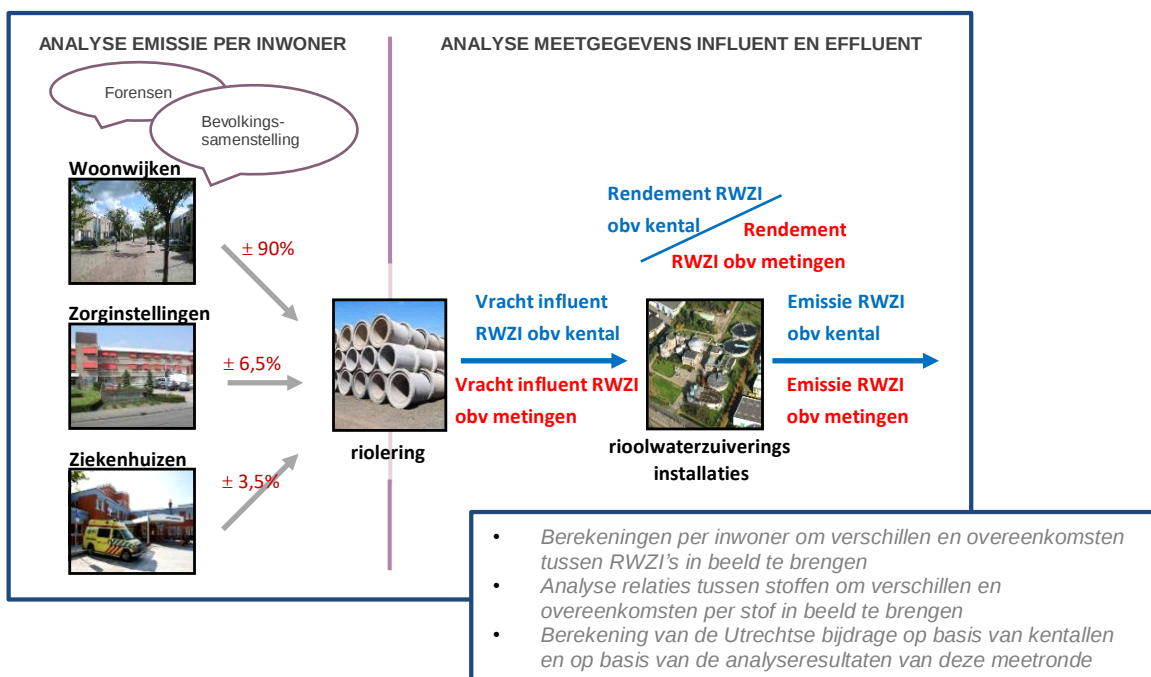
De doelstelling van de meetronde is om inzicht krijgen in onderlinge verschillen en overeenkomsten tussen installaties, met name in:

- Factoren die de emissie van geneesmiddelen naar RWZI's beïnvloeden (influentvracht);
- verwijderingsrendementen voor de gemeten geneesmiddelen;
- de emissie van RWZI's (effluentvracht).

De doelstelling van deze rapportage is naast het rapporteren en uitwerken van bovenstaande doelstelling ook om de bijdrage van de van provincie Utrecht aan de hoeveelheid medicijnresten in oppervlaktewater te kwantificeren.

II. Methode en resultaat

De manier waarop de metingen zijn beschouwd is in onderstaand schema gevisualiseerd. Metingen van influent, effluent en de daaruit berekende verwijderingsrendementen zijn voor elke RWZI en elke stof vergeleken met kentallen uit literatuur en uit WATSON-meetgegevens¹.



¹ De WATSON-database is een landelijke database waarin metingen van verontreinigende stoffen in RWZI-influent en in RWZI-effluent zijn verzameld

Gemiddeld blijkt de overeenkomst met bestaande WATSON-gegevens groot, echter met een forse spreiding om dat gemiddelde. Daarnaast blijkt een kleine groep stoffen consistent verhoogd in zowel influent als effluent, hetgeen verklaard wordt door een toename in gebruik van deze geneesmiddelen in recente jaren.

Door verdunning met rioolvreemd water kan de concentratie geneesmiddelen in sommige RWZI's laag zijn. Echter de vracht per inwoner blijft gelijk voor veelgebruikte medicijnen. De metingen van influent en effluent zijn daarom omgerekend naar vrachten per inwoner, die 1 op 1 zou moeten relateren aan het aantal gebruikers. Een deel van de spreiding in de gemeten concentraties blijkt daarmee inderdaad te worden verklaard. De spreiding in gemeten influentvracht per inwoner is echter nog altijd groot.

Daarom is in een apart hoofdstuk een aantal verklarende factoren voor de spreiding in influentvracht per inwoner nader onderzocht:

- Het effect van forensen, waardoor overdag gemeenten sterk in inwonertal kunnen verschillen;
- het effect van verschillen in leeftijdsopbouw van bewoners, omdat het geneesmiddelengebruik van ouderen fors hoger is;
- het effect van verschillende dichtheden van ziekenhuizen en zorginstellingen, dat in de gebiedsstudie geneesmiddelen is onderzocht;
- mogelijke effecten van afbraak in het rioolstelsel (dus voor het bereiken van de RWZI).

Deze factoren blijken te weinig invloed te kunnen hebben om de gevonden verschillen in influentvracht per inwoner te verklaren. Nader onderzoek naar de oorzaken van onderlinge verschillen en naar de variabiliteit van individuele RWZI's in de tijd is daarom aanbevolen.

Last but not least blijken zeer forse verschillen in verwijderingsrendement aanwezig, waardoor de uitgaande vracht bij een zelfde input maar liefst factor 3 kan verschillen. Dit is een zeer groot verschil dat nader onderzoek naar de oorzaak vereist: het verschil is immers nog groter dan het gemiddelde beoogde effect van een specifiek op verwijdering van medicijnresten gerichte aanvullende zuiveringsstap.

III. Bijdrage Utrecht aan verspreiding medicijnresten in het milieu

De afwenteling van medicijnresten van de provincie Utrecht is in beeld gebracht met behulp van de uitvoer van het model dat is ontwikkeld tijdens de Landelijke Hotspotanalyse (STOWA 2017-42). In dat model is op basis van kentallen en voor een gemiddelde hydrologische situatie in de zomer de medicijnrestenconcentratie in het oppervlaktewater berekend. Gezien de hoge bevolkingsdichtheid is het niet verwonderlijk dat concentraties binnen de provincie Utrecht toenemen langs zowel het Amsterdam-Rijnkanaal als in de Eem en op de overige uitwisselpunten van de Provincie.

Uit de metingen van elke RWZI is ook werkelijke emissie bekend. De te verwachten afwijking op de provinciale uitstroompunten kon daarom ook worden berekend. Deze laat zien dat sterke afwijkingen in de emissie voor individuele rwzi's op uitstroompunten 'uitmiddelen'. Vooral in wateren die door een enkele RWZI worden beïnvloed kunnen dus grote afwijkingen van de verwachte concentraties optreden.

Inhoudsopgave

1	Inleiding	7
1.1	Aanleiding en doelstelling	7
1.2	Kenmerken meetronde	7
1.3	Leeswijzer	8
2	Interpretatie analyses influent en effluent RWZI's provincie Utrecht.....	9
2.1	Inhoud van dit hoofdstuk.....	9
2.2	Resultaten	9
2.2.1	Plausibiliteit: vergelijking metingen met WATSON-gegevens op stofniveau	9
2.2.2	Bepalen totalen voor influent en effluent in µg/l (concentratie) en in gpppj (kental)	13
2.2.3	Bepaling verwijderingsrendement RWZI's	17
2.2.4	Bepalen verwijderingsfactor per stof en maken vergelijking met WATSON-gegevens	20
2.2.5	Bepalen relatie verwijdering individuele middelen met type zuivering.....	24
2.3	Beschouwing laboratoriumonzekerheid	26
2.4	Beeld variabiliteit op basis van correlatiematrices influent (gpppj) en gelognormaliseerde afbraakfactor	27
2.5	Conclusie meetronde RWZI's.....	29
3	Stoffenbalans medicijnresten provincie Utrecht.....	33
3.1	Inhoud van dit hoofdstuk.....	33
3.2	Resultaten	33
3.2.1	Lek.....	33
3.2.2	Utrecht Oost.....	34
3.2.3	Utrecht West	34
3.3	Massabalans op basis van metingen in effluent.....	36
4	Effect bevolkingsopbouw en forensen	39
4.1	Inhoud van dit hoofdstuk.....	39
4.2	Resultaat	39
4.2.1	Forensen.....	39
4.2.2	Leeftijdscorrectie	41
4.3	Correctie ziekenhuizen en zorginstellingen	42
5	Conclusies en aanbevelingen	45
5.1	Conclusies en aanbevelingen	45
5.2	Toekomstig onderzoek.....	46

1 Inleiding

1.1 Aanleiding en doelstelling

In september 2017 hebben de waterschappen in de provincie Utrecht samen met de provincie een meetronde uitgevoerd waarbij van alle RWZI's een 24-uursmonster van het influent en effluent is geanalyseerd op geneesmiddelen. Aanvullend zijn ook enkele regionale wateren bemonsterd en geanalyseerd.

Het doel van deze metingen was:

- 1) Om inzicht krijgen in onderlinge verschillen en overeenkomsten tussen installaties, met name in de emissie per inwoner (het zogenaamde 'kental');
- 2) om inzicht krijgen in verwijderingsrendementen voor de gemeten geneesmiddelen en in andere factoren die de emissie van geneesmiddelen beïnvloeden;
- 3) om de bijdrage te kwantificeren van de input van provincie Utrecht aan de hoeveelheid medicijnresten in oppervlaktewater
- 4) om de hierboven genoemde nieuwe informatie te vergelijken met recente studies, met name de Landelijke Hotspotanalyse (HSA).

Vooralsnog is in de landelijke hotspotanalyse voor alle RWZI's één vast kental gebruikt om de geneesmiddelenemissie te karakteriseren, namelijk 2 gram per inwoner per jaar (in effluent). De onderhavige meetronde moet ten eerste inzicht geven in de verschillen en overeenkomsten in de emissie van rwzi's voor zover dat kan worden beoordeeld op basis van één 24-uursmeting.

Gecombineerd met de metingen van influent kan ook een verwijderingsrendement worden bepaald en kan de influentvracht nader worden geduid. Zo kan de afhankelijkheid van de emissie (influentconcentratie) van de (1) aanwezigheid van ziekenhuizen en zorginstellingen, van (2) de leeftijdsopbouw van de aangesloten inwoners en (3) de effecten van forensen worden nagegaan en kan worden onderzocht met welke betrouwbaarheid de influentconcentraties kunnen worden voorspeld.

Een aanvullend onderdeel dat binnen deze studie is uitgewerkt is het genereren van inzicht in de provinciale massabalans van humane medicijnresten, ook in relatie tot de uitgevoerde metingen in oppervlaktewater, in relatie tot de gemeten 'werkelijke kentallen' op basis van de 24-uursmeting en in relatie tot de HSA.

1.2 Kenmerken meetronde

De meetronde is uitgevoerd in september 2017. De analyseresultaten van de meetronde zijn op 30-10-2017 geleverd en 7-12-2017 aangevuld met de analyseresultaten van de herbemonstering van Ede die door een calamiteit niet op representatieve wijze functioneerde. Op 16-1-2018 is, nadat door het laboratorium een fout in de aanlevering van de meetcijfers van onze studie had ontdekt, de definitieve dataset opgeleverd.

In aanvulling op de analyseresultaten zijn door de waterschappen dagdebieten (tbv het berekenen van de vracht) en enkele andere eigenschappen van de rwzi's die een rol kunnen spelen bij de interpretatie aangeleverd.

1.3 Leeswijzer

Gezien het sterk verschillende karakter van de drie onderdelen zijn deze in de drie navolgende hoofdstukken van dit rapport apart beantwoord. In hoofdstuk 5 volgen de conclusies en aanbevelingen waarin elk van deze onderdelen bondig worden geïntegreerd.

In de bijlagen is behalve een reeks grafieken van de afbraak per stof per rwzi ook het resultaat van een vergelijking van de metingen in regionale wateren met berekende somconcentraties opgenomen.

2 Interpretatie analyses influent en effluent RWZI's provincie Utrecht

2.1 Inhoud van dit hoofdstuk

Ten behoeve van de interpretatie van de metingen van influent en effluent zijn de volgende stappen uitgevoerd:

- Het vergelijken van metingen met WATSON-gegevens op stofniveau.
- Bepalen totaalconcentratie in influent en effluent in $\mu\text{g/l}$ en in gpppj (als kental).
- Bepaling verwijderingsrendementen gemiddeld en per RWZI.
- Bepaling verwijderingsrendementen per stof gemiddeld en per RWZI en vergelijking met WATSON-gegevens

Deze werkzaamheden worden gevolgd door een discussie waarin de volgende zaken nader zijn bekeken:

- De relatie tussen de verwijdering van individuele middelen met het type zuivering.
- Het effect van laboratoriumonzekerheden/laboratoriumnauwkeurigheid.

De belangrijkste resultaten van de interpretatie zijn vervolgens in een concluderende paragraaf samengevat.

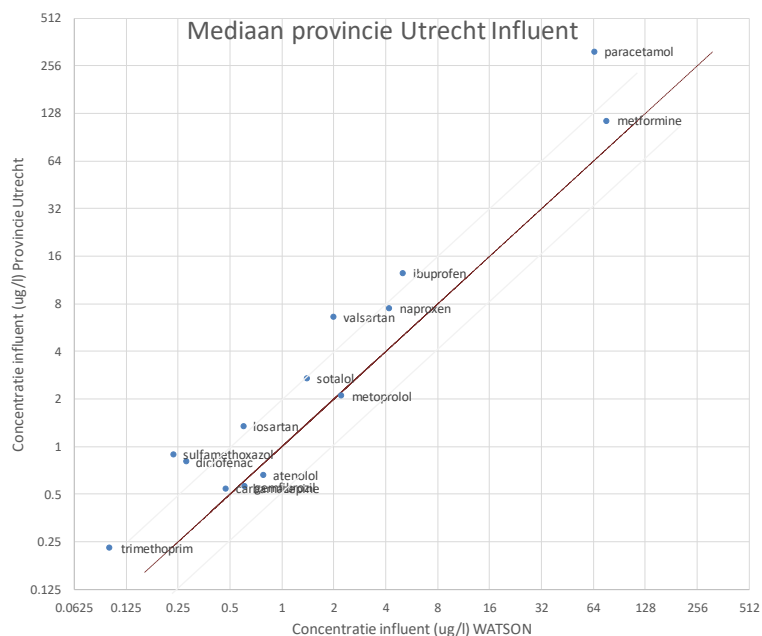
2.2 Resultaten

2.2.1 Plausibiliteit: vergelijking metingen met WATSON-gegevens op stofniveau

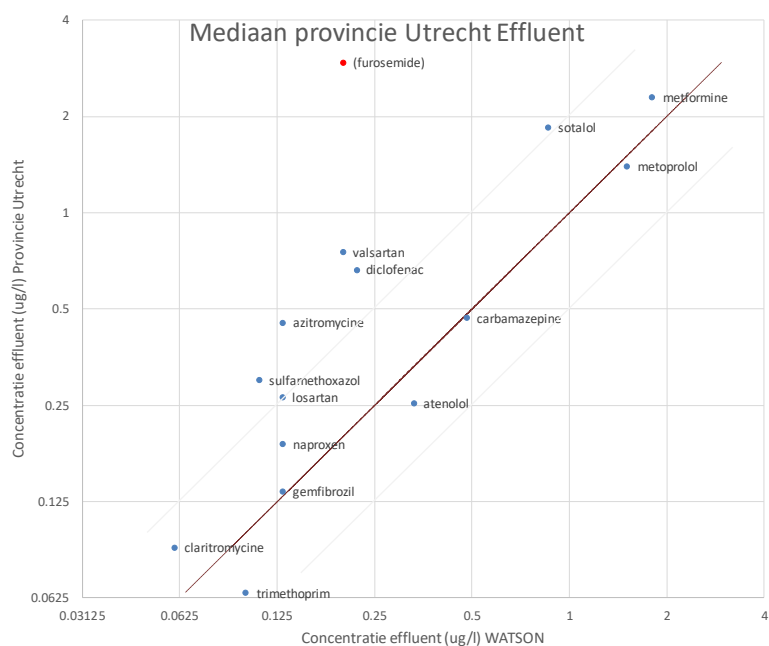
De WATSON-database is vooralsnog de beste referentie waaraan metingen van in- en effluenten kunnen worden getoetst op plausibiliteit. In Figuur 2-1 en Figuur 2-2 is de vergelijking van de mediane gemeten influent- en effluentconcentraties met de mediaan van de in de WATSON-database aanwezige metingen van stofconcentraties. De schaal en de lijnen in de grafiek zijn zo gekozen dat elke lijn een 'factor 2' verhoging of verlaging aangeeft.

De volgende zaken vallen op:

- Van veel stoffen wijkt de mediane concentratie ruim minder dan factor 2 af van de metingen in de WATSON-database.
- Azitromycine (factor 4 hoger dan in WATSON) en valsartan, sulfamethoxazol, sotalol, losartan en diclofenac (meer dan 2 keer hogere concentraties) worden zowel in influent als in effluent verhoogd aangetroffen in de uitgevoerde meetronde. Paracetamol en ibuprofen worden in ruim 2 maal hogere concentraties in influent aangetroffen en meestal niet in effluent. De gevonden concentraties van al deze stoffen blijken bij benadering gelijk aan de 90-percentielwaarden in WATSON.
- Furosemide in effluent is maar liefst 10 maal hoger dan de mediane concentratie in de WATSON-database. In de recente PACAS-studie (RWZI Papendrecht) is in influent een concentratie van $1,7 \pm 0,3 \mu\text{g/l}$ en in effluent van $0,9 \pm 0,25 \mu\text{g/l}$. Dit is dezelfde ordegrootte als de in Utrecht gemeten gemiddelde in- en effluentconcentraties van respectievelijk $3,9 \pm 1,3$ en $2,7 \pm 1,2 \mu\text{g/l}$. De mediaan afgeleid uit WATSON is gebaseerd op slechts 7 metingen en is waarschijnlijk onjuist. De stof is daarom niet verder vergeleken met WATSON-gegevens.



Figuur 2-1 Vergelijking mediane concentratie individuele geneesmiddelen in WATSON met de mediane concentraties gemeten in de onderhavige meetronde: INFLUENT in µg/l.



Figuur 2-2 Vergelijking mediane concentratie individuele geneesmiddelen in WATSON met de mediane concentraties gemeten in de onderhavige meetronde: EFFLUENT in µg/l. In rood furosemide (onbetrouwbare meting in WATSON).

- De zeer hoge concentraties Metformine en Paracetamol in influent worden grotendeels (>99%) afgebroken. Van paracetamol zijn geen metingen in effluent aanwezig in de WATSON-database.

Er is voor deze eerste vergelijking gebruik gemaakt van mediane concentraties zodat uitschieters, bijvoorbeeld veroorzaakt door lokale input van diergeneesmiddelen of door specifieke input uit ziekenhuizen het beeld niet verstoren. Stoffen die in deze meetronde overwegend beneden detectielimiet worden aangetroffen hebben als mediaan ook 'detectielimiet' en zijn diensgevolge niet in de grafieken weergegeven.

Uit de grafieken blijkt dat voor meerdere stoffen hogere mediane concentraties worden aangetroffen dan verwacht op basis van de WATSON-database. Wanneer verhoogd aangetoond in zowel influent als in effluent is een toename van het gebruik een eerste mogelijke en waarschijnlijke verklaring. Ten tweede kan een consistente laboratoriumafwijking dit patroon verklaren. Dit is niet de meest voor de hand liggende verklaring gezien de laboratoriumprocedures die worden gevolgd er kleinere afwijkingen worden verwacht.

Een derde mogelijke verklaring is dat de metingen in de WATSON-database niet representatief zijn. Voor Azitromycine, paracetamol, losartan en furosemide is dit waarschijnlijk een belangrijke oorzaak gezien het grote aantal detectielimieten en/of het geringe aantal metingen in de WATSON-database (zie Tabel 2-1 en

Tabel 2-2). Waarschijnlijk zijn de in Utrecht uitgevoerde metingen representatiever dan de WATSON-gegevens. Voor valsartan en atenolol is een twintigtal metingen in zowel deze meetronde als in de WATSON-database aanwezig en is niet meteen te zeggen welke meting 'juister' is.

Tabel 2-1 *Karakteristieken WATSON-gegevens voor gemeten stoffen in influent (minimum, mediaan, gemiddelde, 90 percentiel, maximum, aantal metingen boven de rapportagegrens en totaal aantal uitgevoerde metingen) in µg/l*

STOFNAAM	MIN	MED	GEM	PERC90	MAX	AANTAL > RG	AANTAL
azitromycine	-	-	0,05	0,26	0,4	6	39
valsartan	0,69	2,00	2,32	3,66	5,3	19	19
sulfamethoxazol	-	0,24	0,32	0,87	1,3	46	62
diclofenac	-	0,28	0,31	0,63	1,0	74	86
sotalol	-	1,40	1,52	2,66	4,6	71	73
losartan	0,32	0,60	0,62	0,83	1,0	13	13
paracetamol	52	65,00	62,33	69,00	70,0	3	3
metformine	-	76,40	169,60	508,90	1151,0	42	46
ibuprofen	-	5,00	5,86	8,30	50,0	65	66
naproxen	-	4,20	4,42	8,60	11,0	65	66
metoprolol	0,59	2,20	2,45	4,20	6,1	94	94
atenolol	0,24	0,78	0,82	1,20	2,0	22	22
carbamazepine	0,11	0,47	0,54	0,83	2,2	75	75
gemfibrozil	-	0,61	0,67	1,30	1,7	62	66

Tabel 2-2 Karakteristieken WATSON-gegevens voor gemeten stoffen in effluent in µg/l

STOFNAAM	MIN	MED	GEM	PERC90	MAX	AANTAL > RG	TOTAAL
azitromycine	-	0,13	0,13	0,35	0,5	42	62
valsartan	-	0,20	0,35	0,78	3,6	32	53
sulfamethoxazol	-	0,11	0,14	0,30	1,1	112	142
diclofenac	-	0,22	0,25	0,46	1,1	163	170
sotalol	0,04	0,86	1,00	2,36	4,5	135	135
losartan	0,05	0,13	0,14	0,17	0,6	13	13
paracetamol	-	-	0,04	0,20	0,2	2	9
metformine	-	1,8	6,00	8,10	102,7	48	51
ibuprofen	-	0,03	0,09	0,23	1,2	52	90
naproxen	-	0,13	0,25	0,53	2,2	81	97
metoprolol	0,08	1,50	2,00	2,70	4,1	165	165
atenolol	0,02	0,33	0,41	0,64	1,5	29	29
carbamazepine	0,04	0,48	0,60	1,20	2,0	156	156
gemfibrozil	-	0,13	0,27	0,74	1,8	80	97
furosemide	0,15	0,20	0,38	0,71	1,2	7	7

Van de in Utrecht in relatief hoge concentraties aangetroffen stoffen zijn diclofenac en sotalol vaak gemeten en van deze stoffen mag worden verondersteld dat getallen in de WATSON-database representatief zijn. Variaties in de tijd (bijvoorbeeld als gevolg van een griep epidemie) kunnen voor diclofenac een verklaring vormen voor de relatief hoge concentratie maar dat lukt niet voor chronisch gebruikte middelen als sotalol. Een toename in het gebruik kan daar een verklaring vormen.

Röntgencontrastmiddelen

Röntgencontrastmiddelen komen niet in de grafieken voor omdat ze sporadisch worden aangetroffen, waardoor de mediaan onder detectielimiet is. Jomeprol, een röntgencontrastmiddel is op 4 plekken in relatief hoge concentratie aangetroffen. De stof is aangetroffen in RWZI's Ede (0,21 µg/l), Utrecht (8,8 µg/l), Zeist, (21 µg/l) en Loenen (7,1 µg/l). Amidotroïnezuur is aangetroffen in Bunnik, De Bilt, Utrecht en Maarssen. Hierbij moet worden bedacht dat in een kleine RWZI als Loenen (7500 inwoners) één dosis contrastmiddel van 3 – 10 gram actieve stof al voor een effluentconcentratie van 2-7 µg/l kan zorgen (!) uitgesmeerd over een dagdebiet. Op meerdere van deze rwzi's zijn ziekenhuizen aangesloten, echter bijvoorbeeld in Amersfoort wel een ziekenhuis maar is geen röntgencontrastmiddel aangetroffen en in Loenen vice versa.

In deze rapportage zijn röntgencontrastmiddelen niet verder beschouwd, ook omdat kentallen uit de WATSON-database dezelfde grote variabiliteit laten zien.

