

Medicijnresten in afvalwater regio Groningen

Rapport

Definitief versie 3

VERTROUWELIJK

WLN, Gemeente Groningen, Waterschap Noorderzijlvest, Waterschap Hunze en Aa's, Waterleidingmaatschappij Drenthe, Waterbedrijf Groningen, UMC Groningen, Martiniziekenhuis

Grontmij Nederland B.V.
De Bilt, 29 april 2014

Verantwoording

Titel : Medicijnresten in afvalwater regio Groningen

Subtitel : Rapport

Projectnummer : 318546

Referentienummer : GM-0124070

Revisie : D3

Datum : 29 april 2014

Auteur(s) : Lideke Vergouwen, Christa Morgenschweis, Imke Leenen

E-mail adres : Lideke.vergouwen@grontmij.nl

Gecontroleerd door : Imke Leenen

Paraaf gecontroleerd : ba 

Goedgekeurd door : Aad Oomens

Paraaf goedgekeurd : 

Contact : Grontmij Nederland B.V.
De Holle Bilt 22
3732 HM De Bilt
Postbus 203
3730 AE De Bilt
T +31 30 220 74 44
F +31 30 220 02 94
www.grontmij.nl

Inhoudsopgave

Managementsamenvatting	5	
1	Inleiding.....	9
1.1	Aanleiding project	9
1.2	Doel project.....	10
1.3	Achtergrondinformatie.....	10
1.4	Leeswijzer	12
2	Gebruikte informatie.....	13
2.1	Inleiding.....	13
2.2	Wet- en regelgeving.....	13
2.3	Stand van zaken zuiveringstechnieken	13
2.3.1	Voorkeurstechieken	13
2.3.2	Ervaringen, bewezen werkbaarheid en opschaalbaarheid techniek	14
2.3.3	Relatie met bestaande zuiveringen	14
2.3.4	Operationele aspecten.....	15
2.3.5	Locatie afvalwaterbehandeling	15
2.3.6	Zuiveringsrendementen	15
2.3.7	Kosten	16
2.3.8	Milieuaspecten	16
2.4	Bestaande projecten en installaties	17
2.5	Geneesmiddelen in afvalwaterstromen	20
2.5.1	Zorginstellingen en ziekenhuizen zijn verschillend	20
2.5.2	Kentallen voor geneesmiddelen	21
2.5.3	Onzekerheden in gegevens	24
2.5.4	Toxiciteit in oppervlaktewater.....	24
3	Analyse Groningen	26
3.1	Inleiding.....	26
3.2	Stap 1a. Berekening geneesmiddelenvrachten naar RWZI uit kentallen.	27
3.2.1	UMCG	27
3.2.2	Martiniziekenhuis	28
3.2.3	Woonwijken.....	28
3.2.4	Rwzi Garmerwolde	29
3.2.5	Oppervlaktewater Eemskanaal.....	30
3.3	Stap 1b. Berekening geneesmiddelenconcentraties in overstorten op basis kentallen.	31
3.3.1	Riolering algemeen	31
3.3.2	Riolering en overstorten in de buurt van het UMCG.....	31
3.3.3	Riolering in de buurt van het Martiniziekenhuis	35
3.4	Stap 2. Berekeningen emissies vanuit ziekenhuizen op basis van innamegegevens ziekenhuizen	39
3.4.1	Stap 2 a Berekening geneesmiddelenemissies uit ziekenhuizen op basis innamegegevens.....	39
3.4.2	Vergelijking vrachten geneesmiddelen in afvalwater berekend op basis kentallen en op basis ingenomen geneesmiddelen	40
3.4.3	Vrachten in rwzi-influent op basis innamegegevens ziekenhuizen	44

3.5	Stap 2b. Vergelijking concentraties geneesmiddelen in overstortvijvers berekend op basis kentallen en op basis ingenomen geneesmiddelen	44
3.6	Evaluatie emissieberekeningen bij rwzi	46
4	Waterkwaliteitsmetingen	47
4.1	Inleiding	47
4.2	Meetresultaten	49
5	Terugblik en evaluatie maatregelen	55
5.1	Terugblik	55
5.1.1	Doel	55
5.1.2	Resultaten	56
5.1.3	Risico's	57
5.2	Mogelijke maatregelen	57
5.2.1	End of pipe maatregelen	58
5.2.2	Bronbenadering	61
5.3	Conclusie	61
5.4	Aanbevelingen	62
6	Literatuurlijst	64

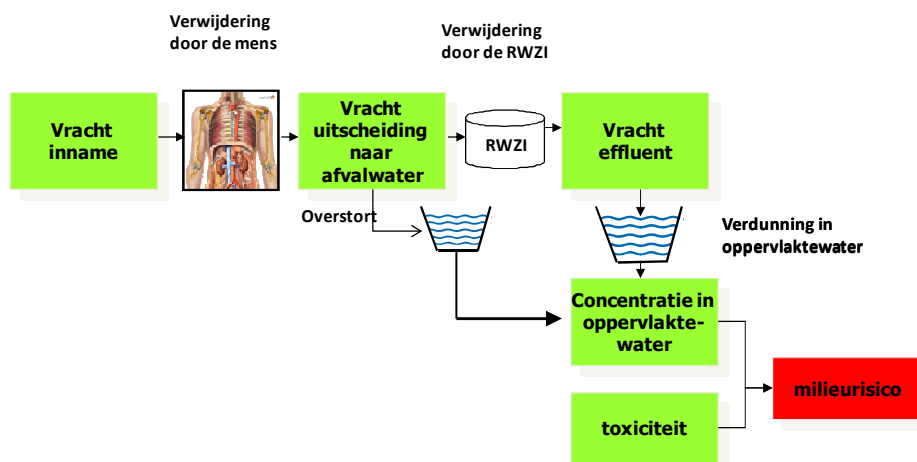
Managementsamenvatting

Aanleiding

In oppervlaktewater en sommige grondwaterlichamen worden geneesmiddelen aangetroffen. Ook worden op sommige plaatsen in drinkwater sporen van geneesmiddelen gedetecteerd. De aanwezigheid van geneesmiddelen in het aquatische milieu is ongewenst. Over de effecten van de verschillende stoffen op het ecosysteem is relatief weinig bekend, maar zeker is dat er effecten op waterorganismen zijn. Hoewel de concentraties in drinkwater(bronnen) vele malen lager zijn dan de minimale therapeutische doseringen, is het langetermijneffect van dagelijkse blootstelling van de mens aan lage concentraties geneesmiddelen onbekend. Mede daarom pleiten de Nederlandse waterbedrijven, vanuit het voorzorgprincipe, voor het voorkómen van geneesmiddelen in grond- en oppervlaktewater. Ook de staatssecretaris van I&M heeft recentelijk hernieuwde aandacht gevraagd voor de problematiek van geneesmiddelen in het watermilieu en mogelijk te nemen maatregelen.

Effluenten van rioolwaterzuiveringsinstallaties (RWZI's) zijn de belangrijkste puntbronnen van humane geneesmiddelen naar het watermilieu. Geneesmiddelen worden niet altijd door de mens geheel opgenomen en komen daarom in het toiletwater terecht en vervolgens via het riool bij een RWZI. Deze is niet ingericht op de verwijdering van geneesmiddelen en een deel komt dan ook via het effluent in het ontvangende oppervlaktewater terecht. Wanneer bij hevige regenval het rioolstelsel niet alle water meer kan verwerken, wordt het teveel aan rioolwater via overstorten geloosd op lokale vijvers en sloten. Ongezuiverd rioolwater, met daarin geneesmiddelen, komt dan in het oppervlaktewater terecht.

De route van humane geneesmiddelen naar oppervlaktewater is schematisch gepresenteerd in Figuur A.



Figuur A. Route van humane geneesmiddelen naar oppervlaktewater.

Uit landelijk onderzoek van STOWA is bekend dat zorginstellingen als ziekenhuizen en verpleegthuizen vanwege het relatief hoge geneesmiddelenverbruik een belangrijke bijdrage kunnen leveren aan de geneesmiddelenvracht op rioolwaterzuiveringsinstallaties. In principe kunnen er op verschillende locaties in de waterketen maatregelen worden genomen om de vracht naar oppervlaktewater te reduceren:

1. Bij ziekenhuizen, verpleeghuizen etc.
2. Bij het rioleringsysteem (bij huishoudens)
3. Bij rioolwaterzuiveringsinstallaties

Verder zijn er in het algemeen (d.w.z. ook in woonwijken, breder dan ziekenhuizen) maatregelen mogelijk die ertoe leiden dat er minder geneesmiddelen in het afvalwater terecht komen (bronaanpak). Voorbeelden van dergelijke maatregelen zijn voorlichtingscampagnes en specifieke inzameling van urine.

Landelijk STOWA onderzoek (STOWA 2009-06, Verg(h)ulde pillen) heeft aangetoond dat geneesmiddelenconcentraties in ziekenhuisafvalwater veel hoger zijn dan in huishoudelijk afvalwater. Dit verlaagt de specifieke zuiveringskosten (€/kg verwijderd geneesmiddel) en maakt dus on-site behandeling van ziekenhuisafvalwater mogelijk interessant. Echter, de mate waarin ziekenhuizen bijdragen aan de geneesmiddelenvracht naar de RWZI en oppervlaktewater is afhankelijk van de lokale, specifieke situatie. Het effect van on-site verwijdering van geneesmiddelen bij ziekenhuizen op emissiereductie naar oppervlaktewater is daarmee ook locatie-specifiek.

Doelstelling project

In het project "Geneesmiddelen in afvalwater regio Groningen" is de situatie in de regio Groningen (d.w.z. zuiveringskring RWZI Garmerwolde) in kaart gebracht. Doel van het project is: het vaststellen van de bijdrage van UMCG en Martini Ziekenhuis aan de geneesmiddelenvracht die aankomt bij RWZI Garmerwolde, om daarmee zicht te krijgen op de effectiviteit van de verwijdering van geneesmiddelen bij de ziekenhuizen ten opzichte van maatregelen in het rioleringsstelsel (Gemeente Groningen) en bij de RWZI Garmerwolde (waterschap Noorderzijlvest). Het project is uitgevoerd in een samenwerkingsverband van waterschap Noorderzijlvest, waterschap Hunze en Aa's, Waterbedrijf Groningen, Waterleidingmaatschappij Drenthe, Gemeente Groningen, UMCG, Martini Ziekenhuis en WLN.

Aanpak

Het onderzoek is stapsgewijs aangepakt. Allereerst is met behulp van *landelijke kentallen* verkend wat de bijdrage van de ziekenhuizen aan de geneesmiddelenvracht die bij de RWZI Garmerwolde aankomt zou kunnen zijn. Deze kentallen zijn gebaseerd op landelijke metingen van geneesmiddelen in ziekenhuisafvalwater en afvalwater van woonwijken.

In de volgende stap is op basis van *innamegegevens* van het Martini Ziekenhuis en het UMCG berekend wat de vracht geneesmiddelen is die vanuit de ziekenhuizen bij de RWZI terecht komt.

In de nabijheid van beide ziekenhuizen zijn vijvers met riooloverstorten gelegen, twee bij het UMCG en één bij het Martini Ziekenhuis. De overstorten treden bij extreme regenwaterafvoeren in werking, rioolwater wordt dan rechtstreeks op de vijvers geloosd. Op basis van rioleringsdata van de Gemeente Groningen is de geneesmiddelenvracht berekend die jaarlijks wordt geloosd op de betreffende overstortvijvers en is berekend welke geneesmiddelenconcentraties in die vijvers verwacht kunnen worden.

Tenslotte zijn op basis van *gemeten geneesmiddelenconcentraties* in de overstortvijvers de bij de berekeningen gehanteerde aannames geverifieerd.

Resultaten

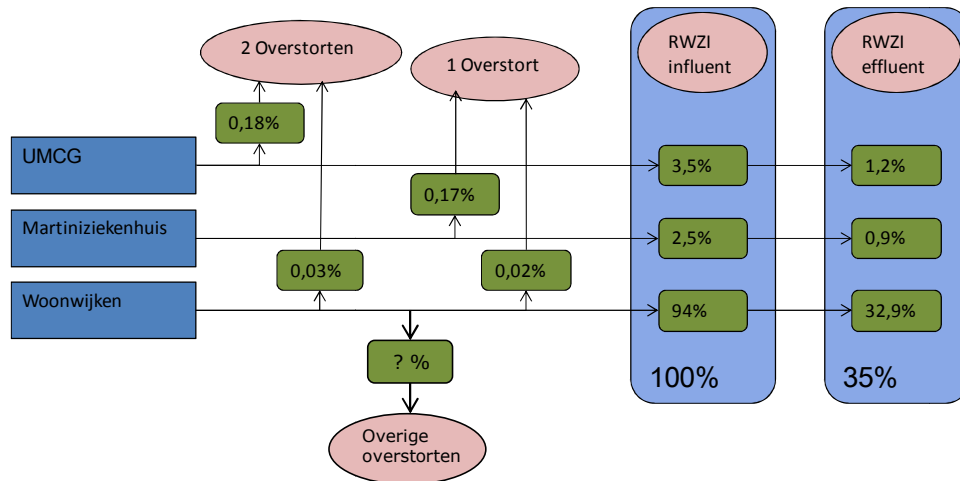
Wanneer gebruik wordt gemaakt van landelijke kentallen is berekend dat, van de totale vracht geneesmiddelen die gemiddeld per jaar bij de RWZI Garmerwolde aankomt, ongeveer 3,5% afkomstig is van het UMCG en 2,5% van het Martini Ziekenhuis. Het overgrote deel (94%) is afkomstig van woonwijken, met inbegrip van zorg- en verpleeginstellingen. Hierbij wordt aangegeven dat in deze berekeningen metformine en röntgencontrastmiddelen niet zijn meegenomen omdat deze vrachten zo groot zijn dat ze de onderlinge verhoudingen van de overige geneesmiddelen vertroebelen.

Wanneer innamegegevens van de twee ziekenhuizen zelf worden gebruikt voor de berekening dan is circa 11 % van geneesmiddelenvracht die bij de RWZI aankomt afkomstig van de ziekenhuizen. Het verschil met de berekening op basis van landelijke kentallen (+5%) wordt ondermeer veroorzaakt door het feit dat niet alle geneesmiddelen die ingenomen worden voorkomen in de analysepakketten van de metingen waarop de landelijke kentallen gebaseerd zijn.

De emissie van geneesmiddelen naar oppervlaktewater via de bij de ziekenhuizen gelegen riooloverstorten is berekend op circa 0,4% van de totale vracht die door het rioolstelsel van Gemeente Groningen wordt afgevoerd naar de RWZI Garmerwolde. Daarbij wordt aangegeven dat

dat ook via andere overstorten in de stad logischerwijs geneesmiddelenemissie zal plaatsvinden. De grootste geneesmiddelenemissie naar het watermilieu (circa 35% van de influentvracht) vindt plaats via het effluent van de RWZI. Figuur B presenteert schematisch de aandelen van de verschillende bronnen in geneesmiddelenvrachten vanuit afvalwater naar het milieu.

De gemeten concentraties geneesmiddelen in de overstortvijvers waren zowel bij het UMCG als bij het Martini Ziekenhuis veel lager dan de berekende concentraties. Er zijn verschillende redenen aan te voeren waarom de gemeten concentraties lager zijn dan de berekende; verondersteld wordt dat het verschil vooral is veroorzaakt door onzekerheden in uitgangspunten (o.a. rioleringsgegevens Gemeente Groningen) waarop de berekeningen gebaseerd zijn. Bovendien gaan de berekeningen uit van jaargemiddelden, terwijl de eenmalige meting een momentopname betreft.



Figuur B. Aandelen geneesmiddelenvrachten naar het aquatisch milieu voor de zuiveringsring RWZI Garmerwolde. Berekeningen gebaseerd op landelijke kentallen excl. metformine en röntgencontrastmiddelen.

Conclusie

Op basis van dit onderzoek wordt geconcludeerd dat de bijdrage van het UMCG en het Martini Ziekenhuis aan de totale geneesmiddelenvracht die binnenkomt bij de RWZI Garmerwolde beperkt is, gezamenlijk ordegrrootte 10%. Het overgrote deel van de geneesmiddelen is afkomstig van woonwijken (incl. verpleeg- en verzorgingscentra). Maatregelen bij de ziekenhuizen om geneesmiddelen uit eigen afvalwater te verwijderen c.q. om de vracht naar het riool te verminderen hebben daarom slechts een gering effect op de geneesmiddelenvracht naar de RWZI Garmerwolde. Met maatregelen bij de ziekenhuizen kan maximaal circa 10 % reductie van de geneesmiddelenvracht naar oppervlaktewater worden bereikt.

Bij gelijkblijvend geneesmiddelengebruik (d.w.z. bij gelijkblijvende emissie van geneesmiddelen naar afvalwater) kan een reductie van meer dan 10% van de totale geneesmiddelenvracht naar oppervlaktewater alleen worden bereikt door zuiveringstechnische maatregelen elders. Wanneer verlaging wordt nagestreefd van een stof die specifiek is gerelateerd aan ziekenhuisafvalwater, is (naast bronmaatregelen zoals inzameling van urine) on-site behandeling van ziekenhuisafvalwater een logische optie. Tabel 1 vat de pro's en contra's m.b.t. effectiviteit van de zuiveringstechnische maatregelen op de verschillende locaties samen.

Benadrukt wordt dat de bovenstaande conclusies betrekking hebben op de effectiviteit van de verschillende maatregelen m.b.t. reductie van geneesmiddelenvrachten naar oppervlaktewater. Er bestaat op dit moment weinig zicht op de effectiviteit van de verschillende maatregelen op het verlagen van humaan-toxicologische en ecotoxicologische risico's.

Tabel 1 Pro's en contra's m.b.t. effectiviteit van zuiveringstechnische maatregelen op verschillende locaties.

Maatregel	Pro's	Contra's
Behandeling ziekenhuisafvalwater	Hoge concentraties waardoor relatief lage kosten per kg verwijderd geneesmiddel.	Max 10% van totale geneesmiddelenvracht naar oppervlaktewater wordt zo ondervangen.
Saneren overstorten / maatregelen riolering	Sanering leidt ertoe dat minder geneesmiddelen in stadswater komen.	Relatieve geneesmiddelenvracht naar oppervlaktewater via overstorten is zeer gering.
Centrale behandeling rwzi	Behandeling totale vracht Groningen e.o. Effect maatregelen breder dan geneesmiddelen, ook andere organische microverontreinigingen worden verwijderd.	Lage concentraties waardoor relatief hoge kosten per kg verwijderd geneesmiddel.

Aanbevelingen

Met dit project is inzicht verkregen in de bijdrage van ziekenhuisafvalwater aan de geneesmiddelenemissie naar oppervlaktewater en de effectiviteit van maatregelen op verschillende locaties in de afvalwaterketen. Op grond van de discussies gevoerd binnen het projectteam is nader onderzoek wenselijk op de volgende vlakken:

Ziekenhuisspecifieke middelen

Er zijn ziekenhuisspecifieke geneesmiddelen en ziekenhuisspecifieke stoffen die bij voorkeur in ziekenhuizen worden toegediend. Dit betreft bijvoorbeeld röntgencontrastmiddelen en bepaalde antibiotica. Het is echter waarschijnlijk dat er ook na het ziekenhuisbezoek uitscheiding door de patiënten plaatsvindt in de eigen woonomgeving, dus via huishoudelijk afvalwater. Het is wenselijk om een beter beeld te krijgen in deze emissieverhoudingen, onder meer om de effectiviteit van on site behandeling van ziekenhuisafvalwater voor deze componenten beter te kunnen duiden.

Centrale maatregelen bij RWZI

In dit project zijn kosten voor centrale verwijdering van geneesmiddelen bij de RWZI gepresenteerd, waarbij is uitgegaan van nazuivering met oxidatie- en adsorptietechnieken. Het is wenselijk om via onderzoek en referentieprojecten beter zicht te krijgen op de werkelijke kosten van grootschalige, centrale verwijdering van geneesmiddelen uit communaal afvalwater met verschillende technieken.¹

Pathogenen en antibiotica resistentie

In dit project was de scope: geneesmiddelen. Er is op dit moment nauwelijks zicht op de emissie en van pathogenen en antibiotica resistente micro-organismen, de bijdrage hieraan van ziekenhuizen, verpleeghuizen en woonwijken en de risico's die aan de verschillende emissieroutes (bijvoorbeeld via riooloverstorten) verbonden zijn. Aanbevolen wordt dit nader te onderzoeken.

¹ Inmiddels is er meer ervaring, bij voorbeeld in Duitsland en Zwitserland, met nageschakelde zuiveringstechnieken op RWZI's om o.a. geneesmiddelen te verwijderen.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding project

Humane geneesmiddelen zijn al regelmatig aangetoond in oppervlaktewater en drinkwater. Berichten in verschillende media hebben het onderwerp op de kaart gezet en dit heeft geleid tot maatschappelijke aandacht. Er is nog weinig bekend over de effecten van humane geneesmiddelen op het aquatisch ecosysteem, maar zeker is dat er effecten zijn. Voor zover bekend zijn de meeste geneesmiddelen niet acuut toxisch, maar kunnen bijvoorbeeld wel de hormoonhuishouding verstoren en de reproductie van aquatische organismen aantasten. Een bekend voorbeeld is de vervrouwelijking van mannelijke geslachtsorganen bij vissen en slakken. Zorgelijker zijn de mogelijke effecten op lange termijn.

De staatssecretaris van I&M heeft recent (25 juni 2013) een brief naar de Tweede Kamer gestuurd, als vervolg op de brieven van 2007 en 2012, waarin hernieuwde aandacht gevraagd wordt voor de geneesmiddelenproblematiek in het watermilieu. In deze brief wordt ook aandacht besteed aan mogelijk te nemen maatregelen.

Deze maatschappelijke aandacht en de resultaten van tot nu toe uitgevoerde landelijke onderzoeken zijn voor de samenwerkende partners Waterschap Noorderzijlvest, Waterschap Hunze en Aa's, WLN, Waterbedrijf Groningen en Waterleidingmaatschappij Drenthe aanleiding geweest met de gemeente Groningen, het UMCG en het Martiniziekenhuis te gaan samenwerken op het onderwerp 'geneesmiddelen' vanuit de gedachte dat geneesmiddelen niet thuishoren in het milieu en schade kunnen toebrengen aan het ecosysteem.

Deze samenwerking is mede tot stand gekomen door:

- Voorgenomen nieuwbouwplannen van het UMCG en het Verpleeghuis Innersdijk.
- Een brainstorm eind september 2011 tussen de samenwerkende partijen. Op basis van deze brainstorm zijn acties benoemd.
- Een werkbezoek van de directie en het bestuur van waterschap Noorderzijlvest aan het UMCG. Afgesproken is dat Noorderzijlvest komt met een plan van aanpak.

De doelstelling van het project, de uitgangspunten en de uit te voeren werkzaamheden zijn besproken in een bijeenkomst op 28 januari 2012 (voor beschrijving doelstelling zie 1.2).

Overige relevante informatie:

- Het UMCG (taken gezondheidszorg, onderwijs en onderzoek, regiofunctie) heeft 1.076 bedden. Tussen het UMCG en het rioolgemeal Damsterdiep bevinden zich twee overstorten die gemiddeld 3 keer per jaar in werking treden.
- Het Martiniziekenhuis (streekfunctie) heeft 642 bedden. Nabij het Martiniziekenhuis bevindt zich één overstort die eveneens gemiddeld 3 keer per jaar in werking treedt.
- Verpleeghuis Innersdijk wordt herbouwd (bevindt zich momenteel in Ten Boer). Bij de nieuwbouw van dit verzorgingshuis gaat de belangstelling uit naar het onderdeel 'geneesmiddelen in afvalwater'.
- Andere ziekenhuizen in de regio zijn onder andere in Emmen, Stadskanaal, Scheemda en Delfzijl.

Vanwege de nieuwbouw van Innersdijk en nieuwbouw en renovatie op het UMCG terrein doen zich hier mogelijkheden voor om de waterhuishouding en de verschillende water- en afvalwaterstromen binnen de panden te herbezielen en mogelijk maatregelen te nemen voor de verwijde-

ring van geneesmiddelen uit afvalwater wanneer besloten zou worden tot verwijdering op locatieniveau.

1.2 Doel project

Het doel van het project is:

- Inventarisatie geneesmiddelenemissie uit de zorginstellingen met als doel het vaststellen van de bijdrage van het UMCG en het Martiniziekenhuis aan de vracht geneesmiddelen (en een korte beschouwing over pathogenen) die op rwzi Garmerwolde aankomt.
- Op basis van de inventarisatie/metingen de aantrekkelijkheid evalueren van de verwijdering van geneesmiddelen bij de ziekenhuizen .

Omdat in de nabijheid van het UMCG en het Martiniziekenhuis overstorten aanwezig zijn, is de doelstelling gedurende het project uitgebreid met:

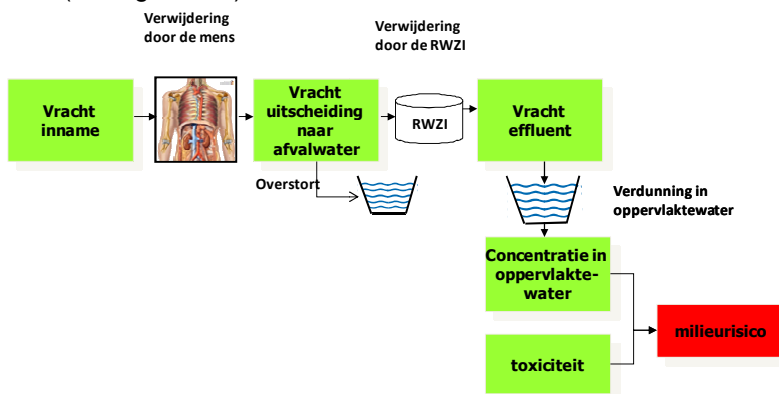
- Het nagaan van de vracht geneesmiddelen die tijdens een overstortsituatie in de naburige overstortvijvers terecht komt.

1.3 Achtergrondinformatie

Route geneesmiddelen naar het oppervlaktewater

Geneesmiddelen worden na inname voor een deel door het lichaam uitgescheiden via de urine en de feces en komen zo samen met het spoelwater van het toilet en samen met het overige afvalwater in het rioleringsysteem terecht.

De inzameling en behandeling van afvalwater op rioolwaterzuiveringsinstallaties (rwzi's) is vooral gericht op de verwijdering van BZV, CZV², stikstof en fosfaat. Dit heeft tot doel om er voor te zorgen dat de watersystemen waar de rwzi's op lozen gezond blijven en niet eutrofiëren. Rwzi's zijn niet gericht op het verwijderen van pathogenen en andere verontreinigende componenten zoals geneesmiddelen en bestrijdingsmiddelen, hoewel deze wel in meer of mindere mate afgebroken worden door de biologische processen in een rwzi of uit het systeem gehaald worden met het zuiveringsslib. De verdunning in het ontvangende oppervlaktewater, waar het effluent van een rwzi op loost, bepaalt wat de concentratie in het oppervlaktewater zal worden. De concentratie geeft samen met de toxiciteit van de specifieke stoffen een indicatie van het te verwachten milieurisico. Bij heftige regenval kan een deel van het afvalwater met daarin geneesmiddelen en pathogenen via overstorten ongezuiverd in het oppervlaktewater terecht komen (zie Figuur 1-1).



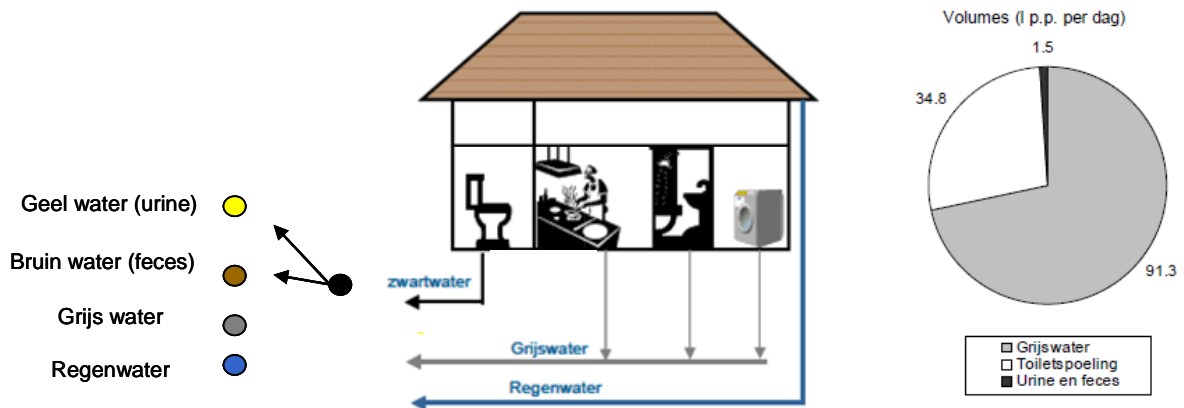
Figuur 1-1 De route van ieder geneesmiddel naar het oppervlaktewater. De vracht in het effluent, de verdunning in het oppervlaktewater en de toxiciteit van het geneesmiddel bepalen uiteindelijk het milieurisico van het individuele geneesmiddel. Een deel komt via een rioloverstort in het oppervlaktewater terecht.

Verwijdering geneesmiddelen: centraal of lokaal

Geneesmiddelen kunnen centraal verwijderd worden bij de rwzi, maar ook decentraal, bijvoorbeeld bij een ziekenhuis. Wanneer tot dit laatste besloten wordt kan gekozen worden de geza-

² BZV (biologisch zuurstofverbruik) en CZV (chemisch zuurstofverbruik), zuurstofverbruikende componenten die men niet in het oppervlaktewater wil hebben om zuurstofgebrek in het water te voorkomen.

menlijke totale afvalwaterstroom te behandelen of aparte deelstromen, zoals toiletwater, of alleen urine of alleen urine na een specifieke behandeling van de patiënt (bijvoorbeeld urine dat veel röntgencontrastmiddelen bevat). Een overzicht van mogelijke deelstromen wordt gegeven in Figuur 1-2. Uit deze figuur is duidelijk dat het volume van urine+feces (het deel van het afvalwater waarin de geneesmiddelen na uitscheiding terecht komen) vele malen kleiner is dan het totale afvalwatervolume.



Figuur 1-2: Afvalwaterstromen en bijbehorende volumina (bron: STOWA 2005-13). Zwart water (= geel water + bruin water), grijswater en regenwater.

Bronnen en vrachten

De vracht geneesmiddelen die uiteindelijk via het riool op de rwzi terecht komt is afhankelijk van het aantal personen dat loost op de riolering en de hoeveelheden ingenomen geneesmiddelen per persoon.

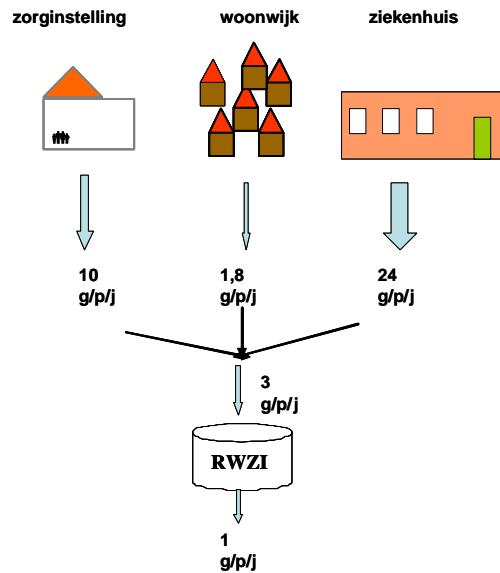
Op basis van de studies ZORG³ en Verg(h)ulde Pillen⁴ van Grontmij waarbij geneesmiddelenconcentraties zijn gemeten bij acht zorginstellingen, drie ziekenhuizen, acht woonwijken en elf influenten en effluenten van rwzi's zijn kentallen afgeleid voor geneesmiddelenemissies. Volgens verwachting is de emissie per persoon vanuit ziekenhuizen veel groter dan vanuit zorginstellingen en woonwijken. In grote lijnen kwam uit deze studies naar voren, dat in zorginstellingen 10 g per persoon en per jaar (g/p*j) wordt uitgescheiden en in een ziekenhuis 24 g per persoon en per jaar (hierbij zijn geen antidiabetesmiddelen en röntgencontrastmiddelen mee geteld). In woonwijken is deze vracht veel geringer, n.l. 1,8 g/p*j. (zie Figuur 1-3).

Duidelijk zal zijn dat de relatieve bijdrage aan de geneesmiddelenvracht die op een rwzi terecht komt vanuit een groot ziekenhuis waarop tevens een klein dorp loost veel groter zal zijn dan bij een rwzi waarop een grote stad loost.

In dit project wordt de relatieve bijdrage vanuit de ziekenhuizen UMCG en Martini aan de vracht geneesmiddelen in het influent van de rwzi Garmerwolde bepaald.

³ STOWA, 2011-02. ZORG: Zoeken naar Oplossingen voor Reductie van Geneesmiddelenemissie uit zorginstellingen. Deel C. Eindrapportage. GrontmijVergouwen et al.

⁴ STOWA, 2009-06 Verg(h)ulde pillen. Eindrapport. Grontmij. Roorda et. al



Figuur 1-3. Afgeronde kentallen voor geneesmiddelenemissies vanuit ziekenhuizen, zorginstellingen en woonwijken. Kentallen afgeleid op basis van studies Verg(h)ulde Pillen en ZORG.

1.4 Leeswijzer

Dit rapport is opgebouwd uit 4 hoofdstukken. In hoofdstuk 2 is een samenvatting van gebruikte achtergrondinformatie gepresenteerd. Hoofdstuk 3 presenteert de analyse van de situatie van geneesmiddelenemissie vanuit de ziekenhuizen in Groningen op basis van berekeningen. In hoofdstuk 4 worden meetresultaten van water in overstortvijvers gepresenteerd en vergeleken met de berekende resultaten. In hoofdstuk 5 worden de resultaten samengevat, worden conclusies getrokken en worden aanbevelingen voor het vervolg gedaan. Tot slot wordt in hoofdstuk 6 een overzicht van de literatuur gepresenteerd.

2 Gebruikte informatie

2.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt de benodigde achtergrondkennis van de studie beschreven. Naast het wettelijke kader, wordt er ook een overzicht van de beschikbare zuiveringstechnieken gegeven, worden de voor- en nadelen hiervan gepresenteerd en wordt een inschatting van de kosten van verschillende technieken gegeven.

De kentallen voor de geneesmiddelenemissies komen aan bod en bestaande projecten voor geneesmiddelenverwijdering worden beschreven. Met deze kentallen worden in hoofdstuk 3 berekeningen uitgevoerd voor de specifiek Groningse situatie.

2.2 Wet- en regelgeving

Bij de toelating van geneesmiddelen moet een milieu-risicobeoordeling worden uitgevoerd, maar deze is niet openbaar en is ook nooit een belemmering het geneesmiddel toe te laten. Ook hoeft een toegelaten geneesmiddel niet gemonitord te worden in het milieu.

Er zijn tot nu toe geen normen voor geneesmiddelen in oppervlaktewater of grondwater. Afgelopen jaar is een voorstel gedaan enkele geneesmiddelen op te nemen op de lijst prioritaire stoffen voor de Kaderrichtlijn Water (KRW). Dit voorstel is door de EU voorlopig niet aangenomen en het besluit is verschoven. Er zijn echter wel in Nederland de volgende geneesmiddelen: 17alpha-ethinylestradiol, 17beta-estradiol en diclofenac, op een "watchlist" geplaatst, om door middel van monitoring meer inzicht te krijgen in de aanwezigheid en de effecten van deze geneesmiddelen. Zo kan in de toekomst alsnog gefundeerd meebeslist worden om deze stoffen op de prioritaire lijst te zetten.

De drinkwaterwereld hanteert de detectiegrens als norm bij wijze van voorzorg. Drinkwaterbedrijven willen geneesmiddelen niet aantoonbaar in hun pomputten hebben.⁵

2.3 Stand van zaken zuiveringstechnieken

Geneesmiddelen, hormoonverstorende stoffen en röntgencontrastmiddelen kunnen met verschillende technieken uit afvalwater worden verwijderd: fysisch-chemische technieken (strippen en filtratie), oxidatietechnieken en adsorptieve technieken. De principes van deze technieken zijn beschreven in Bijlage 6.