2.2.2 Bepalen totalen voor influent en effluent in µg/l (concentratie) en in gpppj (kental)

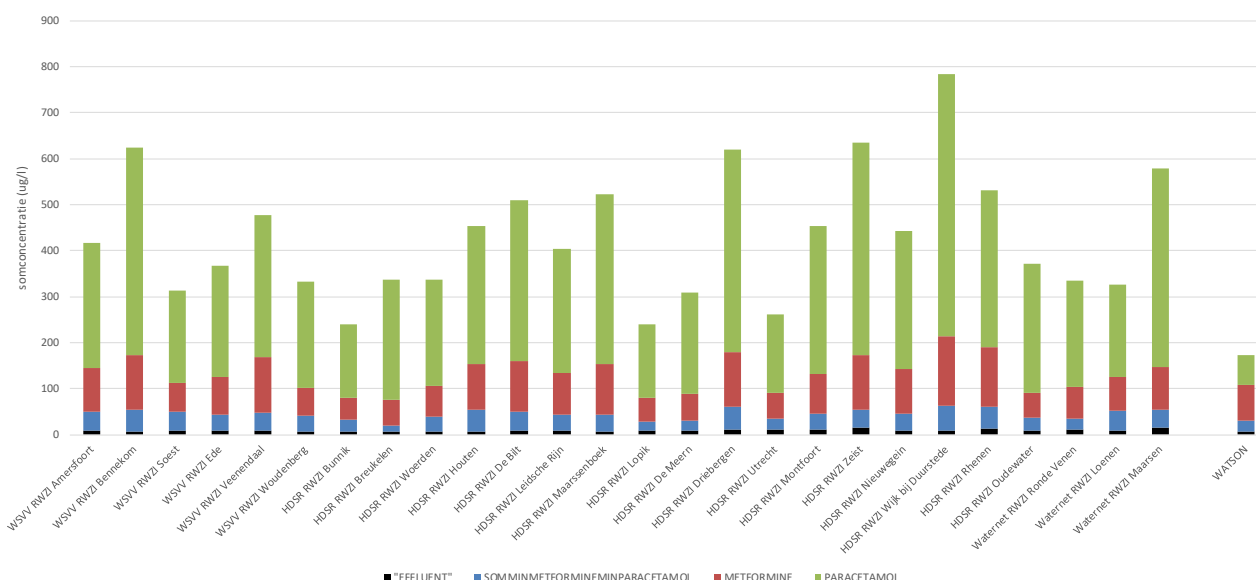
Totaalconcentratie in- en effluent

Geneesmiddelenemissies worden behalve op stofniveau vaak beschreven in termen van 'totale concentratie', 'totale vracht' per jaar of als emissiefactor in gram per persoon per jaar. Daarom zijn de opgetelde in- en effluentconcentraties in Utrecht vergeleken met de

opgetelde concentraties van dezelfde groep (de overeenkomende) stoffen in de WATSON-database, zowel in influent als in effluent.

Er blijkt dat verreweg het grootste deel van de geneesmiddelenvracht in influent door rwzi's wordt verwijderd. Dit komt doordat de twee geneesmiddelen die ruim 90% van de vracht veroorzaken bijna volledig worden verwijderd door rwzi's. Paracetamol wordt 100% verwijderd uit influent (althans tot onder de detectiegrens), behalve in Bunnik, Lopik, Zeist en Nieuwegein (rendement 99,9%). Metformine wordt voor 95-99% verwijderd. In Figuur 2-3 zijn deze twee stoffen in groen en rood weergegeven. Deze twee stoffen zorgen voor het grote verschil in de schaal tussen de grafieken in Figuur 2-1 en Figuur 2-2.

Van paracetamol zijn in de WATSON-database slechts 9 metingen bij RWZI Stadskanaal beschikbaar waarvan slechts 2 boven de detectielimiet. Deze stof is om die reden in de Landelijke Hotspotanalyse niet in het kental voor effluent opgenomen. Metformine is wel dat kental opgenomen met daarbij de opmerking dat de concentratie variabel is en dat de stof ecotoxicologisch minder relevant wordt geacht.



Figuur 2-3 Influent-concentratie metformine (rood), paracetamol (groen) en de som overige stoffen in influent (blauw). Onderaan in zwart is de somconcentratie in effluent weergegeven (alle stoffen).

Op basis van de analyseresultaten kan worden gesteld dat met deze meetronde hoogstwaarschijnlijk de eerste representatieve meting van Paracetamol in influent en effluent is verkregen. Paracetamol blijkt in nog hogere concentraties aanwezig in influent dan metformine. De mediane influentconcentratie paracetamol is 315 µg/l. In WATSON was slechts een onbetrouwbare schatting op basis van twee metingen van 65 µg/l beschikbaar. Metformine is met een mediane concentratie van 115 µg/l aangetroffen (mediaan WATSON:

76 µg/l). In effluent is paracetamol meestal verwijderd tot onder detectielimiet (0,01 µg/l), metformine tot 2,3 µg/l (mediaan in WATSON: 1,8 µg/l).

Totaalconcentratie overeenstemmend deel stoffenpakket in- en exclusief metformine vergeleken met WATSON

De mediane totaalconcentratie in influent is in Utrecht 471 inclusief en 41 µg/l exclusief paracetamol en metformine. Voor het overeenkomstige deel van het analysepakket (met WATSON) tellen drie stoffen niet mee: paracetamol (315 µg/l), acetylsulfamethoxazole (1 mg/l) en furosemide (3,5 µg/l). In **Tabel 2-3** zijn verschillende optelsommen gemaakt waarin de totale concentratie medicijnresten in influent en effluent op verschillende manieren is berekend en vergeleken met de WATSON-getallen.

De belangrijkste vergelijking staat in de laatste 2 kolommen en laat zien wat voor de overeenkomstige stoffen de mediane totaalconcentratie in effluent is: 8,6 µg/l inclusief en 6,3 µg/l exclusief metformine. Volgens WATSON zou dit 6 respectievelijk 4,2 µg/l zijn, beduidend lager zoals al was opgemerkt bij **Tabel 2-1** en

Tabel 2-2.

In paragrafen 2.2.3 en 2.2.4 wordt uitgebreid ingegaan op de verwijderingsrendementen. Op basis van Tabel 2-3 is al zichtbaar dat afhankelijk van het stoffenpakket het verwijderingsrendement 94-97% kan zijn en exclusief paracetamol en metformine kan een rendement van 74-82% worden berekend.

Tabel 2-3 *Vergelijking totalen (mediaan) in µg/l van deze meetronde versus de WATSON-gegevens voor gemeten stoffen in effluent en effluent*

	TOTAAL	TOTAAL minus paracetamol en metformine	TOTAAL overeenkomstig	TOTAAL overeenkomstig minus metformine
MEDIAAN INFLUENT	471.1	41.1	151.4	36.4
MEDIAAN EFFLUENT	12.4	9.8	8.6	6.3
WATSON MEDIAAN INFLUENT*			94.3	17.9
WATSON MEDIAAN EFFLUENT*			6.0	4.2

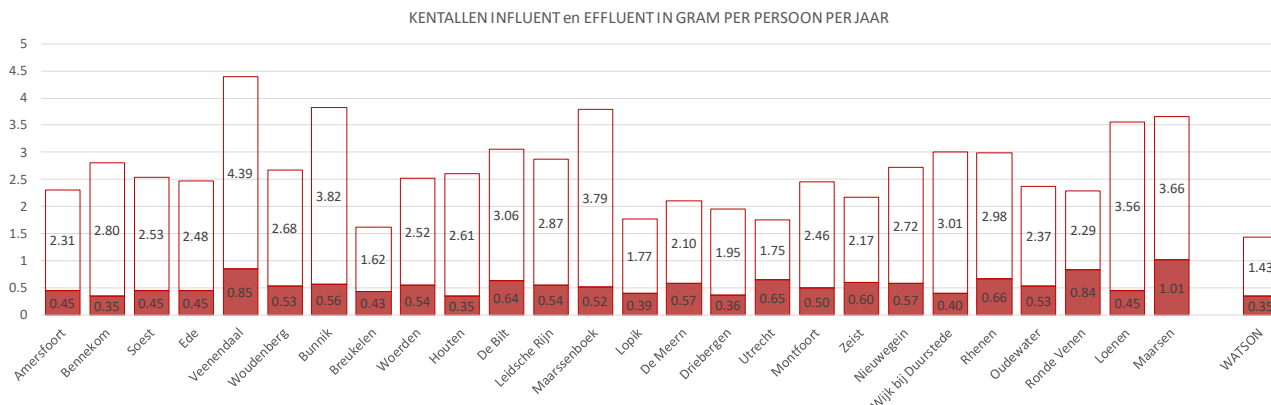
* voor de overeenkomstige stoffen en inclusief ibuprofen

De somconcentratie in effluent (8,6 µg/l) is fors lager dan de gemiddelde totaalconcentratie in de WATSON-database van 17 µg/l doordat vijf stoffen uit de WATSON-top-10 (gabapentine, irbesartan, anhydro-erythromycine, hydrochloorthiazide en fexofenadine, samen verantwoordelijk voor 6 µg/l in het HSA-kental) niet in het onderhavige meetpakket waren opgenomen.

Vracht geneesmiddelen in in- en effluent voor individuele rwzi's uitgedrukt in gpppi

In Figuur 2-4 zijn van de bemonsterde rwzi's voor in- en effluent exclusief paracetamol en metformine de gemeten vrachten vergeleken met WATSON, helemaal rechts in de figuur. De emissie per persoon per jaar is berekend door concentraties te vermenigvuldigen met het dagdebiet (voor de berekening van een vracht per dag), door deze dagvracht te delen door het aantal aangesloten inwoners en vermenigvuldigd met 365 om zo de vracht in gram per persoon per jaar te berekenen voor influent en effluent.

Door kentallen te berekenen worden verschillen tussen RWZI's kleiner omdat bij concentraties de verschillen in verdunning met rioolvreemd water doorwerken (het aantal liters per inwoner per dag). Het beeld van de kentallen is daardoor weliswaar consistentier dan het beeld in Figuur 2-3, maar wel met weer enkele afwijkende RWZI's als Veenendaal, Bunnik, Breukelen en Lopik.



Figuur 2-4 Kentallen berekend voor influent (wit) en effluent (rood) Watson en meetronde Utrecht, exclusief metformine

Uit de berekende kentallen moet worden geconcludeerd dat nog altijd forse verschillen tussen RWZI's bestaan. De mediaanwaarden zijn ongeveer 50% hoger dan die herleid uit de WATSON-database (voor het overeenkomstige stoffenpakket). Dit komt door de hogere input van een groep geneesmiddelen.

De waarden kunnen incidenteel factor 2 naar boven en naar beneden afwijken voor zowel influent als effluent. Veenendaal, Bunnik en Maarssenbroek hebben tot 50% verhoogde concentraties in het influent, Loenen, Maarssen en De Bilt ongeveer 25% verhoogde concentraties ten opzichte van het gemiddelde. Breukelen, Lopik en Driebergen hebben tot 50% lagere concentraties in influent, De Meern, Utrecht en De Ronde Venen liggen ongeveer 25% onder het gemiddelde. In hoofdstuk 4 zijn enkele mogelijke verklarende factoren nader onderzocht.

2.2.3 Bepaling verwijderingsrendement RWZI's

Een berekening van verwijderingsrendementen kan op verschillende manieren worden uitgevoerd. De methode die wordt gebruikt bepaalt welk resultaat wordt berekend en hoe dit resultaat geïnterpreteerd kan worden. In onderstaand tekstkader staan de in deze studie toegepaste methoden beschreven.

Tekstkader berekening verwijderingsrendement

Metformine, Paracetamol en röntgencontrastmiddelen worden niet meegenomen in de berekening

De in RWZI-influent zeer hoge concentraties Metformine en Paracetamol worden grotendeels afgebroken. Deze beide stoffen (gemiddeld 113 resp. 342 µg/l) maken driekwart van de totale influentvracht op (de overige medicijnresten zijn in totaal 40 µg/l). Besloten is daarom deze twee stoffen niet mee te rekenen bij het berekenen van het totale verwijderingsrendement van RWZI's, omdat zij het beeld sterk vertekenen (het berekend totaalrendement wordt 97,6% in plaats van 71%).

Röntgencontrastmiddelen zijn in lijn met de HSA niet meegerekend. Wanneer deze stofgroep mee zou worden genomen gaat een kleine groep RWZI's zeer sterk afwijken van de overige RWZI's in termen van rendement en vracht.

Berekeningsmethode verwijderingsrendement voor een groep stoffen

Er zijn geen protocollen voor de berekening van het verwijderingsrendement voor een groep stoffen. Het verwijderingsrendement kan in principe op twee manieren worden berekend:

- Als percentage van de totale hoeveelheid stoffen in influent die zijn verwijderd
- Als het gemiddelde van de verwijderingsrendementen (%) van elk middel

Verwijdering als percentage van de totale hoeveelheid

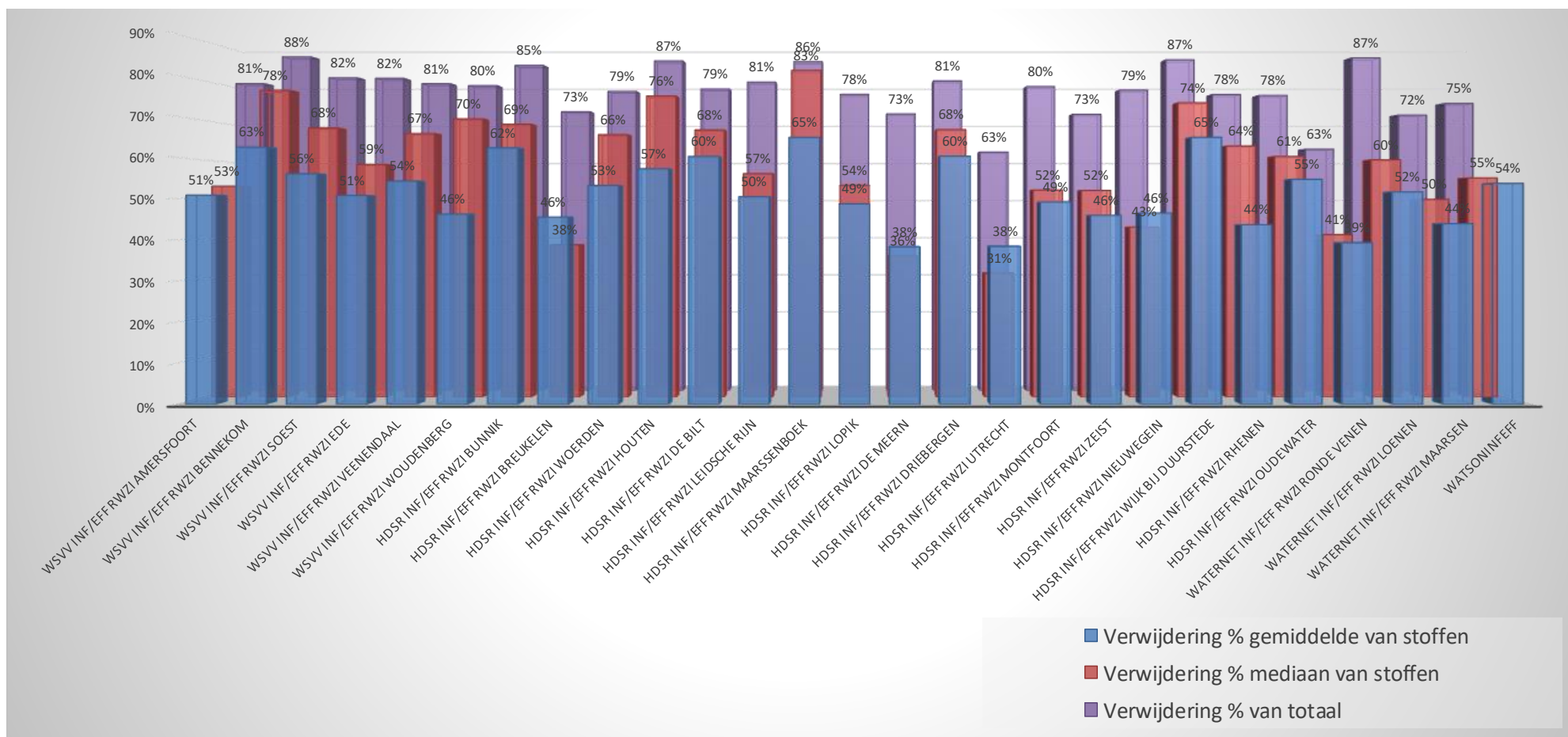
Uitgaande van een berekening van het rendement van het totale gehalte bepalen vooral de stoffen die in hoge concentraties in influent voorkomen het uiteindelijke rendement. Stoffen die in zeer lage concentraties worden aangetroffen (geneesmiddelen die voor 'zeldzame' kwalen worden gebruikt) tellen dan nauwelijks mee in het totale verwijderingsrendement. Bij een rendement van 71% wordt 71% van de totale vracht geneesmiddelen verwijderd.

Verwijdering als gemiddelde of de mediaan van het rendement van alle stoffen

Bij een berekening van het rendement als 'het gemiddelde of de mediaan van de rendementen voor elke stof' wordt een rendement van ongeveer 50% berekend. Dit wordt veroorzaakt doordat de verdeling van de rendementen scheef is.

Er is gekozen verwijderingsrendementen op beide manieren te berekenen, waarbij metformine en paracetamol niet zijn meegerekend.

De resultaten van de verwijderingsberekeningen zijn gepresenteerd in Figuur 2-5. Uit de figuur blijkt dat het verwijderingsrendement iets hoger is dan het rendement berekend met de WATSON-database (rechts in de figuur). Het totaalrendement (berekend op basis van somconcentraties) is 80%. Dat hoge rendement ten opzichte van het rendement dat in de landelijke hotspotanalyse is gehanteerd (66%) is te verklaren doordat een aantal matig of nauwelijks afbreekbare stoffen (Gabapentine 50%, Irbesartan 0%, Anhydro-erythromycine 0%, Hydrochloorthiazide 50%) niet zijn gemeten in de meetronde Utrecht. Deze stoffen vertegenwoordigen een groot deel van de vracht en zouden het rendement dus omlaag hebben gehaald.



Figuur 2-5 Verwijderingsrendementen per RWZI (gemiddelde en mediaan van de rendementen van individuele stoffen) en verwijderingsrendement van de totale concentratie in vergelijking met de rendementen berekend voor het overeenkomstige pakket in WATSON.

In Figuur 2-5 is goed te zien dat het totaalrendement een ogenschijnlijk redelijk stabiel beeld geeft en 80% (73-88%) verwijdering laat zien. Het relatief hoge rendement dat wordt berekend ten opzichte van algemene kentallen voor verwijdering waarin meestal 65% verwijdering wordt aangehouden) wordt verklaard door Ibuprofen, Valsartan en Naproxen die ruim de helft van de vracht vertegenwoordigen en meer dan 95% verwijderd worden.

De mediaan van de verwijderingsrendementen van individuele stoffen is lager en meer variabel, rond de 55%. De verschillen tussen RWZI's worden vooral veroorzaakt doordat de wat moeilijker afbreekbare stoffen grote variatie in verwijdering vertonen: sulfamethoxazol, gemfibrozil, losartan en metoprolol. Specifieke RWZI's blijken een lager rendement te hebben, te weten Breukelen, Lopik, De Meern, Utrecht, de Ronde Venen en Maarssen. Er lijkt dan over de hele linie stoffen een lager verwijderingsrendement aanwezig.

2.2.4 Bepalen verwijderingsfactor per stof en maken vergelijking met WATSON-gegevens

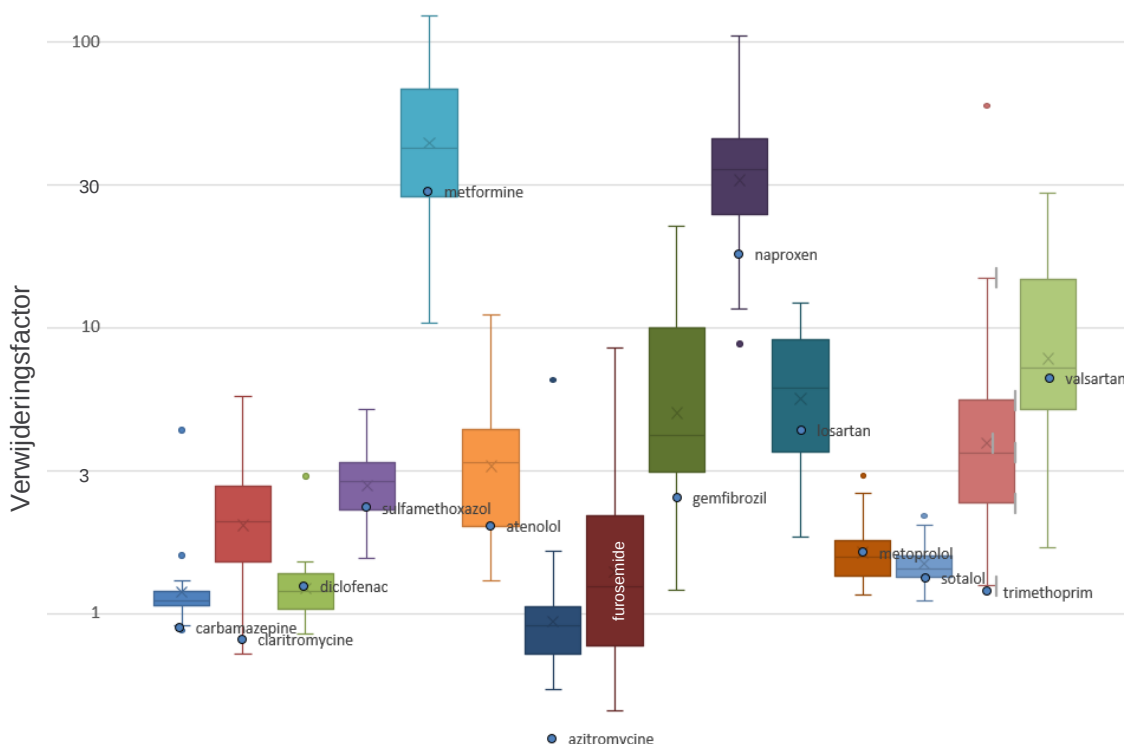
In Figuur 2-6 is de verwijderingsfactor van individuele stoffen gepresenteerd in een box-whiskerplot op logaritmische schaal. In de plot zijn ook de gemiddelde WATSON-verwijderingsfactoren geplot als de met stofnamen gelabelde punten.

Een verwijdering van 74% (26% blijft over) is in feite twee keer lager dan een verwijdering van 87% (13% blijft over). Met andere woorden een rendement van 87 in plaats van 74% betekent een halvering van de emissie (!). Dit geldt ook voor een verschil in verwijdering van 96% en 98%: voor een stof als metformine is dit een groot verschil in de effluentvracht.

Om verschillen in de verwijdering juist in beeld te brengen presenteren wij die middels de 'verwijderingsfactor', die wordt berekend door de totaalvracht door de restvracht te delen. Door deze verwijderingsfactor te lognormaliseren ontstaat een lineaire schaal: het verschil tussen 10% en 20% verwijdering (factor 10 en factor 5 verwijdering) is dan net zo groot als het verschil tussen 2 en 4% (factor 50 en 25). Dit maakt het mogelijk de samenhang in verwijdering tussen stoffen en tussen rwzi's in beeld te brengen.

Bijna al de verwijderingsfactoren berekend in WATSON vallen binnen de normale marges van de provincie Utrecht, echter wel opvallend vaak iets onder het gemiddelde, rond de 25 percentielwaarde (onderaan de 'box' in de figuur). In de Utrechtse RWZI's is de verwijdering dus relatief goed voor alle vergeleken stoffen behalve diclofenac en metoprolol. In de figuur is verder goed te zien dat sommige stoffen een grote range verwijderingsfactoren hebben, tot wel factor 3 verschil in de 25-75-percentielrange (bijvoorbeeld Gemfibrozil). Andere stoffen vertonen een nauwe range die aangeeft dat weinig verschillen bestaan in de rendementen tussen verschillende rwzi's, bijvoorbeeld carbamazepine en sotalol.

In de grafiek zijn nog diverse uitschieters aanwezig, zichtbaar als puntjes boven en onder de 'box and whiskers'. Azitromycine en furosemide hebben een forse spreiding die omdat de stoffen nauwelijks afbreken ertoe leidt dat vaak negatieve afbraak (hogere concentraties in effluent) wordt berekend op basis van de metingen. Ook andere stoffen hebben een grote spreiding. Van die stoffen is minder zeker dat analysefouten een waarschijnlijke oorzaak zijn.



Figuur 2-6 Box-whiskerplot verwijderingsfactor van individuele geneesmiddelen op logaritmische schaal. De 'box' geeft het gebied van de 25 percentielwaarde tot de 75 percentielwaarde aan, de 'whisker' geeft de 'variabiliteit buiten de box' weer, daarbuiten kunnen nog uitschieters liggen (weergegeven als losse punten). Losse punten met datalabels zijn WATSON-gemiddelden.

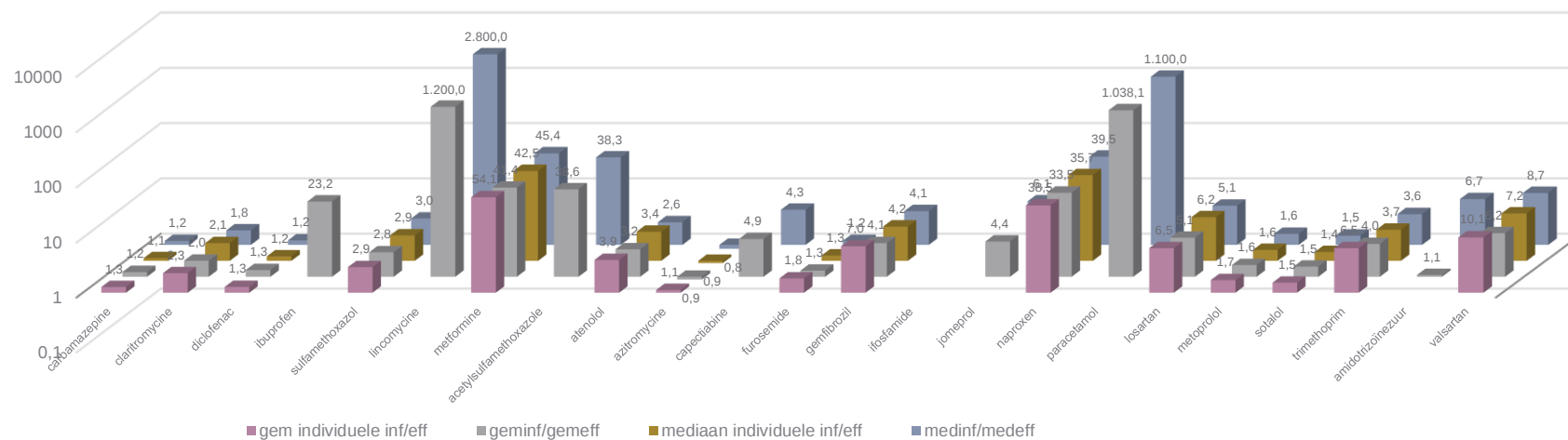
In Tabel 2-4 zijn verwijderingsfactoren en verwijderingsrendementen van stoffen weergegeven op basis van gemiddelde en mediaan gemeten concentraties en is op stofniveau een vergelijking met de WATSON-gegevens gemaakt. Opvallend is dat het resultaat voor alle stoffen redelijk vergelijkbaar is. Trimethoprim wijkt als enige stof sterk af tussen beide gegevensbronnen. Trimethoprim is in WATSON 88 van de 118 metingen boven detectielimiet aangetroffen, in influent in 35 van de 55 analyses. Op basis van individuele RWZI's in de WATSON-database is een uiterst variabel verwijderingsrendement van mediaan 27% gevonden. In Utrecht blijkt dat ongeveer driekwart van de vracht wordt verwijderd. Ingeschat wordt dat de metingen in WATSON minder betrouwbaar zijn.