2.3.1 Voorkeurstechieken

Uit verschillende studies die voor het ministerie van VROM zijn uitgevoerd^{6 7 8} is gebleken dat geneesmiddelen onvoldoende uit het afvalwater verwijderd worden door de huidige communale rioolwaterzuiveringen. In Bijlage 6 zijn kort de verschillende technieken beschreven die geschikt zijn voor de verwijdering van geneesmiddelen.

⁵ Brief aan de Tweede Kamer (25-06-2013). Geneesmiddelen in drinkwater en milieu. Mansveld, W.J.

⁶ Grontmij – Derksen/Roorda (2005). Ketenanalyse humane en veterinaire geneesmiddelen in het watermilieu - indicatieve kwantitatieve analyse en mogelijkheden voor reductie van belasting van het watermilieu;

⁷ Grontmij – Roorda/Derksen (2006). Emissiereductie van humane geneesmiddelen naar watermilieu - advies aan de LBOW-werkgroep '(dier)geneesmiddelen en watermilieu';

⁸ Tweede Kamer (2007). Rapportage VROM aan Tweede Kamer over voortgang en acties werkgroep (dier)geneesmiddelen en watermilieu; vergaderjaar 2006–2007, 28 808, nr. 39.

Uit wetenschappelijk onderzoek en de pilotonderzoeken is te herleiden dat de volgende technieken veelbelovend zijn op het gebied van medicijnverwijdering en in dit project beschouwd worden als voorkeurstechieken:

- Actiefkoolfiltratie
- Ozonisatie in combinatie met nageschakelde actiefkoolfiltratie
- Geavanceerde oxidatie in combinatie met nageschakelde actiefkoolfiltratie
- Nanofiltratie in combinatie met nageschakelde actiefkoolfiltratie.

2.3.2 *Ervaringen, bewezen werkbaarheid en opschaalbaarheid techniek*

Alle voorkeurstechieken zijn bewezen in de drinkwaterwereld. Voor de behandeling van afvalwater speelt met name de aanwezigheid van organische stof een rol, zelfs na uitgebreide behandeling met biologische en fysisch-chemische processen in huidige rwzi's. Het effluent uit deze rioolwaterzuiveringen bevat nog te veel organische stof om medicijnverwijdering effectief en efficiënt te kunnen bewerkstelligen. Hierdoor zijn voor de afvalwaterwereld andere procesinstellingen nodig dan voor het produceren van drinkwater uit relatief schone bronnen, zoals oppervlaktewater en grondwater. Alhoewel er dus ervaring is met de technieken in de drinkwaterwereld, is de toepassing van deze technieken in de afvalwaterwereld niet eenvoudig en loopt er momenteel veel pilotonderzoek om deze technieken onder de knie te krijgen.

Om de technieken voor het verwijderen van geneesmiddelen op afvalwater effectief in te kunnen zetten dient eerst de organische stof vergaand verwijderd te worden. Dit verwijderingspercentage dient hoger te zijn dan nu gebruikelijk is in de communale afvalwaterzuivering. Ook bij lokale inzameling van deelstromen dient hier zeer kritisch naar gekeken te worden. Bij vergisting van bijvoorbeeld zwart water, zal het digestaat uit de vergister eerst opgewerkt moeten worden met behulp van biologische en fysisch-chemische processen. Deze opwerking moet leiden tot verlagen van het organisch stof gehalte en kan gecombineerd worden met terugwinning van stikstof en fosfaat. Ook deze combinaties van technieken op deelstromen als urine, zwart water en bruinwater (zie Figuur 1-2) worden momenteel uitgebreid getest en op hun merites beoordeeld (terugwin- en verwijderingspercentages, kosten, bedrijfsvoeringsaspecten en risico's).

Uit het tot nu toe uitgevoerde pilotonderzoek blijkt dat alle technieken goed op te schalen zijn, mits aan de voorwaarde van verwijdering van organische stof is voldaan.

2.3.3 *Relatie met bestaande zuiveringen*

Voor alle voorkeurstechieken geldt dat organische componenten voorafgaand vergaand verwijderd dienen te worden door bijvoorbeeld een MembraanBioReactor (MBR) met ultrafiltratiemembranen (andere mogelijkheden zijn hieronder beschreven). Voor geavanceerde oxidatie lijkt zelfs een combinatie van een voorgeschakelde MBR met actiefkoolfilter noodzakelijk.

Communale zuivering

De huidige communale afvalwaterzuiveringen omvatten over het algemeen geen MBR-installatie. Slib en organische opgeloste verontreinigingen worden met een veel lager rendement afgescheiden door middel van gravitatie in zogenaamde nabezinktanks. Voor de toepassing van de voorkeurstechieken zal het effluent daarom moeten worden opgewerkt. Dit kan door middel van membranen, maar een goedkopere oplossing is een combinatie van coagulatie en biovlokkingsfiltratie⁹.

Lokale deelstromen

Voor lokaal ingezamelde deelstromen geldt voor geel water (urine) dat hier geen verdere opwerking voor noodzakelijk is, aangezien urine weinig organische stof bevat. Wel kan gekozen worden om eerst nutriënten terug te winnen, maar dit is niet noodzakelijk vanuit het oogpunt van geneesmiddelenverwijdering.

Zwart- en bruin water dienen eerst vergist te worden en vervolgens biologisch en fysisch-chemisch behandeld te worden. In deze processen kan dan wel tegelijkertijd stikstof en fosfaat worden teruggewonnen. Ook moet aandacht worden besteed aan de verwijdering van grove

⁹ STOWA 2005-28. Verkenningen zuiveringstechnieken en KRW. De Jong et al.

delen (fijnzeving). Over het algemeen moeten verder membranen worden ingezet om de organische stof voldoende laag te krijgen. De goedkopere oplossing van biovlokkingsfiltratie die op grote verdunde stromen op effluent van rwzi's kan worden toegepast, is niet mogelijk voor kleine geconcentreerde stromen.

Conclusie voorbehandeling

- Communale zuivering: opwerking effluent met membranen of combinatie coagulatie en biovlokkingsfiltratie voorafgaande aan geneesmiddelenverwijdering.
- Deelstromen:
 - Zwart en bruinwater: fijnzeving, vergisting en fysisch chemische opwerking inclusief membranen voorafgaande aan geneesmiddelenverwijdering (biovlokkingsfiltratie niet mogelijk).
 - Geel water (urine): geneesmiddelenverwijdering kan direct zonder voorafgaande opwerking.

2.3.4 *Operationele aspecten*

Actiefkoolfiltratie is de meest eenvoudige techniek en vereist het minste aandacht vanuit bedrijfsvoering. Voor ozonisatie, geavanceerde oxidatie en nanofiltratie/reverse osmosis is specifieke opleiding nodig van de operators en vereist een goede bewaking van de procesvoering.

Indien deze technieken op een rwzi worden geplaatst, heeft dit als voordeel dat er procesoperators aanwezig zijn die makkelijk bekend te maken zijn met het bedrijfsvoeren en onderhouden van de installaties. Bij lokale behandeling vergt het organiseren van de bedrijfsvoering en het onderhoud meer aandacht en zou dit bij voorkeur uitbesteed moeten worden aan specialisten. Dit brengt extra kosten met zich mee.

2.3.5 *Locatie afvalwaterbehandeling*

Wanneer gekozen wordt geneesmiddelen uit lokale stromen te verwijderen kan het gaan om relatief kleinschalige verwijderingsinstallaties bij een ziekenhuis of zorginstelling of woonwijk of zelfs woonhuis of om wat grotere installaties die gepositioneerd zijn bij een rwzi. Voor de behandeling van kleinere stromen uit zorginstellingen of woonwijken zijn de investeringskosten voor de verschillende technieken relatief hoog per kubieke meter behandeld water in verband met aan te leggen civiele constructies en werktuigbouwkundige en elektrotechnische installaties. Des te meer verdund water behandeld moet worden, des te lager worden deze kosten per kubieke meter. Op een grootschalige rwzi geldt het voordeel dat hier reeds tanks voor biologische processen en infrastructuur voor de verwerking van afvalproducten aanwezig zijn, waardoor de benodigde investeringen minder zijn.

Het afvalwater uit zorginstellingen en ziekenhuizen bevat per kubieke meter afvalwater veel meer geneesmiddelen dan het effluent van een rioolwaterzuivering. Alhoewel de kubieke meterprijs van lokale behandeling dus hoger is aan de bron (deze worden voornamelijk bepaald door de installatiekosten en in veel mindere mate door de hogere energie en chemicaliënkosten), is de verwijderde vracht per kubieke meter hoger maar zijn de totaal behandelde kubieke meters en ook de totaalvracht veel lager dan bij behandeling van het totale afvalwater bij een rwzi.

2.3.6 *Zuiveringsrendementen*

Aangezien er fysisch-chemische processen worden ingezet voor de geneesmiddelenverwijdering zijn de verwijderingsrendementen nagenoeg onafhankelijk van de vracht geneesmiddelen. Belangrijke voorwaarde is wel de verwijdering van organische stof. Het is dus niet zo dat de efficiëntie van een techniek groter wordt naarmate de concentratie geneesmiddelen groter wordt. Dezelfde rendementen kunnen worden aangehouden voor stromen als urine waarin zich veel geneesmiddelen bevinden en effluent van een rwzi waar lage concentraties heersen. Uiteraard moet het hydraulisch ontwerp van de technieken afgestemd zijn op de doorzet aan kubieke meters. Dit ontwerpuitgangspunt is verwerkt in de kosten (zie hoofdstuk 2.3.7).

De verwijderingsrendementen van de verschillende technieken verschillen per soort geneesmiddel. Sommige geneesmiddelen worden niet verwijderd door actiefkoolfiltratie, maar wel door

oxidatie technieken en andersom. Gemiddeld genomen over alle geneesmiddelengroepen kunnen voor de vaststelling van voorkeursscenario's de volgende rendementen worden gehanteerd:

- Actief koolfiltratie: 70%
- Ozon en AOP: 90%
- Nano/RO: 95%

Deze verwijderingspercentages zijn gemeten voor de moedercomponenten. De situatie met betrekking tot metabolieten is onbekend.

2.3.7 Kosten

Inschatting kosten per kubieke meter (op basis van expert judgement).

	Eenheid	Lokaal*	Effluentnabehandeling rwzi**
Actiefkoolfiltratie	€/m ³ water	2,50	0,35
Ozonisatie icm actiefkoolfiltratie	€/m ³ water	3,00	0,50
Geavanceerde oxidatie icm actiefkoolfiltratie	€/m ³ water	3,40	0,55
Nanofiltratie icm actiefkoolfiltratie	€/m ³ water	4,00	0,65

*In combinatie met voorzeving en MBR met ultrafiltratiemembranen

**In combinatie met behandeling effluent met coagulatie en biovlokkingsfiltratie voor een rwzi schaalgrootte van 50.000 i.e. op basis van expert judgement en informatie uit STOWA 2005-28

In bovenstaande prijzen is voor de lokale situatie uitgegaan van normaal afvalwater. Hier moeten nog de grove delen en organische stof uitgehaald worden voordat tot verwijdering van geneesmiddelen kan worden overgegaan en van urine.

Bovenstaande prijzen zijn gebaseerd op extrapolatie van pilot installaties en moeten als een indicatie worden beschouwd omdat niet op genoeg installaties in Europa full scale technieken zijn beproefd. In Zwitserland worden bijvoorbeeld bij kostenramingen lagere prijzen gehanteerd.

Bij de vrachten die in tabel hierboven voor de lokale behandeling bij woonwijken, ziekenhuizen en zorginstellingen zijn opgevoerd moet men zich wel realiseren dat zonder iets te doen door de rwzi er ook al 65% van de totaalvracht verwijderd. Hier is bij de kostenberekening (€/kg) geen rekening gehouden.

Belangrijk is het te realiseren dat bij de zuiveringstechnieken die gericht zijn op geneesmiddelen alle geneesmiddelen voor een hoog percentage verwijderd worden. Bij een normale rwzi wordt weliswaar de totaalvracht met 65% gereduceerd, maar per individueel geneesmiddel is er een grote variatie in verwijderingspercentage.

Om bovenstaande in perspectief te plaatsen wordt tenslotte genoemd dat de huidige afvalwaterbehandeling circa 0,50 euro kost per kubieke meter (bron: Benchmark BVZ en CBS Statline). Nabehandeling van effluent op een rwzi op de hiervoor beschreven wijze leidt dus grofweg tot een verdubbeling van deze kosten.

2.3.8 Milieuaspecten

Oxidatie processen zoals ozon en AOP zijn zeer energie-intensief. Membraantechnieken zoals nanofiltratie en Reverse Osmosis (RO) gebruiken nog meer energie per behandelde kubieke meter afvalwater. Actief koolfiltratie kost nagenoeg geen energie; echter de productie ervan wel.

Indien het energieverbruik van actief koolfiltratie op 100% wordt gesteld dan is voor de overige technieken meer energie nodig in de volgende orde grootte:

Ozon inclusief nageschakelde actief koolfiltratie: 175%

AOP inclusief voor- en nageschakelde actief koolfiltratie : 250%

Nano/RO inclusief nageschakelde actief koolfiltratie: 300%

Nanofiltratie en actief koolfiltratie leveren verder een afvalstroom op (respectievelijk concentraat en beladen kool) die verder moet worden behandeld.

Qua milieuaspecten scoort actief koolfiltratie dus het best, vanwege het lage energieverbruik. Hierna komt ozon en geavanceerde oxidatie en als laatste de Nano/RO-techniek. Deze laatste techniek heeft als nadeel een hoog energieverbruik en productie van een afvalstroom, maar heeft wel het hoogste verwachte verwijderingsrendement (zie 2.3.6).

Een ander milieu-aspect dat meegenomen moet worden is of er al dan niet nutriënten kunnen worden teruggewonnen en of er tegelijkertijd verwijdering van overige organische microverontreinigingen optreedt (de zogenaamde bijvangst). Deze milieu-aspecten hangen af van de gekozen afvalwaterstroom (urine, feces, grijs water, totale afvalwaterstroom) en worden niet beïnvloed door de keuze van technieken.

De milieuaspecten van de verschillende technieken zijn in Tabel 2-1 samengevat.

Tabel 2-1: Samenvatting milieubelasting verschillende technieken en verwijderingsrendement

	Energie	Afvalstroom	Verwijderingsrendement
Actiefkoolfiltratie	Laag	Aanwezig	70 %
Ozon	Middel	Geen	90%
AOP	Middel	Geen	90%
Nano/RO	hoog	Aanwezig	95 %

2.4 Bestaande projecten en installaties

In Nederland

- Pharmafilter:¹⁰

In het Pharmafilterconcept wordt in het ziekenhuis zoveel mogelijk gebruik gemaakt van biologisch afbreekbare wegwerpartikelen (borden, bestek, bedpannen etc) die geschredderd worden. Dit geschredderde afbreekbare afval wordt met afvalwater gecombineerd en in één enkele installatie behandeld. Door middel van vergisting van het afval wordt energie teruggewonnen waarna in een membraanbioreactor het afvalwater gezuiverd wordt van organisch materiaal en nutriënten. Uiteindelijk worden microverontreinigingen met ozonisatie en actief koolfiltratie volledig verwijderd. Dit concept is 2010-2012 in de praktijk getest bij het Reinier de Graaf Gasthuis ziekenhuis in Delft.

De resultaten waren zoals verwacht. In het effluent na behandeling met ozon en actief kool waren de concentraties aan geneesmiddelen onder de detectielimiet. Dit geldt ook voor röntgencontrastmiddelen. Het effluent is, op basis van de gemeten parameters, als 'schoon' beoordeeld en zou zelfs hergebruikt kunnen worden. Het Pharmafilter systeem blijkt economisch haalbaar te zijn. Dit komt vooral door het verlagen van de personele inspanning (immers minder schoonmaakwerk door wegwerpartikelen) en het verlagen van de in het ziekenhuis gegenereerde infecties door gebruik te maken van wegwerpmateriaal.

- Slik:
PILLS (Pharmaceutical Input and eLimination from Local Sources) is een EU-project dat zich richt op het vinden van oplossingen aan de bron voor afvalwater dat is belast met farmaceutica. Er is onderzoek uitgevoerd naar microverontreinigingen, de identificatie ervan en de analyses en karakterisering van de gemeten medicijnresten, rekening houdend met het gebruik van geneesmiddelen en de lozing van de medicijnresten. SLIK (Sanitaire Lozingen Isala Klinieken) is een subproject van PILLS voor de bouw en het bedrijven van de proefinstallatie in Zwolle. De installatie bestaat uit een biologische behandeling met een membraanbioreactor en een nageschakelde behandeling met granulaire actiefkoolfiltratie. Nabehandeling met ozon, UV/H₂O₂ oxidatie en omkeerosmose werd eveneens in de installatie getest. Met deze combinatie van adsorptie en oxidatie is een verwijdering van meer dan 95% bereikt. De vergunning voor de installatie vereist afvoer van het gereinigde afvalwater via de ontwateringsystemen naar de rioolwaterzuiveringsinstallatie van het waterschap. Het project SLIK

¹⁰ STOWA-2013-16: Evaluation Report Pharmafilter. Batelaan et al.

is afgerond. De resultaten zijn gepresenteerd in een eindconferentie samen met alle PILLS projecten in september 2012 (zie http://www.pills-project.eu/PILLS_summary_dutch.pdf).

- Sleen:

In 25 seniorenwoningen die deel uitmaken van een zorgcomplex in Sleen zijn in 2007 urine scheidingsstoiletten geplaatst. De urine is daarna apart opgeslagen. Er is een kleine installatie ontworpen om deze gehele urinestroom te behandelen en te ontdoen van medicijnresten. In het vooronderzoek met een testinstallatie in het laboratorium is bewezen dat actief kool en ozonbehandeling effectieve methoden zijn om medicijnresten te verwijderen uit urine. Het onderzoek laat zien dat de combinatie van actiefkool- en ozonbehandeling zeer effectief is voor de verwijdering van medicijnresten en hormoonverstorende stoffen. De medicijnresten worden tot nabij of onder de detectielimiet verwijderd, de hormoonverstorende activiteit wordt voor meer dan 99,9% weggenomen.

De tesinstallatie is vervolgens op pilotschaal getest. De resultaten van het onderzoek op locatie (pilotinstallatie), laten zien dat ook met een vereenvoudigde installatie, die bestaat uit alleen ozonbehandeling, medicijnresten en hormoonverstorende activiteit weggenomen kunnen worden tot onder de detectielimiet. De installatie bestond uit ozonbehandeling rechtstreeks in de reeds aanwezige urinebuffertank. Met een verblijftijd van enkele maanden in deze buffertank is een minimale ozondosering voldoende om de urine verregaand te zuiveren. De installatie blijkt goed te functioneren en voldoet ruim aan de voorafgestelde eisen:

 - medicijnresten worden tot onder de detectielimiet verwijderd;
 - hormoonverstorende activiteit wordt teruggebracht tot onder de detectielimiet;
 - de installatie is bedrijfszeker gebleken;
 - de installatie is eenvoudig te bedienen;
 - de installatie is compact en geeft geen overlast.¹¹

Inmiddels is de pilotinstallatie helemaal ontmanteld, omdat er zich problemen bij de urine-scheidingsstoiletten opdeden.

Ontwikkelingen in Nederland

- Microforce++

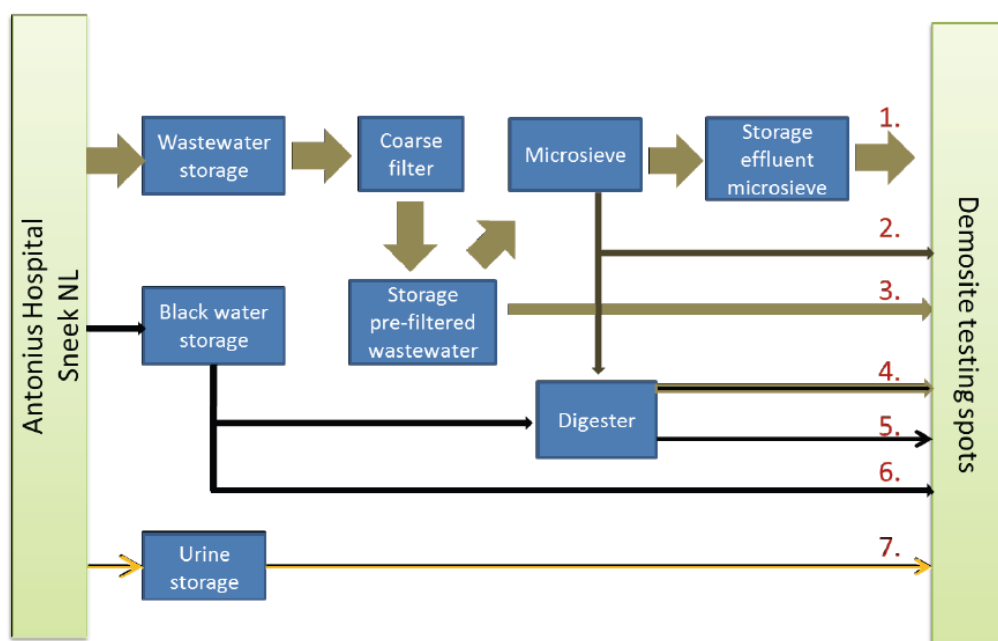
Het bedrijf AWWS heeft de Microforce++ installatie ontwikkeld. Dit is een installatie, die in een container gebouwd wordt. Ze maakt gebruik van AOP technologie om stoffen beter biodegradeerbaar te maken. Hierdoor wordt het mogelijk om tegen lagere kosten ook prioritare stoffen te verwijderen. Daarnaast is het mogelijk om met de Microforce++ ook volledig te oxideren zodat biodegradatie dan niet meer noodzakelijk is. Onderzoek loopt ook hier tegen een belangrijke verbetering aan, waardoor na labscale trials op de verschillende prioritare stoffen ook lagere operationele kosten verwacht worden om de stoffen te verwijderen uit het afvalwater.
- BBD

Door Wetsus wordt een technologie getest en ontwikkeld, waar microverontreinigingen door elektrochemische oxidatie worden verwijderd met een boron doped diamond elektrode (BBD). In dit proces oxideert de anode organische en anorganische componenten in het afvalwater. De oxidatie gebeurt direct en indirect. Eerste successen zijn gerapporteerd in Butkovskiy, Jeremiasse et al. 2013¹². De voordelen van elektrochemische oxidatie zijn, dat er geen chemicaliën worden gedoseerd, dat er omgevingsdruk en –temperatuur gebruikt worden en dat het gelijktijdig ook desinfecteert. Nadelen zijn het hoge energieverbruik en de vorming van gehalogeneerde bijproducten. Dit laatste is echter afhankelijk van de juiste keuze van het elektrodenmateriaal.

¹¹ Grontmij-rapport, W&E 1034567-RM/hh: Lokale zuivering van brongescheiden urine

¹² Butkovskiy, A., A. Jeremiasse, et al. (2013). "Electrochemical Oxidation of Micropollutants in Grey Water." In preparation.

- Pure Green
Het bedrijf Pure Green heeft een ozonisatie met lage energieconsumptie ontwikkeld. Een gepatenteerde hoge volt transformer wordt in combinatie met een hoogfrequente software gebruikt. Hiermee worden volgende voordelen behaald: 30% minder energieverbruik, minder warmteproductie, mogelijkheid om de ozonproductie aan en uit te schakelen en een feedback automatisatie.
- Proeftuin Sneek
In Nederland wordt op dit moment een proeftuin voor ziekenhuisafvalwaterzuivering aan het Antonius ziekenhuis in Sneek gebouwd. Daar worden drie verschillende afvalwaterstromen aangeboden, 70 m³/h gemengd afvalwater, 1,5 m³/h zwartwater afkomstig van normale toiletten en 100-150 l/d urine. Het water is voorbehandeld met een microzeef. Elk technologieleverancier kan zijn installaties ter plekke testen. In Figuur 2-1 zijn de verschillende stromen afvalwater te zien.



Figuur 2-1: stromen die voor testen bij het Antonius ziekenhuis in Sneek gebruikt kunnen worden: 1. Effluent microzeef, 2. Slib microzeef, 3. Voorgefiltreerd afvalwater, 4. Effluent vergister, 5. Vergist slib, 6. Zwartwater, 7. Urine.

In Duitsland

In Duitsland zijn binnen verschillende onderzoeksprojecten proefinstallaties getest om medicijnresten uit afvalwater te verwijderen. Er zijn installaties bij de ziekenhuizen Waldbröhl¹³ en Marienhospital (onderdeel van het project PILLS) geplaatst en reeds jaren in werking. Verder zijn er grootschalig installaties gebouwd op rwzi's als nageschakelde zuiveringsstap. Hier worden vooral de technologieën ozonisatie en actief koolfiltratie toegepast. Samenvattingen van verschillende projecten in de provincie NRW zijn op de site van het Kompetenzzentrum Mikroschadstoffe te vinden¹⁴.

¹³ PINNEKAMP et al. (2009): Abschlussbericht „Eliminierung von Spurenstoffen aus Krankenhausabwässern mit Membrantechnik und weitergehenden Behandlungsverfahren – Pilotprojekt Kreis Krankenhaus Waldbröhl“ (<http://www.lanuv.nrw.de/wasser/abwasser/forschung/pdf/Abschlussberichtpilotprojektw.pdf>)

¹⁴ www.masterplan-wasser.nrw.de/index.php?/dokumente/projektsteckbriefe-downloads.html

Europa

Zwitserland

Zwitserland is een voorloper bij het afvalwaterzuiveren op microverontreinigingen. Met het grote project Micropoll is er een wetgeving voor heel Zwitserland bepaald. Deze wet wordt nu geïmplementeerd. Dit heeft tot gevolg dat bij veel grote rwzi's nabehandelingsschappen, met name ozonisatie en actief koolfiltratie installaties moeten worden gebouwd. Actuele informatie is hierover op de site van het milieuministerie Zwitserland (BAFU) te vinden¹⁵.

Pills

Binnen het Europees Interreg onderzoeksproject PILLS zijn verschillende technologieën getest om microverontreinigingen uit ziekenhuisafvalwater te zuiveren. Er zijn bij drie ziekenhuizen onderzoeken uitgevoerd, in Gelsenkirchen/Duitsland, Zwolle/Nederland (SLIK) en Luxemburg/Luxembourg (Nafo, Evenblij et al. 2012)¹⁶. De biologische zuivering is met een MBR uitgevoerd, voor de medicijnrestenverwijdering werden technologieën als UV/ozon, UV/H₂O₂, Fentonreacties en UV/TiO₂ getest. Na het testen zijn de technologieën op basis van hun werking: zuiveringsrendement, ecotoxicologische effecten, antibioticaresistente bacteriën, installatiekosten en milieubalans geëvalueerd. Dit is in vorm van een LCA-methodiek gebeurd. In de vergelijking van vergaande behandelmethode ontstaat daaruit de volgende volgorde van positief naar negatief: Ozon (laag energieverbruik) > actiefkool > ozon (hoog energieverbruik) > UV.

Als resultaat is verder te zeggen, dat een behandeling door biologische reiniging (bijvoorbeeld met membraanbioreactor) plus ozon of actiefkool of UV/H₂O₂ of omgekeerde osmose als efficiënt werd beschouwd om de verwijdering van microverontreinigingen te verwezenlijken.

Voor de meeste – maar niet alle – beschouwde stoffen kan met vergaande behandeling met poederkool of ozon een verwijdering van meer dan 80% bereikt worden. Hoge verwijderingsrendementen

worden ook bereikt met granulaire actiefkoolfiltratie (GAK) en omgekeerde osmose. Bij toepassing van een hoge UV intensiteit kan ook door de behandeling met UV/H₂O₂ voor alle beschouwde stoffen een hoog verwijderingsrendement bereikt worden.

De kosten van de verschillende technologieën varieerden in dit project tussen 4,70 en 5,50 €/m³ voor MBR plus nageschakelde zuivering.¹⁷

2.5 Geneesmiddelen in afvalwaterstromen¹⁸

De vrachten en soorten geneesmiddelen die in afvalwater terecht komen verschillen per bron (zorginstelling, ziekenhuis, woonwijk). Dit hoofdstuk geeft een kort overzicht van de vrachten geneesmiddelen afkomstig van de verschillende bronnen.

2.5.1 Zorginstellingen en ziekenhuizen zijn verschillend

Figuur 2-2 geeft een overzicht van het totaal aantal bedden, het aantal locaties en het gemiddelde aantal bedden per locatie voor ziekenhuizen en zorginstellingen. Er zijn duidelijke verschillen in grootte van de instellingen, maar ook in de verblijftijd van de bewoners. In zorginstellingen is sprake van een relatief homogene populatie (ouderen, gehandicapten, GGZ patiënten) en bewoners verblijven er vaak langere tijd of zelfs chronisch. In ziekenhuizen wisselt het aantal patiënten sterk en verblijven patiënten veelal kort. Bovendien worden geneesmiddelen in ziekenhuizen vaak meegegeven aan patiënten voor thuisgebruik. Hierdoor is het veel makkelijker om voor zorginstellingen een uitspraak te kunnen doen over de verwachte vrachten geneesmiddelen in het afvalwater van de instellingen op basis van inname- en/of aflevergegevens van geneesmiddelen.

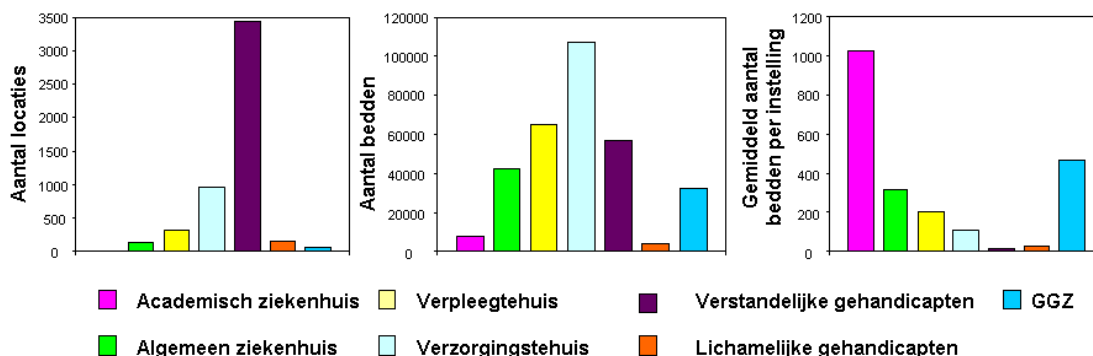
¹⁵ <http://www.bafu.admin.ch/gewaesserschutz/03716/11218/11223/index.html?lang=de>

¹⁶ Nafo, I., H. Evenblij, et al. (2012). Pharmaceutical Input and Elimination from local sources. Final report of the European cooperation project PILLS, European Union : 150.

¹⁷ PILLS 2012: Residuen van geneesmiddelen in het aquatische systeem – een uitdaging voor de toekomst, Inzichten en activiteiten van het Europese samenwerkingsproject PILLS

¹⁸ Deze tekst is grotendeel ontleend aan concept rapport 'ZORG, Zoeken naar Oplossingen voor Reductie van Geneesmiddelen uit zorginstellingen, deel C: Eindrapportage'.

Daarnaast zijn de soorten geneesmiddelen die in een zorginstelling worden ingenomen anders van aard dan de geneesmiddelen in een ziekenhuis en betreffen veelal geneesmiddelen voor chronische ziekten.



Figuur 2-2 Overzicht van de aantallen locaties, de aantallen bedden en de aantallen bedden per locatie voor de verschillende typen zorginstellingen (STOWA, 2010)

2.5.2 Kentallen voor geneesmiddelen

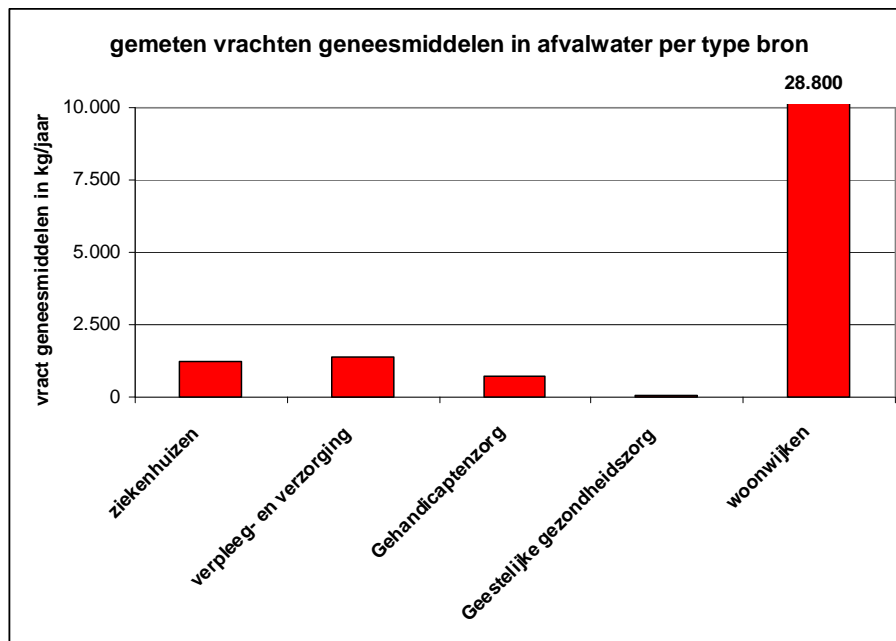
Na inname komen een deel van de geneesmiddelen en de in het lichaam gevormde omzettingen (metabolieten) via de urine en de feces in het afvalwater terecht. De projecten Verg(h)ulde Pillen (STOWA, 2009) en ZORG (STOWA 2010/2011) hebben met berekeningen en metingen inzicht gegeven in de vrachten van (groepen) geneesmiddelen die in het afvalwater van ziekenhuizen, zorginstellingen en woonwijken terecht komen en hieruit zijn landelijke kentallen voor de emissie per persoon per bron afgeleid. Tevens is aandacht besteed aan de verwijdering van geneesmiddelen uit het afvalwater door rwzi's. Het overzicht van de belangrijkste bronnen en routes van humane geneesmiddelen in de (afval)waterketen is hiermee compleet.

De landelijke kentallen kunnen gebruikt worden om een inschatting te geven van de vrachten geneesmiddelen uit ziekenhuizen, zorginstellingen en woonwijken. Als het aantal inwoners van een zuiveringskring bekend is, kunnen vrachten berekend worden voor influent en effluent van rwzi's.

Uit de Gebiedsstudie geneesmiddelen Provincie Utrecht (STOWA 2011-09) is gebleken dat de verschillende vrachten die gebaseerd zijn op meetgegevens zodanig overeenkomen met de vrachten die berekend zijn op basis van kentallen dat voor beleidsmatige keuzes het verantwoord is kentallen te gebruiken. Het kan noodzakelijk zijn aanvullende metingen te verrichten wanneer in specifieke situaties een exactere bepaling van vrachten noodzakelijk is.

Bij de kentallen is onderscheid gemaakt in verschillende groepen geneesmiddelen volgens de classificatie van de internationaal erkende ATC codes. De totale vracht gemeten geneesmiddelen uit ziekenhuizen wordt gedomineerd door de röntgencontrastmiddelen (V-groep) en uit zorginstellingen en woonwijken door het antidiabeticum metformine (A-groep) (kentallen, zie Tabel 2-2).

Figuur 2-3 geeft een overzicht van de totaalvrachten geneesmiddelen die in Nederland per bron in het afvalwater terecht komen, berekend op basis van de kentallen.



Figuur 2-3. Totaalvrachten geneesmiddelen in Nederland (op basis kentallen afgeleid van metingen van afvalwater) in afvalwater per type bron. Metformine en röntgencontrastmiddelen zijn niet meegenomen.

Verwijdering op rwzi's

Tussen de geneesmiddelen bestaan grote verschillen in de mate van verwijdering door een rwzi. Sommige geneesmiddelen worden vrijwel volledig door de verschillende processen in de rwzi verwijderd en andere geneesmiddelen worden vrijwel niet verwijderd. Ook binnen de ATC hoofdgroepen is een grote spreiding in de verwijderingspercentages van de geneesmiddelen (voorbeeld: het antiëpilepticum levetiracetam wordt voor 84 % verwijderd en het antiëpilepticum carbamazepine voor 9%). Daarom is het niet verantwoord verwijderingspercentages voor de hoofdgroepen te presenteren. Zo wordt vermeden dat verwijderingspercentages voor hoofdgroepen toegepast gaan worden op individuele geneesmiddelen.