In Figuur 2-7 is voor alle gemeten stoffen de verwijderingsfactor weergegeven op logschaal, op 4 manieren berekend. Het beeld dat daaruit naar voren komt is robuust: het maakt niet veel uit op welke manier de berekening voor individuele stoffen is uitgevoerd. Dat komt doordat de statistieken zijn berekend met een populatie van 26 RWZI's die onderling meestal geringe spreiding vertonen (factor 2). Ibuprofen, naproxen en valsartan worden (net als paracetamol en metformine) verwijderd, respectievelijk 99,5, 97% en 83% en vertegenwoordigen ruim 2/3e deel van de vracht.

Tabel 2-4 Tabel vergelijking verwijderingsrendementen, influent- en effluentconcentraties Utrecht met WATSON

	Meetronde RWZI's Utrecht								WATSON-database							
	Gem. Influent	Gem. Effluent	Verw.-factor	VR%	Mediaan Influent	Mediaan Effluent	Verw.-factor	VR%	Gem. Influent	Gem. Effluent	Verw.-factor	VR%	Mediaan Influent	Mediaan Effluent	Verw.-factor	VR%
carbamazepine	0.65	0.53	1.22	18%	0.56	0.48	1.18	15%	0.53	0.60	0.89	0%	0.47	0.48	0.98	0%
claritromycine	0.19	0.10	1.96	49%	0.17	0.09	1.83	45%	0.09	0.11	0.80	0%		0.06		
diclofenac	0.78	0.59	1.32	25%	0.70	0.58	1.21	17%	0.31	0.25	1.24	19%	0.28	0.22	1.27	21%
ibuprofen	11.60	0.50	23.20	96%	12.00				5.86	0.09	64.02	98%	5.00	0.03	153.89	99%
sulfamethoxazol	0.79	0.28	2.78	64%	0.78	0.26	3.00	67%	0.32	0.14	2.33	57%	0.24	0.11	2.14	53%
Atenolol	0.77	0.24	3.16	68%	0.68	0.27	2.57	61%	0.81	0.41	2.00	50%	0.78	0.33	2.36	58%
azitromycine	0.48	0.54	0.89	0%	0.45	0.53	0.85	0%	0.05	0.13	0.36	0%		0.13		
gemfibrozil	0.52	0.13	4.10	76%	0.47	0.12	4.09	76%	0.67	0.27	2.52	60%	0.61	0.13	4.65	79%
naproxen	7.35	0.22	33.52	97%	7.50	0.19	39.47	97%	4.42	0.25	17.94	94%	4.20	0.13	32.31	97%
Losartan	1.15	0.22	5.14	81%	1.10	0.22	5.12	80%	0.62	0.14	4.33	77%	0.60	0.13	4.62	78%
metoprolol	1.91	1.17	1.64	39%	1.90	1.20	1.58	37%	2.46	1.52	1.62	38%	2.20	1.50	1.47	32%
Sotalol	2.69	1.76	1.53	35%	2.50	1.70	1.47	32%	1.52	1.15	1.32	24%	1.40	0.86	1.63	39%
trimethoprim	0.36	0.09	3.97	75%	0.27	0.08	3.60	72%	0.14	0.12	1.18	16%	0.10	0.10	1.01	0%
valsartan	6.91	1.11	6.20	84%	6.75	0.78	8.71	89%	2.32	0.35	6.63	85%	2.00	0.20	10.00	90%
Som	36.15	7.49		79%	35.83	6.47		82%	20.12	5.52		73%	17.87	4.41		75%
Gemiddeld indiv.				58%				53%				44%				54%
Mediaan indiv.			2.97	66%			2.57	61%			1.81	44%			2.25	56%

* Exclusief capectiabine, lincomycine, furosemide en acetylsulfamethoxazole (niet in WATSON), jomeprol en amidotrizoïnezuur (rontgencontrastmiddelen) en metformine en paracetamol (vertekenen beeld)



Figuur 2-7 Staafdiagram verwijderingsfactoren van alle gemeten stoffen in de onderhavige meetronde waarvoor een berekening kon worden gemaakt door berekening met 4 methoden: op basis van de gemiddelde en mediane totaalconcentraties van de RWZI's, en berekend op basis van gemiddelden en medianen van in- en effluenten van individuele stoffen. De verwijderingsfactoren lopen weinig uiteen.

2.2.5 Bepalen relatie verwijdering individuele middelen met type zuivering

Het verband van verwijderingsrendementen met de kenmerken van de zuivering is in een korte analyse verkend.

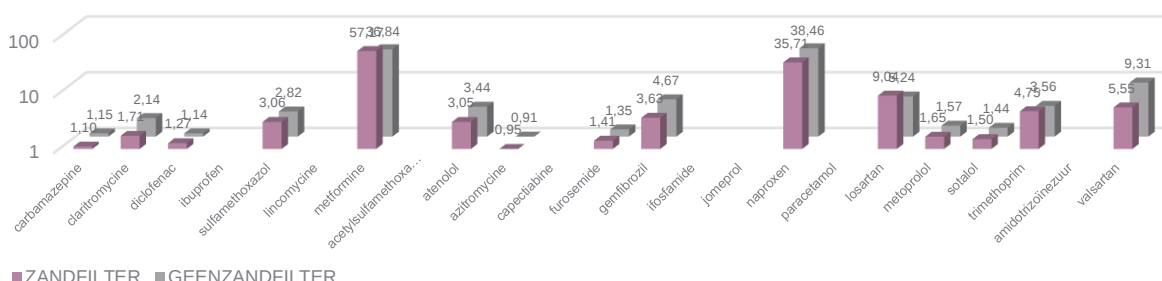
Dosering IJzer en Aluminium

Er kan geen verband met chemicaliëndosering worden gevonden: de rwzi's die beter of slechter in staat zijn medicijnresten te verwijderen lijken willekeurig over de groepen met en zonder dosering van chemicaliën verdeeld. De mediane verwijdering per stof is zelfs het hoogst in RWZI's zonder dosering (67%), tegen 62% en 57% voor RWZI's met ijzer resp. aluminiumdosering.

Aanwezigheid van een zandfilter

De aanwezigheid van een zandfilter heeft waarschijnlijk weinig invloed op het verwijderingsrendement. De mediane verwijdering per stof is 65% om 67%, een verschil dat niet relevant is.

In Figuur 2-8 zijn verwijderingsfactoren in staafdiagrammen weergegeven voor de situatie met en zonder zandfilter. Op stofniveau is een verschil te zien voor valsartan, met $1/5^e$ om $1/10^e$ verwijdering in de situatie met resp. zonder zandfilter. Op basis van inspectie van de getallen blijkt dit verschil veroorzaakt door heterogeniteit in de kleine groep RWZI's met zandfilter: in de situatie met zandfilter wordt valsartan juist slecht verwijderd in 4 van de 6 gevallen (ongeveer 80%), wat leidt tot een verwijderingsfactor van 5.



Figuur 2-8 Mediaan van de verwijderingsfactor berekend voor individuele stoffen voor RWZI's met en zonder zandfilters

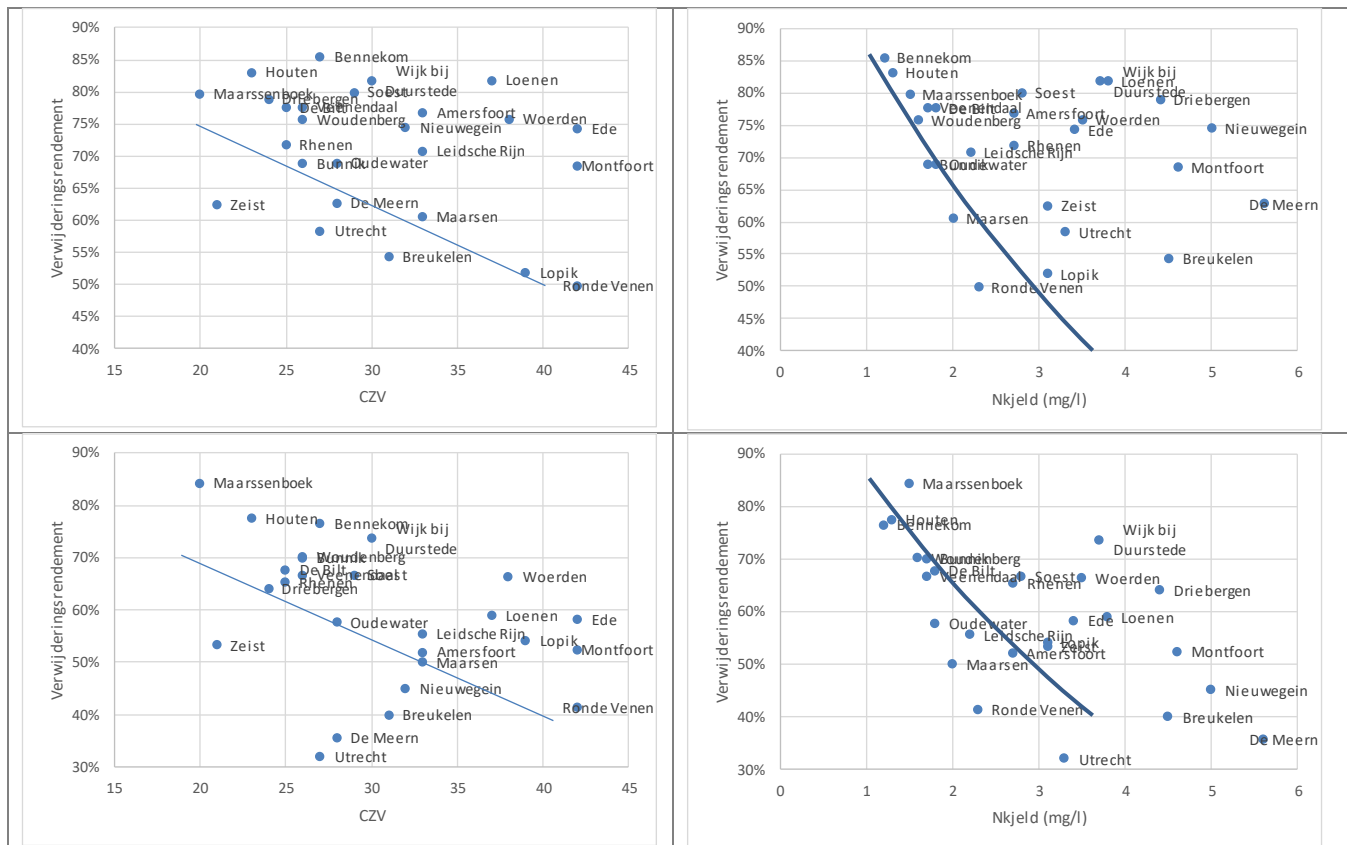
Verkenning relatie verwijdering medicijnresten met algeheel functioneren RWZI

Het functioneren van RWZI's kan worden uitgedrukt in de mate waarin ze N en CZV verwijderen. Er is vanuit andere microverontreinigingen bekend dat een relatie met stikstofverwijdering aanwezig is omdat aan stikstof kan worden afgelezen of zowel de reductieve en de oxidatieve processen volledig zijn opgetreden.

In Figuur 2-9 is het verband tussen verwijderingsrendement (totaal en mediaan rendement) en effluentconcentratie weergegeven: vooral voor N is een relatie zichtbaar: de lijn geeft de

theoretische relatie tussen een tweemaal lagere concentratie N in effluent met een tweemaal lagere concentratie medicijnresten in effluent.

Bij lage N tot onder de 2 mg/l, is de verwijdering goed, echter met een hoge N_{kjeld} kan de verwijdering van geneesmiddelen ook hoog zijn. Mocht deze factor relevant zijn dan is het niet de enige factor die het verwijderingsrendement bepaalt.



Figuur 2-9 Verband tussen effluentconcentraties (links) CZV en (rechts) Nkjd tegen (onder) de mediaan van de verwijderingsrendementen van individuele stoffen en (boven) tegen het verwijderingsrendement van de som geneesmiddelen. De lijnen geven de theoretische relatie tussen een tweemaal lagere concentratie N of CZV in effluent met een tweemaal lagere concentratie medicijnresten in effluent.

2.3 Beschouwing laboratoriumonzekerheid

Betrouwbaarheid en validiteit

De laboratoriumfout van metingen kan worden bepaald in termen van *betrouwbaarheid* (*variabiliteit*) en in termen van *validiteit* (*ook wel plausibiliteit, juistheid*). Wanneer een meting niet betrouwbaar is zullen individuele metingen onnauwkeurig zijn en niet representatief, maar zal bij een grote groep metingen het gemiddelde wel representatief zijn. Wanneer een meting niet valide is dan is de gemeten waarde niet juist en zal deze, ook wanneer het gemiddelde van een grote groep metingen is berekend, afwijken.

Plausibiliteit op basis van paragraaf 2.2

De plausibiliteit of validiteit geeft aan of de mediaan van de gemeten waarde dicht bij de werkelijke waarde ligt. De plausibiliteit is voor zover mogelijk beoordeeld in paragraaf 2.2.1 door de mediane gemeten waarde te vergelijken met de mediane waarde in de WATSON-database. Hieruit bleek dat veel stoffen een consistent beeld vertonen maar dat voor enkele stoffen de mediaan in de WATSON-database gezien het geringe aantal metingen niet representatief is. Voor furosemide, azitromycine, losartan, paracetamol en trimetoprim is het waarschijnlijk dat de in Utrecht uitgevoerde metingen representatiever zijn dan de WATSON-gegevens.

Diclofenac en sotalol hebben hoge concentraties in Utrecht, maar zijn vaak gemeten in WATSON en van deze stoffen mag dus worden verondersteld dat getallen in de WATSON-database representatief zijn voor de werkelijke gehalten in de periode tussen 2008 en 2016. Variaties in de tijd (bijvoorbeeld als gevolg van een griep epidemie) kunnen voor diclofenac een verklaring zijn voor de relatief hoge concentratie maar niet voor andere overwegend chronisch gebruikte middelen. Valsartan, sulfamethoxazol, sotalol, en diclofenac worden zowel in influent als in effluent verhoogd aangetroffen in de uitgevoerde meetronde. Paracetamol en ibuprofen worden in ruim 2 maal hogere concentraties in influent aangetroffen en meestal niet in effluent. De gevonden concentraties zijn alle bij benadering gelijk aan de 90-percentielwaarden in WATSON.

Betrouwbaarheid op basis van paragraaf 2.2

Bij het berekenen van afbraak bleken in- en effluentconcentraties van azitromycine en furosemide een spreiding te hebben van respectievelijk 20 en 40%, die omdat de stoffen nauwelijks afbreken ertoe leidt dat regelmatig een negatieve afbraak wordt berekend. Dit probleem speelt bijvoorbeeld niet bij carbamazepine, die vergelijkbare (lage) verwijdering heeft. Dit is een duidelijke aanwijzing dat de eerstgenoemde twee stoffen niet nauwkeurig genoeg (niet betrouwbaar) zijn gemeten om op basis van individuele metingen uitspraken te doen. Voor andere stoffen is minder duidelijk of een relatief hoge spreiding in de afbraakfactor veroorzaakt is door spreiding in de metingen of door werkelijke variabiliteit. Wanneer in een RWZI desorptie van overwegend aan vaste stoffen geabsorbeerde medicijnresten optreedt, kan eveneens een negatieve afbraak worden berekend.

Conclusie laboratoriumonzekerheid

Het is niet mogelijk uitsluitsel te geven over de oorzaak van gevonden afwijkingen en variabiliteit zonder uitgebreide laboratoriumtesten waarin de plausibiliteit en juistheid in de betreffende matrix (influent en effluent) bij de gevonden concentratieranges proefondervindelijk is vastgesteld.

2.4 Beeld variabiliteit op basis van correlatiematrices influent (gpppj) en gelognormaliseerde afbraakfactor

De consistentie van metingen is getest door middel van het maken van een correlatiematrix tussen de influentvracht (gpppj) en van de gelognormaliseerde restfracties van individuele stoffen.

In Figuur 2-10 tot en met Figuur 2-12 zijn de resulterende correlatiematrices gepresenteerd. Hoewel het niet is uit te sluiten dat een specifieke stof individueel een heel ander influentpatroon of verwijderingspatroon heeft dan elke andere stof, is het aannemelijker dat een lage correlatie met andere stoffen impliceert dat stoffen onvoldoende nauwkeurig zijn geanalyseerd.

Het meest in het oog springt furosemide. Furosemide vertoont meestal een correlatiecoëfficiënt van ongeveer 0 (geen correlatie). Ook azitromycine (waarvoor ook vaak een 'negatieve afbraak' werd berekend) valt op. Indien de correlatiecoëfficiënt met overige stoffen nergens groter is dan 0,5, zowel niet bij het influent als bij het verwijderingsrendement wordt aangenomen dat de metingen onbetrouwbaar zijn. Dit is behalve voor furosemide en azitromycine ook het geval voor diclofenac en claritromycine.

	diclofenac	claritromycine	azitromycine	gemfibrozil	valsartan	carbamazepine	sulfamethoxazol	acetylsulfamethoxazole	trimethoprim	losartan	metoprolol	ibuprofen	atenolol	naproxen	sotalol	metformine	paracetamol
diclofenac	1.00	-0.30	0.22	-0.17	0.31	0.12	-0.18	-0.02	-0.06	0.07	0.22	0.07	0.10	0.23	0.27	0.16	0.28
claritromycine	-0.30	1.00	0.02	0.45	0.27	0.45	0.21	0.37	0.39	0.28	0.32	0.07	0.14	0.12	0.17	0.22	0.10
azitromycine	0.22	0.02	1.00	-0.42	0.21	0.20	-0.05	0.21	0.06	0.17	0.35	0.36	0.37	0.31	0.18	0.45	0.36
gemfibrozil	-0.17	0.45	-0.42	1.00	-0.12	0.06	0.26	0.45	0.40	0.37	0.22	0.04	0.09	0.24	0.12	0.14	0.09
valsartan	0.31	0.27	0.21	-0.12	1.00	0.62	0.52	0.32	0.39	0.15	0.44	0.05	0.34	0.32	0.47	0.24	0.44
carbamazepine	0.12	0.45	0.20	0.06	0.62	1.00	0.16	0.06	0.10	-0.04	0.34	0.24	0.30	0.37	0.45	0.20	0.16
sulfamethoxazol	-0.18	0.21	-0.05	0.26	0.52	0.16	1.00	0.56	0.61	0.34	0.22	-0.19	0.25	0.09	0.10	0.04	0.14
acetylsulfamethoxazole	-0.02	0.37	0.21	0.43	0.32	0.06	0.56	1.00	0.79	0.73	0.65	0.09	0.37	0.41	0.30	0.48	0.44
trimethoprim	-0.06	0.39	0.06	0.40	0.39	0.10	0.61	0.79	1.00	0.80	0.78	0.43	0.52	0.66	0.54	0.68	0.65
losartan	0.07	0.26	0.17	0.37	0.15	-0.04	0.34	0.73	0.80	1.00	0.74	0.47	0.45	0.65	0.53	0.65	0.68
metoprolol	0.22	0.32	0.35	0.22	0.44	0.34	0.22	0.65	0.78	0.74	1.00	0.67	0.64	0.83	0.83	0.87	0.89
ibuprofen	0.07	0.07	0.36	0.04	0.05	0.24	-0.19	0.09	0.43	0.47	0.67	1.00	0.60	0.79	0.71	0.86	0.73
atenolol	0.10	0.14	0.37	0.09	0.34	0.30	0.25	0.37	0.52	0.45	0.64	0.60	1.00	0.47	0.74	0.77	0.70
naproxen	0.23	0.12	0.31	0.24	0.32	0.37	0.09	0.41	0.66	0.65	0.83	0.79	0.79	1.00	0.73	0.79	0.71
sotalol	0.27	0.17	0.18	0.12	0.47	0.45	0.10	0.30	0.54	0.53	0.83	0.71	0.74	0.73	1.00	0.77	0.88
metformine	0.16	0.22	0.45	0.14	0.24	0.20	0.04	0.48	0.68	0.65	0.87	0.86	0.77	0.79	0.77	1.00	0.87
paracetamol	0.28	0.10	0.36	0.00	0.44	0.16	0.14	0.44	0.65	0.68	0.89	0.73	0.70	0.71	0.88	0.87	1.00

Figuur 2-10 Correlatiematrix vrachten influent (gpppj) voor individuele stoffen

	diclofenac	claritromycine	azitromycine	gemfibrozil	valsartan	carbamazepine	sulfamethoxazol	trimethoprim	losartan	metoprolol	atenolol	naproxen	sotalol	metformine	furosemide	STIKSTOF
diclofenac	1.000	-0.259	-0.241	-0.107	-0.198	-0.109	-0.117	-0.083	0.098	0.031	0.080	0.240	0.287	0.135	-0.042	0.108
claritromycine	-0.259	1.000	0.445	0.385	0.357	0.320	0.447	0.515	0.245	0.359	0.351	0.291	0.380	0.252	-0.162	0.533
azitromycine	-0.241	0.445	1.000	0.201	0.180	0.016	0.199	0.129	0.102	0.131	0.257	-0.140	-0.001	0.086	-0.035	0.404
gemfibrozil	-0.107	0.385	0.201	1.000	0.636	0.121	0.620	0.228	0.475	0.766	0.675	0.395	0.726	0.283	-0.016	0.363
valsartan	-0.198	0.357	0.180	0.636	1.000	0.068	0.448	0.283	0.603	0.745	0.433	0.323	0.618	0.128	0.250	0.199
carbamazepine	-0.109	0.320	0.016	0.121	0.068	1.000	0.154	0.313	0.109	0.157	-0.049	0.415	0.184	-0.104	-0.072	-0.061
sulfamethoxazol	0.117	0.447	0.199	0.620	0.448	0.154	1.000	0.334	0.537	0.630	0.678	0.409	0.552	0.351	-0.211	0.505
trimethoprim	0.083	0.515	0.129	0.228	0.283	0.313	0.334	1.000	0.595	0.476	0.399	0.326	0.500	0.313	0.023	0.327
losartan	0.098	0.245	0.102	0.475	0.603	0.109	0.537	0.595	1.000	0.576	0.516	0.457	0.511	0.542	-0.145	0.096
metoprolol	0.031	0.359	0.131	0.766	0.745	0.157	0.630	0.476	0.576	1.000	0.686	0.254	0.795	0.290	0.087	0.455
atenolol	0.080	0.351	0.257	0.675	0.433	-0.049	0.678	0.399	0.516	0.686	1.000	0.350	0.497	0.383	-0.178	0.495
naproxen	0.240	0.291	-0.140	0.395	0.323	0.415	0.409	0.326	0.457	0.254	0.350	1.000	0.473	0.272	-0.023	-0.088
sotalol	0.287	0.380	-0.001	0.726	0.618	0.184	0.552	0.500	0.511	0.795	0.497	0.473	1.000	0.329	0.135	0.348
metformine	0.135	0.252	0.086	0.283	0.128	-0.104	0.351	0.313	0.542	0.290	0.383	0.272	0.329	1.000	-0.123	0.208
furosemide	-0.042	-0.162	-0.035	-0.016	0.250	-0.072	-0.211	0.023	-0.145	0.087	-0.178	-0.023	0.135	-0.123	1.000	0.067
STIKSTOF	-0.108	0.533	0.404	0.363	0.199	-0.061	0.505	0.327	0.096	0.455	0.495	-0.088	0.348	0.208	0.067	1.000

Figuur 2-11 Correlatiematrix gelognormaliseerde restfracties van gemeten stoffen, gesorteerd op volgorde Figuur 2-10 met daarbij furosemide en stikstof. Voor paracetamol en ibuprofen zijn geen effluentgegevens en is dus geen restfractie berekend

	diclofenac	claritromycine	azitromycine	trimethoprim	carbamazepine	naproxen	metformine	losartan	atenolol	sulfamethoxazol	valsartan	metoprolol	gemfibrozil	sotalol
diclofenac	1.000	-.259	-.241	.083	.109	.240	.135	.098	.080	.417	-.198	.031	.107	.287
claritromycine	-.259	1.000	.445	.515	.320	.291	.252	.245	.351	.447	.357	.359	.385	.380
azitromycine	-.241	.445	1.000	.129	.016	-.140	.086	.102	.257	.199	.180	.131	.201	-.001
trimethoprim	.083	.515	.129	1.000	.313	.326	.313	.595	.399	.334	.283	.476	.228	.500
carbamazepine	.109	.320	.016	.313	1.000	.415	-.104	.109	-.049	.154	.068	.157	.121	.184
naproxen	.240	.291	-.140	.326	.415	1.000	.272	.457	.350	.409	.323	.254	.395	.473
metformine	.135	.252	.086	.313	-.104	.272	1.000	.542	.383	.351	.128	.290	.283	.329
losartan	.098	.245	.102	.595	.109	.457	.542	1.000	.516	.537	.603	.576	.475	.511
atenolol	.080	.351	.257	.399	-.049	.350	.383	.516	1.000	.678	.433	.686	.675	.497
sulfamethoxazol	.417	.447	.199	.334	.154	.409	.351	.537	.678	1.000	.448	.630	.620	.552
valsartan	-.198	.357	.180	.283	.068	.323	.128	.603	.433	.448	1.000	.745	.636	.618
metoprolol	.031	.359	.131	.476	.157	.254	.290	.576	.686	.630	.745	1.000	.766	.796
gemfibrozil	.107	.385	.201	.228	.121	.395	.283	.475	.675	.620	.636	.766	1.000	.726
sotalol	.287	.380	-.001	.500	.184	.473	.329	.511	.497	.552	.618	.796	.726	1.000

Figuur 2-12 Correlatiematrix gelognormaliseerde restfracties van gemeten stoffen, gesorteerd op onderlinge relatie met andere stoffen

Tussen metoprolol, atenolol, sotalol, losartan, ibuprofen, paracetamol, naproxen, metformine, trimethoprim, acetylsulfamethoxazole is een grote onderlinge correlatie aanwezig in influent, waarbij de eerste vier stoffen ook een grote correlatie in afbraakfactor laten zien. Een relatie tussen influentconcentraties is enigszins aanwezig voor sulfamethoxazole, valsartan en carbamazepine, waarbij de eerste twee stoffen ook een grote correlatie in afbraakfactor laten zien.

Van ibuprofen en paracetamol kon afbraak niet worden beoordeeld door detectielimieten in effluent. Voor overige genoemde stoffen kan een gebrek aan correlatie van afbraakfactoren ook in een onbetrouwbare meting van (lage) effluentconcentraties liggen. Gemfibrozil vertoont weinig relatie met inwoners maar is wel consistent met afbraak. Voor geneesmiddelen die beperkt worden gebruikt (bijvoorbeeld 1 op 10.000 inwoners) kunnen lokale variaties, bijvoorbeeld door de aanwezigheid van specifieke zorginstellingen, een grote rol spelen en voor forse uitschieters zorgen.

Kader: Verwijdering in het rioolstelsel als verklaring voor relatief slechte verwijdering in RWZI's?

Afbraak in het rioolstelsel (dus voordat het 'influent' de RWZI bereikt) zou als verklaring kunnen worden opgevoerd voor lage totaalrendementen. In dat geval breken makkelijk afbreekbare stoffen al in het stelsel af. Binnen de RWZI zullen de rendementen op stofniveau gelijk zijn, maar zal het kental voor vooral de goed afbreekbare stoffen afwijken tussen de rwzi's (bijvoorbeeld valsartan, naproxen en ibuprofen).

Een dergelijk patroon blijkt niet zichtbaar in de influenten voor deze stoffen; de makkelijk afbreekbare stoffen laten juist de grootste onderlinge correlatie zien bij de influenten, ook met moeilijker afbreekbare stoffen als sotalol en metoprolol. In Figuur 2-5 is daarnaast te zien dat bij een lage totaalverwijdering er een duidelijk lagere verwijdering van alle individuele stoffen waarneembaar is, waardoor de mediaan van het rendement ook sterk lager is. De verklaring voor lage rendementen moet gezocht worden in het functioneren van de RWZI.

Tabel 2-5 *Tabel resultaat van de beoordeling van het onderlinge beeld van de metingen*

STOF	% detlim Influent	% detlim Effluent	Opmerkingen betrouwbaarheid
Lincomycine	96%	96%	Niet betrouwbaar
Capectiabine	88%	88%	Niet betrouwbaar
Ifosfamide	100%	96%	Niet betrouwbaar
Jomeprol	96%	88%	Niet betrouwbaar en geen nadere interpretatie want röntgencontrastmiddel
Amidotrizoïnezuur	92%	85%	Niet betrouwbaar en geen nadere interpretatie want röntgencontrastmiddel
Acetylsulfamethoxazole	4%	92%	Betrouwbaar (maar geen effluentconcentraties!)
Ibuprofen*	0%	100%	Betrouwbaar (maar geen effluentconcentraties!)
Paracetamol*	0%	85%	Betrouwbaar (maar geen effluentconcentraties!), metingen zijn betrouwbaarder dan in WATSON
Azitromycine	4%	4%	Niet betrouwbaar / consistent. Sterk variabel en nauwelijks afbraak waardoor vaak negatieve afbraak wordt berekend. Metingen influent betrouwbaarder dan in WATSON. Geen relatie influent en verwijderingsrendement met overige stoffen. Desorptie in de zuivering kan ook een oorzaak zijn voor negatief rendement maar daarmee is de sterke variabiliteit niet verklaard.
Furosemide	0%	0%	Niet betrouwbaar / consistent. Sterk variabel en nauwelijks afbraak waardoor vaak negatieve afbraak wordt berekend. Metingen zijn betrouwbaarder dan in WATSON. Geen relatie influent en verwijderingsrendement met overige stoffen. Desorptie in de zuivering kan ook een oorzaak zijn voor negatief rendement maar daarmee is de sterke variabiliteit niet verklaard.
Claritromycine	0%	0%	Niet consistent. Geen relatie influent en verwijderingsrendement met overige stoffen, hoge spreiding influent. Stof is ook in gebruik als diergeneesmiddel.
Diclofenac*	0%	0%	Niet consistent, geen relatie influent en verwijderingsrendement met overige stoffen.
Trimethoprim	0%	0%	Matig consistent. Relatie afbraakfactor matig, relatie influentconcentraties redelijk. Tevens groot verschil met WATSON, oorzaak niet duidelijk.
Carbamazepine	0%	0%	Matig consistent. Weinig relatie met andere stoffen in influent, afbraakfactor ook weinig relatie met andere stoffen.
Sulfamethoxazol*	0%	0%	Matig consistent.
Metformine	0%	0%	Geeft een consistent beeld, echter relatie afbraakfactor matig
Atenolol	0%	0%	Geeft een consistent beeld, hoge spreiding influent.
Naproxen	0%	0%	Geeft een consistent beeld, echter relatie afbraakfactor matig
Losartan	0%	0%	Geeft een consistent beeld, consistentere dan in WATSON, wel hoge spreiding influent.
Metoprolol	0%	0%	Geeft een consistent beeld (afbraakfactor)
Valsartan*	0%	0%	Geeft een consistent beeld (afbraakfactor), echter wel hoge spreiding influent.
Gemfibrozil	0%	0%	Geeft een consistent beeld (afbraakfactor), echter wel hoge spreiding influent.
Sotalol*	0%	0%	Geeft een consistent beeld (afbraakfactor)

* Verhoogd aangetroffen in deze meetronde ten opzichte van WATSON-gegevens

2.5 Conclusie meetronde RWZI's

De uitgevoerde meetronde RWZI's geeft voor Nederland een eerste consistent verkregen beeld van de verschillen en overeenkomsten die tussen RWZI's bestaan voor zover de metingen die op 1 dag zijn gedaan representatief zijn te noemen voor het 'normale functioneren van de zuivering'.

In de meetronde zijn in influent en in effluent meerdere geneesmiddelen gemeten waarvan nog nauwelijks gegevens in de WATSON-database staan. Voor die geneesmiddelen zijn nu dus voor het eerst kentallen afgeleid, met als meest sprekende voorbeeld paracetamol. Paracetamol blijkt ruim de helft van de geneesmiddelenvracht in influent te vertegenwoordigen (mediaan 298 µg/l in influent) en is niet of nauwelijks aanwezig in effluent.

Uit de vergelijking van gemeten concentraties, kentallen en verwijderingsrendementen per RWZI en op stofniveau met WATSON-gegevens blijkt dat beide gegevensbronnen zeer vergelijkbaar zijn. Concentraties vertonen een goede overeenkomst, kentallen (een correctie van de concentratie voor de variabele verdunning in RWZI's) vertonen een nog betere overeenkomst. Ook mediane verwijderingsrendementen en verwijderingsfactoren zijn zeer vergelijkbaar.

Een kleine groep stoffen blijkt ongeveer factor 2 hoger dan in de WATSON-database en dit wordt vooralsnog verklaard door toename in gebruik (sulfamethoxazol, diclofenac, losartan, sotalol, valsartan, ibuprofen, paracetamol). Omdat de verwijdering zeer goed vergelijkbaar is leidt dat voor de bovengenoemde groep stoffen ook tot hogere effluentconcentraties. De somconcentratie geneesmiddelen is daardoor ongeveer 40% hoger in influent en in effluent dan op basis van de WATSON-gegevens.

De variabiliteit tussen stoffen en tussen RWZI's blijkt desalniettemin groot. Dit wordt deels door echte variabiliteit in de afbraak en input en deels door laboratoriumonzekerheid veroorzaakt: een tiental stoffen lijken betrouwbaar gemeten en vertonen consistentie in influentconcentratie en / of verwijderingsfactor tussen de RWZI's.

Meerdere stoffen vertonen 'stofs specifiek uniek afwijkend gedrag' doordat zij ofwel geen relatie vertonen met andere stoffen bij de influenten of doordat zij geen enkele relatie vertonen met andere stoffen wat betreft verwijdering. De oorzaken daarvoor zijn soms vast te stellen, meestal niet:

- Oorzaak betrouwbaarheid laboratoriummeting influent: bijvoorbeeld furosemide.
- Oorzaak regionale verschillen in input voor minder algemeen gebruikte stoffen: bijvoorbeeld gemfibrozil.
- Oorzaak 'uniek afbraakgedrag in rwzi's' dan wel onbetrouwbare metingen van effluent: bijvoorbeeld naproxen.

Door een nadere inventariserende en statistische analyse van geneesmiddelengebruik uit te voeren en / of laboratoriumnauwkeurigheden te bepalen kan inzicht worden vergroot. In onderstaande concluderende Tabel 2-6 is de relatieve afwijking van de effluentvracht gepresenteerd ten opzichte van de op basis van de op basis van het aantal inwoners te verwachten (vast kental) en een vast verwijderingsrendement te verwachten vracht.

Door verschillen in rendement en door verschillende influentvrachten uitgedrukt per inwoner kan de emissie per inwoner meer dan factor 3 verschillen.

Tabel 2-6 *Berekende verschillen tussen theoretische influentvracht op basis van vast kental, ten opzichte van vast rendement en een combinatie daarvan*

RWZI	Afwijking influentvracht ten opzichte van gewogen gemiddelde in Utrecht	Afwijking restfractie (verwijderingsrendement) tov gewogen gemiddelde in Utrecht	Afwijking RWZI ten opzichte van gebruik vast kental en vast rendement
Amersfoort	-12%	28.3%	13%
Bennekom	3%	-43.1%	-41%
Soest	-10%	-12.2%	-21%
Ede	-23%	14.8%	-12%
Veenendaal	51%	-8.4%	38%
Woudenberg	-17%	-21.5%	-35%
Bunnik	40%	-22.5%	9%
Breukelen	-22%	-19.8%	-37%
Woerden	-2%	-7.6%	-9%
Houten	0%	-34.5%	-35%
De Bilt	16%	-10.9%	3%
Leidsche Rijn	3%	19.5%	23%
Maarssenboek	32%	-52.2%	-37%
Lopik	-31%	20.2%	-17%
De Meern	-18%	76.7%	45%
Driebergen	-25%	-11.1%	-33%
Utrecht	-16%	89.0%	59%
Montfoort	4%	30.9%	36%
Zeist	4%	29.4%	35%
Nieuwegein	23%	56.7%	93%
Wijk bij Duurstede	20%	-21.8%	-6%
Rhenen	25%	-23.0%	-4%
Oudewater	0%	7.6%	8%
Ronde Venen	3%	82.2%	88%
Loenen	-2%	9.9%	8%
Maarsen	23%	37.4%	69%

* Exclusief paracetamol, metformine en furosemide

3 Stoffenbalans medicijnresten provincie Utrecht

3.1 Inhoud van dit hoofdstuk

Van de provincie Utrecht is een massabalans van medicijnvrachten gemaakt. Daarvoor zijn de volgende werkzaamheden uitgevoerd:

- Inventarisatie van vrachten bij de grootste aan- en afvoerlocaties van water van de provincie Utrecht op basis van de berekeningen uitgevoerd in de Landelijke Hotspotanalyse.
- Inventarisatie van de emissie van RWZI's in Utrecht op basis van de berekeningen uitgevoerd in de Landelijke Hotspotanalyse en op basis van de in deze studie uitgevoerde metingen.
- Berekenen massabalans van de provincie voor het westelijk en oostelijk deel.
- Presentatie van de massabalans in kaarten en grafieken.

In Bijlage 3 is een vergelijking van berekende met gemeten concentraties in regionale wateren gepresenteerd.

3.2 Resultaten

Emissies van RWZI's kunnen binnen de provincie verdeeld worden in drie geografische groepen, te weten de lozingen in de Gelderse Vallei, de lozingen op de Lek en de lozingen in Utrecht West. De massabalans van medicijnresten uit RWZI's worden voor deze drie geografische gebieden hieronder beschreven op basis van de berekeningen gedaan in de landelijke hotspotanalyse (op basis van een emissiekental van 2 gram per persoon per jaar).

3.2.1 Lek

De massabalans van de Lek is niet uitvoerig beschouwd. Met een zomerdebiet van 295 m³/s en concentratie medicijnresten van 2 µg/l wordt 51 kg/dag medicijnresten doorgevoerd. Aan deze doorvoer voegen de RWZI's Lopik, Nieuwegein, Rhenen en Vianen samen 1 kg per dag toe. Tegelijk wordt ruim 3 kg/dag medicijnresten met het Lekwater de provincie Utrecht ingelaten. Daarvan komt de helft in het Amsterdam-Rijnkanaal (ARK) en 1/3^e deel in de Krommerijn. Dit water zorgt voor de benodigde doorspoeling van het regionale watersysteem binnen de provincie Utrecht, voornamelijk van het ARK.

Tabel 3-1 *RWZI's lozend op de Lek en de emissie van medicijnresten obv berekeningen landelijke hotspotanalyse (emissie 2 gpppj) en relatieve afwijking van de vracht op basis van deze meetronde Utrecht*

NAAM	INWONERS	WATERSCHAP	EMISSION KGPD	REL. VRACHT GPPPJ
LOPIK	15.939	HDSR	0,087	-17%
NIEUWEGEIN	95.865	HDSR	0,525	93%
RHENEN	31.613	HDSR	0,173	-4%
VIANEN	25.942	WSRL	0,142	-
Totaal			0,927	37%

De bijdrage van deze RWZI's aan de concentratie in de Lek is verwaarloosbaar klein.

3.2.2 Utrecht Oost

Ook in Utrecht Oost is het watersysteem relatief eenvoudig te beschrijven, met een inlaat uit de Lek bij Rhenen en de uitlaat bij het Eemmeer en daartussenin de RWZI's van Amersfoort, Soest, Veenendaal en Woudenberg die vracht toevoegen en waar vanuit Gelderland de RWZI's Bennekom en Ede vracht toevoegen. De waterbalans is weergegeven in onderstaande tabel. Op de RWZI's Ede en Bennekom zijn respectievelijk 194,880 en 14,810 inwoners aangesloten en is de relatieve vracht resp. -12 en -41%. De totale vracht in de Eem zou dan ongeveer gelijk moeten zijn aan de berekende vracht.

Tabel 3-2 *Massabalans medicijnresten Utrecht Oost obv berekeningen landelijke hotspotanalyse (emissie 2 gpppj)*

NAAM	DEBIET (m³/s)	CONCENTRATIE (µg/l)	VRACHT IN (kg/d)
Valleikanaal Rhenen	1,5	2	0,26
RWZI Ede en Bennekom (Gelderland)	-	-	1,15
RWZI's Amersfoort, Soest, Veenendaal, Woudenberg (Utrecht)	-	-	2,00
Eem op Eemmeer	9	4,4	-3,42 (uit)

Tabel 3-3 *Utrechtse RWZI's lozend in Utrecht Oost en de emissie van medicijnresten obv berekeningen landelijke hotspotanalyse (emissie 2 gpppj) en relatieve afwijking van de vracht op basis van deze meetronde Utrecht*

NAAM	INWONERS	WATERSCHAP	EMISSION KGPD	REL. VRACHT GPPPJ
AMERSFOORT	204.654	Vallei & Veluwe	1,121	13%
SOEST	67.836	Vallei & Veluwe	0,372	-21%
VEENENDAAL	65.523	Vallei & Veluwe	0,359	38%
WOUDENBERG	28.169	Vallei & Veluwe	0,154	-35%
Totaal			2,000	7%
Totaal incl. Ede en Bennekom			3,140	0%

De achtergrondconcentratie is 2 µg/l, afkomstig uit de inlaat van rivierwater bij Rhenen. Door belasting met effluënten stijgt de concentratie stroomafwaarts naar 4,4 µg/l. Het inlaatwater zorgt voor een beperkte verdunning: zonder de inlaat bij Rhenen zou de concentratie bij de monding van de Eem 4,9 µg/l bedragen in de gemiddelde zomersituatie. In zeer droge situaties zal het inlaatwater meer effect hebben op de concentratie.

3.2.3 Utrecht West

In Utrecht West is de waterbalans iets complexer door de aanwezigheid van diverse kleine watergangen aan de westelijke grens. Deze kleine watergangen zijn echter nauwelijks relevant op het totaal. Ze zijn in onderstaand overzicht samengevoegd omdat zij maximaal 3% van de totale vracht vertegenwoordigen. De kleine balanspostfout van 4% (0.25 kg/dag)

wordt waarschijnlijk veroorzaakt doordat de kleine overige watergangen deels de provincie binnenkomen en dus netto nauwelijks bijdragen als post.

Tabel 3-4 *Massabalans medicijnresten Utrecht West obv berekeningen landelijke hotspotanalyse (emissie 2 gpppj)*

NAAM	DEBIET (m³/s)	CONCENTRATIE (µg/l)	VRACHT IN (kg/d)
Kleine overige watergangen	3,16	1,35	-0,37 (uit)
Woerden Oude Rijn	1,24	6	-0,64 (uit)
ARK	18	2,77	-4,31 (uit)
Vecht	3,46	4,13	-1,23 (uit)
Beatrixkanaal	2,48	1,73	0,37
Merwedekanaal	0,03	1,73	0,004
ARK Wijk bij Duurstede	12,6	1,52	1,655
Krommerijn	7,04	1,38	0,84
RWZI's Utrecht West	-	-	3,94

In Figuur 2.1 zijn de balansposten aan de provinciegrens en de bronnen van medicijnresten op kaart gepresenteerd.

Tabel 3-5 *RWZI's lozend in Utrecht West en de emissie van medicijnresten obv berekeningen landelijke hotspotanalyse (emissie 2 gpppj) en relatieve afwijking van het kental op basis van deze meetronde Utrecht*

NAAM	INWONERS	WATERSCHAP	EMISSION KGP	REL. VRACHT GPPPJ
BREUKELEN	17.990	HDSR	0,099	-37%
BUNNIK	14.662	HDSR	0,080	-9%
DE BILT	42.169	HDSR	0,231	3%
DE MEERN	33.505	HDSR	0,184	45%
DRIEBERGEN	28.480	HDSR	0,156	-33%
HOUTEN	48.637	HDSR	0,267	-35%
LEIDSCHER RIJN	42.820	HDSR	0,235	23%
MAARSSSENBROEK	22.820	HDSR	0,125	-37%
MONTFOORT	13.672	HDSR	0,075	36%
OUDEWATER	9.924	HDSR	0,054	8%
UTRECHT	257.851	HDSR	1,413	59%
WIJK BIJ DUURSTED	23.222	HDSR	0,127	-6%
WOERDEN	50.631	HDSR	0,277	-9%
ZEIST	61.641	HDSR	0,338	35%
DE RONDE VENEN (MIJDRECHT)	33.260	Waternet	0,182	88%
LOENEN AD VECHT	7.680	Waternet	0,042	8%
MAARSSSE	10.710	Waternet	0,059	69%
Totaal			3,944	21%

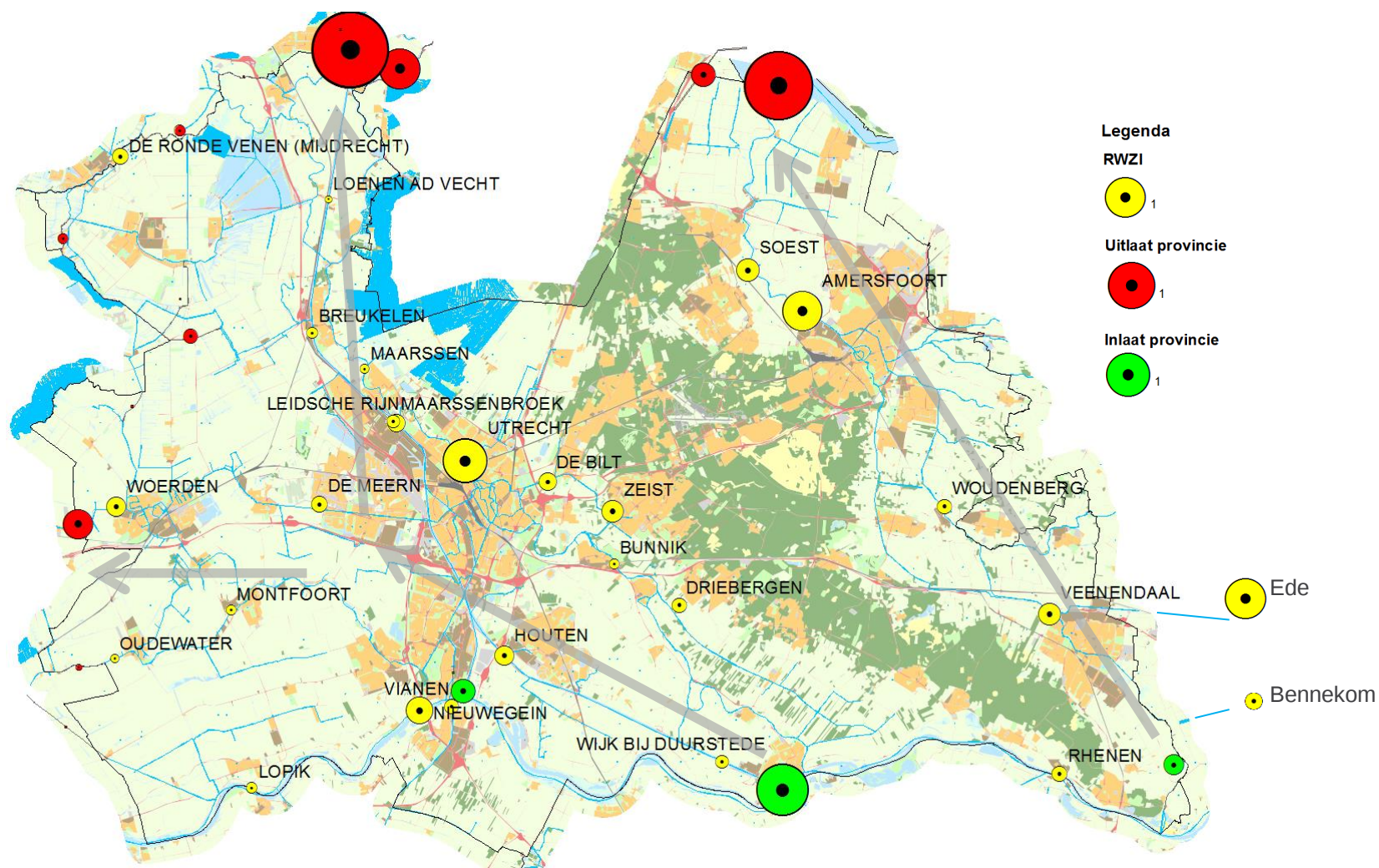
De bijdrage van RWZI's in de provincie Utrecht aan de achtergrondconcentratie is vergelijkbaar met die in Oost Utrecht. De achtergrondconcentratie van 1,5 µg/l van inlaatwater (Amsterdam-Rijnkanaal bij Wijk bij Duurstede) is bij het verlaten van de provincie grofweg verdubbeld en in het geval van de Oude Rijn bij Woerden verviervoudigd.

Grofweg is de in Utrecht West toegevoegde vracht gelijk aan de vracht van het ingelaten water en is in de zomerperiode het debiet dat de provincie verlaat maar 10% groter dan het debiet dat de provincie binnenkomt. In Figuur 2.1 (volgende pagina) zijn de balansposten op kaart weergegeven.

3.3 Massabalans op basis van metingen in effluent

De massabalans kan ook worden gemaakt op basis van de uitgevoerde metingen van effluent. In feite wordt van elk effluent de verdunning in het watersysteem berekend op basis van een vast kental voor emissie. Wanneer we deze berekening willen doen op basis van metingen gaat het dus alleen om de effecten van relatieve verschillen tussen rwzi's, niet om absolute concentraties. Daarom zijn effluentkentallen voor elke rwzi omgerekend naar de relatieve afwijking ten opzichte van de mediaan van het kental.

In Tabel 3-1, Tabel 3-3 en Tabel 3-5 is deze relatieve afwijking in de laatste kolom van elke tabel weergegeven. Deze laat zien dat het effect van afwijkingen in de emissie voor individuele rwzi's op uitstroompunten van de provincie niet leidt tot een significant andere 'schijnbare verdunning van effluent'. Het zelfde deel van het water bestaat er dus uit 'gemiddeld effluent' en metingen in oppervlaktewater op uitstroompunten kunnen worden geïnterpreteerd als ware het op basis van een enkel kental.