Voor het totaal aan geneesmiddelen zijn wel verwijderingspercentages afgeleid:

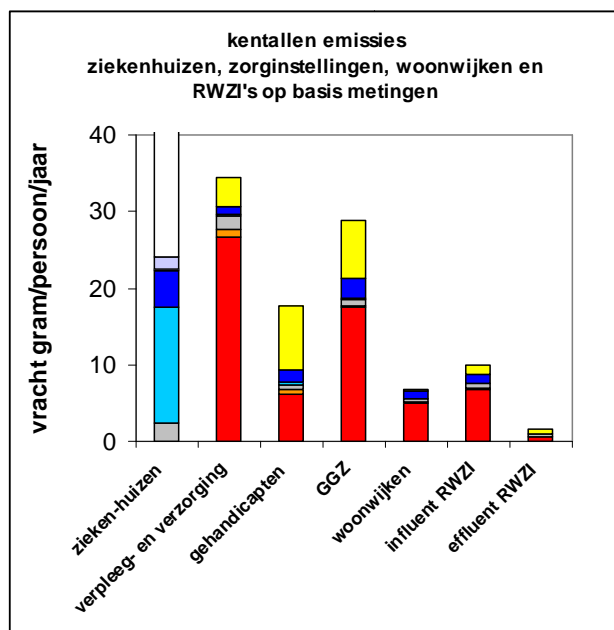
- Het gemiddelde verwijderingspercentage is **81%** van alle gemeten stoffen die aangetroffen zijn boven de rapportagegrens.
- Het gemiddelde verwijderingspercentage is **65%** van alle gemeten stoffen die aangetroffen zijn boven de rapportagegrens exclusief metformine (antidiabeticum) en röntgencontrastmiddelen.

Röntgencontrastmiddelen nemen een bijzondere positie in. Ze zijn voornamelijk afkomstig van ziekenhuizen. De vracht röntgencontrastmiddelen uit ziekenhuizen is zodanig hoog in vergelijking tot de overige bronnen en in vergelijking tot de overige groepen geneesmiddelen dat 'röntgencontrastmiddelen' als een aparte groep beschouwd wordt en niet meegenomen wordt in de kentallen voor de verwijderingspercentages van de totale hoeveelheden.

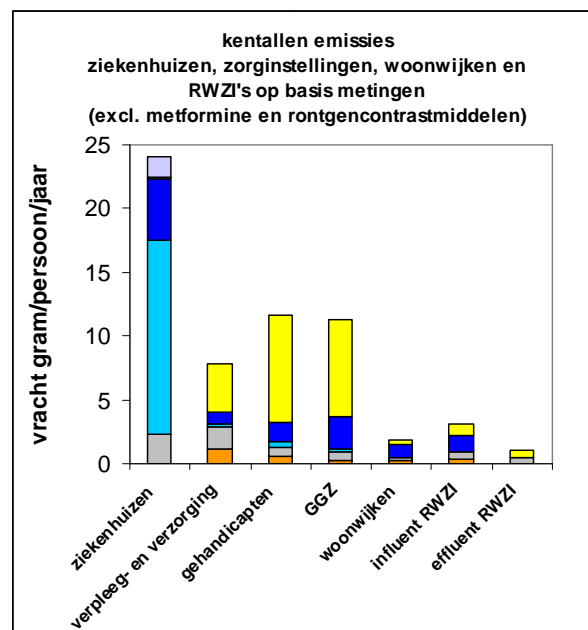
In onderstaande Tabel 2-2 zijn alle in deze studie gebruikte kentallen weergegeven, gesommeerd naar ATC-groep. Een grafische weergave is te zien in Figuur 2-4. De kentallen voor de individuele stoffen zijn weergegeven in Bijlage 2, Tabel B 2-1. In deze studie zijn de zorginstellingen niet verder bekeken, omdat er geen data voor de regio Groningen geïnventariseerd zijn. In deze studie zijn de inwoners van Groningen, die in zorginstellingen wonen als normale inwoners meegerekend. Deze vereenvoudiging klopt niet helemaal. De emissie per persoon van de hoeveelheden geneesmiddelen uit de zorginstellingen zijn eigenlijk hoger, maar het aantal mensen in tehuizen is dermate klein ten opzichte van het totaal aantal inwoners van Groningen, dat deze vereenvoudiging niet tot andere conclusies zal leiden.

Tabel 2-2: overzicht kentallen die in voorliggende studie zijn gebruikt (zorgtehuizen zijn niet verder meegenomen). Detailinformatie Tabel B 2-1.

Type geneesmiddel	eenheid	ziekenhuis	zorgtehuizen	woonwijk	influent rwzi	effluent rwzi
A - Spijsvertering (metformine)	g/p*j		16,8	5	6,7	0,5
B - Bloed- en bloedvormende organen	g/p*j		0,6	0,2	0,3	0,01
C - Hart- en vaatmiddelen	g/p*j	2,3	1,1	0,3	0,6	0,4
J - Anti-infectiemiddelen (antibiotica)	g/p*j	15,2	0,3	0	0,05	0,03
L - Immunomodulerend	g/p*j				0,001	
M - Spier- en skeletstelsel	g/p*j	4,8	1,6	1	1,2	0,07
N - Zenuwstelsel	g/p*j	0,2	6,6	0,3	1	0,5
Overig	g/p*j	1,6		0		
V - Varia (röntgencontrastmiddelen)	g/p*j	507				
Totaal	g/p*j	531,2	27,0	6,8	9,7	1,5
Totaal min röntgencontrastmiddelen en metformine	g/p*j	24,2	10,2	1,8	3	1



a. met metformine en röntgencontrastmiddelen



b. zonder metformine en röntgencontrastmiddelen

■ A - Spijsverteringsstelsel en metabolisme	■ L - Antineoplasie en immunomodulerende stoffen
■ B - Bloed en bloedvormende organen	■ M - Spier- en skeletstelsel
■ C - Hart- en vaatmiddelen	■ N - Zenuwstelsel
■ J - Anti-infectie middelen voor systemisch gebruik	■ Overig

Figuur 2-4 Kentallen vrachten geneesmiddelen in afvalwater van ziekenhuizen, zorginstellingen en woonwijken en effluent van RWZI's op basis van metingen (gram/persoon/jaar) verdeeld in ATC hoofdgroepen.

De variatie in gegevens die ten grondslag liggen aan het afleiden van de kentallen voor de ziekenhuizen zijn weergegeven in Bijlage 1. De volgende ziekenhuizen zijn hier in meegenomen:

- Refaja Ziekenhuis Stadskanaal (200 bedden)
- Antonius Ziekenhuis Nieuwegein (584 bedden)
- LUMC Leiden (882 bedden)
- Isala Klinieken Zwolle, locatie Sophia. (600 bedden)

2.5.3 Onzekerheden in gegevens

Bij de verschillende bronnen zijn verschillende groepen geneesmiddelen dominant in het afvalwater en binnen deze groepen zijn ook nog verschillende geneesmiddelen dominant, maar dit laatste is voor deze studie niet relevant.

Ook moet rekening gehouden worden met onzekerheden bij de gepresenteerde getallen. De onzekerheden zijn o.a.

- Beperkingen analysepakketten;
- Onzekerheden in analysesresultaten, o.a. vanwege een complexe matrix en hoge rapportagegrenzen voor sommige geneesmiddelen;
- Onzekerheden bij monsternamen;
- Extrapolatie metingen naar jaargegevens;
- Etc.

Bij de zorginstellingen is vrij nauwkeurig bekend welke geneesmiddelen en in welke hoeveelheden de geneesmiddelen worden ingenomen en op basis van die gegevens kunnen de hoeveelheden uitgescheiden geneesmiddelen worden berekend. Bij de verpleeg- en verzorgingshuizen en de instellingen voor gehandicapten wordt (wanneer de antidiabetesmiddelen niet worden meegenomen) ongeveer de helft van de vracht 'gemist' door beperking van de analysepakketten. Bij de GGZ-instellingen is dit meer (circa 2/3), met name vanwege het grote aantal verschillende psychopharmaca die ingenomen worden in de GGZ-instellingen.

Bij de ziekenhuizen is het veel moeilijker vast te stellen welke vracht 'gemist' wordt, o.a. vanwege de grote variatie aan patiënten en ziektes en de korte verblijftijd van de patiënten.

Er mist het kental voor röntgencontrastmiddelen uit woonwijken, omdat deze component in eerdere projecten niet gemeten is. Het is mogelijk dat hierdoor een vervalst beeld wordt afgegeven, ook al gaan we er van uit dat de grote hoeveelheid röntgencontrastmiddelen uit de ziekenhuizen komt.

2.5.4 Toxiciteit in oppervlaktewater

Het milieurisico van een werkzame stof wordt bepaald door de vracht in het effluent van een rwzi gecombineerd met de verdunning in het oppervlaktewater en de potentiële toxiciteit van de stof voor het ecosysteem.

Voor werkzame stoffen bestaan op dit moment (nog) geen rechtsgeldige ecologische drempelwaarden in oppervlaktewater. Een lijst met relevante werkzame stoffen is echter wel ter goedkeuring aan de EU voorgedragen op opgenomen te worden als prioritaire stoffen.

Voorlopig zijn in Nederland van deze lijst alleen nog diclofenac en 17alpha en betaethynylestradiol overgebleven om op te nemen op een 'watchlist'.

Een vergelijking van meetresultaten van geneesmiddelen in effluënten van rwzi's met rechtsgeldige drempelwaarden in oppervlaktewater is dus in de huidige rapportage niet mogelijk. Toch is een eenvoudige ecologische risicobeoordeling mogelijk van geneesmiddelen door beschikbare ecotoxicologische gegevens te vergelijken met de concentraties van werkzame stoffen in effluënten van rwzi's.

Wanneer de verwachte concentratie van werkzame stoffen in het effluent op basis van metingen of berekeningen (PEC) groter is dan de concentratie waaronder geen effecten zijn aangetoond in toxiciteitsexperimenten (PNEC) is er potentieel sprake van een ecologisch risico (PEC/PNEC >1). Mogelijke ecologische risico's voor organismen op basis van de concentraties die gemeten zijn in effluënten van rwzi's bij enkele waterschappen zijn geconstateerd voor diclofenac, metoprolol en carbamazepine.

Er zijn veel onderzoeken van de toxiciteit van effluënten. In deze onderzoeken zijn toxische effecten, zoals vervrouwelijking van vissen en mosselen, verstoringen van het immuunsysteem en de neurochemie, aangetoond zowel in de effluënten als in het ontvangende oppervlaktewater. Omdat effluënten een mengsel van stoffen bevat is het moeilijk aantoonbaar aan welke individuele stof of aan welk mengsel de effecten moeten worden toegeschreven.

Enkele voorbeelden van specifieke effecten en onverwachte effecten zijn¹⁹:

- Extra gevoeligheid van algen en blauwalgen voor antibiotica;
- Extra gevoeligheid van algen voor bètablokkers;
- Nierschade door diclofenac;
- Verstoring van sexueel gedrag;
- Massaal vrijkomen van eicellen en zaadcellen bij mosselen door fluoxetine
- Verstoring van de voedingsactiviteit;
- Verstoring van het zwemgedrag;
- Verstoring van de vervelling van kreeftachtigen;
- Effecten op het immuunsysteem.

Afbraakproducten van geneesmiddelen kunnen ontstaan door (STOWA 2013-06):

- Metabolisme in de mens
- Afbraak in de rwzi
- Afbraak in het milieu
- Afbraak bij de behandeling tot drinkwater.

Afbraakproducten worden niet vaak geanalyseerd en het voorkomen is dan ook niet goed bekend. In een studie die o.a. gericht was op afbraakproducten zijn in het milieu afbraakproducten van ibuprofen, carbamazepine en metformine aangetroffen. Over het algemeen zijn afbraakproducten stabiel en ook minder toxisch dan de uitgangsubstanties. Er zijn ook voorbeelden van geneesmiddelen waarbij het afbraakproduct licht toxischer is dan het uitgangsubstantie (naproxen en diclofenac).

¹⁹ STOWA 2013-06 . Humane geneesmiddelen in de waterketen. Derksen and ter Laak

3 Analyse Groningen

3.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt de situatie van Groningen, d.w.z. zuiveringskring Garmerwolde, besproken en geanalyseerd.

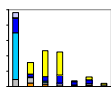
Het doel van het project was het vaststellen van de bijdrage van het UMCG en het Martiniziekenhuis aan de vracht geneesmiddelen die op rwzi Garmerwolde aankomt en op basis van de inventarisatie/metingen de aantrekkelijkheid evalueren van de verwijdering van geneesmiddelen bij de ziekenhuizen.

Bij het UMCG zijn twee overstorten en bij het Martiniziekenhuis is één overstort aanwezig. In de loop van het project is daarom besloten ook de situatie van geneesmiddelen in de overstortvijvers mede in beschouwing te nemen.

Het project is stapsgewijs opgezet in drie stappen:

- Stap 1. Berekening geneesmiddelenemissies op basis landelijke **kentallen**
- Stap 2. Berekening geneesmiddelenemissies op basis **innamegegevens**
- Stap 3. Verificatie concentratieberekeningen in overstortvijvers met **metingen**.

In dit hoofdstuk worden de resultaten van stap 1 en stap 2 besproken. In hoofdstuk 4 worden de resultaten van stap 3, de metingen, besproken.



*Stap 1. Berekening geneesmiddelenemissies op basis landelijke **kentallen** (paragraaf 3.2 en 3.3.)*

1a. Ziekenhuisemissies kentallen.

De geneesmiddelen emissies vanuit het UMCG, het Martiniziekenhuis en de woonwijken naar het rioolstelsel en de rwzi Garmerwolde worden met behulp van landelijke kentallen berekend (afkomstig van Tabel 2-2). De relatieve bijdragen worden in beeld gebracht. De concentraties geneesmiddelen in het ontvangende Eemskanaal worden eveneens berekend (par. 3.2).

1b. Overstorten kentallen

Op basis van bovengenoemde berekende emissies vanuit het UMCG en het Martiniziekenhuis worden de concentraties geneesmiddelen in de aanwezige overstortvijvers berekend (par. 3.3.).



Stap 2. Berekening geneesmiddelenemissies op basis **innamegegevens** (paragraaf 3.4 en 3.5)

2a. Ziekenhuisemissies innamegegevens

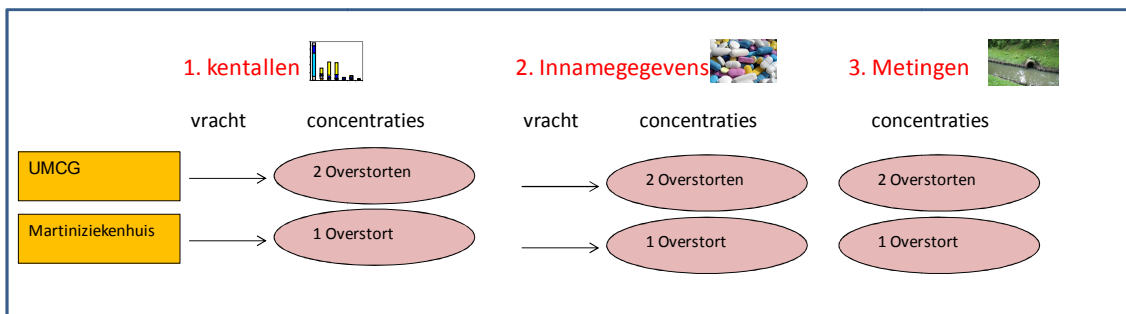
Voor de ziekenhuizen wordt het geneesmiddelengebruik geanalyseerd en worden de geneesmiddelenemissies vanuit de ziekenhuizen berekend op basis van deze innamegegevens. De emissies die berekend zijn op basis van kentallen worden vergeleken met de emissies die berekend zijn op basis van innamegegevens. De bijdrage vanuit de verschillende bronnen aan het influent van rwzi Garmerwolde wordt in beeld gebracht. (par. 3.4).

2b. Overstorten innamegegevens

Ook hier worden op basis van de aldus berekende emissies de concentraties in aanwezige overstorten berekend en vergeleken met de berekende concentraties op basis van kentallen. (zie *Figuur 3-1* vergelijking wat betreft de overstortvijvers)(par. 3.5).

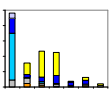


Stap 3. Verificatie concentratieberekeningen in overstortvijvers met metingen. De resultaten van deze stap worden besproken in hoofdstuk 4.



Figuur 3-1. Vergelijking vrachten uit ziekenhuizen en concentraties in overstortvijvers, berekend op basis van kentallen, berekend op basis van innamegegevens en vastgesteld met metingen. In dit hoofdstuk worden de berekeningen op basis van kentallen en op basis van innamegegevens met elkaar vergeleken. In hoofdstuk 4 worden de metingen besproken.

3.2 Stap 1a. Berekening geneesmiddelenvrachten naar RWZI uit kentallen.



In deze paragraaf zijn de geneesmiddelenvrachten die op de rwzi Garmerwolde aankomen berekend op basis van de kentallen die in hoofdstuk 2 beschreven zijn en tevens is de concentratie geneesmiddelen in het Eemskanaal waar het effluent van de rwzi op loost berekend.

3.2.1 UMCG

Voor het Universitair Medisch Centrum Groningen (UMCG) zijn de geneesmiddelenvrachten in het afvalwater berekend met behulp van de landelijke kentallen, die uit metingen bij andere ziekenhuizen afgeleid zijn (zie Tabel 2-2). Deze kentallen (gram per bed per jaar) zijn vermenigvuldigd met het aantal bedden in het UMCG (1.076) en met een bezettingspercentage van 67,88%. De aldus berekende vrachten, die jaarlijks op het riool vanuit het ziekenhuis geloosd worden, gesommeerd naar ATC-hoofdgroep, zijn in Tabel 3-1 weergegeven (detailinformatie per werkzame stof, zie Bijlage 2, Tabel B 2-2).

Tabel 3-1: geneesmiddelvrachten op basis van landelijke kentallen in het afvalwater van het UMCG in gram per jaar

Type geneesmiddel	Eenheid	Vracht
A - Spijsvertering (metformine)	[g/a]	-
B - Bloed- en bloedvormende organen	[g/a]	-
C - Hart- en vaatmiddelen	[g/a]	1.680
J - Anti-infectiemiddelen (antibiotica)	[g/a]	11.102
L - Immunomodulerend	[g/a]	-
M - Spier- en skeletstelsel	[g/a]	3.506
N - Zenuwstelsel	[g/a]	146
Overig	[g/a]	1.169
V - Varia (röntgencontrastmiddelen)	[g/a]	370.307
Totaal	[g/a]	387.909
totaal zonder V	[g/a]	17.602

3.2.2 *Martiniziekenhuis*

Voor het Martiniziekenhuis is hetzelfde gedaan. De jaarlijkse vrachten van het Martiniziekenhuis berekend met dezelfde kentallen zijn lager. Dit komt, omdat het aantal bedden in het ziekenhuis kleiner is: 642 met een bezettingspercentage van gemiddeld 82%.

In

Tabel 3-2 zijn de berekende geneesmiddelvrachten vanuit het Martiniziekenhuis aangegeven. Detailinformatie per werkzame stof is weergegeven in Bijlage 2, Tabel B 2-2.

Tabel 3-2: geneesmiddelvrachten op basis van kentallen in het afvalwater van het Martiniziekenhuis in gram per jaar

Type geneesmiddel	Eenheid	Vracht
A - Spijsvertering (metformine)	[g/a]	-
B - Bloed- en bloedvormende organen	[g/a]	-
C - Hart- en vaatmiddelen	[g/a]	1.211
J - Anti-infectiemiddelen (antibiotica)	[g/a]	8.002
L - Immunomodulerend	[g/a]	-
M - Spier- en skeletstelsel	[g/a]	2.527
N - Zenuwstelsel	[g/a]	105
Overig	[g/a]	842
V - Varia (röntgencontrastmiddelen)	[g/a]	266.905
Totaal	[g/a]	279.592
totaal zonder V	[g/a]	12.687

3.2.3 *Woonwijken*

De stad Groningen heeft 195.511 inwoners. Op de rwzi Garmerwolde zijn 265.267 inwoners aangesloten. Ook nabijgelegen dorpen lozen n.l. op dezelfde rwzi. Onder het aantal aangesloten vallen ook de bewoners van verzorgingstehuizen. In de berekeningen, die op basis van de landelijke kentallen uit hoofdstuk 2 zijn uitgevoerd, is van 265.267 aangesloten uitgegaan. Door de 265.267 aangesloten worden per jaar de vrachten, weergegeven in Tabel 3-3, op het riool geloosd, gesommeerd per ATC hoofdgroep. Detailinformatie per werkzame stof is weergegeven in Bijlage 2, Tabel B 2-2.

Tabel 3-3: geneesmiddelvrachten op basis van kentallen in het afvalwater vanuit alle woonwijken in Groningen in gram per jaar

Type geneesmiddel	Eenheid	Vracht
A -Spijvertering (metformine)	[g/a]	1.326.335
B - Bloed- en bloedvormende organen	[g/a]	53.053
C - Hart- en vaatmiddelen	[g/a]	79.580
J -Anti-infectiemiddelen (antibiotica)	[g/a]	-
L- Immunomodulerend	[g/a]	-
M -Spier- en skeletstelsel	[g/a]	265.267
N – Zenuwstelsel	[g/a]	79.580
Overig	[g/a]	-
V - Varia (röntgencontrastmiddelen)	[g/a]	-
Totaal	[g/a]	1.803.816
totaal zonder metformine	[g/a]	477.481

3.2.4 *Rwzi Garmerwolde*

De rioolwaterzuiveringsinstallatie wordt door het waterschap Noorderzijlvest beheerd. Hier wordt afvalwater uit Groningen en de omliggende dorpen gezuiverd. In totaal zijn 265.267 inwoners aangesloten op de rwzi. In de vrachtberekening wordt van het aantal aangeslotenen inwoners uitgegaan.

De zuivering werkt met mechanische, biologische en chemische processen. De effluentkwaliteit wordt getoetst aan wettelijke kaders.

Met de kentallen van het influent (g/p*j) en de bekende verwijderingspercentages op de rwzi (zie hoofdstuk 2) en de hoeveelheid op de rwzi aangesloten inwoners zijn vrachten in influent en effluent berekend.

De vrachten zijn in Tabel 3-4 aangegeven.

Tabel 3-4.geneesmiddelvrachten in het influent en effluent van de rwzi Garmerwolde berekend op basis van kentallen in gram per jaar

Type geneesmiddel	Eenheid	Vrachten in influent	Vrachten in effluent
A -Spijvertering (metformine)	[g/a]	1.777.289	132.634
B - Bloed- en bloedvormende organen	[g/a]	79.580	2.653
C - Hart- en vaatmiddelen	[g/a]	159.160	106.107
J -Anti-infectiemiddelen (antibiotica)	[g/a]	13.263	7.958
L- Immunomodulerend	[g/a]	265	-
M -Spier- en skeletstelsel	[g/a]	318.320	18.569
N – Zenuwstelsel	[g/a]	265.267	132.634
Overig	[g/a]	-	-
V - Varia (röntgencontrastmiddelen)	[g/a]	- ¹⁾	- ¹⁾
Totaal	[g/a]	2.613.145	400.553
totaal zonder metformine en röntgencontrastm.	[g/a]	835.856	267.920

1) in influenten en effluenten zijn in het kader van de onderzoeken die hebben geleid tot kentallen geen metingen gedaan van röntgencontrastmiddelen gedaan.

Procentuele bijdrage verschillende bronnen aan influent rwzi op basis kentallen

In Tabel 3-5 wordt een overzicht gegeven van de procentuele aandelen aan geneesmiddelvrachten uit de verschillende bronnen die bij de rwzi aankomen, alles berekend vanuit landelijke kentallen. De bijdrage van sommige geneesmiddelengroepen staan op 0%; dit komt omdat er geen kentallen konden worden afgeleid omdat deze geneesmiddelen in eerdere projecten niet boven de detectiegrens zijn gemeten. Hetzelfde geldt als 100% uit een bron komt; hier missen meestal gegevens. Dit is niet het geval bij röntgencontrastmiddelen, die voor 100% uit de ziekenhuizen komen (het is bekend dat ze ook in woonwijken worden uitgescheiden, ze worden immers uitgescheiden tot 48 uur na inname, maar hiervan zijn te weinig gegevens geneesmiddelen om kentallen af te kunnen leiden).

Tabel 3-5: aandelen geneesmiddelenvrachten in influent rwzi uit verschillende bronnen op basis van kentallen

Type geneesmiddel	Eenheid	vracht influent rwzi	waarvan uit UMCG	Waarvan uit Martiniziekenhuis	Waarvan uit woonwijken
A - Spijsvertering (metformine)	%	100	-	-	100
B - Bloed- en bloedvormende organen	%	100	-	-	100
C - Hart- en vaatmiddelen	%	100	2,0	1,47	96
J - Anti-infectiemiddelen (antibiotica)	%	100	58	42	-
L - Immunomodulerend	%	onbekend	-	-	-
M - Spier- en skeletstelsel	%	100	1,3	0,93	98
N - Zenuwstelsel	%	100	0,2	0,13	100
Overig	%	100	58	42	-
V - Varia (röntgencontrastmiddelen)	%	100	58	42	-
Totaal	%	100	16	11	73
totaal zonder A en V	%	100	3	2	94

Uit bovenstaande tabel blijkt dat de bijdrage vanuit het UMCG aan de vracht geneesmiddelen in het influent van de rwzi Garmerwolde, berekend op basis van kentallen 3 % bedraagt (exclusief röntgencontrastmiddelen en metformine) en vanuit het Martiniziekenhuis 2%.

3.2.5 Oppervlaktewater Eemskanaal

- Het ontvangend oppervlaktewater voor het effluent van de rwzi Garmerwolde is het Eemskanaal. Dit oppervlaktewater wordt beheerd door het waterschap Hunze en Aa's. Het Eemskanaal stroomt niet regelmatig door, waardoor een aantal gegevens nodig zijn om verduningsfactoren hierin te kunnen berekenen. Het betreft gegevens over
- De (niet continue) stroming in het kanaal;
- Het maalregime van de sluis bij Delfzijl waar water van het Eemskanaal wordt uitgemalen naar zee; De uitmaalpompen worden gestart op het moment dat het peil te veel stijgt.

De volgende getallen zijn als schetswaarden gebruikt. Deze zijn verkregen van Jan Bakker (H&A):

- In droge periodes heeft het Eemskanaal bij de sluis van Delfzijl een debiet van 1 miljoen m³ per week;
- In een normale week is het debiet ca. 20 miljoen m³ per week;
- Het debiet is heel variabel.

Door de variabiliteit van het debiet wordt een berekening van geneesmiddelconcentraties slechts een indicatie.

Ook is de doorsnede van het Eemskanaal ter plaatse van de locatie, waar de rwzi het effluent loost, niet bekend. Hiervoor hebben we aangenomen dat het kanaal ca. 5,5 m diep is en 60 m breed. Met deze schets kan een gemiddeld debiet per uur worden berekend.

Het debiet van het rwzi effluent is via influentwaardes gemiddeld en het 25-percentiel genomen (als aanname voor het effluentdebiet in een droge week).

Tabel 3-6: debieten Eemskanaal (per uur)

Stroom	Eenheid	droge week	normale week
Eemskanaal	m ³ /h	5.952	119.048
rwzi effluent	m ³ /h	2.136	3.285
Aandeel rwzi effluent in kanaal	%	36	3

De geneesmiddelenconcentraties berekend op basis van kentallen in het Eemskanaal zijn in

Tabel 3-7 weergegeven. Detailinformatie per werkzame stof is weergegeven in Bijlage 2, Tabel B 2-3.

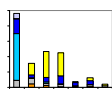
Er wordt bij de berekening van uitgegaan, dat het Eemskanaal geen achtergrondbelasting aan geneesmiddelen heeft. De aanname is zeker niet geheel juist omdat er altijd belast rwzi-effluent in het kanaal stroomt. Er kan dus van uit gegaan worden, dat de concentraties in het Eemskanaal

naal hoger liggen dan hieronder berekend, vooral van de geneesmiddelen, die niet in het water afbreken.

Tabel 3-7: geneesmiddelconcentraties in het Eemskanaal berekend op basis van kentallen in μg per liter

Type geneesmiddel	Eenheid	Concentratie droge week	Concentratie normale week
A - Spijsvertering (metformine)	[$\mu\text{g}/\text{l}$]	2,54	0,1272
B - Bloed- en bloedvormende organen	[$\mu\text{g}/\text{l}$]	0,05	0,0025
C - Hart- en vaatmiddelen	[$\mu\text{g}/\text{l}$]	2,03	0,1017
J - Anti-infectiemiddelen (antibiotica)	[$\mu\text{g}/\text{l}$]	0,15	0,0076
L - Immunomodulerend	[$\mu\text{g}/\text{l}$]	-	-
M - Spier- en skeletstelsel	[$\mu\text{g}/\text{l}$]	0,36	0,0178
N – Zenuwstelsel	[$\mu\text{g}/\text{l}$]	2,54	0,1272
Overig	[$\mu\text{g}/\text{l}$]	-	-
V - Varia (röntgencontrastmiddelen)	[$\mu\text{g}/\text{l}$]	-	-
Totaal	[$\mu\text{g}/\text{l}$]	7,7	0,384
totaal zonder metformine en röntgencontrastm.	[$\mu\text{g}/\text{l}$]	5,1	0,257

3.3 **Stap 1b. Berekening geneesmiddelenconcentraties in overstorten op basis kentallen.**



In deze paragraaf zijn de geneesmiddelvrachten die in overstortsituaties op de overstortvijvers bij de ziekenhuizen terecht komen berekend. De geneesmiddelenvrachten zijn berekend op basis van de kentallen die in hoofdstuk 2 beschreven zijn (Tabel 2-2) en tevens is de concentratie geneesmiddelen in de overstortvijvers berekend. Eerst wordt de situatie bij het UMCG besproken en daarna bij het Martiniziekenhuis.

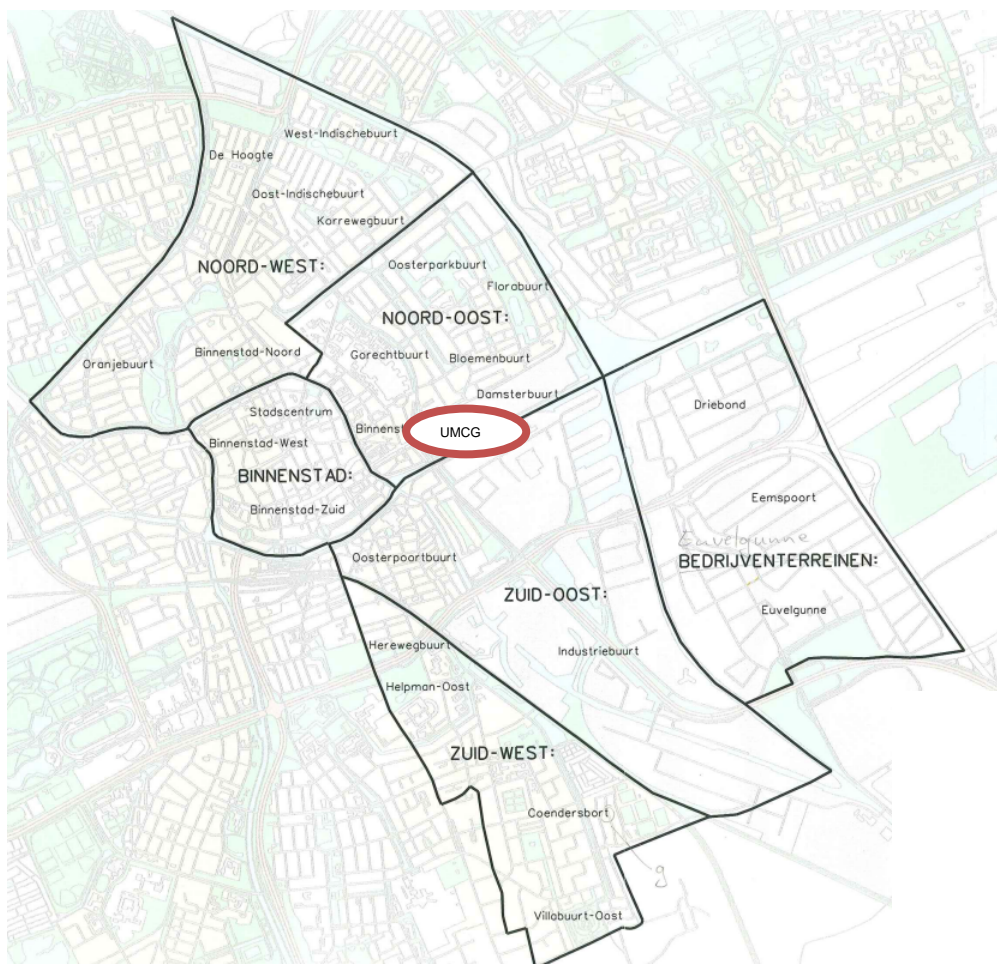
3.3.1 *Riolering algemeen*

De riolering in Groningen wordt door de gemeente beheerd. Het hele gebied is opgedeeld in kleine stroomgebieden, waarvan wij alleen de gebieden die voor de voorliggende studie belangrijk zijn hebben onderzocht.

3.3.2 *Riolering en overstorten in de buurt van het UMCG*

Voor het afvalwater dat vanuit het UMCG komt zijn de belangrijkste zes stroomgebieden, behorende tot eenzelfde hoofdbemalingsgebied, in

Figuur 3-2 weergegeven. Noord-Oost is het laagst gelegen gebied van dit hoofdbemalingsgebied waar al het water van de andere zes weergegeven stroomgebieden naar wordt afgevoerd. In het stroomgebied Noord-Oost staat ook het UMCG.



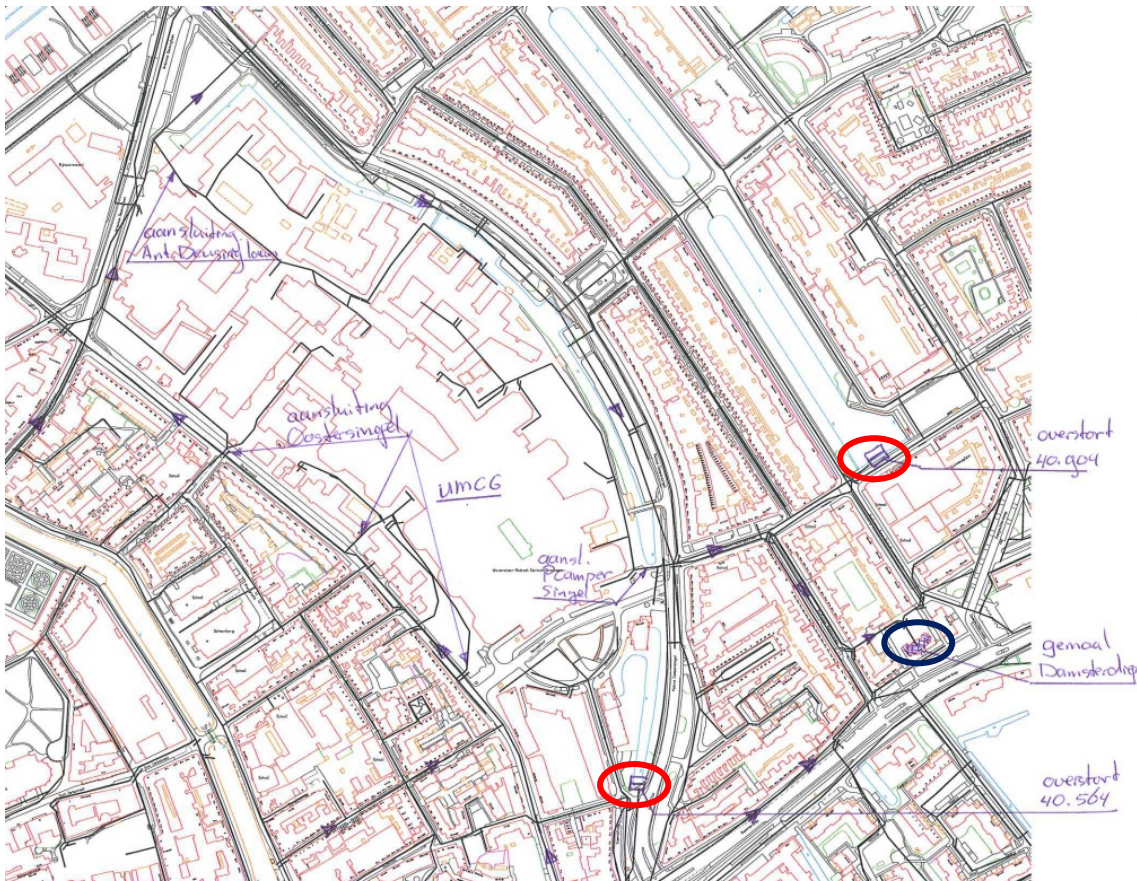
Figuur 3-2: Basis Rioleringsplan Groningen, hoofdbemalingsgebied, ligging stroomgebied Noord-Oost en ligging UMCG

In hetzelfde stroomgebied bevindt zich ook het hoofdgemaal, van waaruit het rioolwater van de boven in beeld staande stroomgebieden naar de rioolwaterzuiveringsinstallatie (rwzi) Garmerwolde wordt gepompt. Dit hoofdgemaal bevindt zich in de buurt van het UMCG. Voor de uitgevoerde berekeningen zijn de volgende gegevens gebruikt:

Tabel 3-8: gegevens stroomgebied Noord-Oost en hoofdbemalingsgebied

	Eenheid	stroomgebied Noord-Oost	hoofdbemalingsgebied
Afvoerend oppervlak	Ha	84	538
Inwoners		12.987	64.198
Berging in riool	m ³	9.560	53.281
Pompcapaciteit	mm/uur	0,7	
Berging	Mm	11,4	

Onderdeel van de riolering voor het hoofdgemaal zijn meerdere overstorten, die tijdens hevige regenbuien (en soms ook tijdens niet werking van het hoofdgemaal) afvalwater lozen op oppervlaktewater. Twee overstorten liggen vlak achter het UMCG en lozen ziekenhuisafvalwater op het oppervlaktewater. Deze twee zijn in onze studie van belang. Het zijn de overstorten 40.904 (stort over op Gorechtvijver) en 40.564 (stort over op de Wetering), zie Figuur 3-3.