Figuur 3-1 Visualisatie bronnen en balansposten medicijnresten provincie Utrecht

4 Effect bevolkingsopbouw en forensen

4.1 Inhoud van dit hoofdstuk

Momenteel is alleen het potentiële effect de aanwezigheid van de aanwezigheid van ziekenhuizen en zorginstellingen onderzocht (STOWA 2011-09, Gebiedsstudie geneesmiddelen). Het effect daarvan is berekend in de gebiedsstudie geneesmiddelen van de provincie Utrecht en is 5-15%.

Echter ook andere factoren kunnen de emissie van RWZI's beïnvloeden. Twee factoren zijn nader bestudeerd om hun potentiële effect op de emissie van rwzi's te beoordelen:

- Forensen: in stedelijk gebied verblijven overdag meer mensen dan in de forensendorpen.
- Leeftijdsopbouw: in vergrijsde gebieden worden meer geneesmiddelen per inwoner gebruikt.

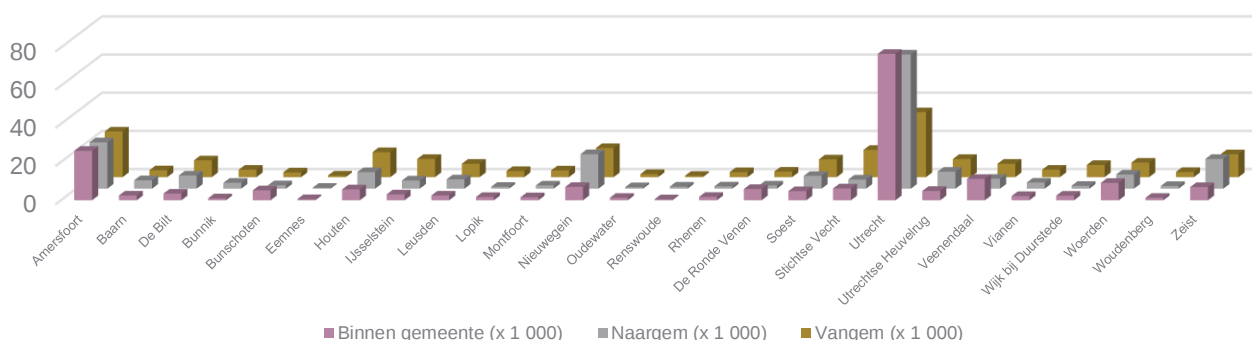
Een derde factor, het effect van toerisme, waarvan bekend is dat het bijvoorbeeld op de Waddeneilanden en in Zeeland van grote invloed is, is in deze studie niet meegenomen. Verondersteld wordt dat dit effect binnen de provincie Utrecht klein is, zeker op het moment dat de metingen zijn uitgevoerd in september.

4.2 Resultaat

4.2.1 Forensen

Het CBS verzamelt gegevens over woon-werkverkeer. Deze gegevens zijn zodanig bewerkt dat er een uitspraak over het effect van forensen op de belasting van RWZI's kan worden gedaan.

In Figuur 3.1 is te zien dat in Utrecht overdag 34000 mensen meer verblijven door het effect van forensen. Aan de andere kant zijn forensendorpen te herkennen (Houten, Soest, Stichtse Vecht) en is opvallend dat Amersfoort overdag evenveel inwoners heeft als in de nacht: er gaan net zoveel forensen de stad in als uit.



Figuur 4-1 Grafiek aantal forensen binnen de gemeente, naar de gemeente en van de gemeente

Omdat forensen afwijken van de 'gemiddelde Nederlander' en omdat zij slechts 1/3 deel van de dag op hun werkplek verblijven moeten correctiefactoren worden afgeleid. Aangenomen wordt dat ongeveer 1/3 deel van de geneesmiddelen op de werkplek wordt uitgescheiden. Ten tweede wordt aangenomen dat op basis van de leeftijd van de forens (25-65 jaar) de emissie met 7,2% moet worden gecorrigeerd omdat de forensengroep per persoon 7,2% meer geneesmiddelen gebruikt dan de gemiddelde inwoner van Nederland (zie volgende paragraaf).

Tabel 4-1 *Effect van RWZI's op het aantal inwoners gedurende de dag volgens globale schatting op basis van verdeling inwoners uit gemeenten over RWZI's*

RWZI	INW	NETTO FORENSEN* (x1000)	VERSCHIL
Amersfoort (+ Leusden)	204654	-1.7	-1%
De Bilt	42169	-1.9	-5%
Bunnik	14662	-0.8	-5%
Houten	48637	-4.4	-9%
Lopik	15939	-2.2	-14%
Montfoort	13672	-1.8	-13%
Nieuwegein (+ IJsselstein)	95865	-2.3	-2%
Oudewater	9924	-0.8	-8%
Rhenen	31613	-1.4	-4%
Soest (+ Baarn, Bunschoten, Eemnes)	67836	-2.8	-4%
Utrecht	257851	36.3	14%
Veenendaal	65523	-1.8	-3%
Vianen	25942	-0.7	-3%
Wijk bij Duurstede	23222	-4.9	-21%
Woerden	50631	-0.2	0%
Woudenberg (+Renswoude)	28169	-0.9	-3%
Zeist	61641	3.6	6%
Breukelen (De Ronde Venen + 0.5 * Stichtse Vecht)	17990	-5.9	-33%
LEIDSCHÉ RIJN	42820	0.0	0%
DRIEBERGEN (Utrechtse Heuvelrug)	28480	-0.6	-2%
DE MEERN	33505	-	-
MAARSSSENBROEK	22820	-	-
LOENEN AD VECHT	7680	-	-
MAARSSSEN (0.5 * Stichtse Vecht)	10710	-4.75	-44%

* Om het werkelijke effect van forensen te schatten moet 1,07* het aantal forensen worden genomen ter correctie van de leeftijdsopbouw van de forensengroep en moet het effect vervolgens gedeeld worden door een factor 3 doordat het effect een beperkt deel van de dag optreedt

Uitgaande dat het totale effect in werkelijkheid factor 3 kleiner is doordat forensen slechts een deel van de dag op hun werklocatie verblijven kan het beeld worden samengevat. Geconcludeerd wordt dat het potentiële effect in forensendorpen maximaal 5% kan zijn en vice versa geldt dat voor de stad Utrecht, waar overdag 34000 extra inwoners zijn. In enkele kleine kernen worden nog hogere percentages berekend, die zijn echter veroorzaakt doordat niet goed bekend is hoe inwoners uit gemeenten over de RWZIs' verdeeld zouden moeten worden.

4.2.2 Leeftijdscorrectie

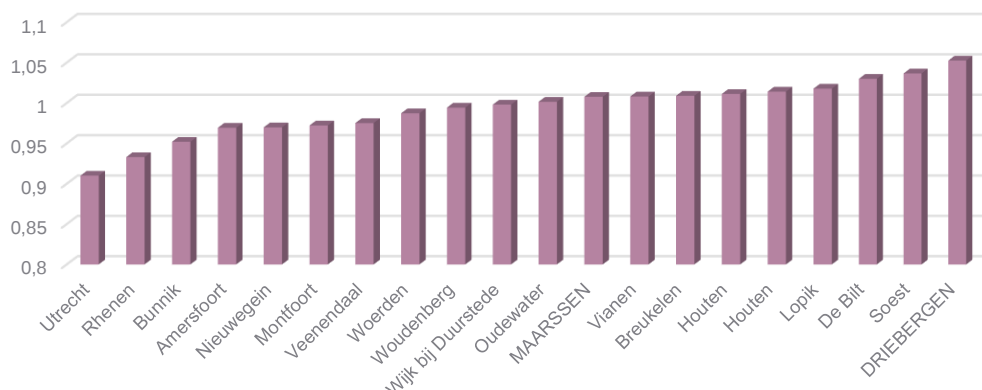
Het CBS verzamelt kentallen voor zowel het geneesmiddelengebruik per leeftijdscategorie als voor de leeftijdsopbouw van de bevolking in kernen. Het gebruik is niet in grammen per persoon bekend, maar moet worden ingeschat op basis van het aantal recepten dat per leeftijdsklasse per persoon voor 15 typen geneesmiddelen is voorgeschreven (Tabel 4-4).

De informatie over het aantal uitgeschreven recepten is bewerkt zodat deze aan de bevolkingsopbouw per gemeente kan worden gekoppeld, om vervolgens de afwijking ten opzichte van het landelijke gemiddelde te berekenen voor elk van de gemeenten en op basis daarvan met dezelfde verdeelsleutel de relatieve belasting per RWZI (Tabel 4-2). Op basis daarvan zijn correctiefactoren voor de RWZI's in de provincie Utrecht berekend (Figuur 4-2).

Tabel 4-2 Geneesmiddelengebruik per inwoner op basis van leeftijdsklasse (CBS)

Leeftijdsklasse	Aantal voorschriften	Gemiddeld aantal voorschriften per inwoner
Totaal leeftijd	30338370	1.776094
Jonger dan 15 jaar	2451590	0.881306
15 tot 25 jaar	2513670	1.196047
25 tot 35 jaar	2911040	1.371703
35 tot 45 jaar	4208050	2.011432
45 tot 55 jaar	4554845	1.776317
55 tot 65 jaar	4903980	2.169954
65 tot 75 jaar	4188205	2.296795
75 jaar of ouder	4607025	3.447959

Ter vergelijking: op basis van euro's wordt voor de gemiddelde 65-plusser bijna 2,5 maal zoveel geld uitgegeven als aan de gemiddelde Nederlander (600 om 250 euro). In de getallen die hier zijn gebruikt is dat factor 2 (3,44 om 1,77). De werkelijke situatie zal dus nog onderschat zijn, ook omdat daarnaast het gebruik van geneesmiddelen gemiddeld chronischer is en recepten veel vaker voor chronisch (langdurig) gebruik zijn uitgeschreven.



Figuur 4-2 Correctiefactor leeftijdsopbouw op basis van gegevens bevolkingsopbouw CBS.

Ronde Venen, Veenendaal en Maarssen hebben tot meer dan 50% verhoogde kentallen. De Bilt, Bunnik, Utrecht, Rhenen en Nieuwegein 10% tot 30% ten opzichte van het gemiddelde. De leeftijdsopbouw biedt daarvoor geen verklaring. Driebergen, Soest, Houten, Loenen en Maarssenbroek hebben tot 35% verlaagde kentallen. De leeftijdsopbouw biedt ook hier geen verklaring.

4.3 Correctie ziekenhuizen en zorginstellingen

In ziekenhuizen en zorginstellingen (gehandicapteninstellingen en verpleeg- en verzorgingstehuizen) is het medicijngebruik per inwoner relatief hoog. Echter doordat het aantal 'bedden' beperkt is zijn woonwijken veruit de grootste bron van geneesmiddelen in afvalwater. In de gebiedsstudie geneesmiddelen (STOWA, 2011-09) is de emissie uit verschillende typen zorginstellingen gemeten en is het aantal bedden per type en per RWZI geïnventariseerd, zodat per RWZI een beeld van de bijdrage van woonwijken en zorginstellingen is gemaakt. Het resultaat is weergegeven in Tabel 4-3.

Ronde Venen, Veenendaal en Maarssen hebben tot meer dan 50% verhoogde kentallen. De Bilt, Bunnik, Utrecht, Rhenen en Nieuwegein 10% tot 30% ten opzichte van het gemiddelde. De aanwezigheid van ziekenhuizen biedt mogelijk een verklaring voor de gemeten afwijkingen; alleen het ziekenhuis in Ede vertaalt zich niet in verhoogde emissiekentallen. Voor Veenendaal, Maarssen Rhenen, Bunnik, de Bilt en Ronde Venen moeten andere oorzaken ten grondslag liggen aan het verhoogde kental.

Driebergen, Soest, Houten, Loenen en Maarssenbroek hebben tot 35% verlaagde kentallen. Hier zijn geen ziekenhuizen aanwezig. Overige zorginstellingen bieden ook hier geen verklaring

Tabel 4-3 Bijdrage zorginstellingen aan vracht geneesmiddelen per RWZI (STOWA, 2011-09)
met in rood RWZI's met hoge kentallen en in groen met lage kentallen volgens de
onderhavige meetronde.

Beh_RWZI	NAAM_RWZI	INWONERS	%ZIEKENHUIS	%OVERIGEZORG	%ZORG
HDSR	BREUKELN	36844	0%	15%	15%
HDSR	BUNNIK	27156	0%	3%	3%
HDSR	DE BILT	95424	0%	13%	13%
HDSR	DE MEERN	64206	0%	6%	6%
HDSR	DRIEBERGEN	65916	0%	22%	22%
HDSR	HOUTEN	93952	0%	5%	5%
HDSR	LEIDSCHE RIJN	44958	0%	2%	2%
HDSR	LOPIK	31265	0%	1%	1%
HDSR	MAARSSSENBROEK	43683	0%	5%	5%
HDSR	MONTFOORT	25056	0%	3%	3%
HDSR	NIEUWEGEIN	205709	7%	5%	12%
HDSR	OUDEWATER	20318	0%	9%	9%
HDSR	RHENEN	66447	0%	9%	9%
HDSR	UTRECHT	535412	11%	8%	19%
HDSR	WIJK BIJ DUURSTEDEN	44321	0%	1%	1%
HDSR	WOERDEN	89041	7%	3%	10%
HDSR	ZEIST	141852	8%	22%	30%
V&E	AMERSFOORT	391573	3%	10%	14%
V&E	BENNEKOM	27265	0%	8%	8%
V&E	EDE	299600	4%	11%	15%
V&E	NIJCKERK	84379	0%	5%	5%
V&E	RENKUM	144994	0%	12%	12%
V&E	SOEST	163318	0%	22%	22%
V&E	VEENENDAAL	137391	0%	8%	8%
V&E	WOUDENBERG	47881	0%	3%	3%
AGV	AMSTELVEEN	180847	3%	8%	12%
AGV	AMSTERDAM-WEST	1165053	5%	9%	14%
AGV	BLARICUM	49741	0%	12%	12%
AGV	HILVERSUM	112945	13%	5%	18%
AGV	HORSTERMEER	234583	5%	14%	19%
AGV	HUIZEN	87695	0%	5%	5%
AGV	LOENEN AAN DE VECHT	14472	0%	4%	4%
AGV	MAARSSSEN	22501	0%	14%	14%
AGV	RONDE VENEN	63652	0%	6%	6%
AGV	UITHOORN	71596	0%	3%	3%
AGV	WEESP	48010	0%	4%	4%
AGV	WESTPOORT	446109	8%	7%	15%

Tabel 4-4 *Aantal recepten uitgesplitst naar type en leeftijdscategorie*

Rijlabels	Jonger dan 15 jaar	15 tot 25 jaar	25 tot 35 jaar	35 tot 45 jaar	45 tot 55 jaar	55 tot 65 jaar	65 tot 75 jaar	75 jaar of ouder	Totaal leeftijd
A Maagdarmkanaal en metabolisme	205665	144740	211320	356800	471265	595330	539180	603485	3127780
B Bloed en bloedvormende organen	23060	36070	78170	106585	185405	326400	406230	569900	1731810
C Hartvaatstelsel	18425	38505	75955	216985	488505	789695	737415	789445	3154925
D Dermatologica	565140	370215	361550	462855	444755	426080	337095	363280	3330965
G Urogenitale stelsel en geslachtshorm.	28105	538760	413110	385775	250110	152565	126040	132125	2026590
H System. horm.prep. excl geslachtshorm.	36915	32515	59390	115405	155950	183020	168010	190175	941375
J Antimicrob. middelen v. system. gebr.	645675	415320	479105	638895	557890	528275	398365	415815	4079330
L Oncolytica en immunomodulantia	3140	5145	13440	24370	32945	40405	39835	44315	203595
M Skeletspierstelsel	35010	244280	351620	561720	588600	535415	377090	330740	3024475
N Zenuwstelsel	113650	155920	289110	512520	593755	570015	445990	526870	3207825
P Antiparasitica, insecticiden en...	8780	22930	34090	39780	31715	23640	11740	8015	180690
R Ademhalingsstelsel	438525	331930	360505	510035	482155	440210	331530	300885	3195780
S Zintuiglijke organen	320530	168205	175170	264510	259900	279730	256315	312890	2037250
V Diverse middelen	8295	8335	7680	10400	8625	7255	5910	6745	63245
Y Niet ingevuld	675	800	825	1415	3270	5945	7460	12340	32735
Eindtotaal	2451590	2513670	2911040	4208050	4554845	4903980	4188205	4607025	30338370

5 Conclusies en aanbevelingen

5.1 Conclusies en aanbevelingen

De doelstelling van de meetronde is als volgt beschreven:

- 1) Om inzicht krijgen in onderlinge verschillen en overeenkomsten tussen installaties, met name in de emissie per inwoner (het zogenaamde 'kental');
- 2) om inzicht krijgen in verwijderingsrendementen voor de gemeten geneesmiddelen en in andere factoren die de emissie van geneesmiddelen beïnvloeden;
- 3) om de bijdrage te kwantificeren van de input van provincie Utrecht aan de hoeveelheid medicijnresten in oppervlaktewater
- 4) om de hierboven genoemde nieuwe informatie te vergelijken met recente studies, met name de Landelijke Hotspotanalyse (HSA).

Resultaat meetronde

De uitgevoerde meetronde RWZI's geeft voor Nederland een eerste consistent verkregen beeld van de verschillen en overeenkomsten die tussen RWZI's bestaan, voor zover de metingen die op 1 dag zijn gedaan representatief zijn te noemen voor het 'normale functioneren van de zuivering'. De verschillen en overeenkomsten van de influentvracht per inwoner, van het zuiveringsrendement en van de effluentconcentraties (uitgedrukt als emissie per inwoner per jaar) is daarbij in beeld gebracht voor de gemeten stoffen.

In de meetronde zijn in influent en in effluent meerdere geneesmiddelen gemeten waarvan nog nauwelijks gegevens in de WATSON-database staan. Voor die geneesmiddelen zijn nu dus voor het eerst kentallen afgeleid, met als meest sprekende voorbeeld paracetamol. Paracetamol blijkt ruim de helft van de geneesmiddelenvracht in influent te vertegenwoordigen (mediaan 298 µg/l in influent) en is niet of nauwelijks aanwezig in effluent. De vracht medicijnresten in influent blijkt vooral bepaald te worden door metformine en paracetamol, stoffen die bijna geheel worden verwijderd door RWZI's.

Uit de vergelijking van gemeten concentraties, kentallen en verwijderingsrendementen per RWZI en op stofniveau met WATSON-gegevens blijkt dat gemiddelden en mediane getallen voor beide gegevensbronnen meestal goed vergelijkbaar zijn. Een kleine groep stoffen blijkt ongeveer factor 2 hoger dan in de WATSON-database en dit wordt vooralsnog verklaard door toename in gebruik (sulfamethoxazol, diclofenac, losartan, sotalol, valsartan, ibuprofen, paracetamol). Omdat de gemeten verwijdering in RWZI's vergelijkbaar met WATSON leidt dat voor de bovengenoemde groep stoffen ook tot hogere effluentconcentraties. De somconcentratie geneesmiddelen is daardoor ongeveer 40% hoger in influent en in effluent dan op basis van de WATSON-gegevens. Tot slot zijn verschillen in verwijderingsrendement aanwezig en deze zijn relatief groot, waardoor de uitgaande bij een zelfde input maar liefst factor 3 kan verschillen.

De gemeten variabiliteit zal deels voortkomen uit laboratoriumonzekerheid. Om meer over de oorzaak van variabiliteit te weten te komen is een nadere inventariserende en statistische analyse van geneesmiddelengebruik nodig. Daarnaast zijn laboratoriumtesten nodig waarin de plausibiliteit en juistheid in de betreffende matrices (influent en effluent) bij de gevonden concentratieranges proefondervindelijk is vastgesteld.

Betekenis gemeten stoffenpakket voor het berekende verwijderingsrendement

In deze studie is een beperkt analysepakket geanalyseerd. Gabapentine (afbraak op basis van WATSON-gegevens ongeveer 50%), Irbesartan (afbraak ongeveer 0%), Anhydro-erythromycine (0%) en Hydrochloorthiazide (50%), samen goed voor 5 µg/l effluentvracht volgens de WATSON-database, zijn niet gemeten in de meetronde Utrecht. Daardoor is een relatief hoog verwijderingsrendement berekend. .

Invloed forensen, leeftijdsopbouw, zorginstellingen en afbraak van geneesmiddelen in het rioolstelsel

Leeftijdsopbouw van inwoners, het effect van forensen en de aanwezigheid van zorginstellingen en ziekenhuizen hebben te weinig invloed om de gevonden verschillen in influenten te verklaren. Ook afbraak in het rioolstelsel lijkt geen verklarende factor te kunnen zijn aangenomen dat afbraakprocessen er vergelijkbaar zijn met die in RWZI's.

De influenten variëren dusdanig veel dat het zoeken naar andere oorzaken onder de aandacht moet blijven. Voor kleine RWZI's kan een enkele gebruiker al verschillen in kentallen veroorzaken. Dit geldt het meest voor niet-chronisch ingenomen stoffen met hoge dosering (zoals röntgencontrastmiddelen) en anderzijds voor stoffen die een zeer kleine gebruikersgroep hebben maar hoge doseringen, waardoor deze toch wordt aangetroffen maar sterk kan variëren op basis van toevallig of niet toevallig aanwezige verschillen in het aantal patiënten per regio.

Afwenteling

De afwenteling van medicijnresten is in beeld gebracht. Gezien de hoge bevolkingsdichtheid is het niet verwonderlijk dat concentraties binnen de provincie toenemen in zowel het Amsterdam-Rijnkanaal als in de Eem en op de overige uitwisselpunten van de Provincie.