Figuur 3-3: UMCG met in de buurt liggende overstorten (rood) en hoofdgemaal (zwart)

Gegevens van de gemeente Groningen over het UMCG-afvalwater en de twee overstorten, die als uitgangspunten voor de berekeningen zijn gebruikt:

- Het totaaldebiet van het afvalwater dat het UMCG verlaat bij droog weer is gelijk aan de inname van het drinkwater: 850 m³/d (gemiddelde afvoer op een dag is dan op piekuren ca. 100 m³/h, of gemiddeld over 24 uur 35 m³/h). Bij de berekeningen is geen rekening gehouden met verdamping van ingenomen water.
- Het afvalwater loost op de riolering op vijf punten, 3 aan de Oostersingel, 1 aan Ant Deusinglaan en 1 aan Petrus Campersingel.
- Er zijn twee overstorten (40.904 en 40.564) in het riool tussen het UMCG en het hoofdgemaal Damsterdiep, dat het afvalwater naar de rwzi Garmerwolde verpompt. Andere, in het rioolsysteem van Groningen bestaande overstorten zijn hier voor het afvalwater van het UMCG niet onderzocht, omdat deze niet het ziekenhuisafvalwater van het UMCG naar het oppervlaktewater transporteren.
- Als de overstorten gaan werken komt de volledige droogweerafvoer (dwa) van het UMCG tot overstorting (35 m³/h gelijkmatig verdeeld over de twee overstorten) (in werkelijkheid is de dwa variabel, vooral tussen dag en nacht en kan minder, maar ook veel meer zijn dan 35 m³/h).
- De frequentie van overstorten is gemiddeld 3 keer per jaar (Veltkampgrafiek).
- De gemiddelde duur van de overstorten is sterk afhankelijk van de soort en duur van de bui en of het rioelstelsel op dat moment leeg is of al gedeeltelijk gevuld is door een eerdere bui. Een overstortduur van tussen de 20 minuten en 3 uur komt geregeld voor in een jaar.
- Het gemiddelde overstortvolume (regenwater inclusief afvalwater) is ca. 2.200 m³ per jaar per overstort, dus voor beide overstorten 4.400 m³/a.

Voor elk overstortgebeurtenis is ook afvalwater in het rioelstelsel aanwezig. Uitgangspunt is dat dit water niet met regenwater verdund is. Het afvalwater is echter deels van het ziekenhuis en

deels van de woonwijken afkomstig. Voor de hoeveelheden UMCG-afvalwater, die voor een willekeurige overstortgebeurtenis in het riool aanwezig zijn, zijn volgende aannames gebruikt:

- afstroomlengte van UMCG naar de overstorten: 900m;
- stroomsnelheid dwa: 0,1 m/s;

Hieruit volgt dat het UMCG-afvalwater 2,5 uur nodig heeft om tussen het ziekenhuis en het hoofdgemaal door het rioolstelsel te stromen. Of te wel, er zijn altijd, uitgaande van een dwa van 35 m³/h, 89 m³ UMCG-afvalwater in het rioolstelsel aanwezig. Bij een overstortgebeurtenis zal deze hoeveelheid ook overstorten, omdat het regenwater het afvalwater uit het rioolstelsel door de overstortlocaties naar buiten drukt. Dit betekent, dat niet alleen het afvalwater dat in het tijdmoment van de overstort op het riool wordt geloosd overstort, maar ook het afvalwater dat in het begin van een overstortgebeurtenis in het riool aanwezig is (dit geldt voor afvalwater vanuit alle verschillende bronnen).

Voor de hoeveelheden huishoudelijk afvalwater, die voor een willekeurig overstortgebeurtenis in het riool aanwezig zijn, zijn de volgende aannames gebruikt:

- gemiddelde afstroomafstand van het stroomgebied Noord-Oost naar het gemaal (de overstorten): 1km
- stroomsnelheid dwa: 0,1 m/s

Uit alle bovenstaande aannames zijn de lozingshoeveelheden uit Tabel 3-9 berekend. Deze lozingshoeveelheden zijn opgebouwd uit afvalwater, dat voor de regenbui in het rioolstelsel aanwezig was, het afvalwater dat tijdens de regenbui op het riool geloosd wordt en het regenwater dat tijdens de regenbui in het riool terecht komt.

Uit de berekeningen volgt dat in totaal het gedeelte UMCG-afvalwater voor 12% deel uitmaakt van het overstortwater, het huishoudelijke afvalwater 19% en het regenwater 69%.

De overstortgegevens per jaar (niet per overstortgebeurtenis!) zijn in Tabel 3-9 weergegeven. Deze zijn berekend met een rioleringsmodel en aan de hand van het water dat zich op het moment van de overstort in het riool bevindt en het water dat tijdens de overstort door het riool stroomt (de slibhoeveelheden, die in het riool liggen en misschien met een overstortgebeurtenis overstorten zijn niet meegenomen).

Tabel 3-9: Berekende overstort gegevens per jaar

	Eenheid	Hoeveelheid	Percentage van totaal (%)
Duur overstorting	H	5,9	
Aantal overstortgebeurtenissen	aantal/a	3,8	
Lozing dwa* UMCG-afvalwater op 2 overstorten	m ³ /a	545	12
Lozing dwa* huishoudens stroomgebied Noord-Oost op 2 overstorten	m ³ /a	838	19
Lozing regenwater op 2 overstorten	m ³ /a	3.016	69
Totale lozing	m ³ /a	4.399	

* dwa = droogweerafvoer

Voor het ontvangend water is volgende achtergrondinformatie gebruikt:

- De Wetering is stilstaand water; bij regen en overstorten wordt het teveel aan water afgevoerd naar de Gorechtvijver (boezemwater).
- Ditzelfde geldt voor de Gorechtvijver; deze vijvers maken onderdeel uit van de boezem, en er zit nagenoeg geen stroming in. Het water dat overstort blijft dus ook in de beide vijvers aanwezig.
- In de Gorechtvijver staat een fontein; deze fontein spuit alleen overdag d.m.v. een tijdsklok tijdens het voorjaar tot het najaar.
- De straal van deze fontein is niet zo sterk dat hij structureel de waterkant bereikt, maar vissers langs de waterkant kunnen hier wel met sterke wind mee in aanraking komen.

Concentratieberekeningen geneesmiddelen in overstortvijvers nabij UMCG op basis kentallen

Voor de concentratieberekeningen van geneesmiddelen in de overstortvijvers zijn naast bovengenoemde gegevens de volgende aannames belangrijk:

- Tijdens de duur van een overstorting wordt de volledige dwa, die op dat moment wordt geloosd, via de overstorten geloosd.
- De dwa van UMCG wordt eigenlijk (op het UMCG terrein wordt bij hevige regenval echter een stuwing in het rioolstelsel ervaren) voor 100% via de overstorten 40.904 en 40.564 geloosd aangezien deze in de omgeving (tussen UMCG en gemaal) liggen.
- De overige dwa van de omliggende woonwijken loost voor een percentage via deze overstorten.
- De vijvers Wetering en Gorechtvijver zijn stilstaand water en worden door de overstorten 40.904 en 40.564 gevoed. Dat betekent dat de vijvers voor vrijwel 100% uit overstortwater bestaan, aangevuld met een kleine hoeveelheid regenwater en eventueel wat grondwater.

Op basis van de verhoudingen die berekend zijn in Tabel 3-9 zijn de concentraties berekend in de vijvers, als we ervan uitgaan, dat in het stilstaand water de geneesmiddelen niet afbreken. De aanname dat er in de vijvers geen afbraak van geneesmiddelen plaatsvindt is niet helemaal juist, maar de mate van afbraak en de afbraaksnelheid is onbekend. Er zijn ook veel geneesmiddelen die niet afbreken en ook toxisch zijn.

In dit geval zijn 12% van het overstortwater afkomend van het UMCG en 19% van de omliggende woonwijken, de overige hoeveelheden zijn regenwater (dat niet vervuild is met geneesmiddelen). Omdat de vijvers vrijwel voor 100% uit overstortwater bestaan, is aangenomen dat de concentratie in de vijvers hetzelfde is als in het overstortende water.

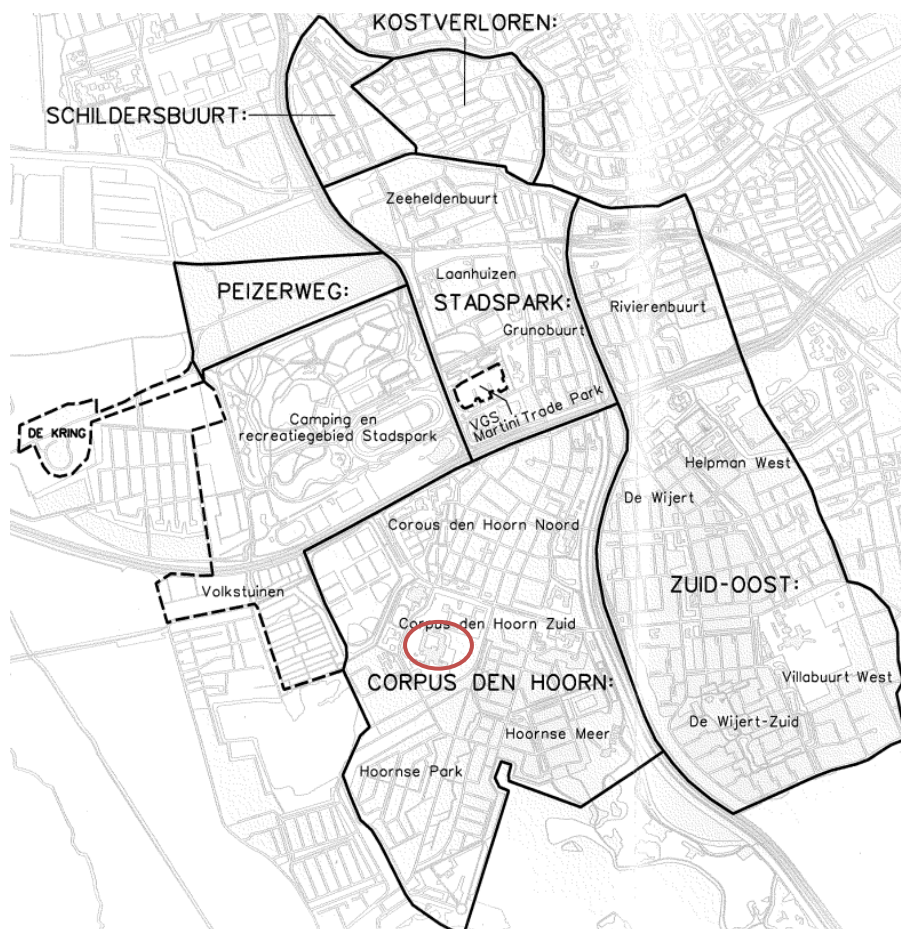
Uit deze berekening volgen de in Tabel 3-10 weergegeven concentraties, gesommeerd naar ATC hoofdgroepen. Deze zijn hetzelfde in de Wetering en de Gorechtvijver. Detailinformatie per werkzame stof is weergegeven in Bijlage 2, Tabel B 2-3.

Tabel 3-10. geneesmiddelconcentraties (gesommeerd naar ATC-groepen) berekend op basis van kentallen in Wetering en Gorechtvijver bij een T-1 overstorting in µg per liter

Type geneesmiddel	Eenheid	Concentratie in Wetering en Gorechtvijver
A - Spijsvertering (metformine)	[µg/l]	21,75
B - Bloed- en bloedvormende organen	[µg/l]	0,87
C - Hart- en vaatmiddelen	[µg/l]	1,98
J - Anti-infectiemiddelen (antibiotica)	[µg/l]	4,44
L - Immunomodulerend	[µg/l]	-
M - Spier- en skeletstelsel	[µg/l]	5,75
N – Zenuwstelsel	[µg/l]	1,36
Overig	[µg/l]	0,47
V - Varia (röntgencontrastmiddelen)	[µg/l]	147,95
Totaal	[µg/l]	184,57
Totaal zonder metformine en röntgencontrastm.	[µg/l]	14,86

3.3.3 Riolering in de buurt van het Martiniziekenhuis

Voor het afvalwater dat vanuit het Martiniziekenhuis komt zijn de belangrijkste zeven stroomgebieden, behorende tot eenzelfde hoofdbemalingsgebied in Figuur 3-4 weergegeven. Stadspark is het laagst gelegen gebied van dit hoofdbemalingsgebied waar al het water van de andere zeven weergegeven stroomgebieden naartoe wordt afgevoerd. In het stroomgebied Stadspark ligt ook het gemaal richting rwzi. Het Martiniziekenhuis bevindt zich in stroomgebied Corpus den Hoorn.



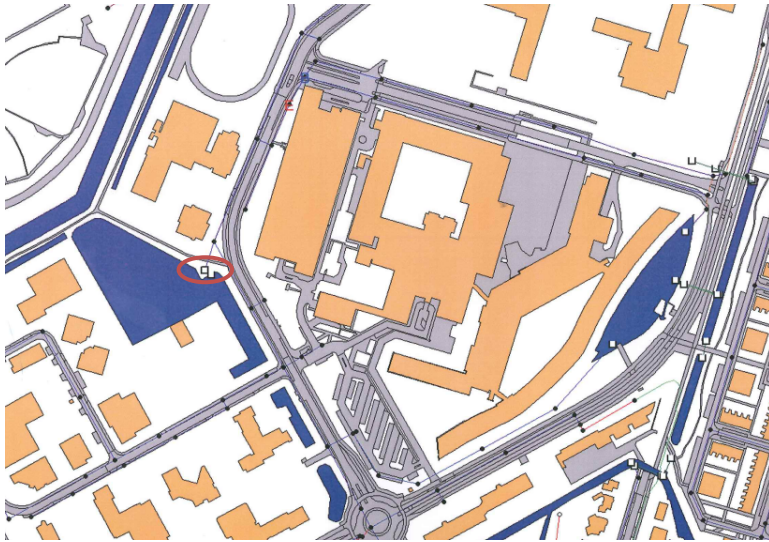
Figuur 3-4: stroomgebieden in de buurt van het Martiniziekenhuis (rood gemarkeerd)

Voor de uitgevoerde berekeningen zijn de volgende gegevens gebruikt:

Tabel 3-11: gegevens stroomgebied Corpus den Hoorn en hoofdbemalingsgebied

	Einheid	stroomgebied Corpus den Hoorn	hoofdbemalingsgebied
Afvoerend oppervlak	ha	56,7	276
Inwoners		10.350	38.500
Berging in riool	m ³	8.050	
Pompcapaciteit	mm/uur	0,7	
Berging	mm	14,2	

Onderdeel van de riolering zijn meerdere overstorten, die tijdens sterke regenbuien afvalwater op oppervlaktewater lozen. Het Martiniziekenhuis voert regenwater deels gescheiden af. Dit betekent dat regenwater, dat op het gebied van het ziekenhuis valt, direct op vijvers wordt geloosd. Verder ligt er een overstort afvalwaterriolering vlak achter het Martiniziekenhuis. Deze overstort loost bij regenval ziekenhuisafvalwater op het oppervlaktewater (een andere vijver dan de regenwatervijver). Deze overstort is in onze studie van belang, overstort 73.902 zie Figuur 3-5.



Figuur 3-5: Martiniziekenhuis en ligging van het overstort (rood gemarkeerd)

Gegevens afkomstig van de gemeente Groningen en het Martini ziekenhuis betreffende de debieten van het water in het Martiniziekenhuis en van de overstort, die als uitgangspunten voor de berekeningen zijn gebruikt:

- Het totaaldebiet van het afvalwater dat het Martiniziekenhuis verlaat bij droog weer is ongeveer gelijk aan de inname van het drinkwater: 400 m³/d (gemiddeld 16,6 m³/h).
- Het ziekenhuis is bijna volledig afgekoppeld en het regenwater stroomt af op de ellipsvormige vijver naast (aan de oostkant) van het ziekenhuis. Dit water staat in verbinding met de Piccardhofplas (ten westen, buiten het plaatje van Figuur 3-5) d.m.v. duikers en watergangen.
- Overstort (afvalwater) 73.902 ligt aan de overzijde van de weg (rode cirkel Figuur 3-5). Andere, in het rioolsysteem van Groningen bestaande overstorten zijn voor het afvalwater van het Martiniziekenhuis niet onderzocht, omdat deze niet het ziekenhuisafvalwater naar het oppervlaktewater transporteren.
- Als de overstort werkt komt al het afvalwater van het Martini in de overstortvijver terecht; de overstort ligt voor de deur van het ziekenhuis.
- De frequentie van overstorten is gemiddeld 3 keer per jaar (statistisch).
- De gemiddelde duur van de overstorten is afhankelijk van de bui, gemiddeld 1 uur.
- Het gemiddelde overstortvolume is 1.863 m³ per jaar bij overstort 73.902.

Voor de hoeveelheden afvalwater van het Martiniziekenhuis, die voor een willekeurige overstortgebeurtenis in het riool aanwezig zijn, zijn de volgende aannames gebruikt:

- afstroomlengte van Martini naar het hoofdgemaal Stadpark: 1.400m;
- stroomsnelheid dwa: 0,1 m/s;

Dit betekent een afstroomtijd van het ziekenhuisafvalwater van 3,9 uur of te wel een afvalwater-volume van 65 m³ aanwezig in het rioolstelsel voor elke overstortgebeurtenis.

Voor de hoeveelheden huishoudelijk afvalwater, die voor een willekeurige overstortgebeurtenis in het riool aanwezig zijn, zijn de volgende aannames gebruikt:

- gemiddelde afstroomafstand Corpus den Hoorn: 1.400m;
- stroomsnelheid dwa: 0,1 m/s.

Uit deze aannames worden de lozingshoeveelheden uit Tabel 3-12 berekend. Uit deze berekeningen volgt dat het gedeelte Martiniziekenhuisafvalwater bij het overstortwater 14% uitmaakt, het huishoudelijke afvalwater 4% en het regenwater 82%.

De overstortgegevens per jaar zijn in weergegeven. Deze zijn berekend met een rioleringsmodel en aan de hand van het water dat zich op het moment van de overstort in het riool bevindt

en het water dat tijdens de overstort door het riool stroomt (de slibhoeveelheden, die in het riool liggen en misschien met een overstortgebeurtenis overstorten zijn niet meegenomen). De gegevens zijn per jaar weergegeven, niet per overstort!

Tabel 3-12 Berekende overstort gegevens per jaar overstort 73.902

	Eenheid	Hoeveelheid	Percentage van totaal %
Duur overstorting	H	4,4	
Aantal overstortgebeurtenisse	aantal/a	2,8	
Lozing dwa* Martiniziekenhuis-afvalwater op overstort 73.902	m ³ /a	255	14
Lozing dwa* huishoudens Corpus den Hoorn op overstort 73.902	m ³ /a	79	4
Lozing regenwater op overstort 73.902	m ³ /a	1.529	82
Totale lozing	m ³ /a	1.863	

* dwa = droogweerafvoer

Voor het ontvangend water is de volgende achtergrondinformatie gebruikt:

- De vijver is stilstaand water.
- Het water dat overstort blijft dus ook in de vijver aanwezig.
- De vijver heeft een oppervlak van 8288 m² (niet relevant)

Concentratieberekeningen geneesmiddelen in overstortvijver nabij Martini op basis kentallen

Voor de concentratieberekeningen van geneesmiddelen in de overstortvijver zijn naast bovengenoemde gegevens de volgende aannames belangrijk:

- Tijdens de duur van een overstorting wordt de volledige dwa, die op dat moment wordt geloosd, via de overstorten geloosd.
- Het dwa van het Martiniziekenhuis wordt voor 100% via de overstort 73.902 geloosd aangezien deze in de omgeving ligt.
- Het overige dwa van de omliggende woonwijken loost voor een percentage via deze overstorten.
- De vijver is stilstaand water en wordt alleen door de overstort 73.902 gevoed. Dat betekent dat de vijvers 100% uit overstortwater bestaan.

Op basis van de verhoudingen die berekend zijn in Tabel 3-12, zijn de concentraties berekend in de vijvers, als we ervan uitgaan dat in het stilstaand water de geneesmiddelen niet afbreken. De aanname dat er in de vijvers geen afbraak van geneesmiddelen plaatsvindt is niet helemaal juist, maar de mate van afbraak en de afbraaksnelheid is onbekend. Er zijn ook veel geneesmiddelen die niet afbreken en ook toxisch zijn.

In dit geval zijn 14% van het overstortwater afkomend van het Martiniziekenhuis en 4 % van de omliggende woonwijken; de overige hoeveelheden (82%) zijn regenwater (dat niet vervuild is met geneesmiddelen). Omdat de vijvers voor 100% uit overstortwater bestaan, is aangenomen dat de concentratie in het overstortende water hetzelfde is als in de vijvers.

Uit de berekening volgen de in Tabel 3-13 weergegeven concentraties, gesommeerd naar ATC hoofdgroep.

Detailinformatie per werkzame stof is weergegeven in Bijlage 2, Tabel B 2-3.

Tabel 3-13: geneesmiddelen concentraties op basis van kentallen in overstortvijver bij Martinziekenhuis bij een T-1 overstorting in µg per liter

Type geneesmiddel	Eenheid	Concentratie in Overstortvijver
A - Spijsvertering (metformine)	[µg/l]	4,85
B - Bloed- en bloedvormende organen	[µg/l]	0,19
C - Hart- en vaatmiddelen	[µg/l]	1,43
J - Anti-infectiemiddelen (antibiotica)	[µg/l]	7,50
L - Immunomodulerend	[µg/l]	-
M - Spier- en skeletstelsel	[µg/l]	3,34
N – Zenuwstelsel	[µg/l]	0,39
Overig	[µg/l]	0,79
V - Varia (röntgencontrastmiddelen)	[µg/l]	250,04
Totaal	[µg/l]	268,52
totaal zonder metformine en röntgencontrastm.	[µg/l]	13,63



3.4 **Stap 2. Berekeningen emissies vanuit ziekenhuizen op basis van innamegegevens ziekenhuizen**

In deze paragraaf zijn de geneesmiddelvrachten die in het afvalwater van de ziekenhuizen terecht komen berekend op basis van de **innamegegevens** van geneesmiddelen in de ziekenhuizen

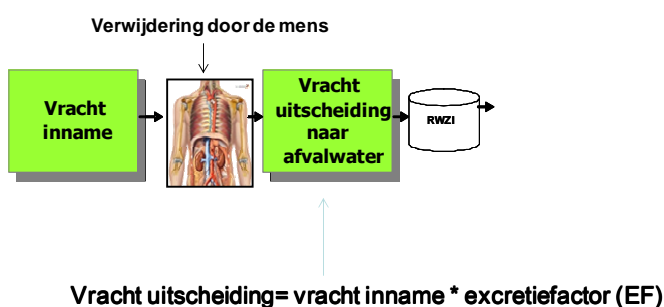
In deze paragraaf zijn ook de geneesmiddelvrachten die in overstortsituaties op de overstortvijvers bij de ziekenhuizen terecht komen berekend op basis van innamegegevens. en tevens is de concentratie geneesmiddelen in de overstortvijvers berekend.

3.4.1 *Stap 2 a Berekening geneesmiddelenemissies uit ziekenhuizen op basis innamegegevens*

Werkwijze

Door de twee ziekenhuizen, het UMCG en het Martinziekenhuis, zijn gegevens aangeleverd welke geneesmiddelen in welke hoeveelheid per jaar in de ziekenhuizen worden ingenomen.

Deze lijsten aan geneesmiddelen zijn omgerekend naar hoeveelheden actieve stoffen die ingenomen worden per jaar. Niet de hele hoeveelheid ingenomen hoeveelheid geneesmiddelen wordt door de mens opgenomen. Slechts een deel wordt opgenomen en het niet opgenomen deel wordt uitgescheiden. Dit gebeurt via urine en feces. Het percentage dat onveranderd wordt uitgescheiden wordt de excretiefactor genoemd (zie Figuur 3-6). Excretiefactoren zijn in de literatuur op te zoeken.



Figuur 3-6. Berekening uitgescheiden hoeveelheid geneesmiddelen.

De hoeveelheid ingenomen geneesmiddelen zijn door de twee ziekenhuizen verschillend aangeleverd.

- Het UMCG heeft een lijst gegeven met de innamegegevens (aflevergegevens) van de 39 meest voorkomende geneesmiddelen. Dit betreft dus niet alle geneesmiddelen.
- Het Martiniziekenhuis heeft een lijst aangeleverd met 2012 verschillende hoeveelheden van verschillende verpakkingen met verschillende doseringen. Deze lijst moest gereduceerd worden tot een ingenomen hoeveelheid van de meest relevante werkzame stoffen. Voor de door ons gehanteerde werkwijze, zie Kader 'Selectie geneesmiddelen Martiniziekenhuis'. Er resteerde een lijst met de innamegegevens van 78 verschillende werkzame stoffen.

Selectie geneesmiddelen Martiniziekenhuis

Van het Martiniziekenhuis hebben we een uitdraai van de apotheek gekregen, die eerst moest worden uitgedund. Alles wat niet capsules of tabletten zijn zoals pleisters, infusen, poeders en sprays hebben we van de lijst verwijderd; deze worden niet ingenomen en dus ook niet met de urine of feces uitgescheiden. Verder hebben we vitamines, zouten en melkzuren uit de lijst gehaald, omdat deze niet schadelijk zijn voor het milieu zijn. Omdat de lijst nog steeds zeer lang was hebben we de geneesmiddelen die weinig worden gebruikt (minder dan 0,3 kg per jaar in het Martiniziekenhuis) uit de lijst gehaald – ze zijn immers door de kleine hoeveelheden niet detecteerbaar in het afvalwater. Enkele geneesmiddelen, die weinig gebruikt worden zijn in de lijst blijven staan, omdat van deze kentallen uit andere studies bekend zijn of omdat deze ook in het UMCG worden gebruikt (voor een goede vergelijking). De overblijvende lijst bevat nog steeds 78 verschillende werkzame stoffen.

Om te berekenen hoeveel van de actieve stoffen van de ingenomen geneesmiddelen uitgescheiden worden moeten de ingenomen hoeveelheden vermenigvuldigd worden met de zogenaamde excretiefactor. Deze excretiefactoren zijn geïnventariseerd uit het Farmacotherapeutisch Kompas Nederland of uit eerdere geneesmiddelenstudies²⁰. De aldus berekende hoeveelheden zijn de hoeveelheid actieve stof in het afvalwater. De vrachten van de individuele geneesmiddelen zijn in Bijlage 3 te vinden, Tabellen B 3-1 en B 3-2. Aan ieder werkzame stof is een ATC code toegekend die specifiek is voor de werkzame stof (zie ook paragraaf 2.5.2).

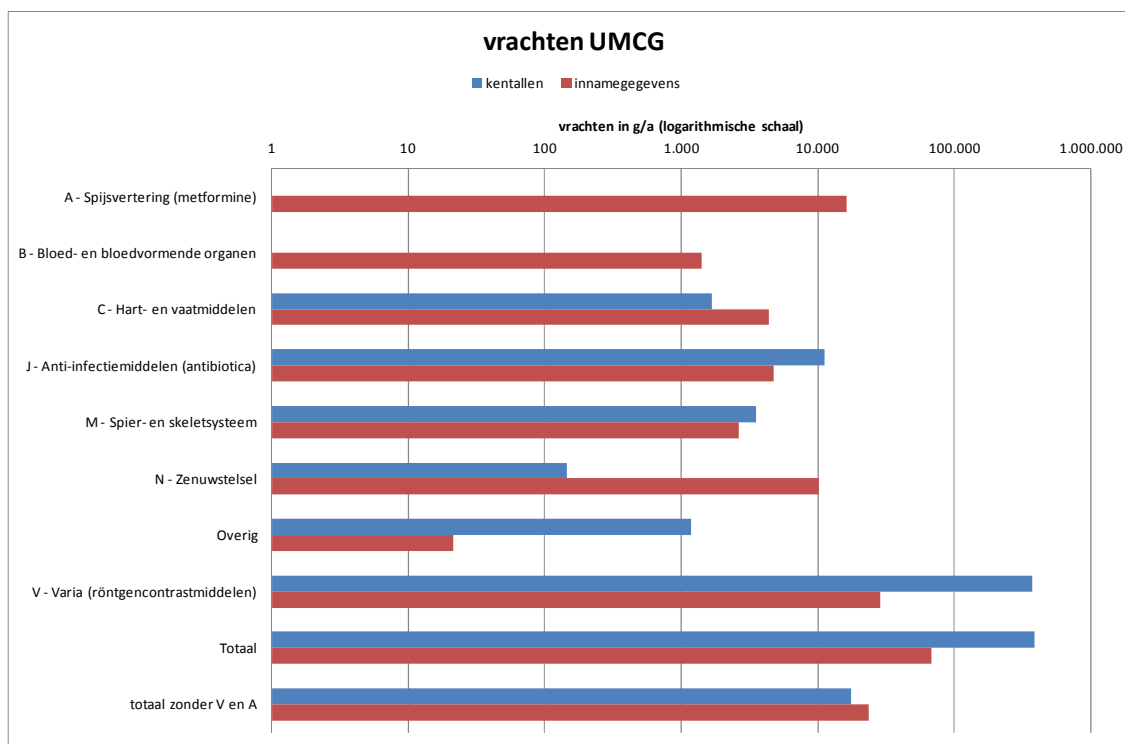
De lijst aan stoffen is langer dan de stoffenlijst waarvan we in hoofdstuk 2 kentallen hebben gebruikt. De kentallen zijn gebaseerd op de geneesmiddelen die gedetecteerd zijn in afvalwater en deze lijst hangt deels ook samen met de analysepakketten die zijn toegepast op de analyses.

Elk ziekenhuis gebruikt weer andere geneesmiddelen. Dit verschil is ook te zien tussen UMCG en Martiniziekenhuis.

3.4.2 Vergelijking vrachten geneesmiddelen in afvalwater berekend op basis kentallen en op basis ingenomen geneesmiddelen

Voor een betere overzicht hebben we de stoffen naar de ATC-hoofdgroepen gegroepeerd. De berekende hoeveelheden uitgescheiden stoffen uit een groep zijn bij elkaar opgeteld. In de groepen zijn dan de getallen op basis van de innamegegevens met de getallen gebaseerd op de kentallen goed vergelijkbaar, zie Figuur 3-7 (en Tabel 3-14) en Figuur 3-8 (en Tabel 3-15) (pas op: in logaritmische schaal).

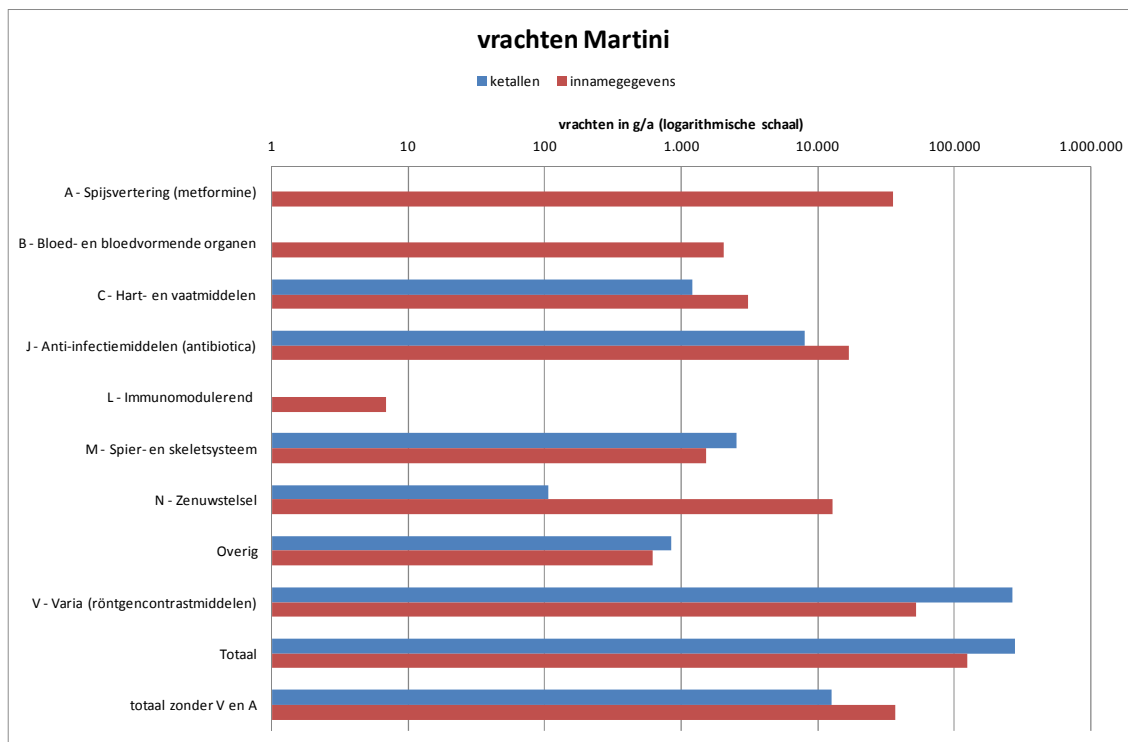
²⁰ STOWA 2010-06. ZORG. Zoeken naar Oplossingen Voor Reductie van Geneesmiddelenemissies uit zorginstellingen. Deel A. Bureaustudie. Pieters et al.



Figuur 3-7: vergelijking vrachten uit UMCG (blauw=berekend op basis kentallen, rood=berekend op basis inname gegevens) in g per jaar

Tabel 3-14: Vergelijking vrachten geneesmiddelen in afvalwater UMCG berekend op basis landelijke kentallen en op basis innamegegevens in gram per jaar.

Type geneesmiddel	Eenheid	Kentallen	Inname
A -Spijsvertering (metformine)	g/a	0	16.09
B - Bloed- en bloedvormende organen	g/a	0	1.40
C - Hart- en vaatmiddelen	g/a	1.68	4.35
J -Anti-infectiemiddelen (antibiotica)	g/a	11.10	4.71
M -Spier- en skeletstelsel	g/a	3.51	2.61
N – Zenuwstelsel	g/a	146	10.23
Overig	g/a	1.17	21
V - Varia (röntgencontrastmiddelen)	g/a	370.31	28.38
Totaal	g/a	387.91	67.80
Totaal zonder metformine en röntgencontrastm.	g/a	17.60	23.32



Figuur 3-8: vergelijking vrachten uit Martinizekenhuis (blauw=berekend op basis kentallen, rood=berekend op basis innamegegevens) in g per jaar

Tabel 3-15: Vergelijking vrachten geneesmiddelen in afvalwater Martini berekend op basis landelijke kentallen en op basis innamegegevens in gram per jaar.