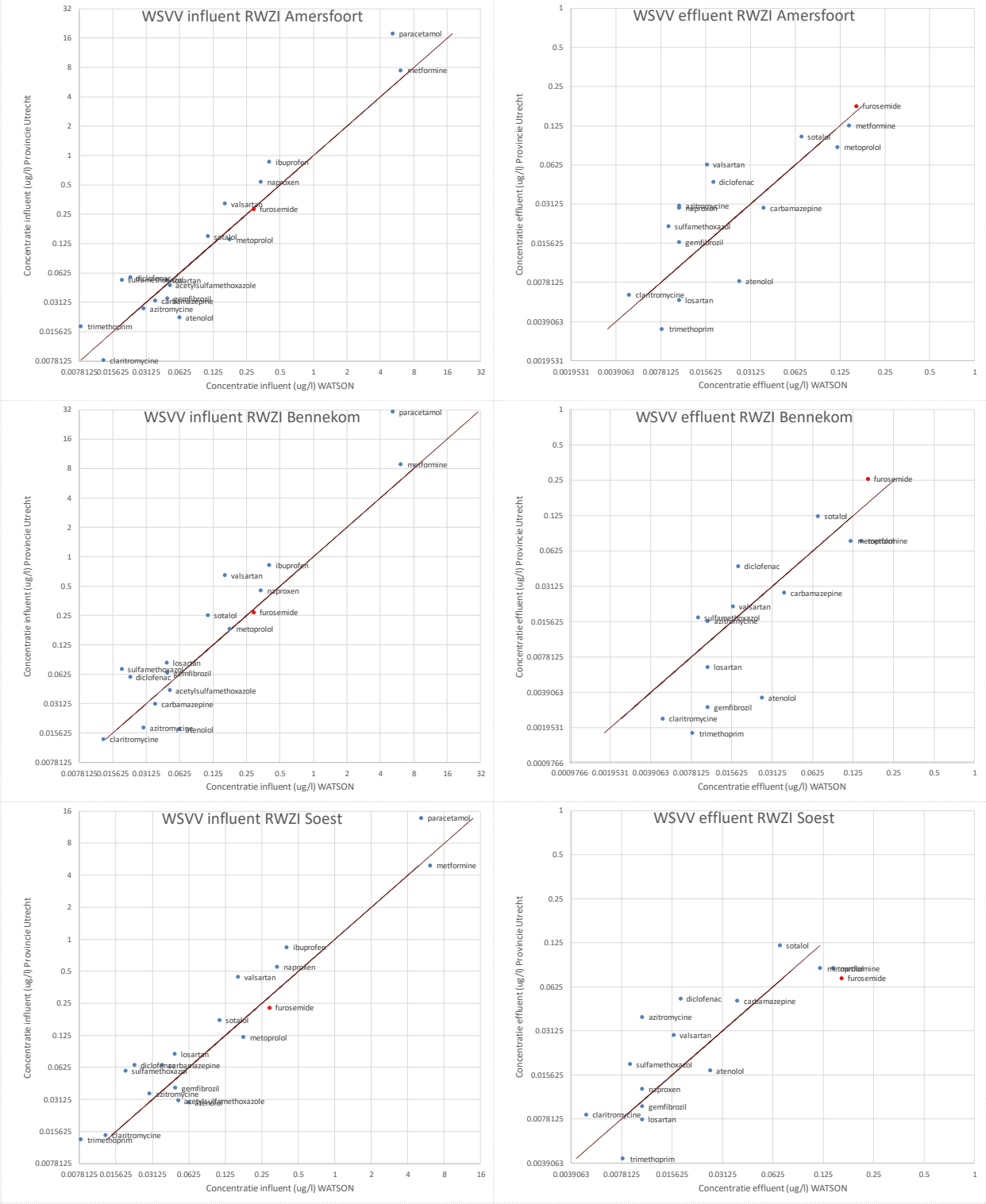
5.2 Toekomstig onderzoek

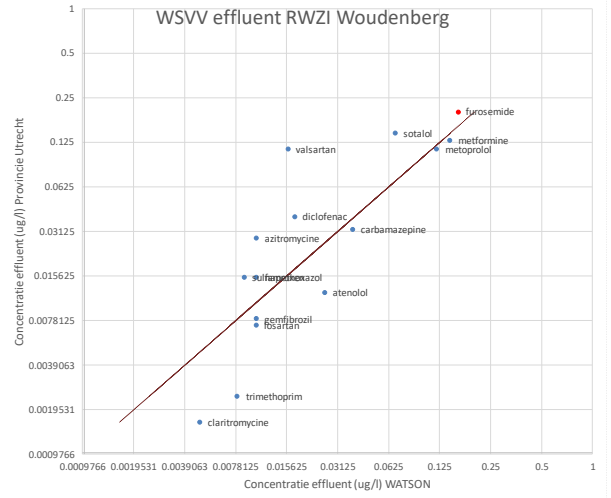
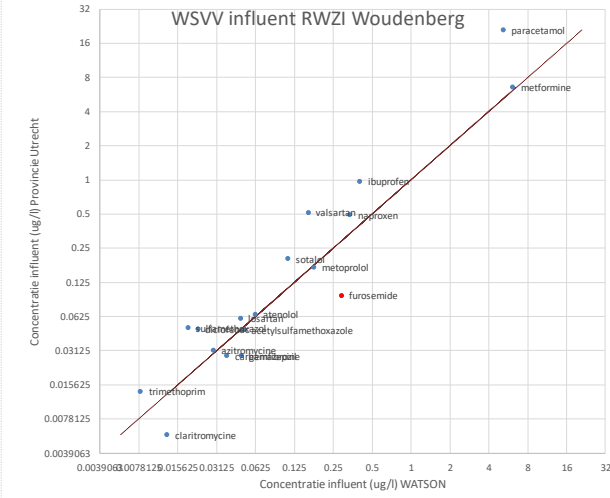
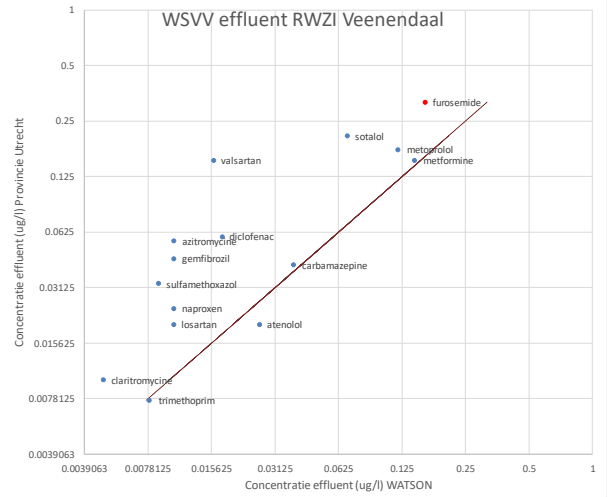
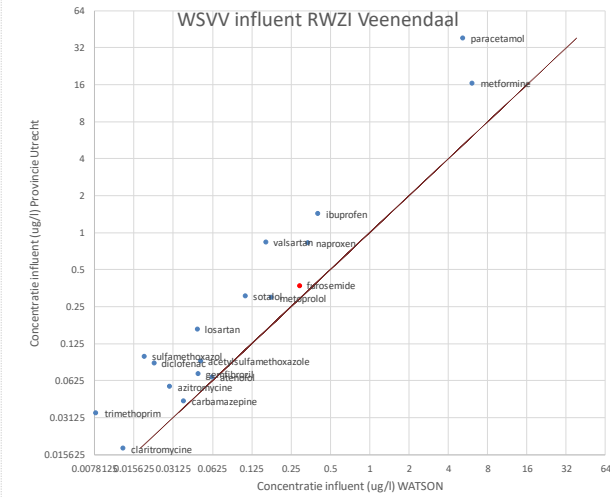
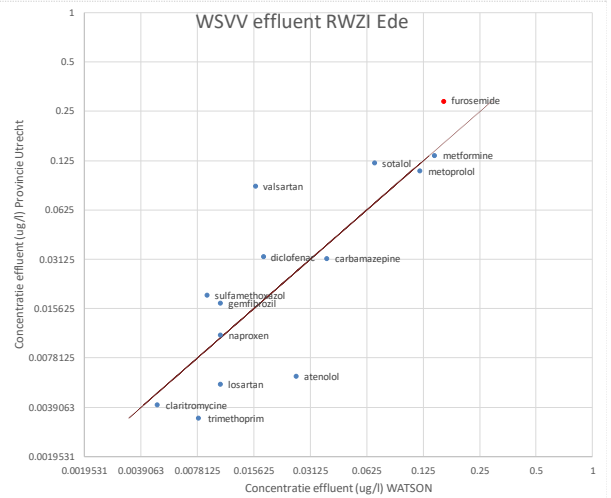
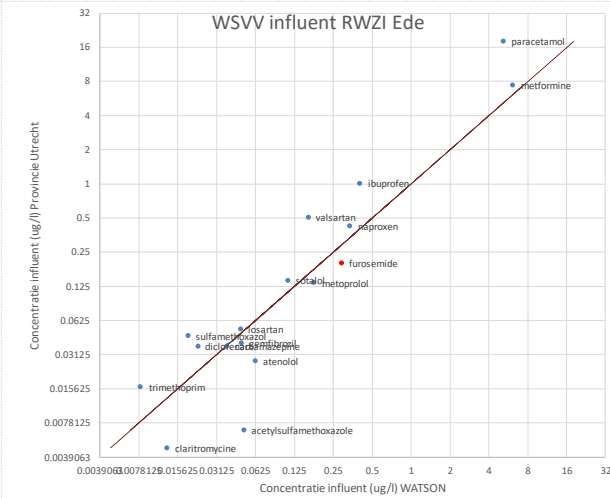
Meerdere zaken moeten beter in beeld komen om verwijdering van microverontreinigingen op de juiste manier te kunnen inschatten. Door onnauwkeurigheden in de metingen is het moeilijk proceskennis uit de gegevens te herleiden, en wordt aanbevolen hypothesen te testen zoals hier gedaan voor onder andere zandfilters. De volgende zaken kunnen worden onderzocht:

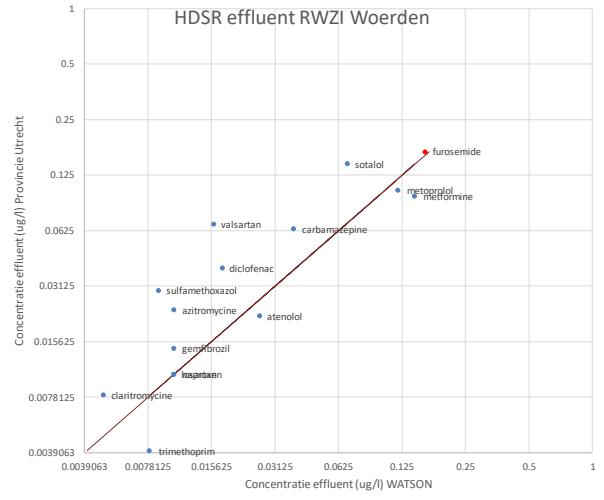
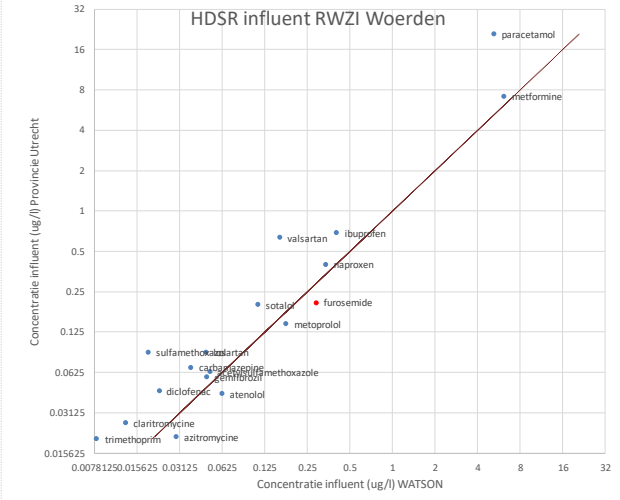
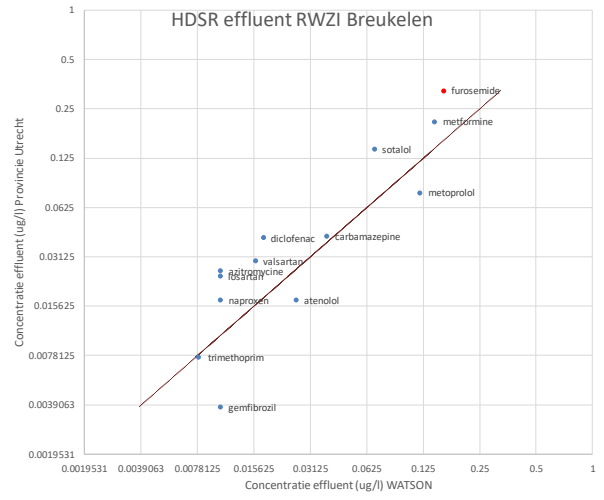
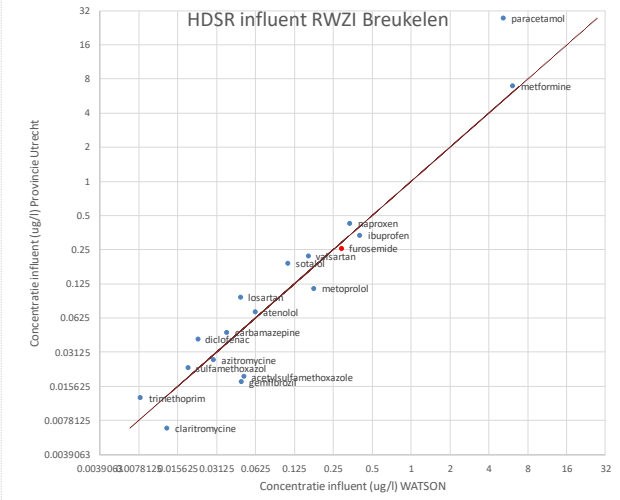
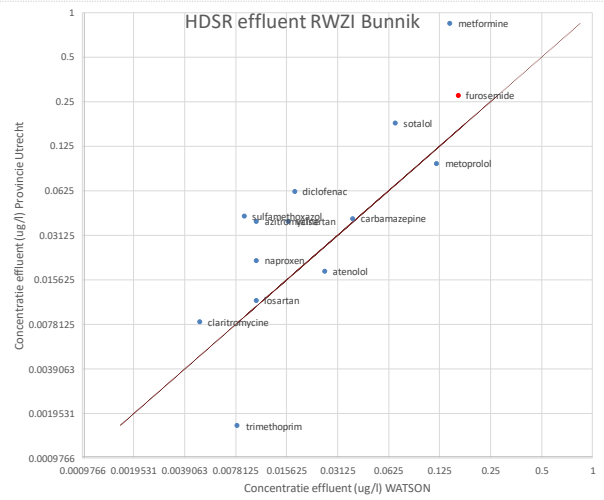
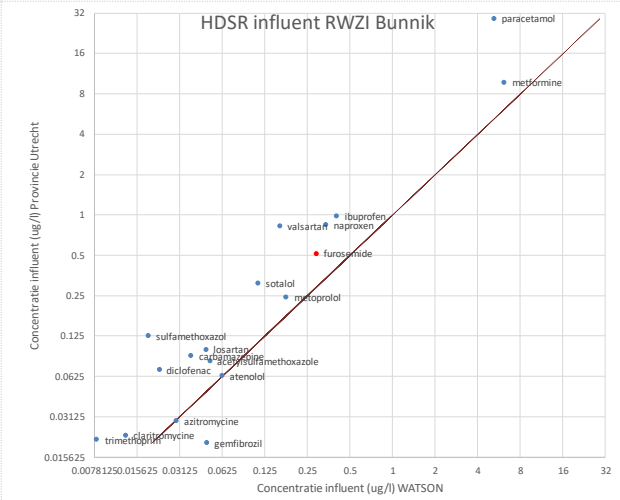
- De verwijdering op andere momenten in het jaar, met andere watertoevoer en de variabiliteit in het algemeen.
- De oorzaken van verschillen in verwijderingsrendement. Op basis van literatuuronderzoek is mogelijk onderscheid aan te brengen in middelen die gevoelig zijn voor oxidatie, reductie en sorptie, zodat het vervolgens eenvoudiger wordt om na te gaan welke factor bij de betreffende RWZI's een verklarende rol kan spelen.
- De oorzaken van de verschillen in kentallen van influent.
- Het selecteren van andere maatgevende stoffen en medicijnen.

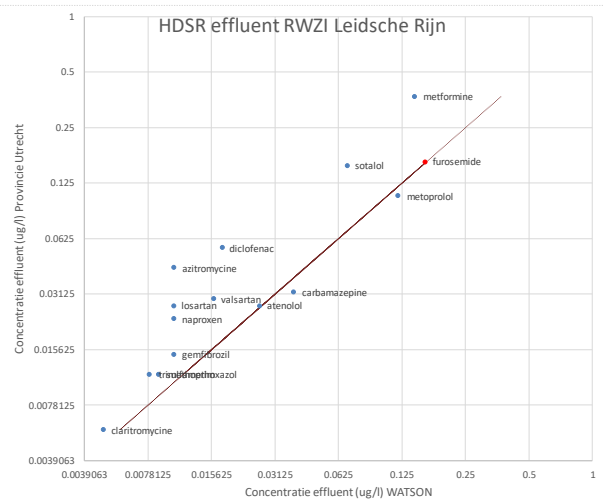
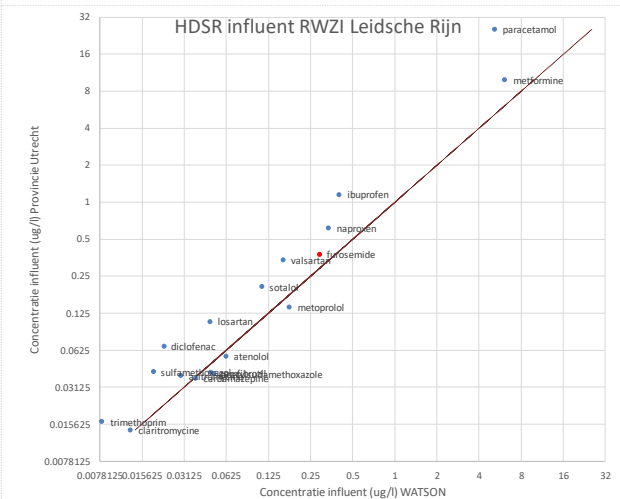
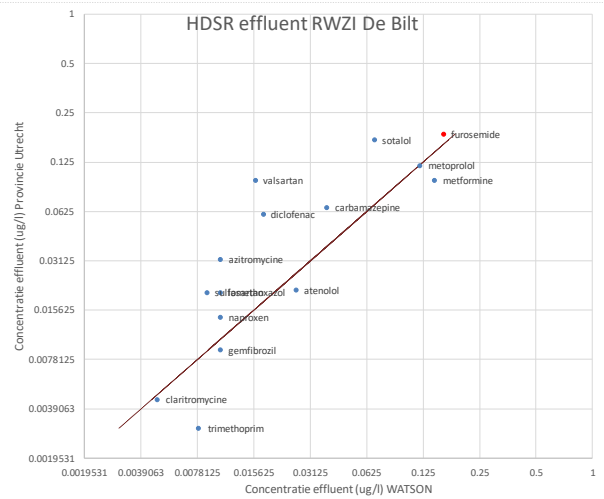
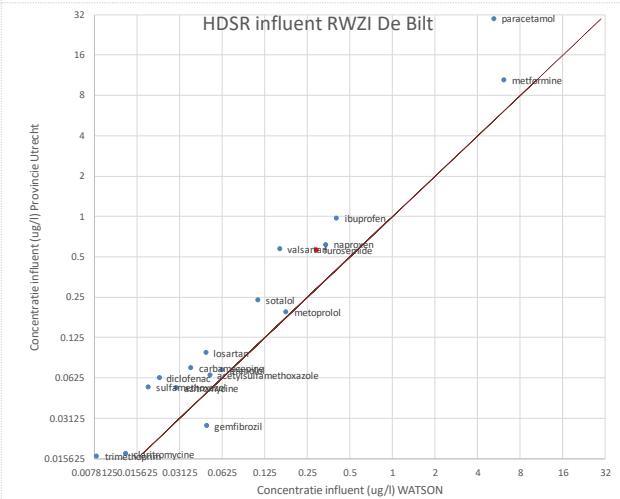
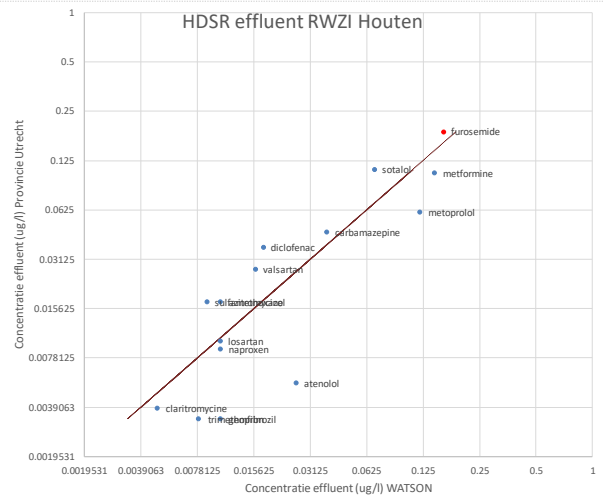
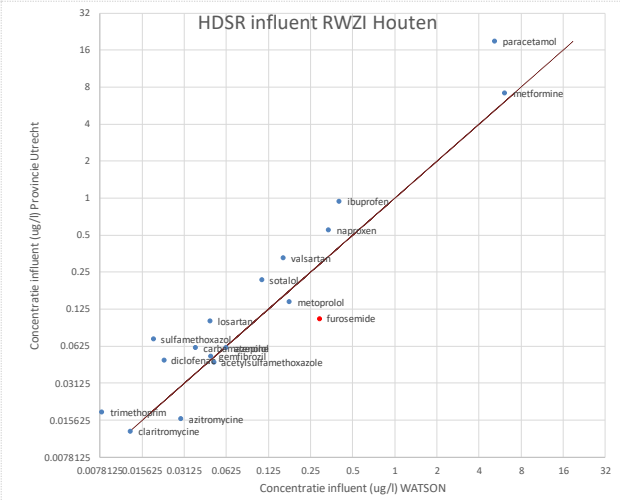
Aanbevolen wordt ten eerste de WATSON-database nader op deze punten te analyseren.

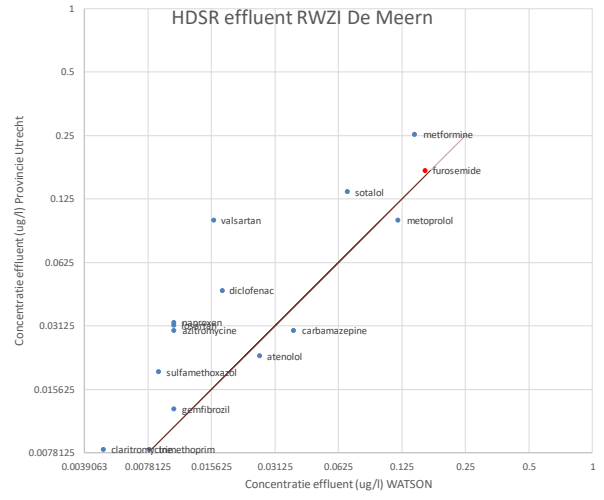
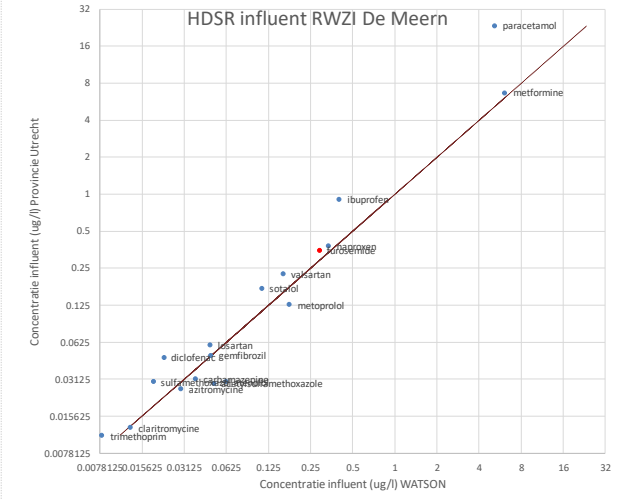
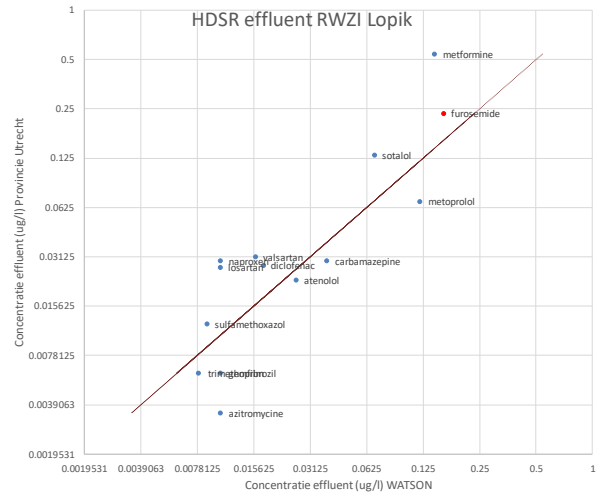
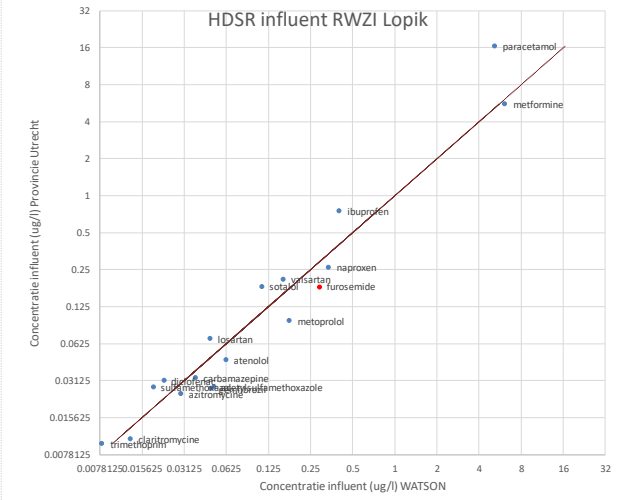
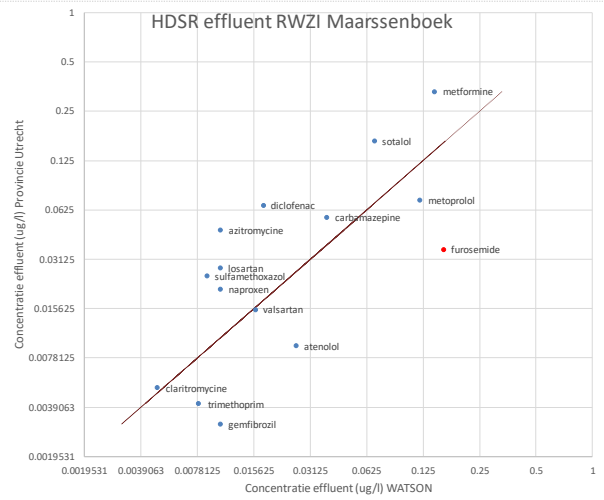
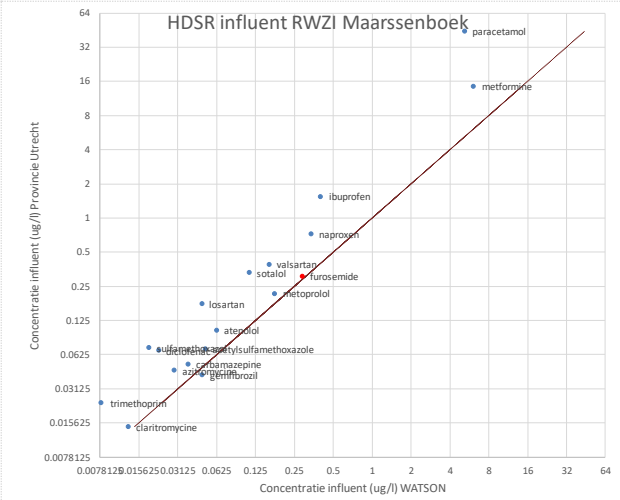
Bijlage 1: Vergelijking metingen met WATSON-mediane concentraties