Type geneesmiddel	Eenheid	Kentallen	Inname
A -Spijsvertering (metformine)	g/a	0	35.166
B - Bloed- en bloedvormende organen	g/a	0	2.044
C - Hart- en vaatmiddelen	g/a	1.211	3.065
J -Anti-infectiemiddelen (antibiotica)	g/a	8.002	16.762
L- Immunomodulerend	g/a	0	7
M -Spier- en skeletstelsel	g/a	2.527	1.521
N – Zenuwstelsel	g/a	105	12.758
Overig	g/a	842	621
V - Varia (röntgencontrastmiddelen)	g/a	266.905	52.071
Totaal	g/a	279.592	124.014
totaal zonder metformine en röntgencontrastm.	g/a	12.687	36.777

Deze gegevens zijn ook per actieve stof bekend. Figuren en tabellen hiervan zijn in Bijlage 4 te vinden (Figuren B4-1 en B4-2 en tabellen B4-1 en B4-2).

De berekende vracht op basis van innamegegevens is in beide gevallen hoger dan de berekende vracht op basis ketallen (gebaseerd op landelijke metingen). Dit is ook vanzelfsprekend want bij de analysepakketten neem je niet alles mee.

Let op !!. De vracht berekend op basis van innamegegevens bij Martini is hoger dan bij het UMCG. Dit is niet verwonderlijk omdat Martini een uitgebreide lijst geneesmiddelen heeft aangeleverd en UMCG alleen de meest ingenomen geneesmiddelen.

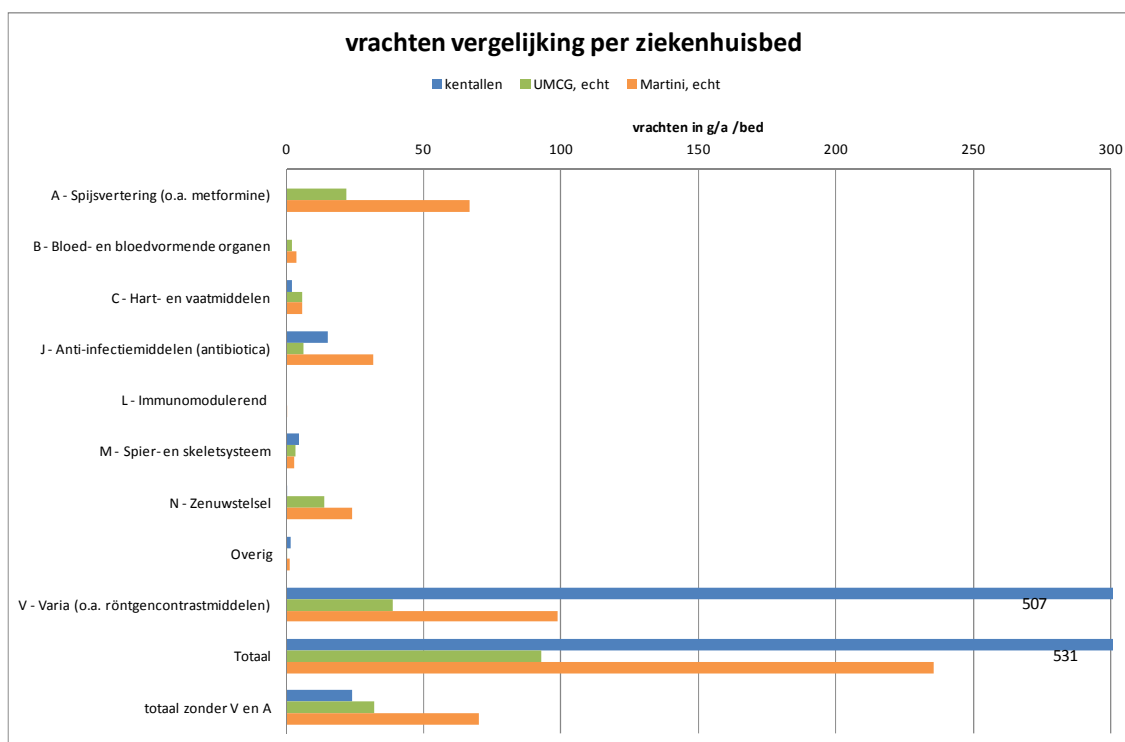
De verschillen tussen berekende vrachten op basis van kentallen en op basis van innamegegevens worden voornamelijk veroorzaakt door de geneesmiddelen voor het zenuwstelsel (N-groep) en hierin de anti-epileptica levetiracetam en gabapentine. Deze kwamen in het analysepakket dat ten grondslag ligt aan de kentallen niet voor (zie tabellen B 4-1 en B 4-2 in Bijlage 4).

Vergelijking emissie vanuit de ziekenhuizen genormeerd per bed

Om de vrachten uit de twee ziekenhuizen met elkaar en met de kentallen te kunnen vergelijken, zijn de vrachten per ATC-groep genormeerd. Dit doen we door de vrachten te delen door het aantal bedden van het ziekenhuis. In Tabel 3-16 zijn de verschillende kentallen opgenomen; in Figuur 3-9 is dit inzichtelijk gemaakt.

Tabel 3-16: overzicht vrachten per ziekenhuisbed op basis van innamegegevens UMCG en Martini en landelijke kentallen

Type geneesmiddel	Eenheid	Landelijke kentallen	Kentallen UMCG, op basis innamegegevens	Kentallen Martini op basis innamegegevens
A - Spijsvertering (metformine)	g/a/bed		22,04	66,86
B - Bloed- en bloedvormende organen	g/a/bed		1,92	3,89
C - Hart- en vaatmiddelen	g/a/bed	2,30	5,96	5,83
J - Anti-infectiemiddelen (antibiotica)	g/a/bed	15,21	6,45	31,87
L - Immunomodulerend	g/a/bed			0,01
M - Spier- en skeletstelsel	g/a/bed	4,80	3,57	2,89
N - Zenuwstelsel	g/a/bed	0,20	14,02	24,25
Overig	g/a/bed	1,60	0,03	1,18
V - Varia (röntgencontrastmiddelen)	g/a/bed	507,27	38,87	98,99
Totaal	g/a/bed	531	93	236
Totaal zonder A en V	g/a/bed	24	32	70



Figuur 3-9: vergelijking vrachten per ziekenhuisbed op basis innamegegevens UMCG en Martini met landelijke kentallen op basis metingen in g per jaar per bed

Uit deze afbeelding worden de volgende aspecten duidelijk:

- de ATC-groepen A en B, dat zijn geneesmiddelen voor de spijsvertering en voor bloed- en bloedvormende organen, ontbreken bij de kentallen voor ziekenhuizen omdat ze niet gedetecteerd zijn bij metingen die voor de kentallenvaststelling zijn gebruikt.
- De vrachten van het Martiniziekenhuis zijn in bijna alle groepen hoger dan van het UMCG. De uitgebreidere aangeleverde innamegegevens van het Martini is hiervoor hoogstwaarschijnlijk grotendeels verantwoordelijk.

Ook deze vergelijking is uitgevoerd op basis van individuele actieve stoffen; dit is te vinden in Bijlage 4, Figuur B 4-4.

3.4.3 Vrachten in rwzi-influent op basis innamegegevens ziekenhuizen

In Tabel 3-17 wordt een overzicht gegeven van de procentuele aandelen aan geneesmiddelvrachten uit de verschillende bronnen die bij de rwzi aankomen.

Voor de ziekenhuizen zijn de vrachten berekend op basis van innamegegevens van geneesmiddelen.

De gegevens uit de woonwijken zijn nog steeds gebaseerd op kentallen omdat we hiervan geen innamegegevens hebben.

Tabel 3-17: aandelen geneesmiddelenvrachten in influent rwzi uit verschillende bronnen berekend op basis van ingenomen geneesmiddelen voor de ziekenhuizen en kentallen voor de woonwijken

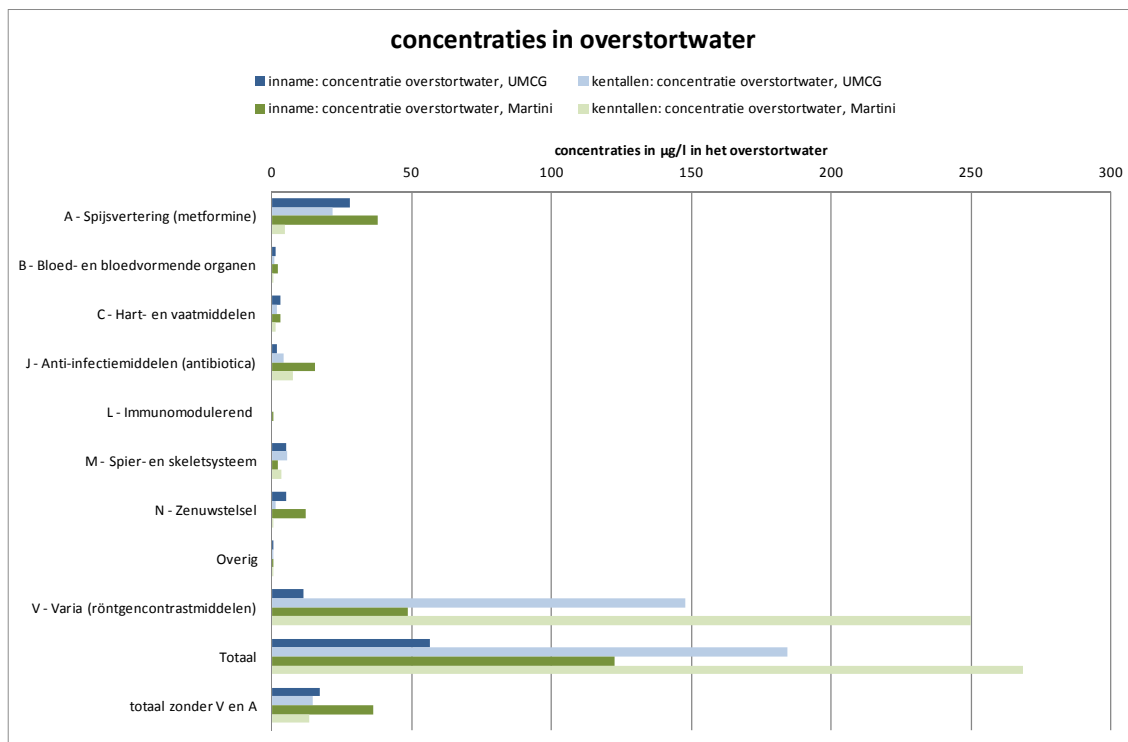
Type geneesmiddel	Eenheid	vracht in-fluent rwzi	waarvan uit UMCG	Waarvan uit Martiniziekenhuis	Waarvan uit woonwijken
A - Spijsvertering (metformine)	%	100	1,2	2,6	96
B - Bloed- en bloedvormende organen	%	100	2,5	3,6	94
C - Hart- en vaatmiddelen	%	100	5,0	3,52	91
J - Anti-infectiemiddelen (antibiotica)	%	100	22	78	-
L - Immunomodulerend	%	onbekend	-	-	-
M - Spier- en skeletstelsel	%	100	1,0	0,6	98
N - Zenuwstelsel	%	100	10,0	12,4	78
Overig	%	100	3	97	-
V - Varia (röntgencontrastmiddelen)	%	100	35	65	-
Totaal	%	100	3	6	90
Totaal zonder A en V	%	100	4	7	89

Het beeld verschuift een beetje t.o.v. de berekeningen die alleen op kentallen gebaseerd zijn (vergelijk Tabel 3-5) Op basis van innamegegevens wordt een grotere bijdrage berekend vanuit het Martiniziekenhuis dan op basis van kentallen. Dit komt omdat bij het Martiniziekenhuis meer werkzame stoffen in beschouwing zijn genomen dan bij het UMCG (78 versus 45 werkzame stoffen). In werkelijkheid is de verwachting dat de relatieve bijdrage evenredig is met het aantal bedden (Martini 642 bedden en UMCG 1076 bedden).

3.5 Stap 2b. Vergelijking concentraties geneesmiddelen in overstortvijvers berekend op basis kentallen en op basis ingenomen geneesmiddelen

Als de vrachten in het afvalwater van de ziekenhuizen bekend zijn, kunnen ook de concentraties in de overstortvijvers berekend worden. Dit is voor de vrachten die berekend zijn op basis van innamegegevens op dezelfde manier uitgevoerd als voor de vrachten op basis van de landelijke kentallen in paragraaf 3.3.

De concentraties in de overstortvijvers van de ATC-groepen gebaseerd op berekeningen vanuit innamegegevens zijn in Figuur 3-10 weergegeven. In deze figuur zijn met een lichtere kleur ter vergelijking de concentraties berekend op basis van landelijke kentallen weergegeven.



Figuur 3-10: concentraties van geneesmiddelen (uit ziekenhuizen en woonwijken) in overstortwater op basis van gegevens ziekenhuizen en kentallen woonwijken (felle kleur) en kentallen zowel voor ziekenhuizen als voor woonwijken (lichte kleur), in $\mu\text{g/l}$

Tabel 3-18: Vergelijking concentraties geneesmiddelen in overstorten UMCG en Martini berekend op basis landelijke kentallen en op basis innamegegevens in gram per jaar.

Type geneesmiddel	eenheid	conc. over-	conc. over-	conc. over-	conc. over-
		stortwater op basis inname UMCG	stortwater op basis inname Martini	stortwater op basis kentallen UMCG	stortwater op basis kentallen Martini
A - Spijsvertering (metformine)	$\mu\text{g/l}$	28,18	37,79	21,75	4,85
B - Bloed- en bloedvormende organen	$\mu\text{g/l}$	1,43	2,11	0,87	0,19
C - Hart- en vaatmiddelen	$\mu\text{g/l}$	3,04	3,16	1,98	1,43
J - Anti-infectiemiddelen (antibiotica)	$\mu\text{g/l}$	1,88	15,70	4,44	7,50
L - Immunomodulerend	$\mu\text{g/l}$	0,00	0,01	0,00	0,00
M - Spier- en skeletstelsel	$\mu\text{g/l}$	5,39	2,39	5,75	3,34
N - Zenuwstelsel	$\mu\text{g/l}$	5,39	12,24	1,36	0,39
Overig	$\mu\text{g/l}$	0,01	0,58	0,47	0,79
V - Varia (röntgencontrastmiddelen)	$\mu\text{g/l}$	11,34	48,78	147,95	250,04

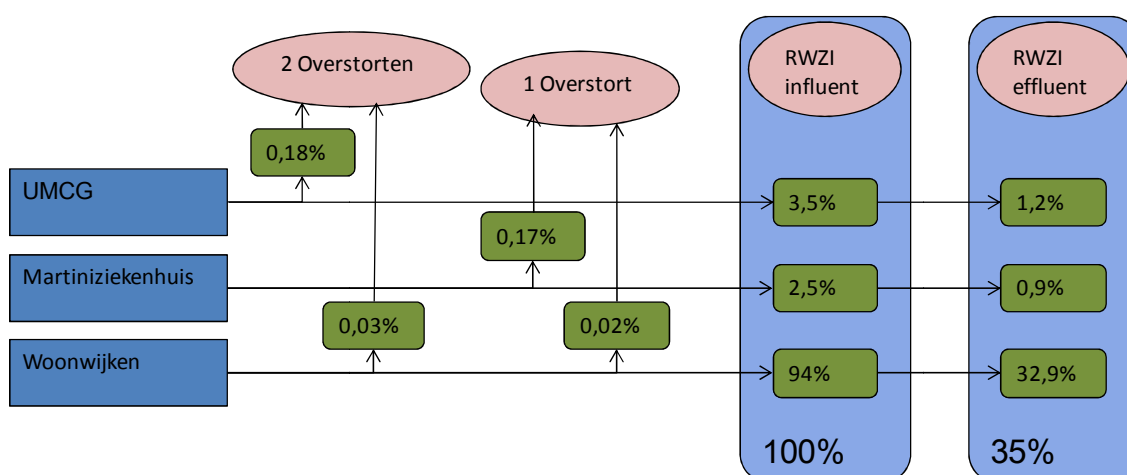
De concentraties van de individuele stoffen in de overstortvijvers, berekend op basis van innamegegevens zijn weergegeven in Bijlage 3, de tabellen B3-4 en B 3-5.

Het verschil in vrachten in het afvalwater berekend op basis innamegegevens en op basis kentallen, zoals besproken in paragraaf 3.4.2, vertaalt zich natuurlijk op evenredige wijze in het verschil in concentraties die op beide wijzen berekend zijn.

3.6 Evaluatie emissieberekeningen bij rwzi

Op de rwzi worden geneesmiddelen gedeeltelijk verwijderd, waarbij het verwijderingspercentage sterk afhankelijk is van de soort werkzame stof. In het ZORG project is geconcludeerd, dat gemiddeld 65% van alle geneesmiddelen op de rwzi verwijderd worden als metformine en röntgencontrastmiddelen buiten beschouwing worden gehouden. Als alles wordt meegenomen is het verwijderingsrendement ca. 81% (deze waarden variëren dus wanneer bij de verwijdering niet van het totaal wordt uitgegaan, maar van de verschillende hoofdgroepen).

In Figuur 3-11 zijn de procentuele aandelen aan geneesmiddelenvrachten, die het milieu bereiken voor de Groningse situatie weergegeven. De procenten laten de aandelen zien, die ten opzichte van het totaal berekende influent het oppervlaktewater bereiken. Dat kan deels via de drie beschouwde overstorten (twee bij UMCG en één bij het Martiniziekenhuis) en deels via de effluentlozing van de rwzi. Het is echter zo, dat in de verschillende stroomgebieden nog veel meer overstorten aanwezig zijn, die hier niet bekeken worden, omdat bij de niet beschouwde overstorten geen afvalwater van het UMCG of het Martiniziekenhuis vrijkomt. In deze tabel is niet zoals eerder van een overstortgebeurtenis uitgegaan, maar van de totale waterhoeveelheid die binnen een jaar overstort.



Figuur 3-11: aandelen emissies geneesmiddelenvrachten naar het milieu (gemiddeld per jaar), gebaseerd op kentallen (exclusief metformine en röntgencontrastmiddelen).

Via de drie overstortlocaties wordt per jaar ca 0,4% (dit is de som van de lozingen vanuit UMCG, Martiniziekenhuis en woonwijken op de drie overstortvijvers) ten opzichte van de totale geneesmiddelenvracht die in het influent van de rwzi aankomt op oppervlaktewater geloosd. In deze studie is niet gekeken naar de vracht geneesmiddelen die via de overige overstorten in de zuiveringskring Garmerwolde op oppervlaktewater wordt geloosd.

35% van de vracht die in het influent van de rwzi aankomt wordt geloosd op het oppervlaktewater (65% verwijderd door de rwzi). Van deze 35% is 6% afkomstig van de ziekenhuizen (2,1% t.o.v. de totale vracht die bij het influent aankomt). Ten opzichte van deze 35% is dit een bijdrage van 6% van de geneesmiddelenbelasting in het totale effluent.

4 Waterkwaliteitsmetingen

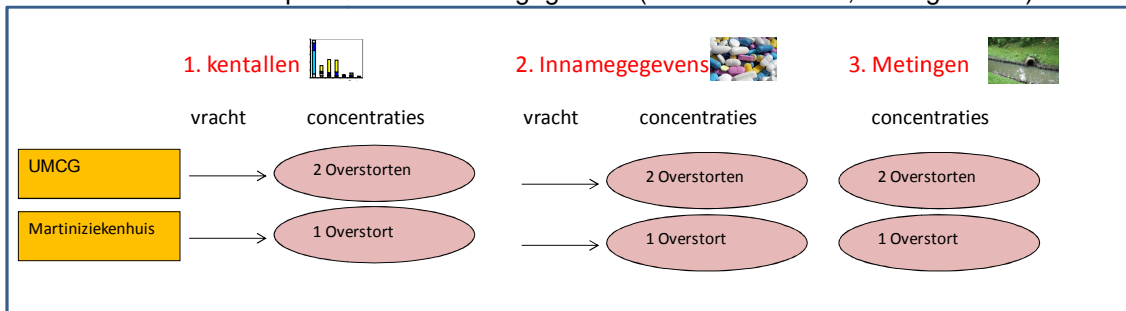
4.1 Inleiding

In hoofdstuk 3 is berekend wat de concentraties werkzame stoffen bij de overstortvijvers in de nabijheid van het UMCG en het Martiniziekenhuis zullen zijn, zowel wanneer uitgegaan wordt van landelijke kentallen als wanneer uitgegaan wordt van innamegegevens bij de ziekenhuizen.

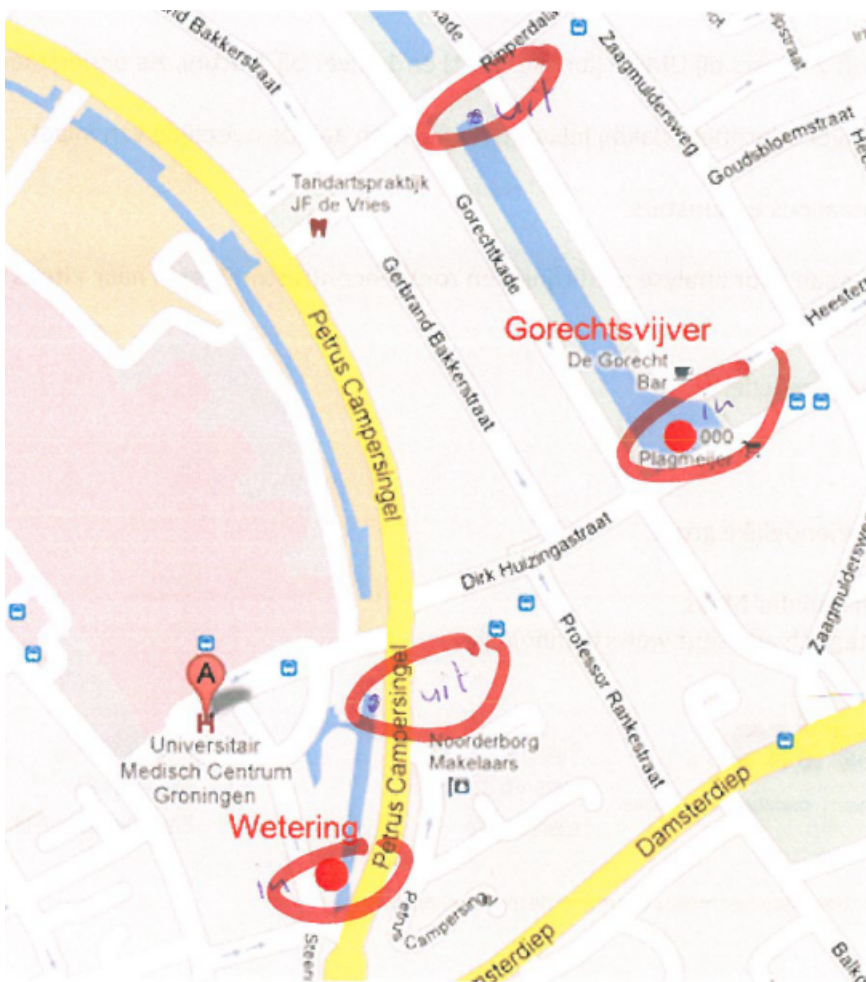
In september 2013 heeft monstername plaatsgevonden in de inlaten en uitlaten van de overstortvijvers om de berekende concentraties, op basis van de uitgangspunten die bij de berekeningen zijn gebruikt, met **metingen** te kunnen verifiëren. De monstername is uitgevoerd op twee data, n.l. 5 september, een normale dag na een lange warme zomer en 9 september na hevige neerslag op 8 september en derhalve vlak na een overstortgebeurtenis. De monsterlocaties zijn weergegeven in Figuur 4-2 en Figuur 4-3.

De monsters zijn geanalyseerd op het laboratorium van Vitens.

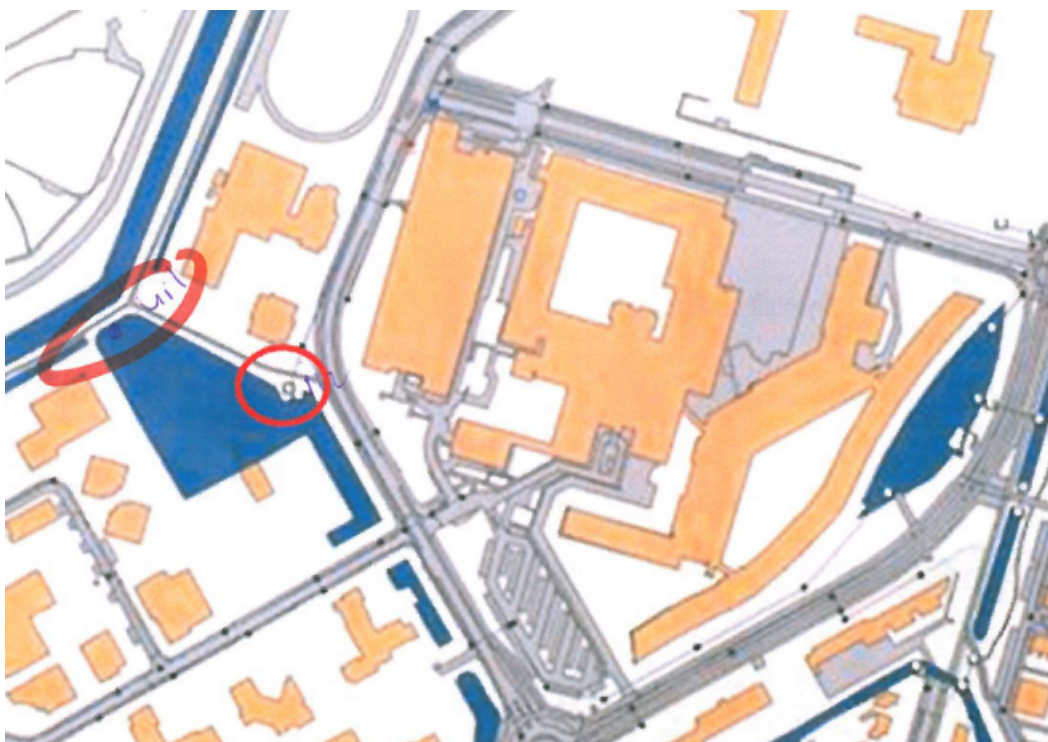
In de navolgende paragraaf worden de analyseresultaten besproken en vergeleken met de berekende concentraties op basis van innamegegevens (onderdeel 2 en 3, zie Figuur 4-1).



Figuur 4-1. Vergelijking vrachten uit ziekenhuizen en concentraties in overstortvijvers, berekend op basis van kentallen, berekend op basis van innamegegevens en vastgesteld met metingen.



Figuur 4-2: monsterlocaties bij UMCG in Wetering en Gorechtvijver



Figuur 4-3: monsterlocaties bij Martiniziekenhuis

4.2 Meetresultaten

In Tabel 4-1, Tabel 4-2 en Tabel 4-3 (en Figuur 4-4, Figuur 4-5 en Figuur 4-6) zijn de meetresultaten weergegeven van alleen die werkzame stoffen die in één of meer overstortvijvers boven de detectiegrens zijn aangetroffen en van de stoffen die gemeten zijn in gehalten beneden de detectiegrens maar waarvoor wel concentraties berekend konden worden op basis van innamegegevens. In Bijlage 5 zijn de resultaten van alle geanalyseerde stoffen opgenomen (dus ook van de stoffen < detectiegrens).

Tabel 4-1: meetresultaten overstortvijver Wetering bij UMCG. Geel: aangetroffen > detectiegrens. Donkergeel: de hoogst gemeten waarde.

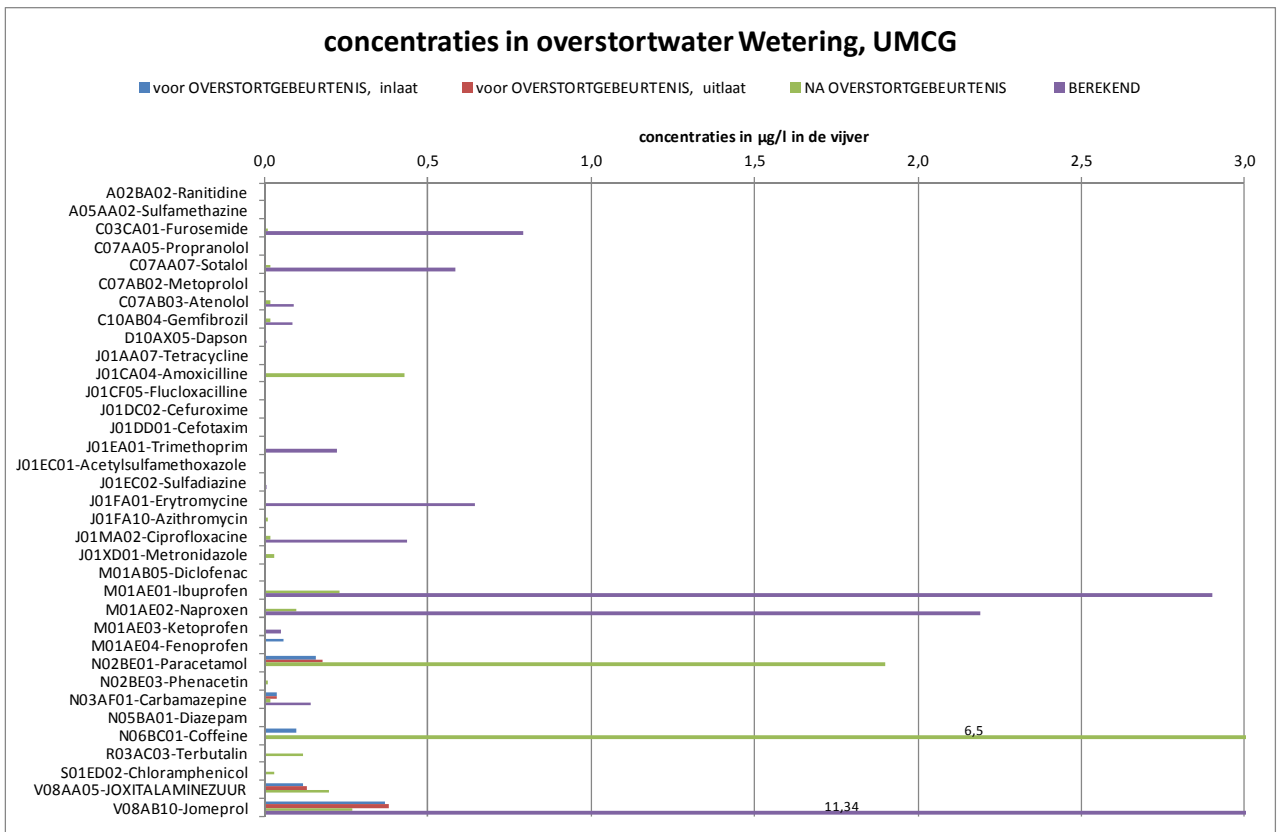
Type geneesmiddel	ATC-code	Eenheid	Wetering in- laat	Wetering uit- laat	Wetering inlaat na over- stort	Berekend op basis inname- gegevens
Ranitidine	A02BA02	µg/l	< 0.01	< 0.01	< 0.01	
Sulfamethazine	A05AA02	µg/l	< 0.02	< 0.02	< 0.02	
Furosemide	C03CA01	µg/l	< 0.01	< 0.01	0,01	0,79
Propranolol	C07AA05	µg/l	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0,004
Sotalol	C07AA07	µg/l	< 0.01	< 0.01	0,02	0,59
Metoprolol	C07AB02	µg/l	< 0.01	< 0.01	< 0.01	
Atenolol	C07AB03	µg/l	< 0.01	< 0.01	0,02	0,09
Gemfibrozil	C10AB04	µg/l	< 0.01	< 0.01	0,02	0,09
Dapson	D10AX05	µg/l	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0,01
Tetracycline	J01AA07	µg/l	< 0.01	< 0.01	< 0.01	
Amoxicilline	J01CA04	µg/l	< 0.02	< 0.02	0,43	
Flucloxacilline	J01CF05	µg/l	< 0.02	< 0.02	< 0.02	
Cefuroxime	J01DC02	µg/l	< 0.1	< 0.1	< 0.1	
Cefotaxim	J01DD01	µg/l	< 0.01	< 0.01	< 0.01	
Trimethoprim	J01EA01	µg/l	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0,22
Acetylsulfamethoxazole	J01EC01	µg/l	< 0.01	< 0.01	< 0.01	
Sulfadiazine	J01EC02	µg/l	< 0.02	< 0.02	< 0.02	0,01
Erytromycine	J01FA01	µg/l	< 0.05	< 0.05	< 0.05	0,65
Azithromycin	J01FA10	µg/l	< 0.01	< 0.01	0,01	
Ciprofloxacin	J01MA02	µg/l	< 0.01	< 0.01	0,02	0,44
Metronidazole	J01XD01	µg/l	< 0.01	< 0.01	0,03	
Diclofenac	M01AB05	µg/l	< 0.01	< 0.01	< 0.01	
Ibuprofen	M01AE01	µg/l	< 0.01	< 0.01	0,23	2,90
Naproxen	M01AE02	µg/l	< 0.02	< 0.02	0,1	2,19
Ketoprofen	M01AE03	µg/l	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0,05
Fenoprofen	M01AE04	µg/l	0,06	< 0.05	< 0.05	
Paracetamol	N02BE01	µg/l	0,16	0,18	1,9	
Phenacetin	N02BE03	µg/l	< 0.01	< 0.01	0,01	
Carbamazepine	N03AF01	µg/l	0,04	0,04	0,02	0,14
Diazepam	N05BA01	µg/l	nb	nb		
Coffeine	N06BC01	µg/l	0,1	< 0.1	6,5	
Terbutalin	R03AC03	µg/l	< 0.03	< 0.03	0,12	
Chloramphenicol	S01ED02	µg/l	< 0.01	< 0.01	0,03	
Joxitalaminezuur	V08AA05	µg/l	0,12	0,13	0,2	
Jomeprol	V08AB10	µg/l	0,37	0,38	0,27	11,34

Tabel 4-2 meetresultaten overstort Gorechtvijver bij UMCG. Geel: aangetroffen > detectiegrens.

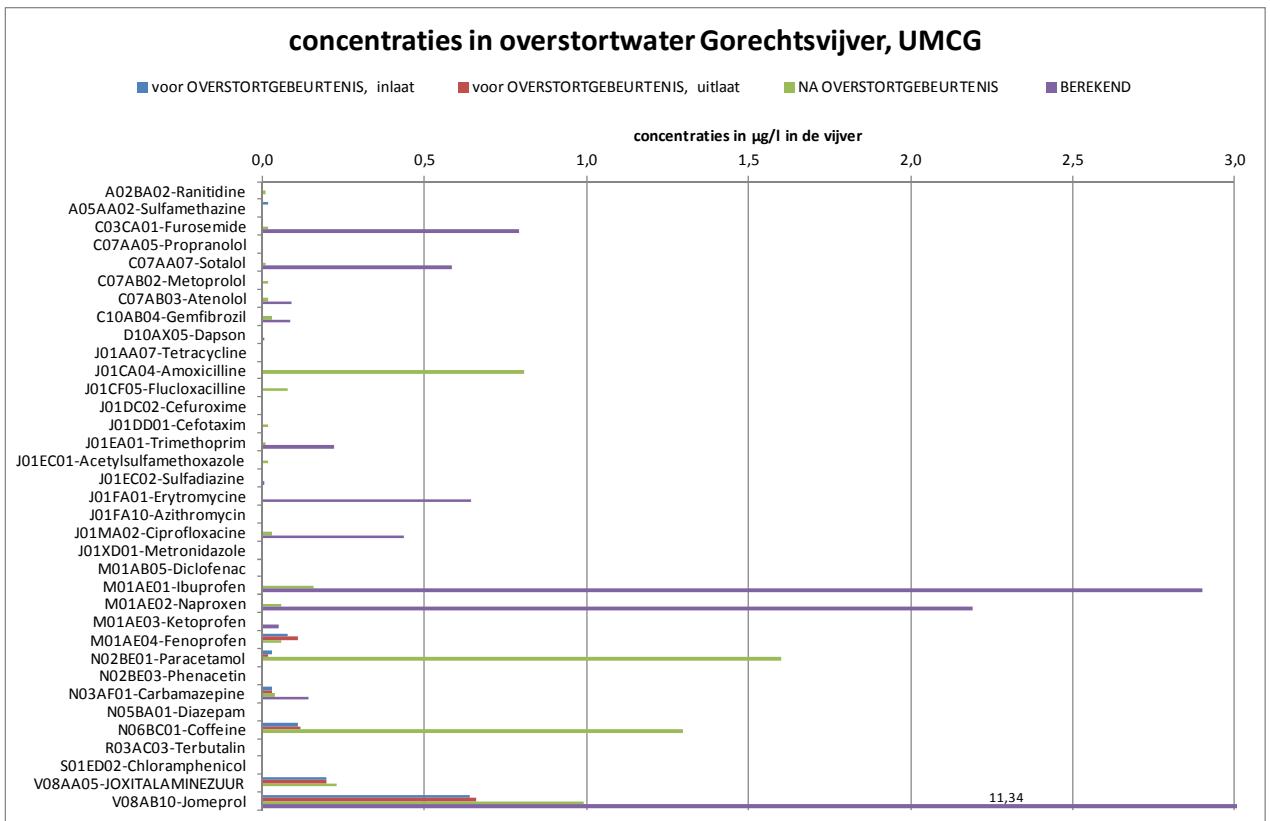
Type geneesmiddel	ATC-code	Eenheid	Gorechtvijver inlaat	Gorechtvijver uitlaat	Gorechtvijver na overstort	Berekend op basis <u>inname</u> - <u>gegevens</u>
Ranitidine	A02BA02	µg/l	< 0.01	< 0.01	0,01	
Sulfamethazine	A05AA02	µg/l	0,02	< 0.02	< 0.02	
Furosemide	C03CA01	µg/l	< 0.01	< 0.01	0,02	0,79
Propranolol	C07AA05	µg/l	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0,004
Sotalol	C07AA07	µg/l	< 0.01	< 0.01	0,01	0,59
Metoprolol	C07AB02	µg/l	< 0.01	< 0.01	0,02	
Atenolol	C07AB03	µg/l	< 0.01	< 0.01	0,02	0,09
Gemfibrozil	C10AB04	µg/l	< 0.01	< 0.01	0,03	0,09
Dapson	D10AX05	µg/l	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0,01
Tetracycline	J01AA07	µg/l	< 0.01	< 0.01	< 0.01	
Amoxicilline	J01CA04	µg/l	< 0.02	< 0.02	0,81	
Flucloxacilline	J01CF05	µg/l	< 0.02	< 0.02	0,08	
Cefuroxime	J01DC02	µg/l	< 0.1	< 0.1	< 0.1	
Cefotaxim	J01DD01	µg/l	< 0.01	< 0.01	0,02	
Trimethoprim	J01EA01	µg/l	< 0.01	< 0.01	0,01	0,22
Acetylsulfamethoxazole	J01EC01	µg/l	< 0.01	< 0.01	0,02	
Sulfadiazine	J01EC02	µg/l	< 0.02	< 0.02	< 0.02	0,01
Erytromycine	J01FA01	µg/l	< 0.05	< 0.05	< 0.05	0,65
Azithromycin	J01FA10	µg/l	< 0.01	< 0.01	< 0.01	
Ciprofloxacin	J01MA02	µg/l	< 0.01	< 0.01	0,03	0,44
Metronidazole	J01XD01	µg/l	< 0.01	< 0.01	< 0.01	
Diclofenac	M01AB05	µg/l	< 0.01	< 0.01	< 0.01	
Ibuprofen	M01AE01	µg/l	< 0.01	< 0.01	0,16	2,90
Naproxen	M01AE02	µg/l	< 0.02	< 0.02	0,06	2,19
Ketoprofen	M01AE03	µg/l	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0,05
Fenoprofen	M01AE04	µg/l	0,08	0,11	0,06	
Paracetamol	N02BE01	µg/l	0,03	0,02	1,6	
Phenacetin	N02BE03	µg/l	< 0.01	< 0.01	< 0.01	
Carbamazepine	N03AF01	µg/l	0,03	0,03	0,04	0,14
Diazepam	N05BA01	µg/l	nb	nb		
Coffeine	N06BC01	µg/l	0,11	0,12	1,3	
Terbutalin	R03AC03	µg/l	< 0.03	< 0.03	< 0.01	
Chloramphenicol	S01ED02	µg/l	< 0.01	< 0.01	< 0.01	
Joxitalaminezuur	V08AA05	µg/l	0,2	0,2	0,23	
Jomeprol	V08AB10	µg/l	0,64	0,66	0,99	11,34

Tabel 4-3: meetresultaten overstortvijver bij Martini. Geel: aangetroffen > detectiegrens.

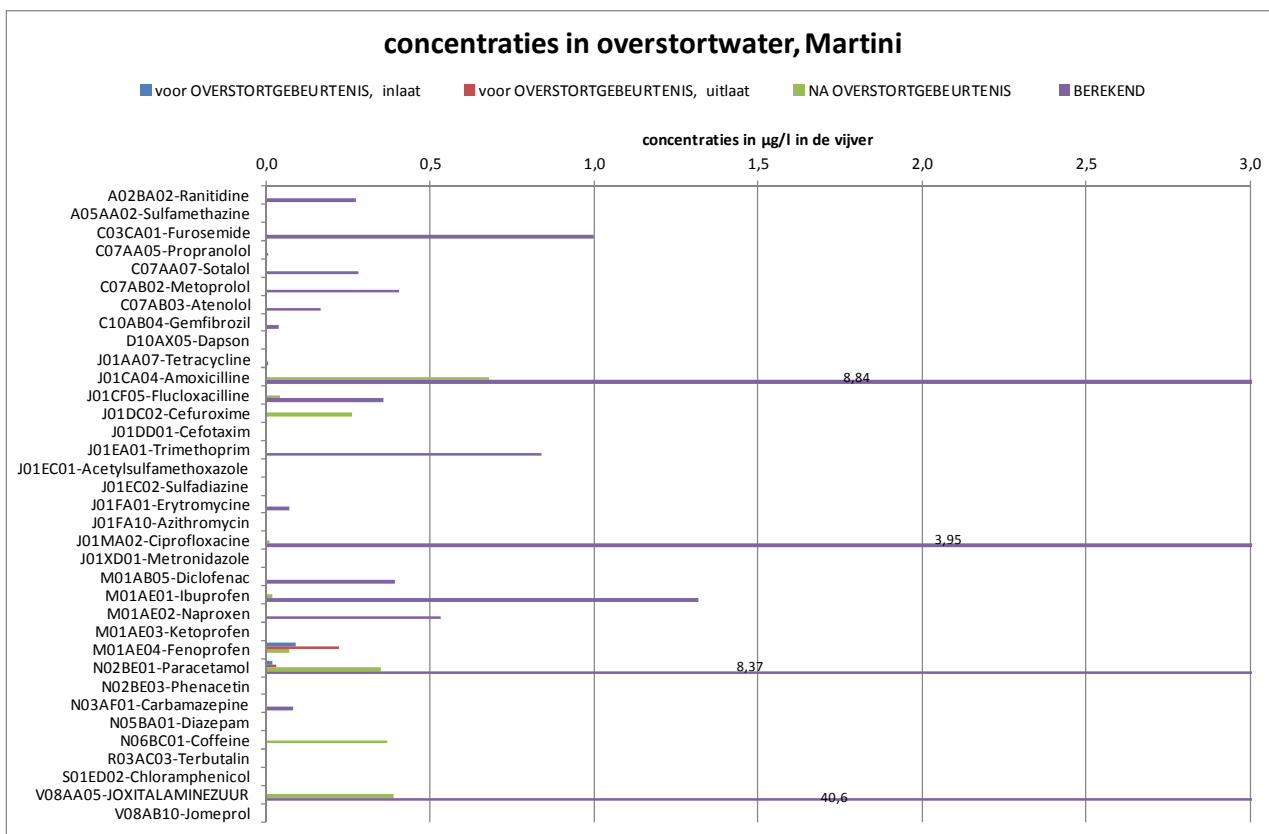
Type geneesmiddel	ATC-code	Eenheid	Martini inlaat	Martini uitlaat	Martini na overstort	Berekend op basis <u>inname</u> -gegevens
Ranitidine	A02BA02	µg/l	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0,27
Sulfamethazine	A05AA02	µg/l	< 0.2	< 0.2	< 0.02	
Furosemide	C03CA01	µg/l	< 0.01	< 0.01	< 0.01	1,00
Propranolol	C07AA05	µg/l	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0,004
Sotalol	C07AA07	µg/l	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0,28
Metoprolol	C07AB02	µg/l	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0,41
Atenolol	C07AB03	µg/l	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0,17
Gemfibrozil	C10AB04	µg/l	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0,04
Dapson	D10AX05	µg/l	< 0.1	< 0.1	< 0.01	
Tetracycline	J01AA07	µg/l	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0,01
Amoxicilline	J01CA04	µg/l	< 0.02	< 0.02	0,68	8,84
Flucloxacilline	J01CF05	µg/l	< 0.02	< 0.02	0,04	0,36
Cefuroxime	J01DC02	µg/l	< 0.1	< 0.1	0,26	
Cefotaxim	J01DD01	µg/l	< 0.01	< 0.01	< 0.01	
Trimethoprim	J01EA01	µg/l	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0,84
Acetylsulfamethoxazole	J01EC01	µg/l	< 0.01	< 0.01	< 0.01	
Sulfadiazine	J01EC02	µg/l	< 0.2	< 0.2	< 0.02	
Erytromycine	J01FA01	µg/l	< 0.05	< 0.05	< 0.05	0,07
Azithromycin	J01FA10	µg/l	< 0.1	< 0.1	< 0.01	
Ciprofloxacin	J01MA02	µg/l	< 0.01	< 0.01	0,01	3,95
Metronidazole	J01XD01	µg/l	< 0.01	< 0.01	< 0.01	
Diclofenac	M01AB05	µg/l	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0,39
Ibuprofen	M01AE01	µg/l	< 0.01	< 0.01	0,02	1,32
Naproxen	M01AE02	µg/l	< 0.02	< 0.02	< 0.02	0,53
Ketoprofen	M01AE03	µg/l	< 0.01	< 0.01	< 0.01	
Fenoprofen	M01AE04	µg/l	0,09	0,22	0,07	
Paracetamol	N02BE01	µg/l	0,02	0,03	0,35	8,37
Phenacetin	N02BE03	µg/l	< 0.01	< 0.01	< 0.01	
Carbamazepine	N03AF01	µg/l	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0,08
Diazepam	N05BA01	µg/l	nb	nb		0,003
Coffeine	N06BC01	µg/l	< 0.1	< 0.1	0,37	
Terbutalin	R03AC03	µg/l	< 0.03	< 0.03	< 0.01	
Chloramphenicol	S01ED02	µg/l	< 0.01	< 0.01	< 0.01	
Joxitalaminezuur	V08AA05	µg/l	< 0.05	< 0.05	0,39	40,60
Jomeprol	V08AB10	µg/l	< 0.02	< 0.02	< 0.02	



Figuur 4-4: concentraties gemeten en berekend op basis van innamegegevens in overstortvijver Wetering bij het UMCG



Figuur 4-5: concentraties gemeten en berekend op basis van innamegegevens in overstortsvijver Gorechtsvijver bij UMCG



Figuur 4-6: concentraties gemeten en berekend op basis van innamegegevens in overstortvijver bij het Martiniziekenhuis

Bij de berekeningen van de concentraties op basis van innamegegevens is uitgegaan van jaargemiddelde inname en van generieke overstortgegevens zoals is aangegeven in hoofdstuk 3. Situatiespecifieke concentraties konden niet berekend worden omdat ten tijde van de sterke regenval op 8 september 2013 de regengegevens niet beschikbaar zijn door een storing in de hoofdpomp bij de leverancier van de gemalen telemetrie. Naast de regengegevens zijn er ook geen gegevens van de pompen in dat weekend beschikbaar.

Enkele conclusies:

- De berekende concentraties in de overstortvijvers op basis innamegegevens zijn in alle gevallen hoger dan de gemeten concentraties, ook de gemeten concentraties vlak na de overstortgebeurtenis. Hiervoor zijn enkele argumenten te bedenken:
 - Afbraak en slibadsorptie kunnen een belangrijke rol spelen
 - Na de laatste overstorting is de verdunning veel groter geweest dan de verdunning waarvan bij de berekening is uitgegaan. Dit kan zijn doordat het debiet vanuit het ziekenhuis ten tijde van de overstortgebeurtenis veel lager is geweest dan het gemiddelde dagdebiet waarvan bij de berekeningen is uitgegaan.
 - Een deel van de geneesmiddelen dat is afgeleverd is niet ingenomen en in het ziekenhuis uitgescheiden
 - Afwijkingen in excretiefactoren
- Voor de meeste werkzame stoffen wordt de hoogst concentratie gemeten vlak na de overstortgebeurtenis, maar dit is niet altijd het geval
- Er zijn een paar werkzame stoffen waarvan berekend is op basis van innamegegevens dat ze in concentraties > 0,1 µg/l voorkomen in de overstortvijvers maar die niet voorkomen in het analysepakket. Dit zijn met name levetiracetam en gabapentine (twee antiepileptica), clozapine en quetiapine (kalmeringsmiddelen), losartan en valsartan (hart- en vaatmiddelen) en enkele röntgencontrastmiddelen.

- Met name de aangetroffen concentraties antibiotica en röntgencontrastmiddelen in de overstortvijvers duiden er op dat deze beïnvloed zijn door het ziekenhuisafvalwater. Immers antibiotica worden veelvuldig toegediend in ziekenhuizen en hoewel röntgencontrastmiddelen ook thuis worden uitgescheiden (tot 48 uur na toediening) vindt de grootste uitscheiding plaats binnen 12 uur na toediening en dit zal voornamelijk in het ziekenhuis plaatsvinden. De overige geneesmiddelen worden ook thuis ingenomen.

5 Terugblik en evaluatie maatregelen

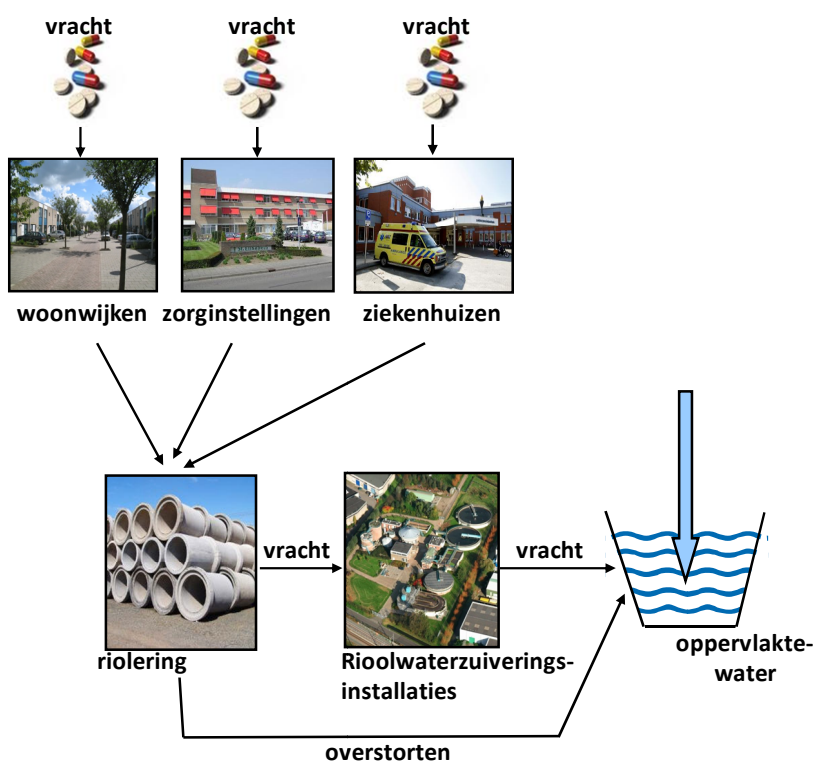
5.1 Terugblik

5.1.1 Doel

Het doel van het project was om voor de regio Groningen na te gaan wat de bijdrage is van het UMCG en het Martiniziekenhuis aan de geneesmiddelenvracht die bij de RWZI Garmerwolde aankomt, om op basis daarvan de aantrekkelijkheid van de verwijdering van geneesmiddelen bij het UMCG en Martiniziekenhuis te evalueren.

Bij beide ziekenhuizen bleken overstorten aanwezig te zijn (twee bij UMCG en één bij Martini) die in overstortsituaties ziekenhuisafvalwater ontvangen. Dit ziekenhuisafvalwater komt dan terecht in de aanwezige overstortvijvers. Vanwege het mogelijk aanwezige risico bij deze overstortvijvers heeft gedurende het project de aandacht zich deels verlegd naar de emissie van ziekenhuisafvalwater naar deze overstortvijvers.

De route van geneesmiddelen vanuit verschillende bronnen naar het oppervlaktewater is schematisch weergegeven in Figuur 5-1.



Figuur 5-1 Route geneesmiddelen vanuit verschillende bronnen naar oppervlaktewater.

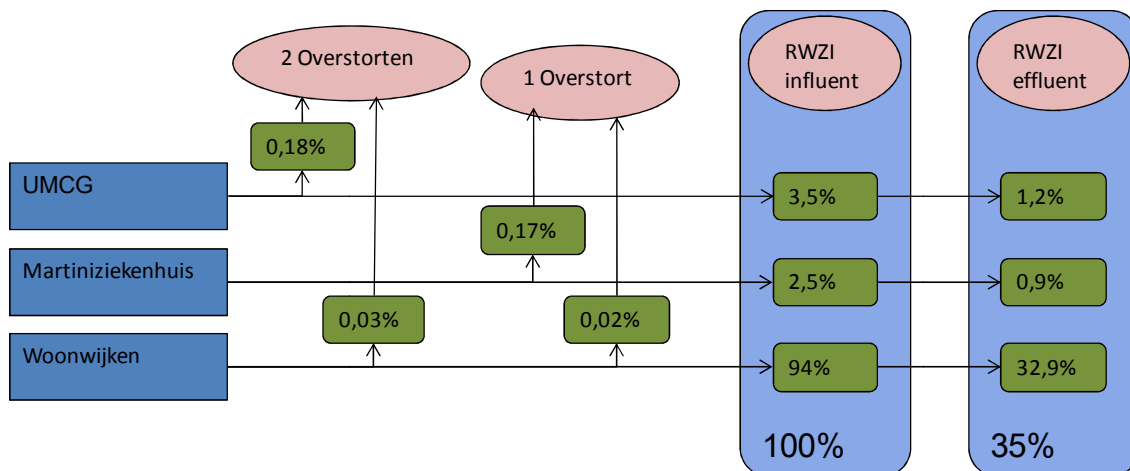
5.1.2 Resultaten

Het onderzoek heeft stapsgewijs plaatsgevonden in drie stappen.

Stap 1. Berekeningen bijdrage ziekenhuizen op basis van **kentallen**.

Om gevoel te krijgen voor de mogelijke vrachten geneesmiddelen vanuit de verschillende bronnen zijn eerst op basis van landelijk beschikbare kentallen berekeningen uitgevoerd. Deze kentallen zijn gebaseerd op eerder verrichte metingen elders in het land (bij woonwijken 8 stuks, zorginstellingen 8 stuks en ziekenhuizen 3 stuks). Berekend is wat de te verwachten vracht geneesmiddelen is die uit de twee Groningse ziekenhuizen in het afvalwater terecht komt, wat hun relatieve bijdrage is ten opzichte van de totale vracht die bij de rwzi Garmerwolde aankomt en wat de concentraties geneesmiddelen zijn in de overstortvijvers vlakbij de ziekenhuizen. Berekend is op basis van kentallen dat de vracht geneesmiddelen die uit de twee ziekenhuizen samen bij de rwzi Garmerwolde aankomt ca **6%** bedraagt van de totaalvracht geneesmiddelen (excl. metformine en röntgencontrastmiddelen) die bij de RWZI aankomt. De rest is afkomstig uit woonwijken en zorginstellingen. Deze uitkomst komt overeen met het landelijke beeld (4% afkomstig van ziekenhuizen, Figuur 2-3.)

Door de rwzi wordt circa 2/3 van de vracht geneesmiddelen verwijderd. Dit betekent dat uiteindelijk circa 2 % van de totaalvracht geneesmiddelen die bij de rwzi aankomt vanuit de ziekenhuizen in het ontvangende oppervlaktewater terecht komt (zie Figuur 5-2).



Figuur 5-2: aandelen emissies geneesmiddelenvrachten naar het milieu (gemiddeld per jaar), gebaseerd op kentallen (exclusief metformine en röntgencontrastmiddelen).

Stap 2. Berekeningen bijdrage vanuit ziekenhuizen op basis van **innamegegevens**

Om na te gaan in hoeverre de landelijke kentallen in de specifieke situaties toepasbaar zijn, zijn de innamegegevens van de twee ziekenhuizen opgevraagd. Op basis van deze innamegegevens is berekend wat de vrachten geneesmiddelen zijn die de ziekenhuizen verlaten met het afvalwater. Deze wijze van berekening leverde een bijdrage vanuit de ziekenhuizen aan het influent van de rwzi Garmerwolde op van circa **10 %**. Deze hoeveelheid is groter dan de hoeveelheid berekend op basis van kentallen omdat de kentallen die gebruikt zijn bij stap 1 gebaseerd zijn op de geneesmiddelen die in analysepakketten voorkomen en dit zijn niet alle ingenomen geneesmiddelen. Met name de vracht geneesmiddelen ten behoeve van het zenuwstelsel, waaronder antiepileptica, is bij de berekeningen gebaseerd op innamegegevens veel groter dan op basis van kentallen.

Op basis van de innamegegevens zijn ook de concentraties geneesmiddelen in de overstortvijvers berekend. Bij beide ziekenhuizen zijn er verschillende geneesmiddelen waarvan berekend is dat ze voorkomen in gehalten boven 0,1 µg/l en regelmatig zelfs boven 1 µg/l. Enkele voorbeelden zijn het antidiabeticum metformine, enkele antibiotica, de pijnstillers diclofenac, ibuprofen en naproxen, het antiëpilepticum levetiracetam en enkele joodhoudende röntgencontrast-

middelen. De concentraties zijn evenals de vrachten over het algemeen hoger dan de concentraties die berekend zijn op basis van kentallen.

Stap 3. **Metingen** van concentraties in overstortvijvers

De concentraties geneesmiddelen in de overstortvijvers zijn met metingen vóór en vlak na een overstortgebeurtenis bepaald. De gemeten concentraties zijn in alle gevallen lager dan de berekende concentraties op basis van de innamegegevens. Redenen hiervoor kunnen zijn dat de verdunning waar bij berekeningen van uit is gegaan lager is geweest dan de daadwerkelijke verdunning bij de overstortgebeurtenis, afwijkingen in de gehanteerde uitscheidingspercentages bij de berekeningen, de innamegegevens zijn een jaargemiddelde etc.

Bij de overstorten bij beide ziekenhuizen zijn aangetroffen in een gehalte > 0,1 µg/l enkele hart- en vaatmiddelen (furosemide, sotalol), enkele antibiotica, enkele pijnstillers (ibuprofen, naproxen) en enkele joodhoudende röntgencontrastmiddelen.

5.1.3 *Risico's*

Geneesmiddelen

Het onderzoek heeft aangetoond dat er sprake is van emissies van geneesmiddelen vanuit de ziekenhuizen naar het rioolstelsel en naar de nabij de ziekenhuizen gelegen overstortvijvers.

De risico's ten gevolge van de aanwezigheid van geneesmiddelen in de oppervlaktewateren kunnen zijn:

- Risico's voor het ecosysteem bij het ontvangende oppervlaktewater van de rwzi (Eemskanaal) (de geneesmiddelen in het effluent van de rwzi zijn voor maximaal 10% afkomstig uit de ziekenhuizen).
- Risico's voor het ecosysteem in de overstortvijvers. De vraag is, hoewel principieel ongewenst, of dat voor deze overstortvijvers problematisch is.

De humane risico's ten gevolge van de aanwezigheid van geneesmiddelen in de oppervlaktewateren zijn verwaarloosbaar.

Pathogenen

In de overstortvijvers kunnen ziekenhuis specifieke pathogenen of antibiotica resistente bacteriën aanwezig zijn. Hier is in dit project niet aan gemeten.

Er kan sprake zijn van risico's ten gevolge van deze aanwezigheid van pathogenen en resistente bacteriën. In bijlage 7 wordt ingegaan op achtergronden over pathogenen..

In de navolgende paragraaf worden mogelijke maatregelen gepresenteerd die genomen kunnen worden om de risico's weg te nemen en/of de stoffen uit het milieu te verwijderen.

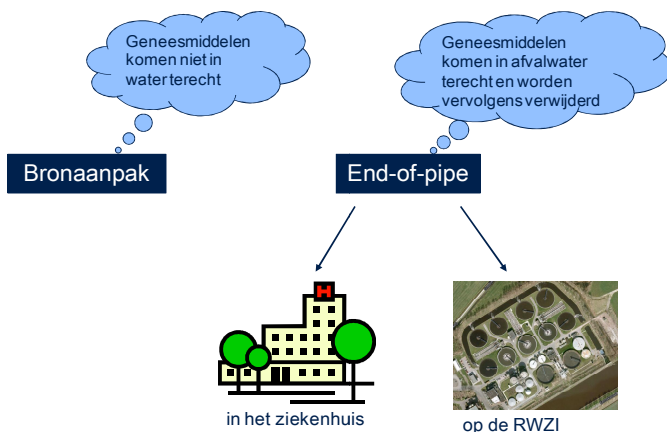
5.2 **Mogelijke maatregelen**

Maatregelen kunnen genomen worden op verschillende plekken in het systeem.

In dit kader onderscheiden we 'end of pipe' maatregelen en 'bronmaatregelen'.

Onder 'end of pipe' maatregelen verstaan we maatregelen waarbij we er voor zorgen dat geneesmiddelen of pathogenen die zich eenmaal in het afvalwater bevinden niet in het milieu terecht komen. Dit kan bij de rwzi of daar waar de geneesmiddelen in het afvalwater terecht komen zoals ziekenhuizen of huishoudens. In het kader van deze studie nemen we mogelijke end of pipe maatregelen bij huishoudens niet mee. Het is immers niet het doel van de studie om een overzicht te geven van alle mogelijke maatregelen maar om een indicatie te geven wat binnen ziekenhuizen mogelijk is om de vuillast naar de rwzi te reduceren ten opzichte van een totale verwijdering bij de rwzi.

Onder bronmaatregelen verstaan we maatregelen waarbij we er voor zorgen dat de geneesmiddelen niet in het afvalwater terecht komen.



Figuur 5-3. Onderscheid in bronmaatregelen en end of pipe maatregelen in het kader van deze studie

Bij alle maatregelen die hieronder beschreven worden, zowel de end of pipe maatregelen als de bronmaatregelen, moeten we in het oog houden dat de bijdrage van de vracht geneesmiddelen uit de ziekenhuizen maximaal 10% bedraagt van de totaalvracht geneesmiddelen die bij de rwzi aankomt. Maatregelen bij het ziekenhuis zelf betekent dus een beperkte reductie van de belasting van het oppervlaktewater waar de rwzi op loost met geneesmiddelen. Dit betekent niet dat verwijdering bij de ziekenhuizen niet zinvol zou kunnen zijn. Immers iedere reductie telt mee. Bij het nemen van maatregelen moet de kosteneffectiviteit wel in ogenschouw worden genomen ten opzichte van maatregelen op andere plaatsen.

Het risico door de belasting van overstortvijvers met geneesmiddelen en ziekenhuisspecifieke pathogenen in de specifieke situatie van de Groningse ziekenhuizen en de mogelijkheid tot de vorming van antibioticaresistentie (immers het gebruik van antibiotica in ziekenhuizen is groter dan in huishoudens) in de overstortvijvers speelt ook een rol bij het nemen van eventuele maatregelen.

5.2.1 End of pipe maatregelen²¹

Om te zorgen dat geneesmiddelen die zich eenmaal in het afvalwater bevinden het oppervlaktewater niet bereiken kunnen end-of-pipe maatregelen genomen worden. Hieronder worden enkele mogelijke end-of-pipe maatregelen beschreven:

1. Zuivering geneesmiddelen bij de rwzi

Door de reguliere biologische zuiveringsprocessen in een rwzi wordt zonder extra maatregelen circa 65% van de totaalvracht geneesmiddelen in het influent van een rwzi verwijderd. Op individueel geneesmiddelniveau bestaan er grote verschillen in het verwijderingsrendement van een rwzi. Er zijn geneesmiddelen die vrijwel volledig verwijderd worden en andere die vrijwel niet verwijderd worden. Ditzelfde zal gelden voor de metabolieten evenals voor andere organische microverontreinigingen. Over de verwijdering van metabolieten door reguliere rwzi's is overigens daadwerkelijk weinig bekend.

Geneesmiddelen kunnen na de reguliere behandeling van het totale afvalwater in een rwzi aanvullend verwijderd worden uit het effluent van een rwzi met behulp van aanvullende zuiveringstechnieken. De mate van verwijdering is afhankelijk van de ingezette technieken. Er kunnen enkelvoudige aanvullende technieken worden toegepast. Aanvullende technieken kunnen ook in combinatie worden toegepast. De beste resultaten worden bereikt door een combinatie van een oxidatietechniek (bijvoorbeeld ozonbehandeling) en een adsorptietechniek (bijvoorbeeld actief koolfiltratie), zie ook paragraaf 2.3. Een optimale inzet van deze beide technieken leidt tot een gemiddeld verwijderingspercentage van 90%. **Alle** individuele geneesmiddelen en ook de pathogenen worden hierbij aangepakt en niet sommigen goed en anderen slecht, zoals bij het huidige reguliere zuiveringsproces plaatsvindt. Een goedkopere mogelijkheid is de inzet van

²¹ Zuivering geneesmiddelen uit afvalwater, Grontmij 2011 in opdracht van ministerie van VROM (thans I & M)

alleen een actief koolfilter. Een optimale inzet van alleen een actief koolfilter leidt tot een gemiddeld verwijderingspercentage van 70% voor geneesmiddelen.

In Tabel 5-1 is een overzicht gegeven van de verwijderingsrendementen en de bijbehorende kosten van bovengenoemde zuiveringsmethodes. Nationaal en internationaal zijn ook lagere tarieven per te behandelen kubieke meter in omloop. Lagere tarieven zijn mogelijk, maar dat betekent ook een lagere vrachtverwijdering.

Tabel 5-1 Bandbreedte kosten en milieurendement bij verwijdering geneesmiddelen uit rwzi's:

	Rendement verwijderingstechniek (%)	Behandelingskosten effluent €/m ³	Milieurendement in effluent €/kg verwijderd geneesmiddel*
Optimale inzet ozon en actief kool	90	€0,50/m ³	94.000
Alleen actief kool	70	€0,35/m ³	85.000

* Rekening houdend met een gemiddeld verwijderingsrendement van 65% dat in de huidige situatie al gerealiseerd wordt op een rwzi. De euro's per kg zijn betrokken op de 35% die gemiddeld niet verwijderd wordt. In perspectief: de kosten van conventionele zuivering zonder nageschakelde techniek zoals nu overal plaatsvindt bedragen circa € 0,50/m³. Inmiddels is er meer ervaring, bij voorbeeld in Duitsland en Zwitserland, met nageschakelde zuiveringstechnieken op RWZI's om o.a. geneesmiddelen te verwijderen. De kosten komen inmiddels mogelijk lager uit, maar dit moet nog worden onderzocht.

- Voordeel verwijdering bij de rwzi:
 - Behandeling van alle afvalwater: totale vracht geneesmiddelen in de zuiveringskring.
 - Niet alleen geneesmiddelen worden verwijderd, maar ook alle andere organische microverontreinigingen, waarvan een deel ook hormoonverstoring kan werken
- Nadeel verwijdering bij rwzi:
 - Lage concentraties en hoge kosten. Door het inzetten van nageschakelde technieken verdubbelen de zuiveringslasten.
 - De belasting van overstortvijvers met geneesmiddelen en pathogenen, dat bij deze studie als het belangrijkste humane risico is beoordeeld, wordt zonder aanvullende maatregelen hier niet mee weggenomen.

2. Zuivering geneesmiddelen bij het ziekenhuis

Hoewel de bijdrage van de geneesmiddelenvracht die bij de rwzi aankomt maximaal 10% bedraagt, kunnen er toch redenen zijn om de geneesmiddelen uit het afvalwater bij het ziekenhuis te verwijderen. Immers iedere reductie telt mee en geneesmiddelen horen principieel niet in het milieu. Daarnaast vindt er belasting van de overstortvijvers met geneesmiddelen en mogelijk ook ziekenhuisspecifieke pathogenen plaats en kan er antibioticaresistentie in de overstortvijvers optreden. Hoewel de ziekenhuizen hier in principe niet verantwoordelijk voor zijn, immers transport van afvalwater is de verantwoordelijkheid van de gemeente, kunnen verwijderingsmaatregelen bij het ziekenhuis dit risico reduceren.

Verwijdering van geneesmiddelen bij het ziekenhuis kan plaatsvinden bij verschillende afvalwaterstromen. Bij de afweging van te nemen maatregelen moet in aanmerking genomen worden dat de hoogste concentratie geneesmiddelen afkomstig is van het beddenhuis (ca 24 g/p*j in vergelijking met ca 2 g/p*j bij 'gewone' huishoudens). Hieronder worden verschillende mogelijkheden besproken. Bij verwijderingstechnieken wordt er voor gezorgd dat de geneesmiddelen uit het afvalwater verwijderd worden en niet meer aankomen bij de rwzi en ook niet in de overstortvijvers.

- Totale afvalwaterbehandeling ziekenhuis.
Om geneesmiddelen uit de totale afvalwaterstroom uit het ziekenhuis te behandelen is het eerst noodzakelijk om organische stof (BZV) te verwijderen voordat met oxidatie- en/of adsorptietechnieken de geneesmiddelen verwijderd kunnen worden. Dit maakt de behandeling

van deze stroom relatief duur t.o.v. de behandeling bij de rwzi waar deze voorstap al plaatsvindt. Het totale te behandelen volume is wel aanzienlijk kleiner dan de afvalstroom die bij rwzi's aankomt en biedt de mogelijkheid toch de geneesmiddelen afkomstig uit ziekenhuizen te verwijderen, ook wanneer verwijdering uit een totale stroom bij rwzi's niet haalbaar blijkt.

- Voordeel:
 - niet alleen geneesmiddelen maar ook alle andere organische microverontreinigingen die voorkomen in het afvalwater worden verwijderd.
 - Een groot deel van de pathogenen wordt (afhankelijk van de toegepaste techniek) verwijderd
 - De vracht verwijderde geneesmiddelen per behandelde m^3 is veel groter dan bij een rwzi
- Nadeel:
 - relatief duur per te behandelen m^3 omdat het water voorbehandeld moet worden (een voorbehandeling die bij de rwzi toch al gebeurt) en omdat door schaalgrootte de behandeling bij relatief kleine volumes duurder is.

- Behandeling totale afvalwaterstroom alleen uit het beddenhuis.
Bovenstaande optie wordt interessanter wanneer het mogelijk is het afvalwater afkomstig uit het beddenhuis af te koppelen van de overige afvalwaterstromen die het complex verlaten. De vracht geneesmiddelen is dan per te behandelen m^3 relatief hoog en de totale kosten worden veel lager.