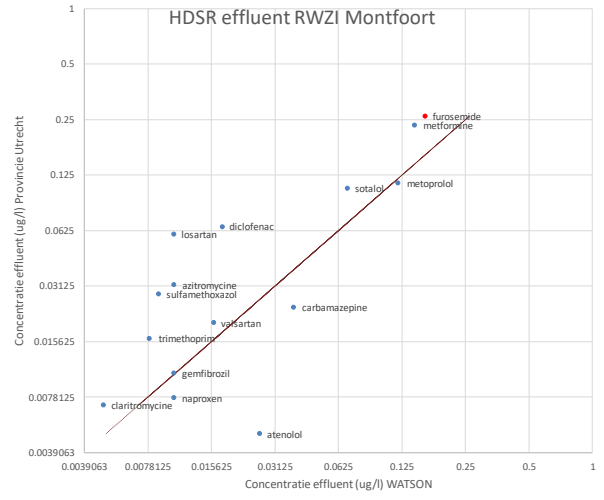
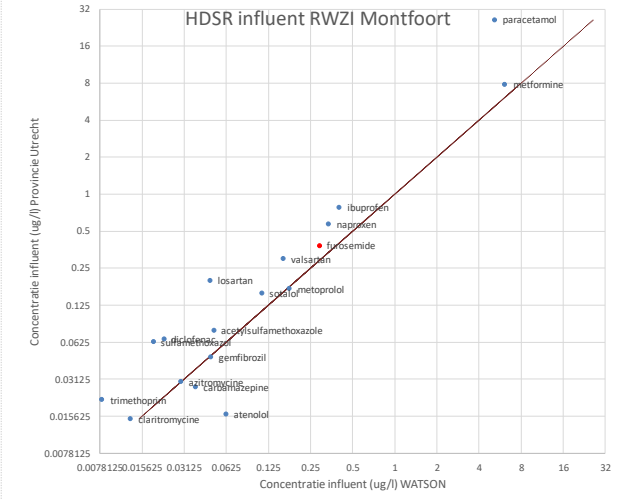
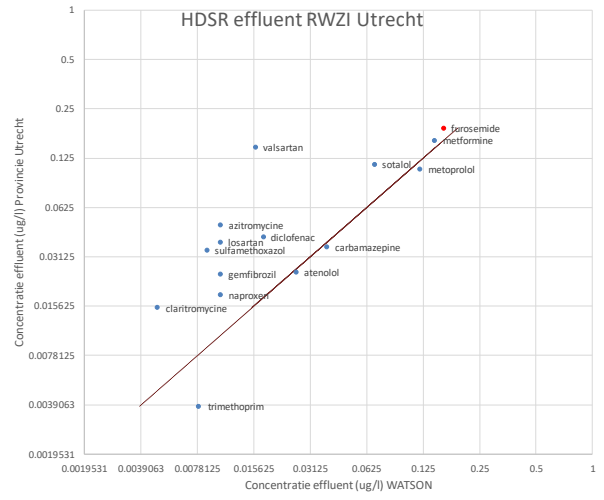
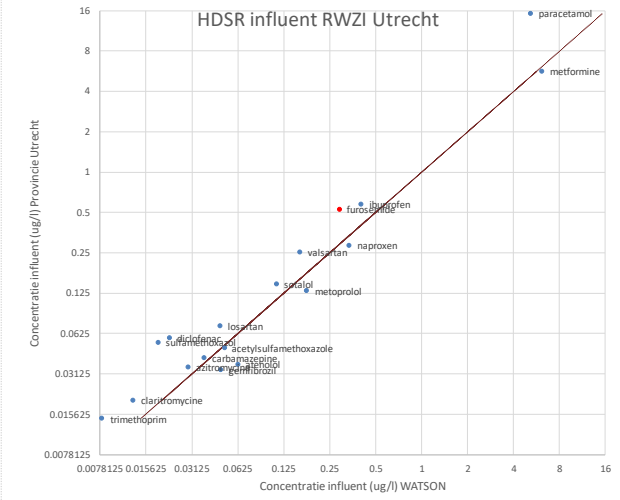
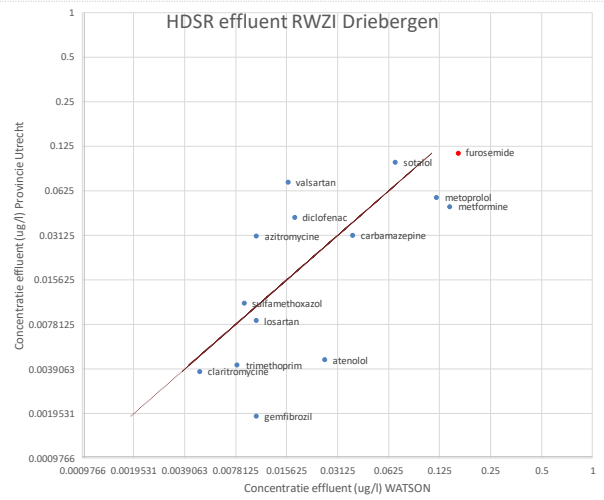
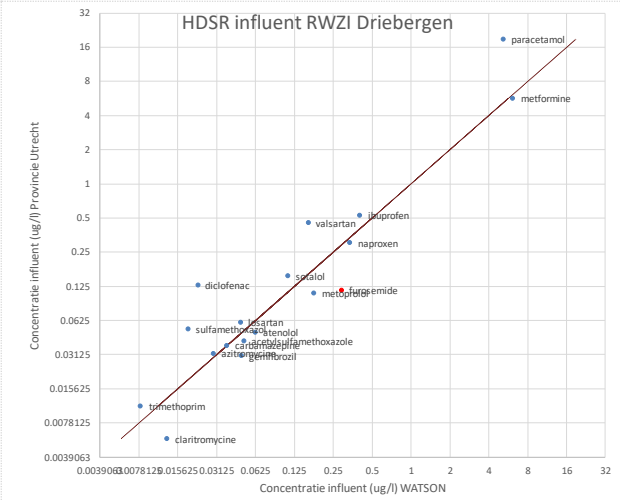


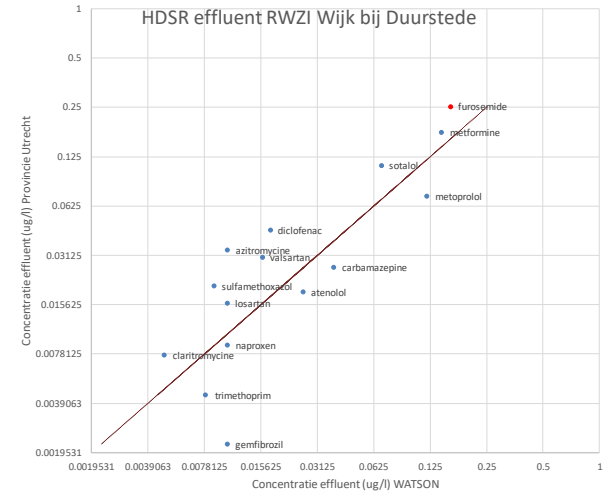
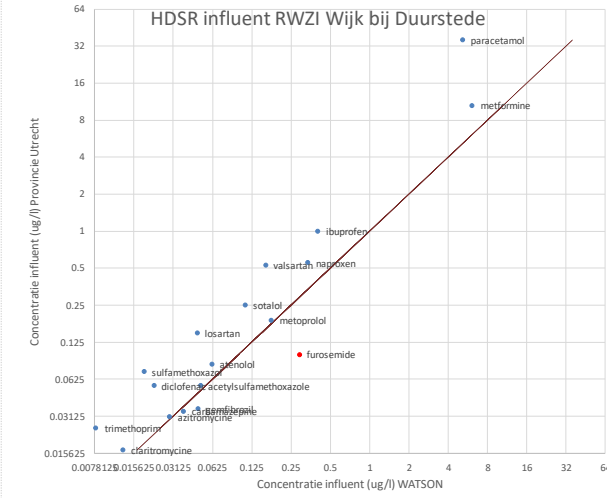
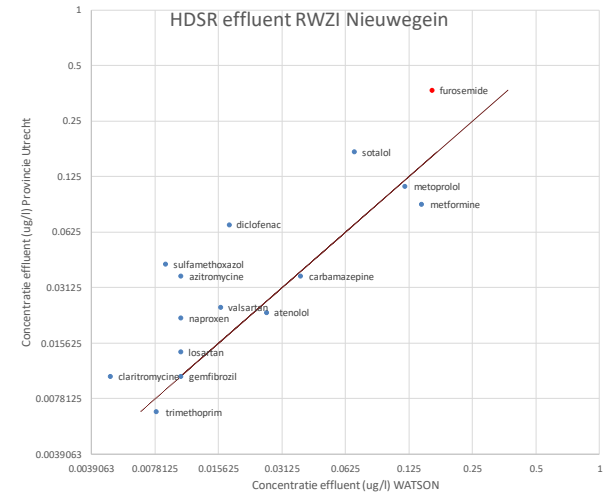
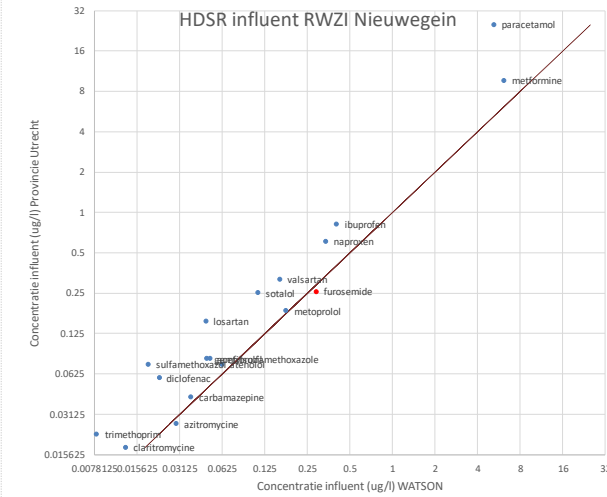
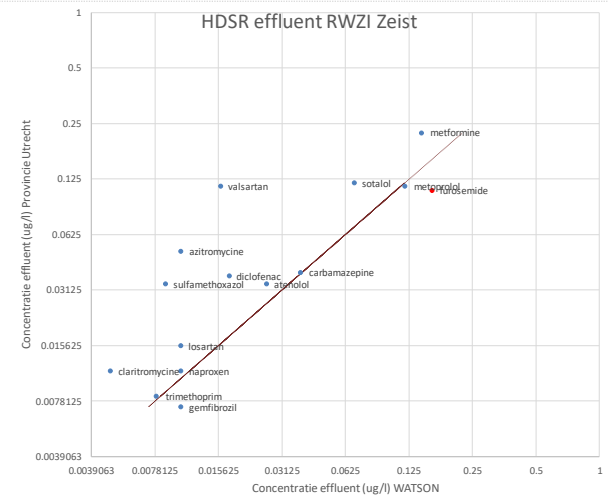
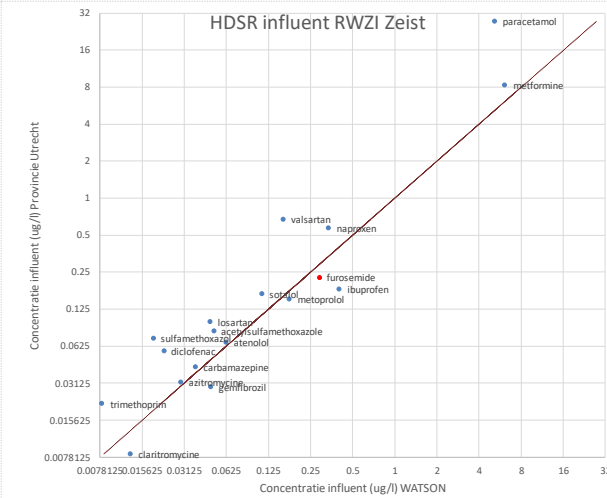


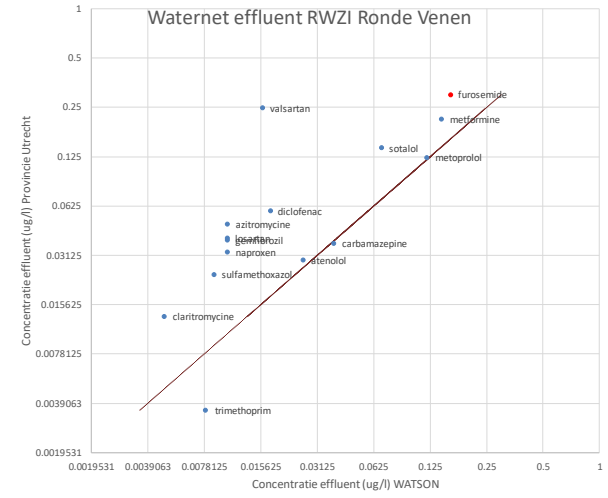
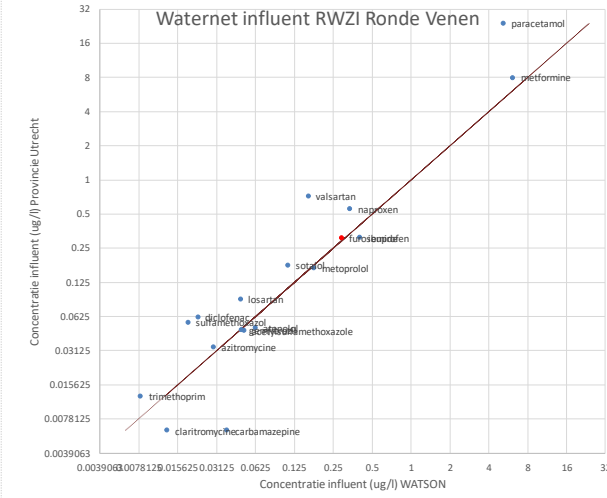
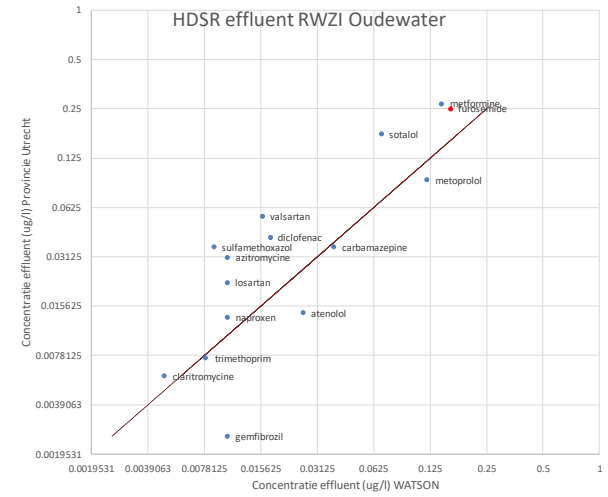
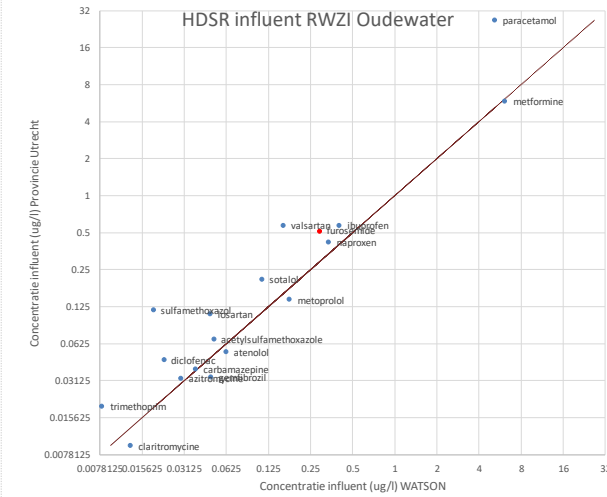
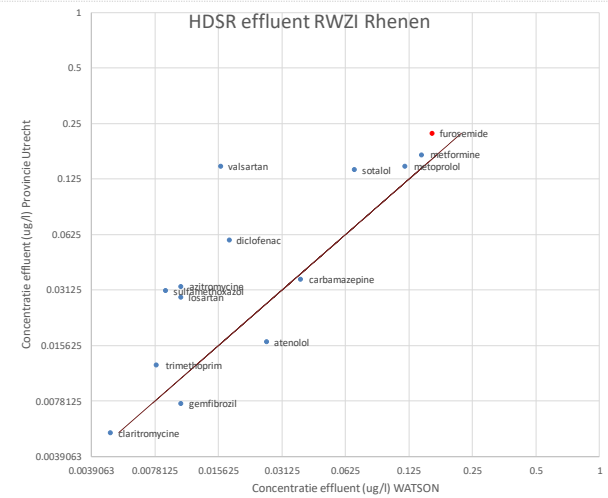
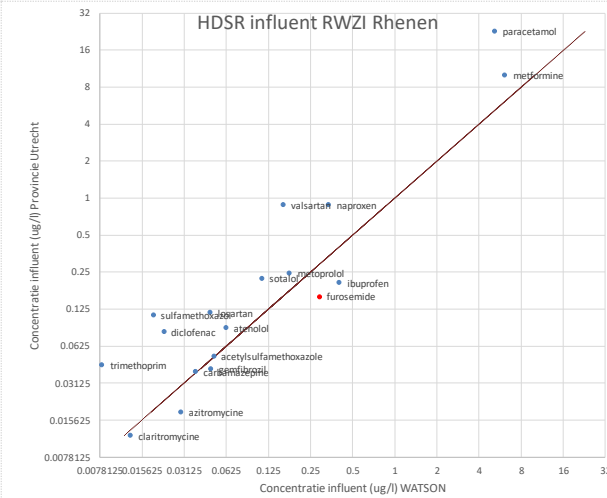


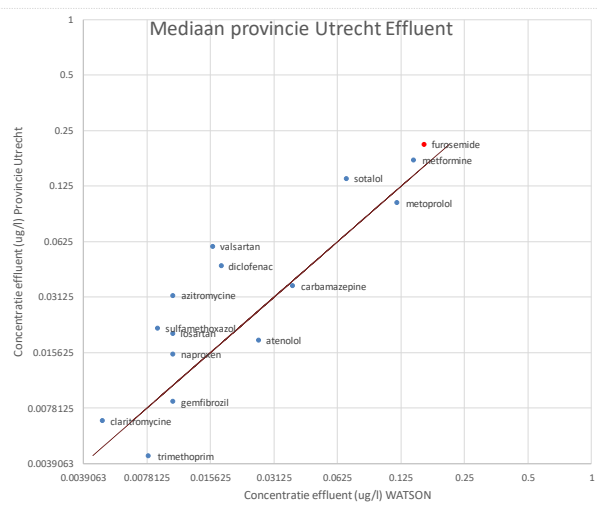
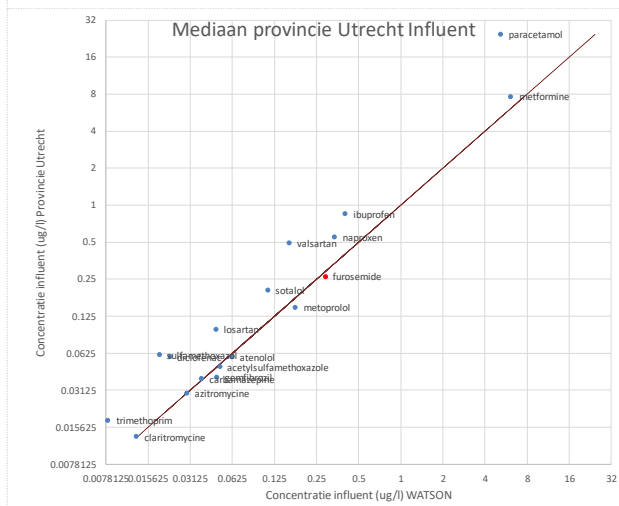
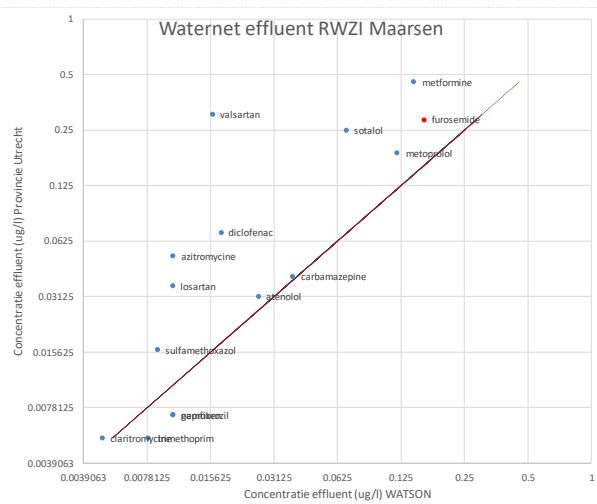
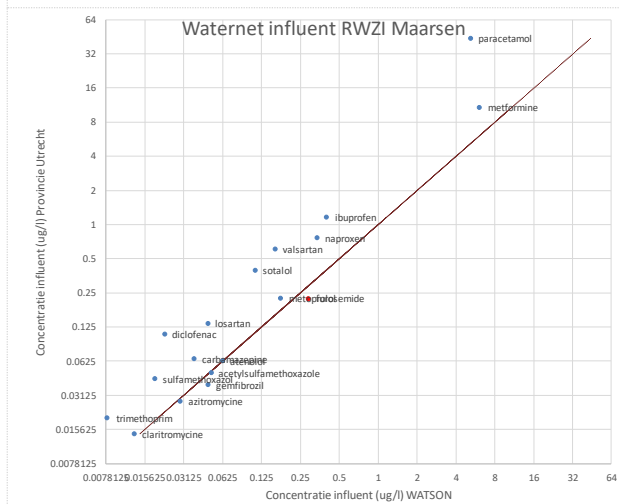
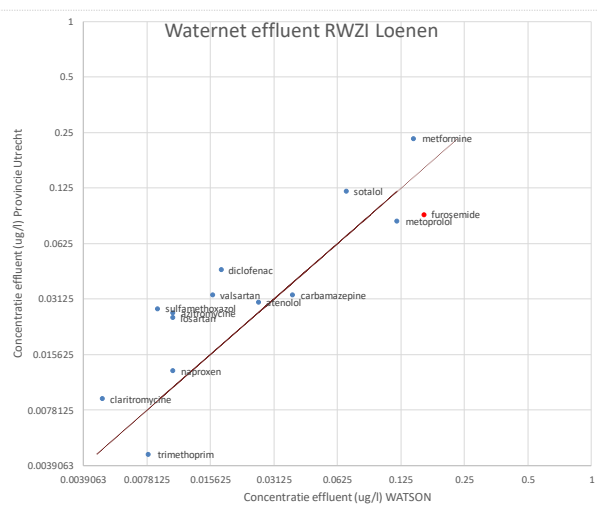
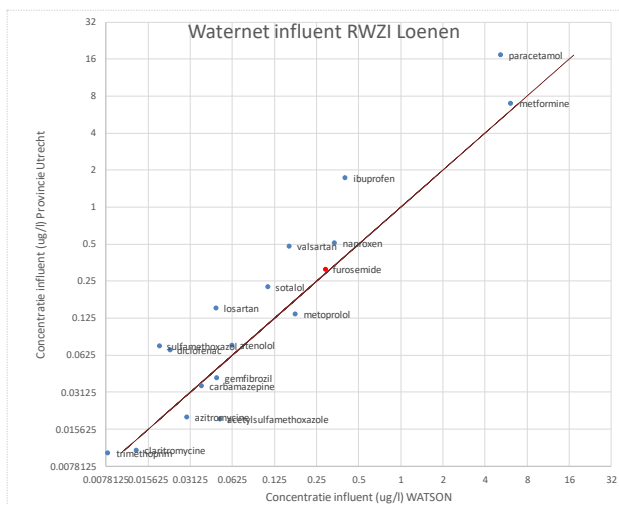




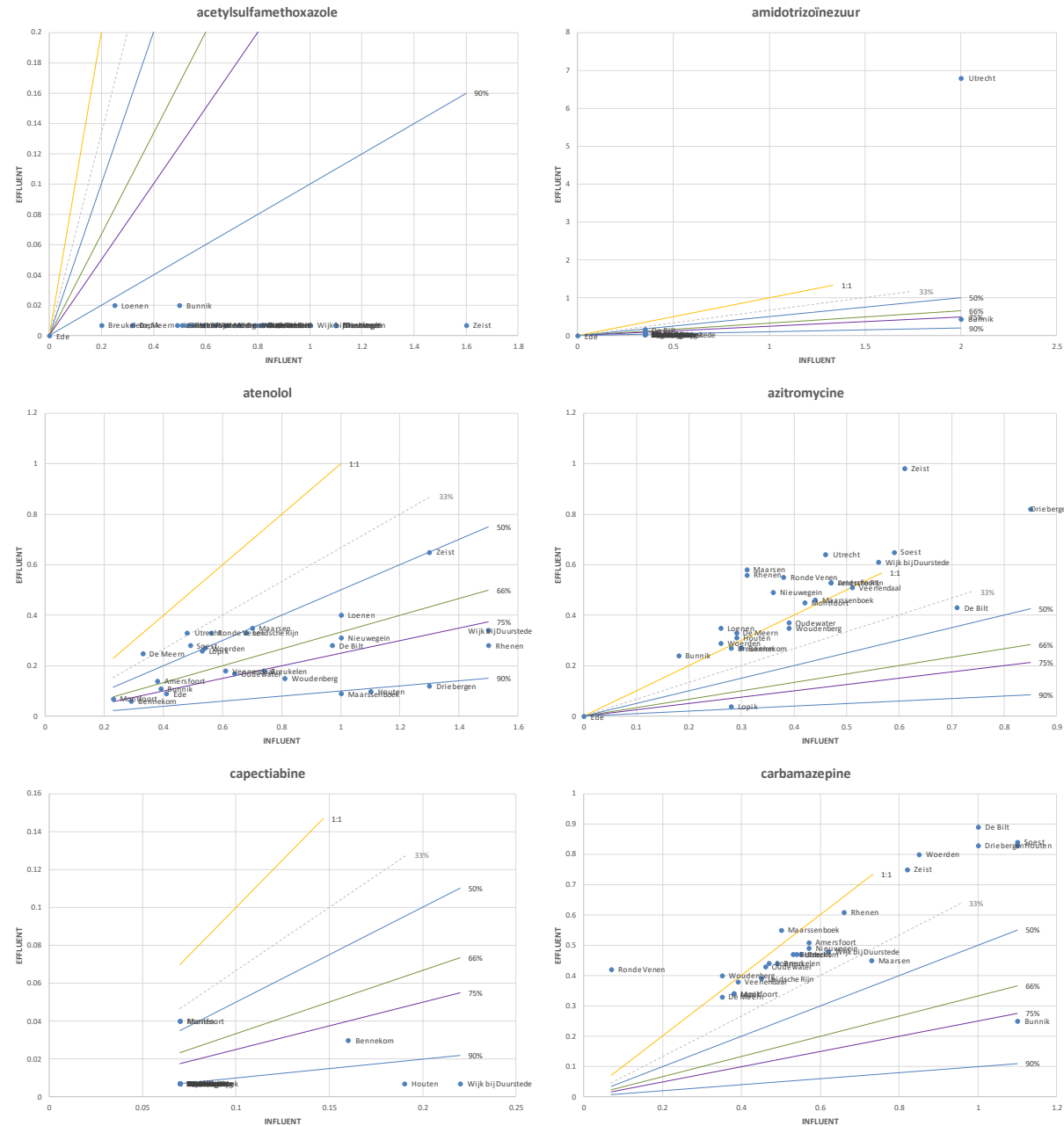


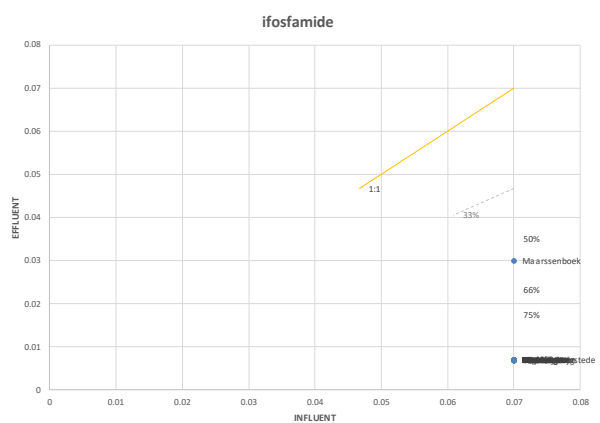
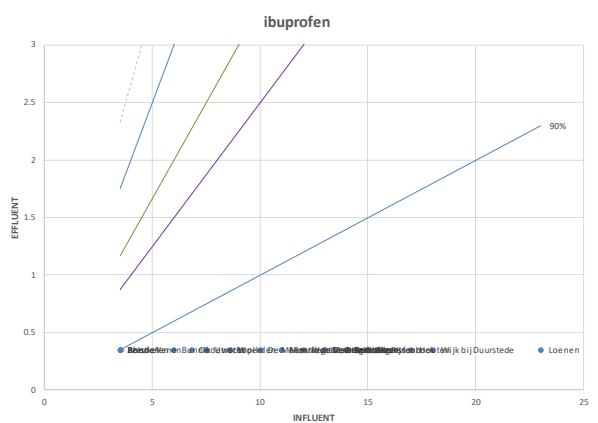
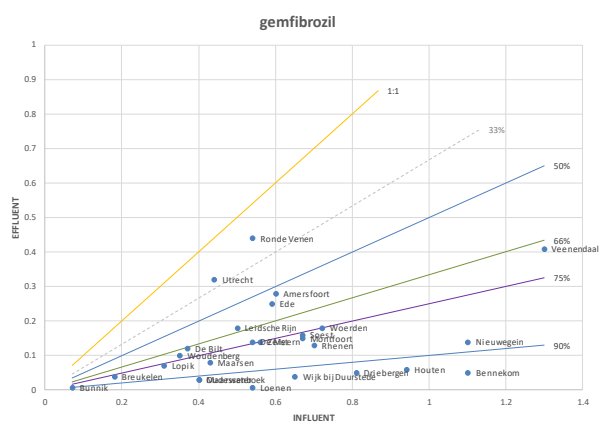
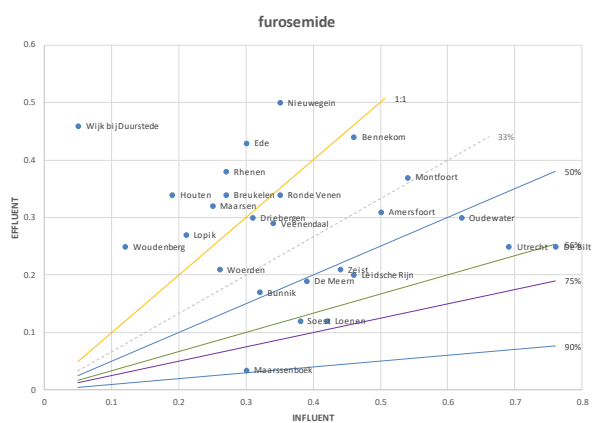
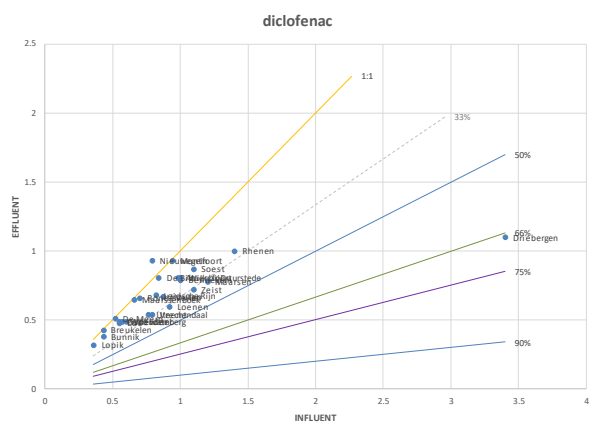
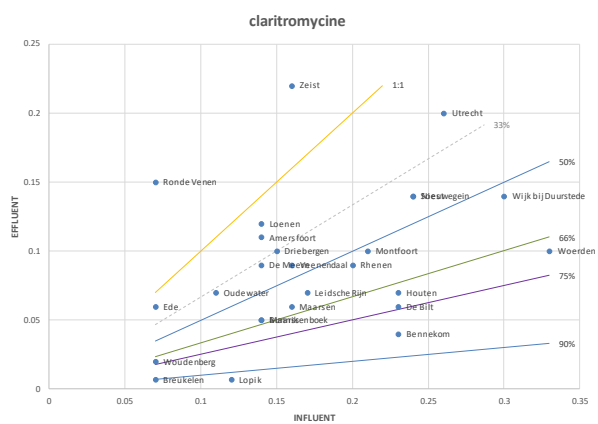


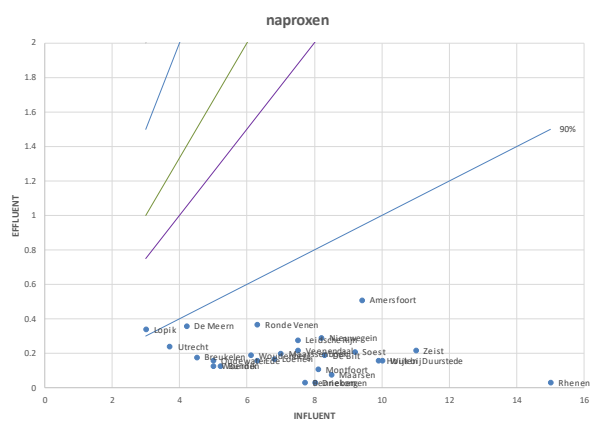
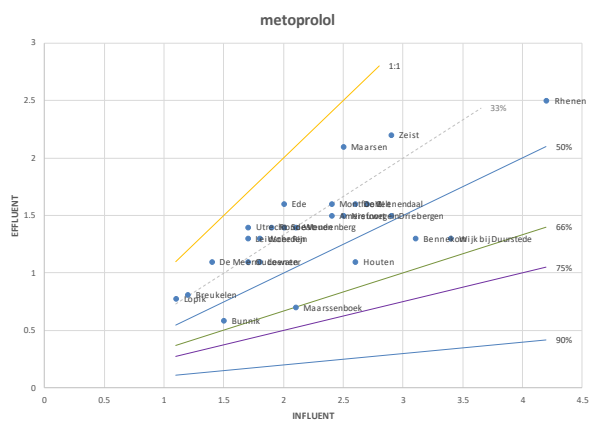
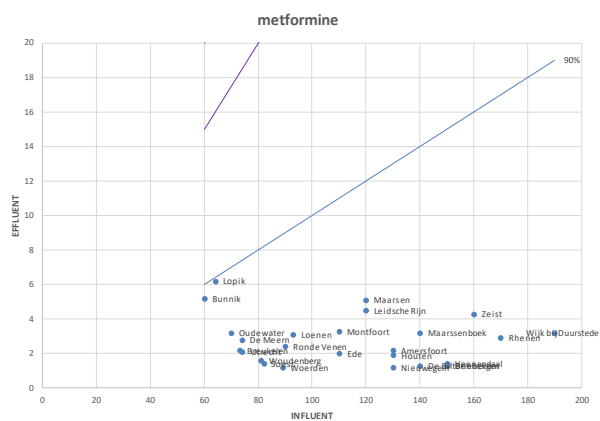
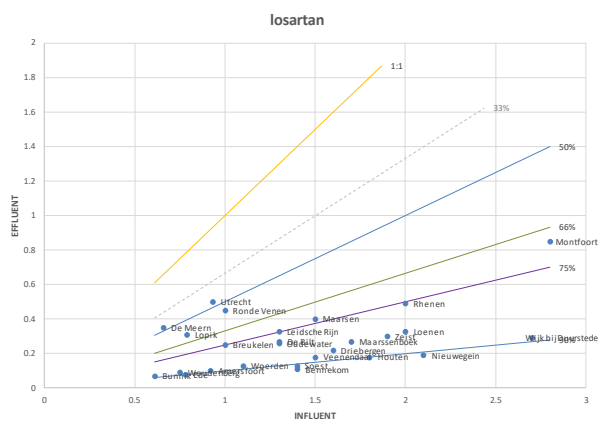
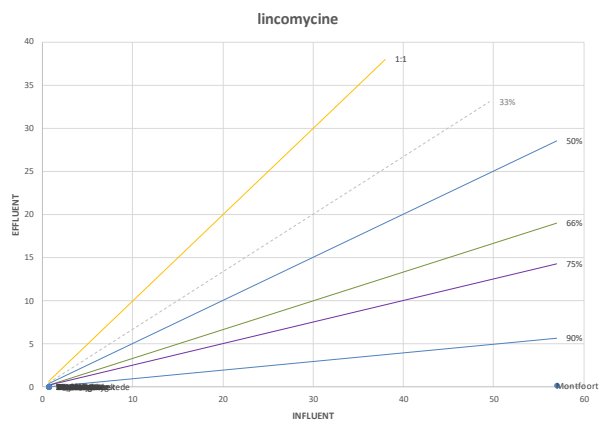
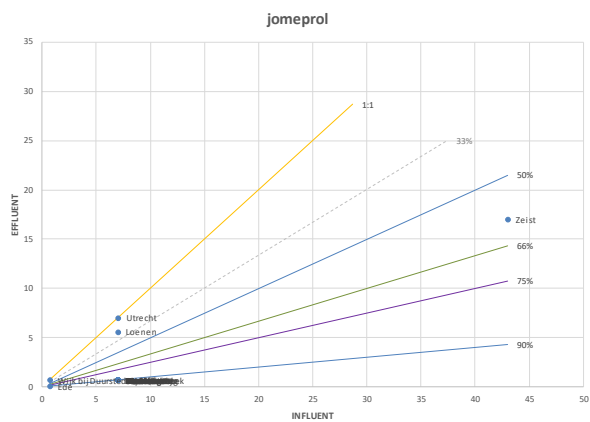


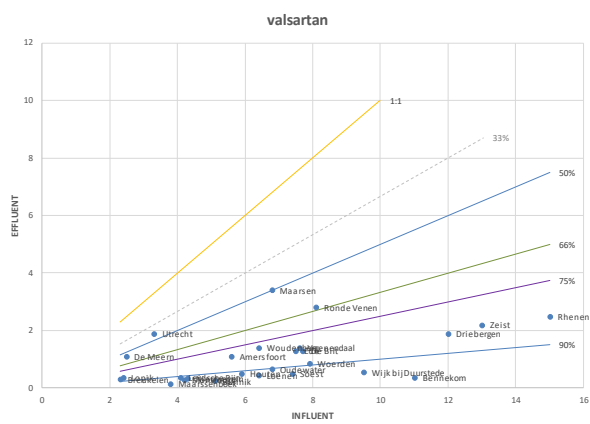
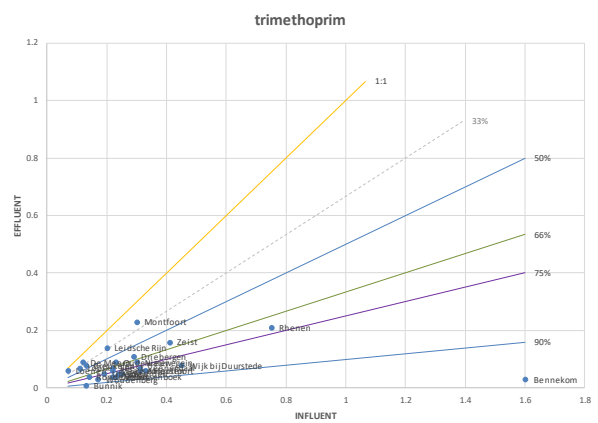
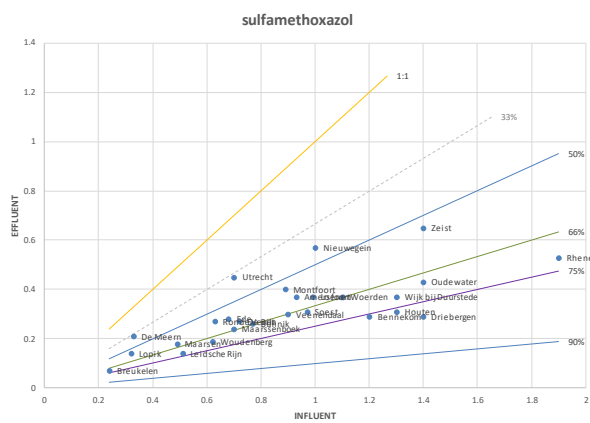
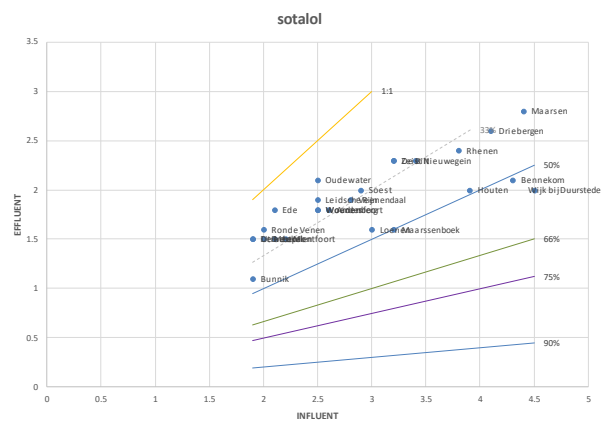
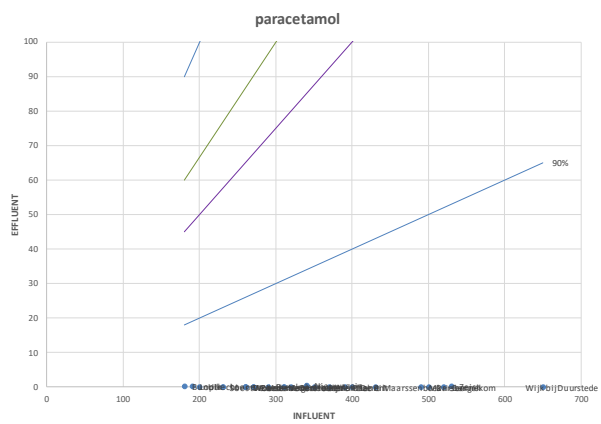


Bijlage 2: Grafieken verwijdering geneesmiddelen









Bijlage 3: Beschouwing regionale metingen waterkwaliteit

Wanneer bekend is hoeveel vracht er wordt geloosd door RWZI's wordt met metingen in regionale wateren vooral naar twee zaken gekeken:

- Of de gemeten verdunning van effluënten overeenkomt met de verwachting op basis van de in modellen berekende verdunning.
- Of na verdunning de medicijnresten nog voldoende nauwkeurig kunnen worden geschat omdat na verdunning voor veel stoffen detectielimieten te verwachten zijn.

In Tabel B3.1 is het resultaat van de regionale metingen in Utrecht weergegeven door op basis van elke aangetroffen stof de 'fractie effluent' te berekenen.

Tabel B3.1 De voor elke stof op basis van de metingen berekende fractie effluent in oppervlaktewater en vergelijking met de berekende concentraties uit de HSA

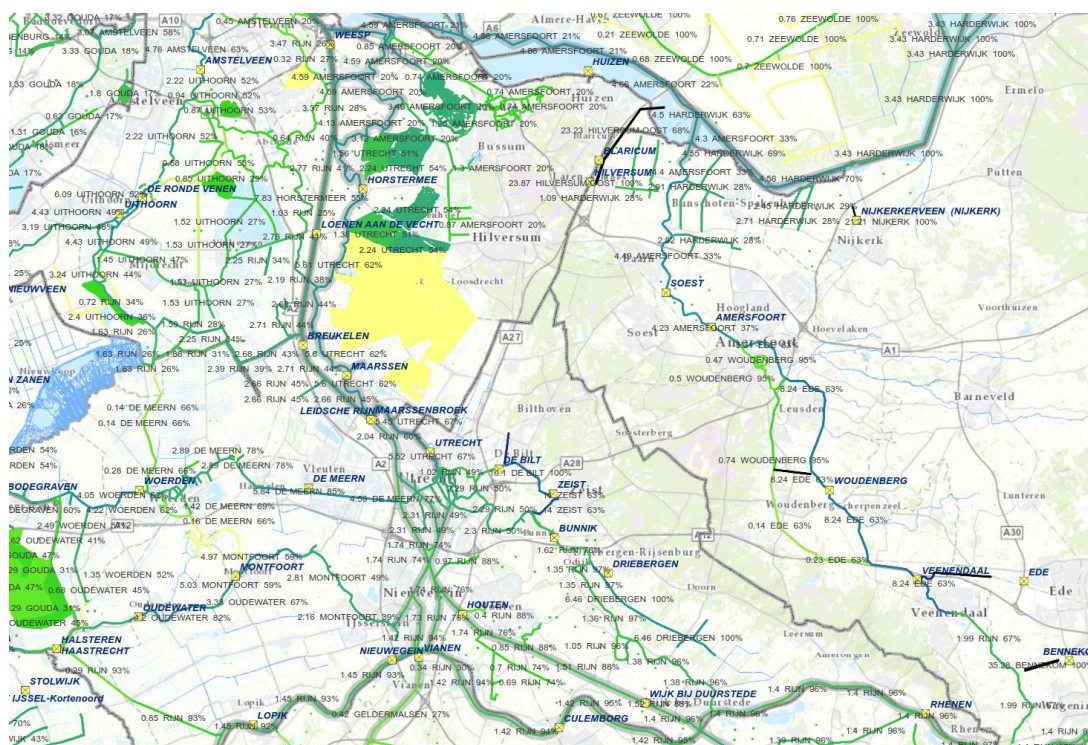
	HDSR Amsterdam Rijn Kanaal inlaat (Utrecht)	HDSR Lek (Schonhoven)	HDSR w06 Oude Rijn te Bodegraven	HDSR e24 Hollandse IJssel Watersluis te Gouda	HDSR intrekwater w01 Oude Rijn te Woerden	WSV/ Eem inlaat (Rijnwater) a289931	WSV/ Eem uitlaat (richting Eemmeer) a289775	Waternet Vecht	Waternet Amsterdam Rijn Kanaal uitlaat	Waternet intrekwater Nieuwegein
carbamazepine	11%	11%	11%	4%	2%	17%	11%	4%	11%	11%
claritromycine						11%				
diclofenac	2%	2%	5%			11%	5%		2%	2%
sulfamethoxazol	17%	17%	7%			17%	14%		10%	14%
metformine	23%	23%	26%	3%		15%	25%	7%	21%	26%
atenolol						8%			4%	
furosemide						4%				
gemfibrozil						16%				
paracetamol	10%	7%	48%	31%	21%	21%	7%	10%	7%	7%
losartan			4%						8%	
metoprolol	5%	5%	4%			14%	6%		5%	5%
sotalol	2%	2%	5%	2%	1%	12%	2%		4%	2%
amidotrizoïnezuur	144%	163%		13%	13%		125%		88%	131%
valsartan	8%	8%	11%			16%	11%		5%	7%
MEDIAAN	10%	8%	7%	4%	7%	14%	11%	7%	7%	7%
Berekende Concentratie op basis van kental	1.9	1.4	1.2	0.8	1.3	2.6	1.9	1.2	1.2	1.2
Berekende HSA- concentratie	1.74	1.42	4	11	4	2	4.6	1.3	4.1	1.7

Onderaan in de tabel staat de mediaan van de berekende fractie (%), de op basis daarvan berekende totaalconcentratie in oppervlaktewater op basis van het kentel van de HSA en de berekende HSA-concentratie (die dus is berekend met de 'HSA-debieten'.

Geconcludeerd wordt dat het beeld vaak overeenkomt maar dat wel zaken opvallen:

- Afname concentratie in Valleikanaal/Eem terwijl een verdubbeling in concentratie wordt verwacht. De werkelijke effluentvracht zou ongeveer gelijk moeten zijn (zie paragraaf 3.2.2) dus de verklaring moet zitten in een groter debiet in de Eem dan gebruikt bij de berekening van het hotspotmodel.
- Fors lager dan verwachte concentraties in de Oude Rijn / Utrecht-West.
- De forse verschillen tussen de metingen van wateren die voornamelijk uit water afkomstig uit de Lek bestaan. Hiervoor is nader onderzoek door HDSR zelf aan te bevelen.
- Röntgencontrastmiddelen vertonen een zeer variabel beeld, carbamazepine lijkt het meest consistente beeld te geven.

De afwijkingen kunnen niet verklaard worden omdat niet bekend is hoe het watersysteem op het moment van bemonstering functioneerde.



Figuur B3-1 Kaart somconcentratie geneesmiddelen in het zomerhalfjaar ($\mu\text{g/l}$) berekend in de Landelijke Hotspotanalyse

Aanvullende tabel met de meetresultaten van de meetronde medicijnresten Utrecht voor de bemonsterde RWZI's

Analysesnr	ieo	Monsterpunt	Chemisch zuurstofverbruik (als O ₂) cuvettentest mg/l	Opgeloste stoffen mg/l	Som ammonium - en organisch gebonden stikstof, Kjeldahl (als N) mg/l	Totaal fosfor (als P) mg/l
1729749	e	WSVV effluent RWZI Amersfoort	33	<5	2.7	0.18
1729751	e	WSVV effluent RWZI Bennekom	27	<5	1.2	0.15
1729753	e	WSVV effluent RWZI Soest	29	<5	2.8	0.31
1729755	e	WSVV effluent RWZI Ede				
1729757	e	WSVV effluent RWZI Veenendaal	26	<5	1.7	0.16
1729759	e	WSVV effluent RWZI Woudenberg	26	<5	1.6	0.1
1729765	e	HDSR effluent RWZI Bunnik	26	<5	1.7	0.26
1729767	e	HDSR effluent RWZI Breukelen	31	<5	4.5	0.16
1729769	e	HDSR effluent RWZI Woerden	38	6	3.5	0.3
1729771	e	HDSR effluent RWZI Houten	23	<5	1.3	0.25
1729773	e	HDSR effluent RWZI De Bilt	25	<5	1.8	0.31
1729775	e	HDSR effluent RWZI Leidsche Rijn	33	<5	2.2	0.44
1729777	e	HDSR effluent RWZI Maarssenboek	20	<5	1.5	0.23
1729779	e	HDSR effluent RWZI Lopik	39	<5	3.1	0.51
1729781	e	HDSR effluent RWZI De Meern	28	5.2	5.6	1.3
1729783	e	HDSR effluent RWZI Driebergen	24	<5	4.4	0.48
1729785	e	HDSR effluent RWZI Utrecht	27	5.3	3.3	0.27
1729787	e	HDSR effluent RWZI Montfoort	42	<5	4.6	2.8
1729789	e	HDSR effluent RWZI Zeist	21	<5	3.1	0.19
1729791	e	HDSR effluent RWZI Nieuwegein	32	<5	5	0.37
1729793	e	HDSR effluent RWZI Wijk bij Duurstede	30	5.5	3.7	0.46
1729795	e	HDSR effluent RWZI Rhenen	25	<5	2.7	0.55
1729797	e	HDSR effluent RWZI Oudewater	28	<5	1.8	0.5
1729801	e	Waternet effluent RWZI Ronde Venen	42	5.5	2.3	0.3
1729803	e	Waternet effluent RWZI Loenen	37	6	3.8	3.7
1729805	e	Waternet effluent RWZI Maarsen	33	<5	2	0.24

Aanvullende tabel met de meetresultaten van de meetronde medicijnresten Utrecht voor bemonsterde regionale wateren

analyse	o	Monsterpunt	diepte cm	doorzicht cm	geleidbaarheid mS/m	zuurgraad	zuurstof mg/l	temperatuur	stroomsnelheid cm/s	geur	droogslot DIMSIS
1729812	o	HDSR Amsterdam Rijn Kanaal inlaat (Utrecht)	>250	70	61	7.88	8.88	16.6	25	geen	nee
1729813	o	HDSR Lek (Schoonhoven)	>250	60	59.6	8.12	9.33	16.6	100	geen	nee
1729814	o	HDSR w06 Oude Rijn te Bodegraven	>250	100	61.6	7.4	5.75	16.5	25	geen	nee
1729815	o	HDSR e24 Hollandse IJssel Waaierluis te Gouda	>250	50	61.4	7.43	6.44	15.9	5	geen	nee
1729816	o	HDSR intrekwater w01 Oude Rijn te Woerden	220	110	60.2	7.49	6.88	15.8	5	geen	nee
1729817	o	WSVV Eem inlaat (Rijnwater) a289931	140	80	57.9	7.48	7.23	15.3	5	geen	nee
1729818	o	WSVV Eem uitlaat (richting Eemmeer) a289775	110	>110	57.4	8	9.25	17.2	5	geen	nee
1729819	o	Waternet Vecht	170	100	82.4	7.83	8.2	15.6	7.5	geen	nee
1729820	o	Waternet Amsterdam Rijn Kanaal uitlaat	>250	70	65.9	7.81	8.59	16.3	10	geen	nee
1729821	o	Waternet intrekwater Nieuwegein	>250	40	60.9	7.96	8.88	16.8	25	geen	nee