- Behandeling urinestroom
Na uitscheiding komt circa 80% van de uitgescheiden geneesmiddelen in de urine terecht en circa 20% in de feces. Het is mogelijk urine met behulp van urinescheidingstoiletten apart op te vangen. Hierbij is de verdunning met toiletspoelwater beperkt. Het grootste deel van de uitgescheiden geneesmiddelen bevindt zich dan in een kleine geconcentreerde stroom. Vanwege de afwezigheid van BZV (organisch materiaal) in urine is voorbehandeling niet noodzakelijk. De kosten bedragen bij optimale inzet van ozon en actief kool €2,10/ m^3 (verwijderingsrendement 90%) en bij toepassing van alleen actief kool €1,50/ m^3 (verwijderingsrendement 70%). Omdat het om relatief kleine volumes gaat zijn de kosten per te verwijderen kg geneesmiddel aanzienlijk lager dan wanneer het totale afvalwater behandeld zou moeten worden. Bij deze kosten zijn de aanpassing van het huidige rioleringsstelsel aan een urinescheidingsstelsel niet meegenomen. Het is niet realistisch in een bestaande situatie bij ziekenhuizen in te grijpen in het afvalwaterinzamelingssysteem (nu gaat alles gezamenlijk op de riolering) en een gescheiden inzamelingssysteem voor de verschillende afvalwaterstromen aan te leggen (zoals urinescheiding). De kosten van aanpassingen zouden onevenredig hoog zijn.
Bij nieuwbouwsituaties is dit wel een reële optie en een gescheiden inzamelingssysteem is dan nauwelijks duurder dan conventionele inzameling.

- Voordeel:
 - per te verwijderen kg geneesmiddel goedkoop vanwege kleine volume
- Nadeel:
 - apart inzamelingssysteem noodzakelijk. Alleen geneesmiddelen worden verwijderd en niet de overige microverontreinigingen die zich in het totale afvalwatersysteem bevinden.
 - De pathogenen worden niet verwijderd. Deze bevinden zich voornamelijk in de feces.

3. Aanpassen waterstromen bij het ziekenhuis en/of omgeving

De vracht geneesmiddelen die bij de rwzi aankomt kan alleen worden gereduceerd door geneesmiddelen uit afvalwater te verwijderen. Om alleen de vracht geneesmiddelen en de pathogenen die bij een overstort in overstortvijvers terecht komen te reduceren zijn er verschillende opties mogelijk. Zo kan in een overstortsituatie er voor gezorgd worden dat met name de stroom die afkomstig is van het beddenhuis losgekoppeld wordt van de overige overstortstroom. Deze stroom kan hetzij omgeleid worden en naar een deel van het rioolstelsel dat niet tot over-

storting komt. Deze stroom kan ook tijdelijk gebufferd worden in een opvangkelder of opvangzakken. Tot slot kan er voor gezorgd worden dat bovenstrooms van het ziekenhuis het regenwater afgekoppeld wordt, waardoor de belasting van het riool tijdens heftige regenval afneemt en het ziekenhuiswater niet meer tot overstorting komt.

Voordeel van deze opties is dat ook de pathogenen die afkomstig zijn uit het beddenhuis niet meer in de overstortvijvers terecht komen. Hierdoor wordt blootstelling aan deze pathogenen vlakbij het ziekenhuis weggenomen.

Voor de toepasbaarheid van deze opties is inventarisatie van de verschillende waterstromen in de ziekenhuizen en de omgeving noodzakelijk.

5.2.2 Bronbenadering

Bij de bronbenadering wordt er van uitgegaan dat er minder geneesmiddelen in het afvalwater terecht komen. Hieronder worden enkele opties beschreven.

1. Voorlichting

Bij de uitvoering van dit project is intensief samengewerkt door partijen uit de waterwereld en partijen uit de zorgsector. Gebleken is dat beide werelden voorafgaande aan het project weinig van elkaar wisten en ook de geneesmiddelenproblematiek in het afvalwater en het milieu was onbekend bij de zorgsector. Door een goede voorlichting en onderlinge communicatie teneinde de bewustwording van de route van geneesmiddelen naar het milieu te vergroten is hoogstwaarschijnlijk het een en ander aan winst te behalen en kunnen plaatsen waar geneesmiddelenverlies plaatsvindt worden geïdentificeerd.

2. Specifieke inzameling

Röntgencontrastmiddelen

Deze middelen komen in grote hoeveelheden in het milieu terecht en na toediening worden deze binnen 48 uur uitgescheiden, voornamelijk via de urine. Door inzameling van deze urine wordt belasting van het milieu met deze middelen voorkomen.

Toiletwater quarantaineafdelingen

Wanneer het toiletwater van quarantaineafdelingen apart opgevangen wordt, zeker ten tijde van overstortsituaties, wordt blootstelling aan mogelijk risicovolle pathogenen in de overstortvijvers gereduceerd en wordt risico van vorming van antibioticaresistentie in de overstortvijvers beperkt.

5.3 Conclusie

Op basis van dit onderzoek wordt geconcludeerd dat de bijdrage van het UMCG en het Martini Ziekenhuis aan de totale geneesmiddelenvracht die binnenkomt bij de RWZI Garmerwolde beperkt is, gezamenlijk ordegrrootte 10%. Het overgrote deel van de geneesmiddelen is afkomstig van woonwijken (incl. verpleeg- en verzorgingscentra). Maatregelen bij de ziekenhuizen om geneesmiddelen uit eigen afvalwater te verwijderen c.q. om de vracht naar het riool te verminderen hebben daarom slechts een gering effect op de geneesmiddelenvracht naar de RWZI Garmerwolde. Met maatregelen bij de ziekenhuizen kan maximaal 10 % reductie van de geneesmiddelenvracht naar oppervlaktewater worden bereikt.

Bij gelijkblijvend geneesmiddelengebruik (d.w.z. bij gelijkblijvende emissie van geneesmiddelen naar afvalwater) kan een reductie van meer dan 10% van de totale geneesmiddelenvracht naar oppervlaktewater alleen worden bereikt door zuiveringstechnische maatregelen elders. Wanneer verlaging wordt nagestreefd van een stof die specifiek is gerelateerd aan ziekenhuisafvalwater, is (naast bronmaatregelen zoals inzameling van urine) on-site behandeling van ziekenhuisafvalwater een logische optie.

Tabel 5-2 vat de pro's en contra's m.b.t. effectiviteit van de zuiveringstechnische maatregelen op de verschillende locaties samen.

Benadrukt wordt dat de bovenstaande conclusies betrekking hebben op de effectiviteit van de verschillende maatregelen m.b.t. reductie van geneesmiddelenvrachten naar oppervlaktewater.

Er bestaat op dit moment weinig zicht op de effectiviteit van de verschillende maatregelen op het verlagen van humaan-toxicologische en ecotoxicologische risico's.

Tabel 5-2. Pro's en contra's m.b.t. effectiviteit van zuiveringstechnische maatregelen op verschillende locaties.

Maatregel	Pro's	Contra's
Behandeling ziekenhuisafvalwater	Hoge concentraties waardoor relatief lage kosten per kg verwijderd geneesmiddel.	Max 10% van totale geneesmiddelenvracht naar oppervlaktewater wordt zo ondervangen.
Saneren overstorten / maatregelen riolering	Sanering leidt ertoe dat minder geneesmiddelen in stadswater komen.	Relatieve geneesmiddelenvracht naar oppervlaktewater via overstorten is zeer gering.
Centrale behandeling rwzi	Behandeling totale vracht Groningen e.o. Effect maatregelen breder dan geneesmiddelen, ook andere organische microverontreinigingen worden verwijderd.	Lage concentraties waardoor relatief hoge kosten per kg verwijderd geneesmiddel.

5.4 Aanbevelingen

Met dit project is inzicht verkregen in de bijdrage van ziekenhuisafvalwater aan de geneesmiddelenemissie naar oppervlaktewater en de effectiviteit van maatregelen op verschillende locaties in de afvalwaterketen. Op grond van de discussies gevoerd binnen het projectteam is nader onderzoek wenselijk op de volgende vlakken:

Ziekenhuisspecifieke middelen

Er zijn ziekenhuisspecifieke geneesmiddelen die bij voorkeur in ziekenhuizen worden toegevoerd en waarvan de concentratie in ziekenhuisafvalwater hoger is dan in het afvalwater van huishoudens. Dit betreft bijvoorbeeld röntgencontrastmiddelen en bepaalde antibiotica. Het is echter waarschijnlijk dat er ook na het ziekenhuisbezoek uitscheiding door de patiënten plaatsvindt in de eigen woonomgeving, dus via huishoudelijk afvalwater. Het is wenselijk om een beter beeld te krijgen in deze emissieverhoudingen, onder meer om de effectiviteit van onsite behandeling van ziekenhuisafvalwater voor deze componenten beter te kunnen duiden.

Centrale maatregelen bij RWZI

In dit project zijn kosten voor centrale verwijdering van geneesmiddelen bij de RWZI gepresenteerd, waarbij is uitgegaan van nazuivering met oxidatie- en adsorptietechnieken. Het is wenselijk om via onderzoek en referentieprojecten beter zicht te krijgen op de werkelijke kosten van grootschalige, centrale verwijdering van geneesmiddelen uit communaal afvalwater met verschillende technieken.²²

Pathogenen en antibiotica resistentie

In dit project was de scope: geneesmiddelen. Er is op dit moment nauwelijks zicht op de emissie en van pathogenen en antibiotica resistente micro-organismen, de bijdrage hieraan van ziekenhuizen, verpleeghuizen en woonwijken en de risico's die aan de verschillende emissieroutes (bijvoorbeeld via riooloverstorten) verbonden zijn. Aanbevolen wordt dit nader te onderzoeken.

Aanvulling Grontmij

Aanvullend aan de aanbevelingen van de projectgroep worden door Grontmij voor alle ziekenhuizen de volgende aanbevelingen gedaan:

- Het creëren van bewustwording van de milieuproblematiek van gecontamineerd afvalwater binnen een ziekenhuis. Dit is belangrijk om voor de hand liggende kleine door de organisatie gedragen emissiereducerende maatregelen voor elkaar te krijgen. De mogelijkheden voor dergelijke maatregelen kunnen bij voldoende bewustwording door de werkvloer zelf aange-

²² Inmiddels is er meer ervaring, bij voorbeeld in Duitsland en Zwitserland, met nageschakelde zuiveringstechnieken op RWZI's om o.a. geneesmiddelen te verwijderen.

dragen worden. Kennis omtrent deze problematiek bij het personeel van een ziekenhuis kan ook zijn uitstraling hebben naar patiënten en kan zo ook een reductie van de geneesmiddelenbelasting bij huishoudens teweeg brengen.

- Het verkrijgen van meer inzicht in de hoeveelheid en de route van al het water binnen de ziekenhuizen en de behandelingswijze van afvalwater binnen isoleerafdelingen. Dit inzicht is nodig om efficiënte maatregelen te kunnen formuleren ten behoeve van de reductie van geneesmiddelen en pathogenen naar het milieu. Op basis hiervan kunnen de meest voor de hand liggende maatregelen geformuleerd worden.
- Het nagaan van de mogelijkheid om in nieuwbouw- of verbouwsituaties de meest milieubelastende waterstromen af te koppelen van de overige stromen. Indien deze mogelijkheid zich redelijkerwijs voordoet kunnen deze stromen aparte behandeld worden. Uiteindelijk moeten daar waar zich mogelijk kansen voordoen emissies te reduceren deze aangegrepen worden.
- Landelijk zijn geluiden te horen om röntgencontrastmiddelen-houdende urine tot 48 uur na toediening van de middelen separaat op te vangen. Tot nu toe zijn dergelijke initiatieven nog nergens genomen. Aanbevolen wordt verschillende betrokken partijen samen te brengen om een gezamenlijke pilot te starten.

6 Literatuurlijst

1. STOWA, 2011-02. ZORG: Zoeken naar Oplossingen voor Reductie van Geneesmiddelenemissie uit zorginstellingen. Deel C. Eindrapportage. Grontmij. Vergouwen et al.
2. STOWA, 2009-06. Verg(h)ulde pillen, eindrapport. Grontmij. Roorda et. al
3. STOWA 2005-32. Verkennende monitoring van hormoonverstorende stoffen en pathogenen op rwzi's met aanvullende zuiveringstechnieken. Derksen et al.
4. STOWA 2011-09. Gebiedsstudie Geneesmiddelen Utrecht. Grontmij. Vergouwen et. Al.
5. Brief aan de Tweede Kamer (25-06-2013). Geneesmiddelen in drinkwater en milieu. Mansveld, W.J. (<http://waterforum.net/Nieuws/7451-Kamerlid--Dik-Faber-organiseert-bijeenkomst-over-medicijnrestenproblematiek>)
6. Wortel, N.C., Van Dijk, C., december 2008; Verwijdering van geneesmiddelen uit urine door adsorptie met actieve kool, nanoklei en zeoliet
7. Grontmij – Derksen/Roorda (2005). Ketenanalyse humane en veterinaire geneesmiddelen in het watermilieu - indicatieve kwantitatieve analyse en mogelijkheden voor reductie van belasting van het watermilieu;
8. Grontmij – Roorda/Derksen (2006). Emissiereductie van humane geneesmiddelen naar watermilieu - advies aan de LBOW-werkgroep '(dier)geneesmiddelen en watermilieu';
9. Tweede Kamer (2007). Rapportage VROM aan Tweede Kamer over voortgang en acties werkgroep (dier)geneesmiddelen en watermilieu; vergaderjaar 2006–2007, 28 808, nr. 39.
10. STOWA 2005-28. Verkenningen zuiveringstechnieken en KRW. De Jong et al.
11. STOWA 2013-16: Evaluation Report Pharmafilter. Batelaan et al.
12. Grontmij-rapport, W&E 1034567-RM/hh: Lokale zuivering van brongescheiden urine
13. Butkovskiy, A., A. Jeremiasse, et al. (2013). "Electrochemical Oxidation of Micropollutants in Grey Water." In preparation.
14. PINNEKAMP et al. (2009): Abschlussbericht „Eliminierung von Spurenstoffen aus Krankenhausabwässern mit Membrantechnik und weitergehenden Behandlungsverfahren – Pilotprojekt Kreiskrankenhaus Waldbröl“ (<http://www.lanuv.nrw.de/wasser/abwasser/forschung/pdf/Abschlussberichtpilotprojekt.pdf>)
15. www.masterplan-wasser.nrw.de/index.php?/dokumente/projektsteckbriefe-downloads.html
16. <http://www.bafu.admin.ch/gewaesserschutz/03716/11218/11223/index.html?lang=de>
17. Nafo, I., H. Evenblij, et al. (2012). Pharmaceutical Input and Elimination from local sources. Final report of the European cooperation project PILLS, European Union : 150.
18. PILLS 2012: Residuen van geneesmiddelen in het aquatische systeem – een uitdaging voor de toekomst, Inzichten en activiteiten van het Europese samenwerkingsproject PILLS
19. STOWA 2013-06. Humane geneesmiddelen in de waterketen. Derksen and ter Laak
20. STOWA 2010-06. ZORG. Zoeken naar Oplossingen Voor Reductie van Geneesmiddelenemissies uit zorginstellingen. Deel A. Bureaustudie. Grontmij. Pieters et al.
21. Grontmij 2011. Zuivering geneesmiddelen uit afvalwater. in opdracht van ministerie van VROM (thans I & M)
22. Kay D, Fleisher JM, Salmon RL, Jones F, Wyer MD, Godfree AF, Zelenauch-Jacquotte Z, Shore R. 1994; Predicting likelihood of gastroenteritis from sea bathing: results from randomised exposure. *Lancet*. 1994 Oct 1;344(8927):905-9.
23. Fleisher, J.M and Kay, D. (2006) Risk perception bias, self-reporting of illness, and validity of reported results in an epidemiologic study of recreational illness. *Marine Pollution Bulletin* 52, 264-268.

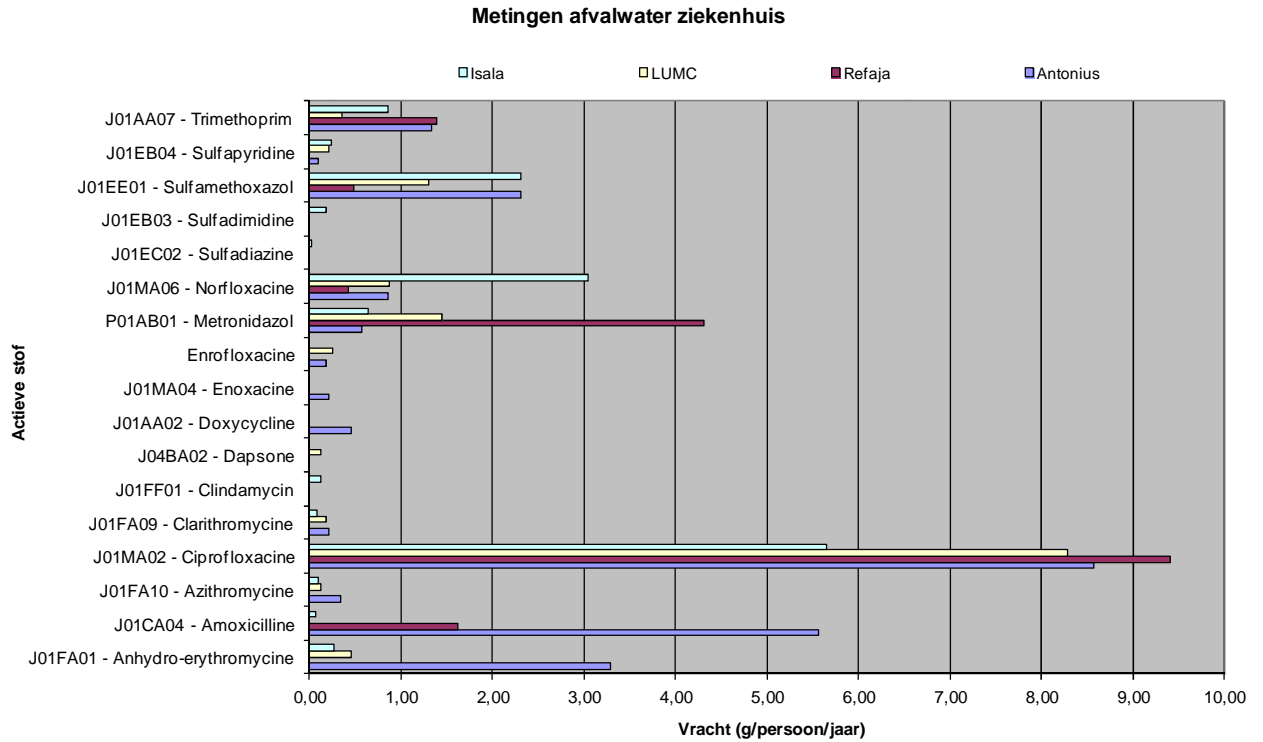
24. Van Asperen et al., 1998; van Asperen IA, Medema GJ, Borgdorff MW, Sprenger MJW, Havelaar AH, 1998. Risk of gastro-enteritis among triathletes in relation to faecal pollution of fresh waters,. *International Journal of Epidemiology*, 98 (27): 309-315
25. Wiedenmann, A., Krüger, P., Dietz, K., López-Pila, J. M., Szewzyk, R. and Botzenhart, K. (2006) Research A Randomized Controlled Trial Assessing Infectious Disease Risks from Bathing in Fresh Recreational Waters in Relation to the Concentration of *Escherichia coli*, Intestinal Enterococci, *Clostridium perfringens*, and Somatic Coliphages. *Environ Health Perspect.* 114(2): 228–236.
26. Rioned 2011. Ziek van Water op Straat? de Man, H., Leenen, I. Beenen, T.
27. WT-2011. Gezondheidsrisico's bij blootstelling aan water op straat. Beenen, T., Leenen, I., de Man, H. WT-Afvalwater, jaargang 11, nr. 4, augustus 2011
28. Stowa 2009-25: Volksgezondheid en water in stedelijk gebied. Gezondheidsrisicoanalyse. Leenen et al.

Bijlage 1

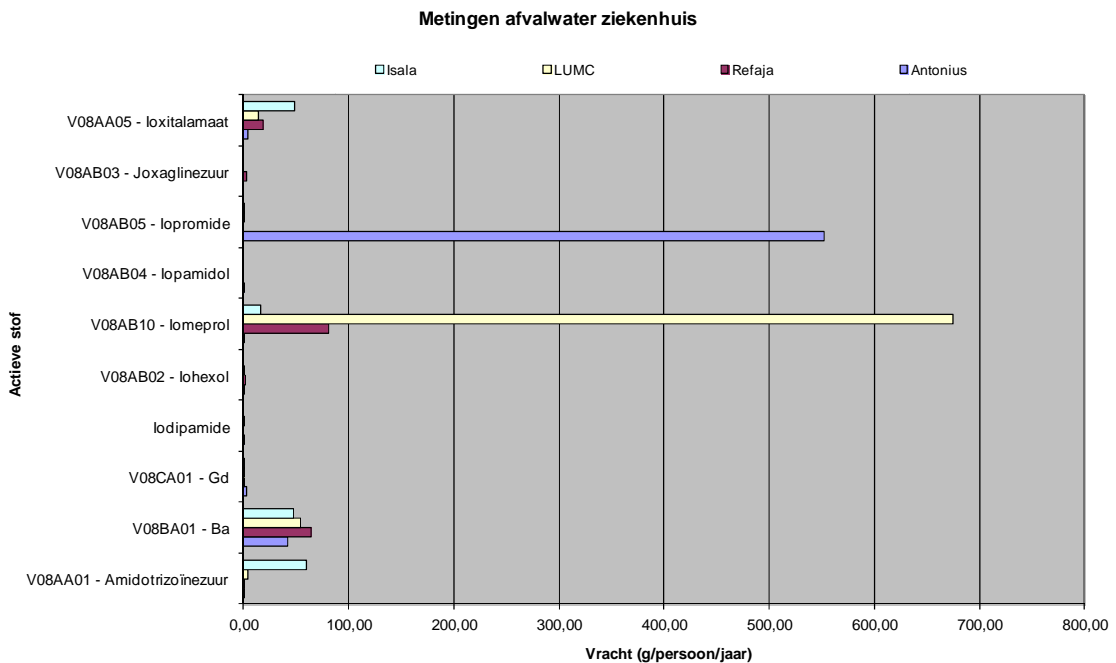
Meetgegevens ziekenhuizen

Onderstaande grafieken geven een indicatie van de spreiding van de geneesmiddelenemissies uit vier verschillende ziekenhuizen. De emissies zijn vastgesteld op basis van metingen van het afvalwater.

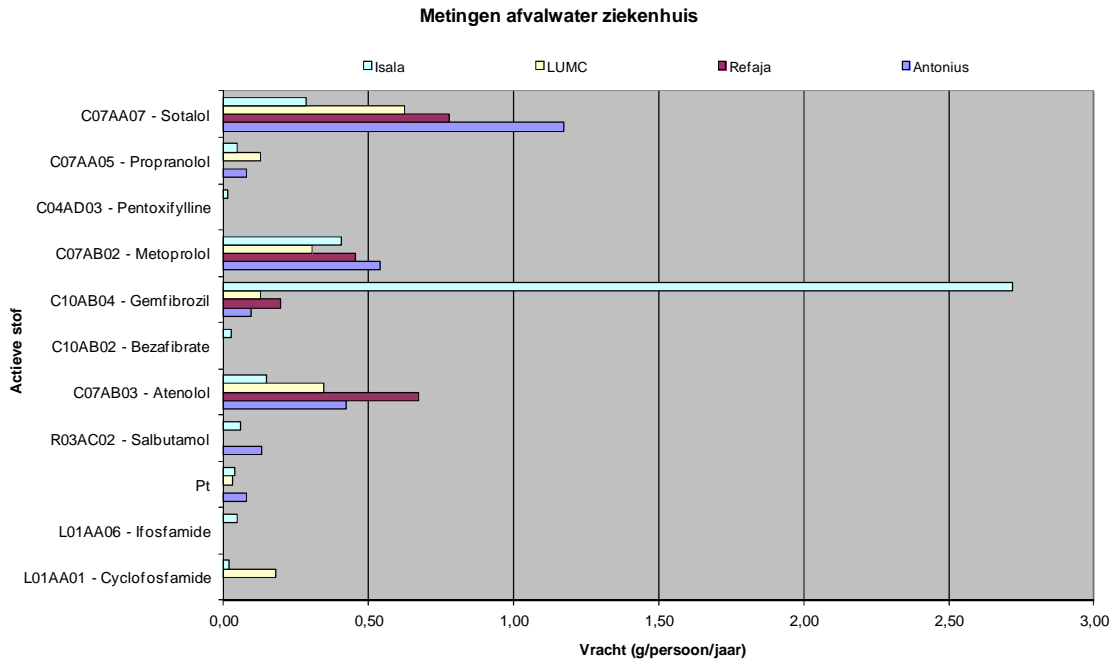
- Refaja Ziekenhuis Stadskanaal (200 bedden)
- Antonius Ziekenhuis Nieuwegein (584 bedden)
- LUMC Leiden (882 bedden)
- Isala Klinieken Zwolle, locatie Sophia. (600 bedden)



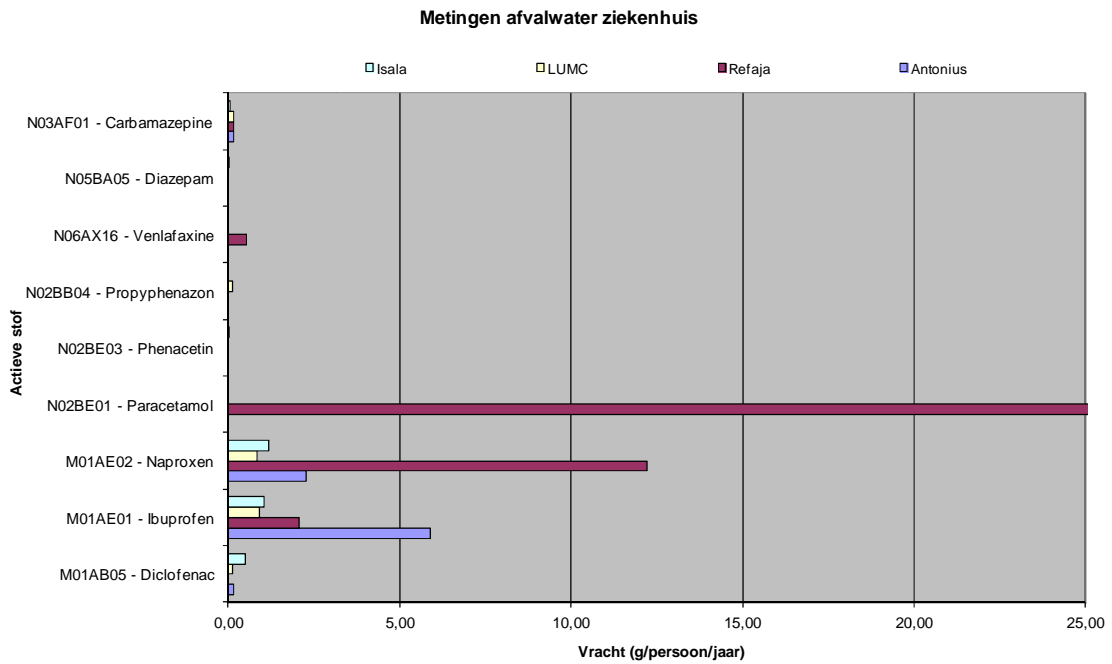
antibiotica



röntgencontrastmiddelen



Hart en vaatmiddelen (C), ademhalingsystemen (R), cytostatica (L).



Zenuwstelsel (N), pijnstillers spier en skeletstelsel (M)

Bijlage 2

vrachtenberekening op basis van kentallen enkele actieve stoffen, excretiefactoren en zuiveringsrendementen

Tabel B2-6-1: kentallen voor emissie van enkele actieve stoffen naar afvalwater vanuit ziekenhuizen en woonwijken gebaseerd op metingen in eerdere projecten EN excretiefactoren en zuiveringsrendementen voor enkele stoffen in gram/persoon*jaar of gram/bed*jaar

		<u>kental ziekenhuizen</u>	<u>kental woonwijken</u>	<u>excretie-factoren</u>	<u>zuiveringsrendement op rwzi</u>
Actieve stof	ATC-codes	[g/p*j]	[g/p*j]	[-]	[%]
Metformine	A10BA02		4,95	1	89
Dipyridamol	B01AC07		0,17	1	96
Lidocaïne	C01BB01		0,01	0,05	22
Pentoxyfilline	C04AD03	0,01		0,09	22
Propanolol	C07AA05	0,09		0,05	0
Sotalol	C07AA07	0,69	0,10	1	19
Metoprolol	C07AB02	0,40	0,19	0,11	26
Atenolol	C07AB03	0,34		0,83	
Bezafibraat	C10AB02	0,03	0,003	0,51	64
Gemfibrozil	C10AB04	0,81	0,02	0,06	48
Dapson	D10AX05	0,13	0	0,17	0
Furazolidon	G01AX06		0		0
Doxycycline	J01AA02	0,46		1	
Amoxicilline	J01CA04	2,61		0,75	
Trimethoprim	J01EA01	0,83	0,03	0,8	8
Sulfadimidine	J01EB03	0,18		0,4	
Sulfapyridine	J01EB04	0,19			
Sulfamethoxazol	J01EC01	1,75	0,02	0,2	76
Sulfadiazine	J01EC02	0,01		0,4	
Anhydro-erythromycine	J01FA01	1,20		0,98	
Clarithromycine	J01FA09	0,16	0,003	0,35	
Azithromycine	J01FA10	0,18		0,12	33
Clindamycine	J01FF01	0,12		0,14	
Ciprofloxacin	J01MA02	7,76		0,67	
Enoxacin	J01MA04	0,21			
Norfloxacin	J01MA06	1,41		0,63	
Cyclofosfamide	L01AA01	0,12		0,11	100
Ifosfamide	L01AA06	0,05		0,18	
Pt	L01XA01	0,05			
Diclofenac	M01AB05	0,24	0,02	0,16	29
Ibuprofen	M01AE01	2,33	0,48	0,3	96
Naproxen	M01AE02	2,30	0,49	0,07	84
Ketoprofen	M01AE03		0,01	0,175	49
Fenazon	N02BB01		0,0005	0,04	100
Propyfenazon	N02BB04	0,13			
Fenacetine	N02BE03	0,01			
Carbamazepine	N03AF01	0,13	0,02	0,12	9
Gabapentine	N03AX12		0,08	1	15
Levetiracetam	N03AX14		0,09	0,95	84
Pipamperon	N05AD05		0,01	1	58
Clozapine	N05AH02		0,04	0,1	56
Quetiapine	N05AH04		0,01	0,10	87
Oxazepam	N05BA04		0,02	0,15	18
Diazepam	N05BA01	0,02		0,08	
Venlafaxine	N06AX16	0,53		0,07	
Metronidazol	P01AB01	1,26	0,002	0,65	
Enrofloxacin	J01MA90	0,22			
Salbutamol	R03AC02	0,09		0,55	
Amidotrizoïnezuur	V08AA01	17,34		1	38
Joxitalaminezuur	V08AA05	21,02		1	
Johexol	V08AB02	0,33		1	
Joxaglinezuur	V08AB03	3,18		1	
Jopamidol	V08AB04	0,10			0
Jopromide	V08AB05	156,30		1	72
Jomeprol	V08AB10	274,12		1	75
Iodipamide	V08AC04	0,13			
Ba	V08BA01	50,14			
Gd	V08CA01	1,28			

Tabel B2-2: vrachten uit de ziekenhuizen en woonwijken en in- en effluent rwzi berekend op basis van kentallen uit tabel B 2-1 hierboven in gram per jaar (influent = som van de vrachten UMCG +Martini +woonwijken)

		Vracht UMCG	Vracht Marti- ni	Vracht woonwijken	vracht rwzi influent	vracht rwzi effluent
Actieve stof	ATC-codes	[g/a]	[g/a]	[g/a]	[g/a]	[g/a]
Metformine	A10BA02	0	0	1.314.134	1.314.134	144.555
Dipyridamol	B01AC07	0	0	44.103	44.103	1.764
Lidocaïne	C01BB01	0	0	2.190	2.190	1.708
Pentoxifylline	C04AD03	11	8	0	18	14
Propranolol	C07AA05	66	48	0	114	114
Sotalol	C07AA07	504	363	27.389	28.256	22.887
Metoprolol	C07AB02	295	213	49.596	50.104	37.077
Atenolol	C07AB03	249	179	0	428	428
Bezafibraat	C10AB02	18	13	746	778	280
Gemfibrozil	C10AB04	593	427	4.649	5.669	2.948
Dapson	D10AX05	92	66	0	159	159
Furazolidon	G01AX06	0	0	0	0	0
Doxycycline	J01AA02	333	240	0	574	574
Amoxicilline	J01CA04	1.907	1.375	0	3.282	3.282
Trimethoprim	J01EA01	604	435	6.689	7.728	7.110
Sulfadimidine	J01EB03	133	96	0	229	229
Sulfapyridine	J01EB04	137	99	0	235	235
Sulfamethoxazol	J01EC01	1.280	923	4.613	6.817	1.636
Sulfadiazine	J01EC02	11	8	0	18	18
Anhydro-erythromycine	J01FA01	876	631	0	1.507	1.507
Clarithromycine	J01FA09	117	84	850	1.051	1.051
Azithromycine	J01FA10	129	93	0	221	148
Clindamycine	J01FF01	89	64	0	153	153
Ciprofloxacine	J01MA02	5.668	4.085	0	9.753	9.753
Enoxacine	J01MA04	153	110	0	263	263
Norfloxacine	J01MA06	1.027	740	0	1.767	1.767
Cyclofosfamide	L01AA01	84	61	0	145	0
Ifosfamide	L01AA06	34	25	0	59	59
Pt	L01XA01	35	25	0	59	59
Diclofenac	M01AB05	177	127	6.408	6.713	4.766
Ibuprofen	M01AE01	1.701	1.226	128.649	131.577	5.263
Naproxen	M01AE02	1.678	1.210	130.099	132.987	21.278
Ketoprofen	M01AE03	0	0	3.108	3.108	1.585
Fenazon	N02BB01	0	0	123	123	0
Propyfenazon	N02BB04	92	66	0	159	159
Fenacetine	N02BE03	11	8	0	18	18
Carbamazepine	N03AF01	92	66	5.305	5.463	4.971
Gabapentine	N03AX12	0	0	20.081	20.081	17.069
Levetiracetam	N03AX14	0	0	24.528	24.528	3.924
Pipamperon	N05AD05	0	0	1.432	1.432	601
Clozapine	N05AH02	0	0	10.142	10.142	4.462
Quetiapine	N05AH04	0	0	2.416	2.416	314
Oxazepam	N05BA04	0	0	4.524	4.524	3.709
Diazepam	N05BA05	11	8	0	20	20
Venlafaxine	N06AX16	390	281	0	671	671
Metronidazol	P01AB01	921	664	436	2.021	2.021
Enrofloxacine	J01MA90	164	118	0	282	282
Salbutamol	R03AC02	68	49	0	118	118
Amidotrizoïnezuur	V08AA01	12.666	9.129	0	21.796	13.513
Joxitalaminezuur	V08AA05	15.356	11.068	0	26.425	26.425
Johexol	V08AB02	239	172	0	411	411
Joxaglinezuur	V08AB03	2.324	1.675	0	4.000	4.000
Jopamidol	V08AB04	70	50	0	120	120
Jopromide	V08AB05	114.161	82.283	0	196.444	55.004
Jomeprol	V08AB10	200.213	144.307	0	344.520	86.130
Iodipamide	V08AC04	93	67	0	160	160
Ba	V08BA01	36.620	26.395	0	63.015	63.015
Gd	V08CA01	935	674	0	1.609	1.609
Totaal		402.428	290.057	1.792.212	2.484.696	1.304.065
totaal zonder V en A		19.750	14.235	478.078	512.063	278.007

Tabel B 2-3: concentraties op basis van kentallen in Eemskanaal bij droogweer en normaal weer en in het overstortwater van de overstorten bij UMCG en Martini

		concentratie Eemskanaal droogweer	concentratie Eemskanaal normaal weer	concentratie overstortwater bij UMCG	concentratie overstortwater bij Martini
Actieve stof	ATC-codes	[µg/l]	[µg/l]	[µg/l]	[µg/l]
Metformine	A10BA02	2,77	0,1386	21,55	4,80
Dipyridamol	B01AC07	0,03	0,0017	0,72	0,16
Lidocaïne	C01BB01	0,03	0,0016	0,04	0,01
Pentoxifylline	C04AD03	0,00	0,0000	0,00	0,01
Propanolol	C07AA05	0,00	0,0001	0,03	0,04
Sotalol	C07AA07	0,44	0,0219	0,65	0,44
Metoprolol	C07AB02	0,71	0,0356	0,93	0,38
Atenolol	C07AB03	0,01	0,0004	0,10	0,17
Bezafibraat	C10AB02	0,01	0,0003	0,02	0,02
Gemfibrozil	C10AB04	0,06	0,0028	0,31	0,42
Dapson	D10AX05	0,00	0,0002	0,04	0,06
Furazolidon	G01AX06	0,00	0,0000	0,00	0,00
Doxycycline	J01AA02	0,01	0,0006	0,13	0,23
Amoxicilline	J01CA04	0,06	0,0031	0,76	1,29
Trimethoprim	J01EA01	0,14	0,0068	0,35	0,43
Sulfadimidine	J01EB03	0,00	0,0002	0,05	0,09
Sulfapyridine	J01EB04	0,00	0,0002	0,05	0,09
Sulfamethoxazol	J01EC01	0,03	0,0016	0,59	0,88
Sulfadiazine	J01EC02	0,00	0,0000	0,00	0,01
Anhydro-erythromycine	J01FA01	0,03	0,0014	0,35	0,59
Clarithromycine	J01FA09	0,02	0,0010	0,06	0,08
Azithromycine	J01FA10	0,00	0,0001	0,05	0,09
Clindamycine	J01FF01	0,00	0,0001	0,04	0,06
Ciprofloxacin	J01MA02	0,19	0,0094	2,26	3,83
Enoxacine	J01MA04	0,01	0,0003	0,06	0,10
Norfloxacin	J01MA06	0,03	0,0017	0,41	0,69
Cyclofosfamide	L01AA01	0,00	0,0000	0,03	0,06
Ifosfamide	L01AA06	0,00	0,0001	0,01	0,02
Pt	L01XA01	0,00	0,0001	0,01	0,02
Diclofenac	M01AB05	0,09	0,0046	0,18	0,14
Ibuprofen	M01AE01	0,10	0,0050	2,79	1,62
Naproxen	M01AE02	0,41	0,0204	2,80	1,61
Ketoprofen	M01AE03	0,03	0,0015	0,05	0,01
Fenazon	N02BB01	0,00	0,0000	0,00	0,00
Propyfenazon	N02BB04	0,00	0,0002	0,04	0,06
Fenacetine	N02BE03	0,00	0,0000	0,00	0,01
Carbamazepine	N03AF01	0,10	0,0048	0,12	0,08
Gabapentine	N03AX12	0,33	0,0164	0,33	0,07
Levetiracetam	N03AX14	0,08	0,0038	0,40	0,09
Pipamperon	N05AD05	0,01	0,0006	0,02	0,01
Clozapine	N05AH02	0,09	0,0043	0,17	0,04
Quetiapine	N05AH04	0,01	0,0003	0,04	0,01
Oxazepam	N05BA04	0,07	0,0036	0,07	0,02
Diazepam	N05BA05	0,00	0,0000	0,00	0,01
Venlafaxine	N06AX16	0,01	0,0006	0,16	0,26
Metronidazol	P01AB01	0,04	0,0019	0,38	0,62
Enrofloxacin	J01MA90	0,01	0,0003	0,07	0,11
Salbutamol	R03AC02	0,00	0,0001	0,03	0,05
Amidotrizoïnezuur	V08AA01	0,26	0,0130	5,06	8,55
Joxitalaminezuur	V08AA05	0,51	0,0253	6,14	10,37
Johexol	V08AB02	0,01	0,0004	0,10	0,16
Joxaglinezuur	V08AB03	0,08	0,0038	0,93	1,57
Jopamidol	V08AB04	0,00	0,0001	0,03	0,05
Jopromide	V08AB05	1,05	0,0527	45,61	77,09
Jomeprol	V08AB10	1,65	0,0826	79,99	135,19
Iodipamide	V08AC04	0,00	0,0002	0,04	0,06
Ba	V08BA01	1,21	0,0604	14,63	24,73
Gd	V08CA01	0,03	0,0015	0,37	0,63
Totaal		10,77	0,54	190	278
totaal zonder V en A		4,08	0,20	28	36

Bijlage 3

vrachten- en concentratieberekening op basis van
geneesmiddeleninname bij ziekenhuizen

Tabel B 3-1: berekeningen van geneesmiddelenvrachten in het afvalwater van het UMCG op basis van inname geneesmiddelen in het ziekenhuis

ATC-code	werkzame stof	ingenomen[mg/a]	excretie-factor	uitgescheiden in UMCG [mg/a]
A10BA02	METFORMINE	16.082.400	1	16.082.400
A10BG03	PIOGLITAZON	9.360	1	9.360
B01AC07	DIPYRIDAMOL	1.402.800	1	1.402.800
C01BB01	LIDOCAINE	9.067.000	0,05	453.350
C03AA03	HYDROCHLOORTHAZIDE	281.338	1	281.338
C03CA01	FUROSEMIDE	1.987.200	1	1.987.200
C04AD03	PENTOXIFYLLINE	104.000	0,09	9.360
C07AA05	PROPRANOLOL	218.610	0,05	10.931
C07AA07	SOTALOL	341.320	1	341.320
C07AB02	METOPROLOL	3.644.783	0,11	400.926
C07AB03	ATENOLOL	275.000	0,83	228.250
C09CA01	LOSARTAN	283.500	0,64	181.440
C09CA03	VALSARTAN	370.240	1	370.240
C09CA04	IRBESARTAN	775.350	0,02	15.507
C10AB02	BEZAFIBRAAT	92.000	0,51	46.920
C10AB04	GEMFIBROZIL	438.000	0,06	26.280
D10AX05	DAPSON	125.000	0,17	21.250
J01AA02	DOXYCYCLINE	183.500	1	183.500
J01AA07	TETRACYCLINE	149.700	0,3	44.910
J01EA01	TRIMETHOPRIM	357.300	0,8	285.840
J01EC02	SULFADIAZINE	35.000	0,4	14.000
J01FA01	ERYTROMYCINE	1.648.100	0,98	1.615.138
J01FA06	ROXITROMYCINE	61.500	0,5	30.750
J01FA09	CLARITROMYCINE	583.000	0,35	204.050
J01FF01	CLINDAMYCINE	7.409.850	0,14	1.037.379
J01MA01	OFLOXACINE	17.440	0,9	15.696
J01MA02	CIPROFLOXACINE	1.631.750	0,67	1.093.273
J01MA06	NORFLOXACINE	288.000	0,63	181.440
M01AB05	DICLOFENAC	2.958.813	0,16	473.410
M01AE01	IBUPROFEN	6.591.600	0,3	1.977.480
M01AE02	NAPROXEN	2.078.750	0,07	145.513
M01AE03	KETOPROFEN	6.000	0,175	1.050
M01CC01	PENICILLAMINE	12.000	1	12.000
N02AX02	TRAMADOL	2.706.900	0,25	676.725
N03AA03	PRIMIDON	45.000	0,4	18.000
N03AF01	CARBAMAZEPINE	1.189.800	0,12	142.776
N03AX12	GABAPENTINE	1.529.800	1	1.529.800
N03AX14	LEVETIRACETAM	7.825.250	0,95	7.433.988
N05AD05	PIPAMPERON	73.000	1	73.000
N05AH02	CLOZAPINE	520.325	0,1	52.033
N05AH03	OLANZAPINE	66.663	0,35	23.332
N05AH04	QUETIAPINE	2.068.650	0,1	206.865
N05AL01	SULPIRIDE	4.500	0,4	1.800
N05BA04	OXAZEPAM	493.750	0,15	74.063
V08AB10	JOMEPROL	28.378.440	1	28.378.440
	totaal			67.795.120
	Totaal zonder V en A			23.334.280

Tabel B 3-2: berekeningen van geneesmiddelenvrachten in het afvalwater van het Martini op basis van inname geneesmiddelen in het ziekenhuis

ATC-codes	werkzame stof	ingenomen [mg/a]	excretie-factor	uitgescheiden in Martini [mg/a]
A02BA02	RANITIDINE	454.500	0,64	290.880
A02BC01	OMEPRAZOL	1.573.110	0,19	298.891
A02BC02	PANTOPRAZOL	725.700	0,25	181.425
A07AA10	COLISTINE	436.000	0,6	261.600
A07EC01	SULFASALAZINE	417.500	0,6	250.500
A07EC02	MESALAZINE	873.550	0,21	183.446
A09AA02	PANCREASENZYMEN	19.525.000	1	19.525.000
A10BA02	METFORMINE	13.783.950	1	13.783.950
A10BB03	TOLBUTAMIDE	1.797.500	0,05	89.875
A10BB09	GLICLAZIDE	318.750	0,9	286.875
A10BG03	PIOGLITAZON	9.015	1	9.015
A11GA01	ASCORBINEZUUR	444.000	0,01	4.440
B01AC04	CLOPIDOGREL	771.075	0,96	740.232
B01AC07	DIPYRIDAMOL	1.303.300	1	1.303.300
C01BD01	AMIODARON	598.600	0,5	299.300
C03AA03	HYDROCHLOORTHIAZIDE	209.700	1	209.700
C03CA01	FUROSEMIDE	1.067.340	1	1.067.340
C04AD03	PENTOXIFYLLINE	800	0,09	72
C07AA05	PROPRANOLOL	87.940	0,05	4.397
C07AA07	SOTALOL	193.520	1	193.520
C07AB02	METOPROLOL	2.183.400	0,11	240.174
C07AB03	ATENOLOL	212.700	0,83	176.541
C07AG01	LABETALOL	311.700	0,1	31.170
C08DA01	VERAPAMIL	492.720	0,21	103.471
C09CA01	LOSARTAN	319.150	0,64	204.256
C09CA03	VALSARTAN	421.600	1	421.600
C09CA04	IRBESARTAN	977.100	0,02	19.542
C10AA01	SIMVASTATINE	635.480	0,1	63.548
C10AB02	BEZAFIBRAAT	14.000	0,51	7.140
C10AB04	GEMFIBROZIL	391.200	0,06	23.472
H02AB06	PREDNISOLON	399.830	0,5	199.915
J01AA02	DOXYCYCLINE	65.400	1	65.400
J01AA07	TETRACYCLINE	19.000	0,3	5.700
J01CA04	AMOXICILLINE	12.581.375	0,75	9.436.031
J01CF05	FLUCLOXACILLINE	509.500	0,75	382.125
J01EA01	TRIMETHOPRIM	1.087.900	0,8	870.320
J01EE01	SULFAMETHOXAZOL MET TRIMETHOPRIM	1.444.800	0,6	866.880
J01FA01	ERYTROMYCINE	75.500	0,98	73.990
J01FA09	CLARITROMYCINE	223.250	0,35	78.138
J01FA10	AZITROMYCINE	192.250	0,12	23.070
J01FF01	CLINDAMYCINE	1.922.250	0,14	269.115
J01MA02	CIPROFLOXACINE	6.295.500	0,67	4.217.985
J01MA06	NORFLOXACINE	28.000	0,63	17.640
J04AB02	RIFAMPICINE	476.250	0,95	452.438
J05AB11	VALACICLOVIR	335.500	0,01	3.355
L01XE11	PAZOPANIB	300.000	0,01	3.000
L02BX03	ABIRATERON	390.000	0,01	3.900
M01AB05	DICLOFENAC	2.454.253	0,16	392.680
M01AE01	IBUPROFEN	3.015.000	0,3	904.500
M01AE02	NAPROXEN	872.250	0,07	61.058
M04AA01	ALLOPURINOL	580.800	0,28	162.624
N02AX02	TRAMADOL	1.039.000	0,25	259.750
N02BE01	PARACETAMOL	223.250.000	0,04	8.930.000
N03AA03	PRIMIDON	31.750	0,4	12.700
N03AF01	CARBAMAZEPINE	559.000	0,12	67.080
N03AG01	VALPROINEZUUR	1.635.800	0,04	65.432
N03AX12	GABAPENTINE	928.200	1	928.200
N03AX14	LEVETIRACETAM	1.459.500	0,95	1.386.525
N03AX16	PREGABALINE	452.075	0,98	443.034
N04BA02	LEVODOPA MET DECARBOXYLASEREMMER	976.708	0,1	97.671
N05AD01	HALOPERIDOL	19.303	1	19.303
N05AD05	PIPAMPERON	14.960	1	14.960

N05AH02	CLOZAPINE	89.988	0,1	8.999
N05AH03	OLANZAPINE	6.693	0,35	2.342
N05AH04	QUETIAPINE	84.800	0,1	8.480
N05AN01	LITHIUMZOUTEN	175.700	1	175.700
N05BA01	DIAZEPAM	37.448	0,08	2.996
N05BA04	OXAZEPAM	177.440	0,15	26.616
N05CD07	TEMAZEPAM	329.310	0,9	296.379
N06AX16	VENLAFAXINE	162.150	0,07	11.351
P01AB01	METRONIDAZOL	533.750	0,65	346.938
R03DA04	THEOFYLLINE	614.350	0,12	73.722
V03AB23	ACETYLCYSTEINE	180.000	0,22	39.600
V03AE02	SEVELAMEER	854.400	0,5	427.200
V08AA05	JOXITALAMINEZUUR	43.335.000	1	43.335.000
V08AB02	JOHEXOL	153.600	1	153.600
V08AB11	JOBITRIDOL	1.018.800	1	1.018.800
V08CA02	GADOTEERZUUR	7.097.025	1	7.097.025
	Totaal			123.723.056
	Totaal zonder V en A			57.907.481

Tabel B 3-3: vrachten in- en effluent rwzi Garmerwolde, op basis van innamegegevens ziekenhuizen en kentallen woonwijken

ATC-codes	Actieve stof	vracht woonwijk (kentallen) + ziekenhuizen (echte gegevens)	vracht rwzi effluent
		[g/a]	[g/a]
A02BA02	RANITIDINE	291	291
A02BC01	OMEPRAZOL	299	299
A02BC02	PANTOPRAZOL	181	181
A07AA10	COLISTINE	262	262
A07EC01	SULFASALAZINE	251	251
A07EC02	MESALAZINE	183	183
A09AA02	PANCREASENZYMEN	19.525	19.525
A10BA02	Metformine	1.344.000	147.840
A10BB03	TOLBUTAMIDE	90	90
A10BB09	GLICLAZIDE	287	287
A10BG03	PIOGLITAZON	18	18
A11GA01	ASCORBINEZUUR	4	4
B01AC04	CLOPIDOGREL	740	740
B01AC07	Dipyridamol	46.809	1.872
C01BB01	Lidocaïne	2.643	2.062
C01BD01	AMIODARON	299	299
C03AA03	HYDROCHLOORTHAZIDE	491	491
C03CA01	FUROSEMIDE	3.055	3.055
C04AD03	Pentoxifylline	9	7
C07AA05	Propanolol	15	15
C07AA07	Sotalol	27.924	22.618
C07AB02	Metoprolol	50.237	37.176
C07AB03	Atenolol	405	405
C07AG01	LABETALOL	31	31
C08DA01	VERAPAMIL	103	103
C09CA01	LOSARTAN	386	386
C09CA03	VALSARTAN	792	792
C09CA04	IRBESARTAN	35	35
C10AA01	SIMVASTATINE	64	64
C10AB02	Bezafibraat	800	288
C10AB04	Gemfibrozil	4.699	2.443
D10AX05	Dapson	21	21
G01AX06	Furazolidon	0	0
H02AB06	PREDNISOLON	200	200
J01AA02	Doxycycline	249	249
J01AA07	TETRACYCLINE	51	51
J01CA04	Amoxicilline	9.436	9.436
J01CF05	FLUCLOXACILLINE	382	382
J01EA01	Trimethoprim	7.845	7.217
J01EB03	Sulfadimidine	0	0
J01EB04	Sulfapyridine	0	0
J01EC01	Sulfamethoxazol	4.613	1.107
J01EC02	Sulfadiazine	14	14
J01EE01	SULFAMETHOXAZOL MET TRIMETHOPRIM	867	867
J01FA01	Anhydro-erythromycine	1.689	1.689
J01FA06	ROXITROMYCINE	31	31
J01FA09	Clarithromycine	1.132	1.132
J01FA10	Azithromycine	23	15
J01FF01	Clindamycine	1.306	1.306
J01MA01	OFLOXACINE	16	16
J01MA02	Ciprofloxacine	5.311	5.311
J01MA04	Enoxacine	0	0
J01MA06	Norfloxacine	199	199
J01MA90	Enrofloxacine	0	0
J04AB02	RIFAMPICINE	452	452
J05AB11	VALACICLOVIR	3	3
L01AA01	Cyclofosfamide	0	0
L01AA06	Ifosfamide	0	0
L01XA01	Pt	0	0
L01XE11	PAZOPANIB	3	3
L02BX03	ABIRATERON	4	4
M01AB05	Diclofenac	7.274	5.165
M01AE01	Ibuprofen	131.531	5.261

M01AE02	Naproxen	130.306	20.849
M01AE03	Ketoprofen	3.109	1.585
M01CC01	PENICILLAMINE	12	12
M04AA01	ALLOPURINOL	163	163
N02AX02	TRAMADOL	936	936
N02BB01	Fenazon	123	0
N02BB04	Propyfenazon	0	0
N02BE01	PARACETAMOL	8.930	8.930
N02BE03	Fenacetine	0	0
N03AA03	PRIMIDON	31	31
N03AF01	Carbamazepine	5.515	5.019
N03AG01	VALPROINEZUUR	65	65
N03AX12	Gabapentine	22.539	19.158
N03AX14	Levetiracetam	33.349	5.336
N03AX16	PREGABALINE	443	443
N04BA02	LEVODOPA MET DECARBOXYLASEREMMER	98	98
N05AD01	HALOPERIDOL	19	19
N05AD05	Pipamperon	1.520	638
N05AH02	Clozapine	10.203	4.489
N05AH03	OLANZAPINE	26	26
N05AH04	Quetiapine	2.632	342
N05AL01	SULPIRIDE	2	2
N05AN01	LITHIUMZOUTEN	176	176
N05BA01	DIAZEPAM	3	3
N05BA04	Oxazepam	4.624	3.792
N05BA05	Diazepam	0	0
N05CD07	TEMAZEPAM	296	296
N06AX16	Venlafaxine	11	11
P01AB01	Metronidazol	436	436
R03AC02	Salbutamol	0	0
R03DA04	THEOFYLLINE	74	74
V03AB23	ACETYLCYSTEINE	40	40
V03AE02	SEVELAMEER	427	427
V08AA01	Amidotrizoïnezuur	0	0
V08AA05	Joxitalaminezuur	43.335	43.335
V08AB02	Johexol	154	154
V08AB03	Joxaglinezuur	0	0
V08AB04	Jopamidol	0	0
V08AB05	Jopromide	0	0
V08AB10	Jomeprol	28.378	7.095
V08AB11	JOBITRIDOL	1.019	1.019
V08AC04	Iodipamide	0	0
V08BA01	Ba	0	0
V08CA01	Gd	0	0
V08CA02	GADOTEERZUUR	7.097	7.097
	Totaal	2.484.696	1.304.065
	totaal zonder V en A	512.063	278.007

Tabel B 3-4: concentratie geneesmiddelen in overstortwater en vijvers bij UMCG, op basis van geneesmiddeleninname ziekenhuis

Actieve stof	ATC-codes	Concentratie overstortwater [$\mu\text{g/l}$]
METFORMINE	A10BA02	27,98
PIOGLITAZON	A10BG03	0,00
DIPYRIDAMOL	B01AC07	1,28
LIDOCAINE	C01BB01	0,22
HYDROCHLOORTHIAZIDE	C03AA03	0,11
FUROSEMIDE	C03CA01	0,79
PENTOXIFYLLINE	C04AD03	0,00
PROPRANOLOL	C07AA05	0,00
SOTALOL	C07AA07	0,59
METOPROLOL	C07AB02	0,97
ATENOLOL	C07AB03	0,09
LOSARTAN	C09CA01	0,07
VALSARTAN	C09CA03	0,15
IRBESARTAN	C09CA04	0,01
BEZAFIBRAAT	C10AB02	0,03
GEMFIBROZIL	C10AB04	0,09
DAPSON	D10AX05	0,01
DOXYCYCLINE	J01AA02	0,07
TETRACYCLINE	J01AA07	0,02
TRIMETHOPRIM	J01EA01	0,22
SULFADIAZINE	J01EC02	0,01
ERYTROMYCINE	J01FA01	0,65
ROXITROMYCINE	J01FA06	0,01
CLARITROMYCINE	J01FA09	0,10
CLINDAMYCINE	J01FF01	0,41
OFLOXACINE	J01MA01	0,01
CIPROFLOXACINE	J01MA02	0,44
NORFLOXACINE	J01MA06	0,07
DICLOFENAC	M01AB05	0,29
IBUPROFEN	M01AE01	2,90
NAPROXEN	M01AE02	2,19
KETOPROFEN	M01AE03	0,05
PENICILLAMINE	M01CC01	0,00
TRAMADOL	N02AX02	0,27
PRIMIDON	N03AA03	0,01
CARBAMAZEPINE	N03AF01	0,14
GABAPENTINE	N03AX12	0,94
LEVETIRACETAM	N03AX14	3,37
PIPAMPERON	N05AD05	0,05
CLOZAPINE	N05AH02	0,19
OLANZAPINE	N05AH03	0,01
QUETIAPINE	N05AH04	0,12
SULPIRIDE	N05AL01	0,00
OXAZEPAM	N05BA04	0,10
JOMEPROL	V08AB10	11,34

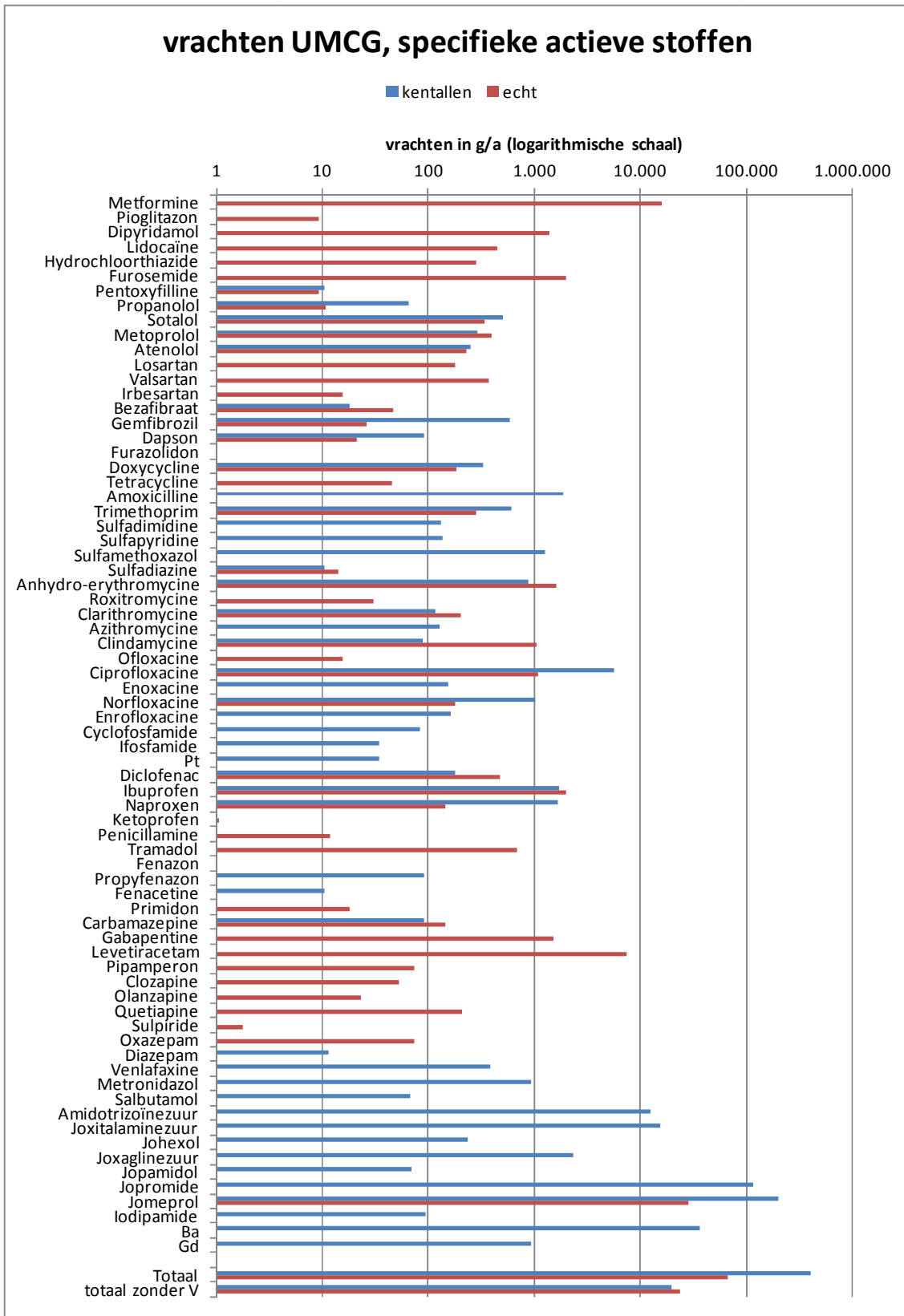
Tabel B 3-5: concentratie geneesmiddelen in overstortwater en vijver bij Martiniziekenhuis, op basis van geneesmiddeleninname ziekenhuis

Actieve stof	ATC-codes	Concentratie overstortwater [$\mu\text{g/l}$]
RANITIDINE	A02BA02	0,27
OMEPRAZOL	A02BC01	0,28
PANTOPRAZOL	A02BC02	0,17
COLISTINE	A07AA10	0,25
SULFASALAZINE	A07EC01	0,23
MESALAZINE	A07EC02	0,17
PANCREASENZYMEN	A09AA02	18,29
METFORMINE	A10BA02	17,72
TOLBUTAMIDE	A10BB03	0,08
GLICLAZIDE	A10BB09	0,27
PIOGLITAZON	A10BG03	0,01
ASCORBINEZUUR	A11GA01	0,00
CLOPIDOGREL	B01AC04	0,69
DIPYRIDAMOL	B01AC07	1,38
AMIODARON	C01BD01	0,28
HYDROCHLOORTHIAZIDE	C03AA03	0,20
FUROSEMIDE	C03CA01	1,00
PENTOXIFYLLINE	C04AD03	0,00
PROPRANOLOL	C07AA05	0,00
SOTALOL	C07AA07	0,28
METOPROLOL	C07AB02	0,41
ATENOLOL	C07AB03	0,17
LABETALOL	C07AG01	0,03
VERAPAMIL	C08DA01	0,10
LOSARTAN	C09CA01	0,19
VALSARTAN	C09CA03	0,39
IRBESARTAN	C09CA04	0,02
SIMVASTATINE	C10AA01	0,06
BEZAFIBRAAT	C10AB02	0,01
GEMFIBROZIL	C10AB04	0,04
PREDNISOLON	H02AB06	0,19
DOXYCYCLINE	J01AA02	0,06
TETRACYCLINE	J01AA07	0,01
AMOXICILLINE	J01CA04	8,84
FLUCLOXACILLINE	J01CF05	0,36
TRIMETHOPRIM	J01EA01	0,84
SULFAMETHOXAZOL MET TRIMETHOPRIM	J01EE01	0,81
ERYTROMYCINE	J01FA01	0,07
CLARITROMYCINE	J01FA09	0,08
AZITROMYCINE	J01FA10	0,02
CLINDAMYCINE	J01FF01	0,25
CIPROFLOXACINE	J01MA02	3,95
NORFLOXACINE	J01MA06	0,02
RIFAMPICINE	J04AB02	0,42
VALACICLOVIR	J05AB11	0,00
PAZOPANIB	L01XE11	0,00
ABIRATERON	L02BX03	0,00
DICLOFENAC	M01AB05	0,39
IBUPROFEN	M01AE01	1,32
NAPROXEN	M01AE02	0,53
ALLOPURINOL	M04AA01	0,15
TRAMADOL	N02AX02	0,24
PARACETAMOL	N02BE01	8,37
PRIMIDON	N03AA03	0,01
CARBAMAZEPINE	N03AF01	0,08
VALPROINEZUUR	N03AG01	0,06
GABAPENTINE	N03AX12	0,94
LEVETIRACETAM	N03AX14	1,39
PREGABALINE	N03AX16	0,42
LEVODOPA MET DECARBOXYLASEREMMER	N04BA02	0,09
HALOPERIDOL	N05AD01	0,02
PIPAMPERON	N05AD05	0,02
CLOZAPINE	N05AH02	0,05
OLANZAPINE	N05AH03	0,00
QUETIAPINE	N05AH04	0,02
LITHIUMZOUTEN	N05AN01	0,16
DIAZEPAM	N05BA01	0,00
OXAZEPAM	N05BA04	0,04

TEMAZEPAM	N05CD07	0,28
VENLAFAXINE	N06AX16	0,01
METRONIDAZOL	P01AB01	0,33
THEOFYLLINE	R03DA04	0,07
ACETYLCYSTEINE	V03AB23	0,04
SEVELAMEER	V03AE02	0,40
JOXITALAMINEZUUR	V08AA05	40,60
JOHEXOL	V08AB02	0,14
JOBITRIDOL	V08AB11	0,95
GADOTEERZUUR	V08CA02	6,65

Bijlage 4

Vergelijking berekeningen kentallen en gegevens

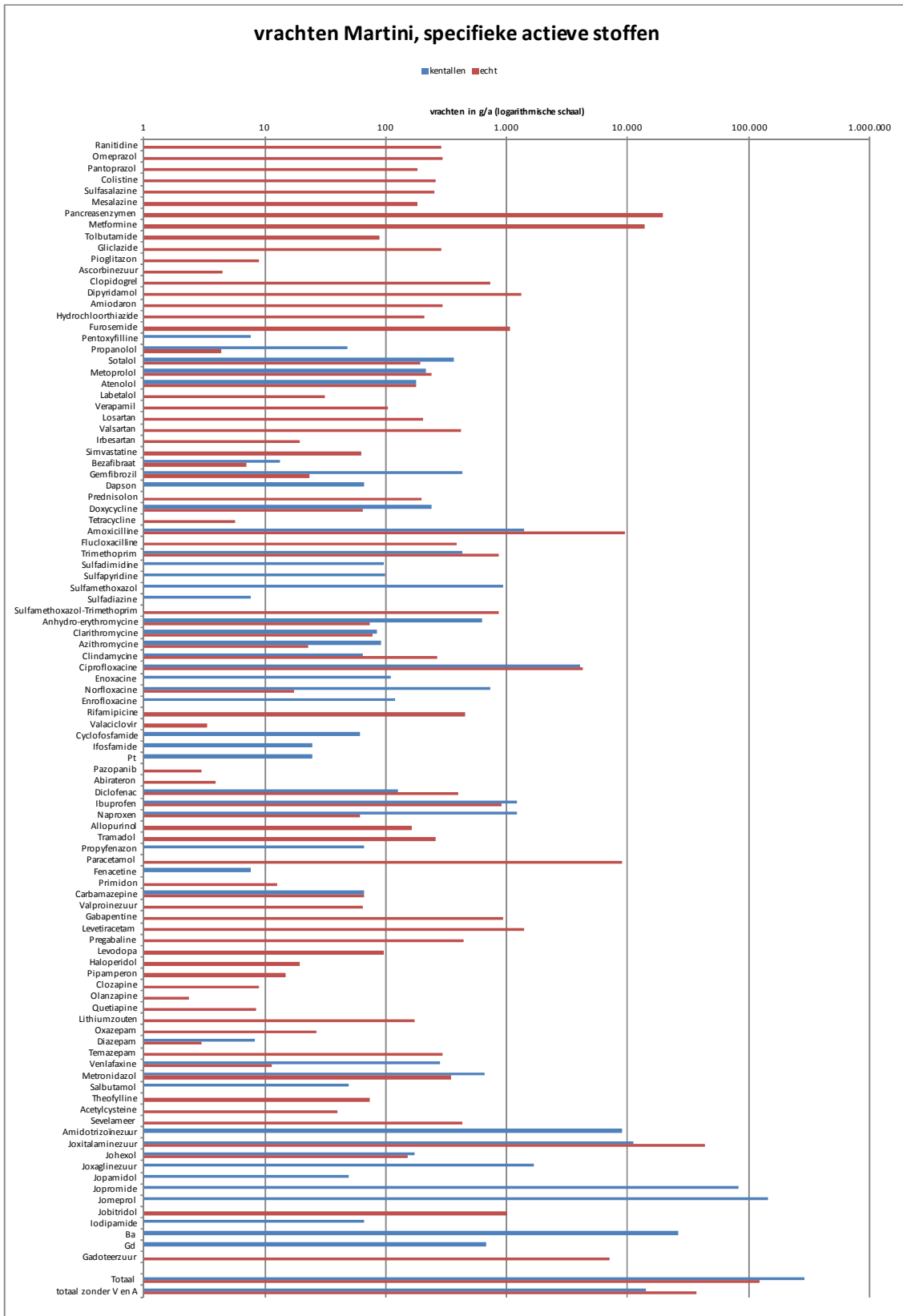


Figuur B4-1. Vergelijking emissie vanuit UMCG op basis innamegegevens en op basis landelijke kentallen (op basis landelijke meetgegevens).

Tabel B4-1. Vergelijking emissie vanuit UMCG op basis innamegegevens en op basis landelijke kentallen (op basis landelijke meetgegevens).

Actieve stof	ATC-codes	kentallen [g/a]	inname [g/a]
Metformine	A10BA02	0	16.082
Pioglitazon	A10BG03		9
Dipyridamol	B01AC07	0	1.403
Lidocaïne	C01BB01	0	453
Hydrochloorthiazide	C03AA03		281
Furosemide	C03CA01		1.987
Pentoxyfilline	C04AD03	11	9
Propranolol	C07AA05	66	11
Sotalol	C07AA07	504	341
Metoprolol	C07AB02	295	401
Atenolol	C07AB03	249	228
Losartan	C09CA01		181
Valsartan	C09CA03		370
Irbesartan	C09CA04		16
Bezafibraat	C10AB02	18	47
Gemfibrozil	C10AB04	593	26
Dapson	D10AX05	92	21
Furazolidon	G01AX06	0	
Doxycycline	J01AA02	333	184
Tetracycline	J01AA07		45
Amoxicilline	J01CA04	1.907	
Trimethoprim	J01EA01	604	286
Sulfadimidine	J01EB03	133	
Sulfapyridine	J01EB04	137	
Sulfamethoxazol	J01EC01	1.280	
Sulfadiazine	J01EC02	11	14
Anhydro-erythromycine	J01FA01	876	1.615
Roxitromycine	J01FA06		31
Clarithromycine	J01FA09	117	204
Azithromycine	J01FA10	129	
Clindamycine	J01FF01	89	1.037
Ofloxacin	J01MA01		16
Ciprofloxacin	J01MA02	5.668	1.093
Enoxacin	J01MA04	153	
Norfloxacin	J01MA06	1.027	181
Enrofloxacin	J01MA90	164	
Cyclofosfamide	L01AA01	84	
Ifosfamide	L01AA06	34	
Pt	L01XA01	35	
Diclofenac	M01AB05	177	473
Ibuprofen	M01AE01	1.701	1.977
Naproxen	M01AE02	1.678	146
Ketoprofen	M01AE03	0	1
Penicillamine	M01CC01		12
Tramadol	N02AX02		677
Fenazon	N02BB01	0	
Propyfenazon	N02BB04	92	
Fenacetine	N02BE03	11	
Primidon	N03AA03		18
Carbamazepine	N03AF01	92	143
Gabapentine	N03AX12	0	1.530
Levetiracetam	N03AX14	0	7.434
Pipamperon	N05AD05	0	73
Clozapine	N05AH02	0	52
Olanzapine	N05AH03		23
Quetiapine	N05AH04	0	207
Sulpiride	N05AL01		2
Oxazepam	N05BA04	0	74
Diazepam	N05BA05	11	
Venlafaxine	N06AX16	390	
Metronidazol	P01AB01	921	
Salbutamol	R03AC02	68	
Amidotrizoïnezuur	V08AA01	12.666	
Joxitalaminezuur	V08AA05	15.356	
Johexol	V08AB02	239	
Joxaglinezuur	V08AB03	2.324	
Jopamidol	V08AB04	70	

Jopromide	V08AB05	114.161	
Jomeprol	V08AB10	200.213	28.378
Iodipamide	V08AC04	93	
Ba	V08BA01	36.620	
Gd	V08CA01	935	
Totaal		402.428	67.795
totaal zonder V		19.750	23.334

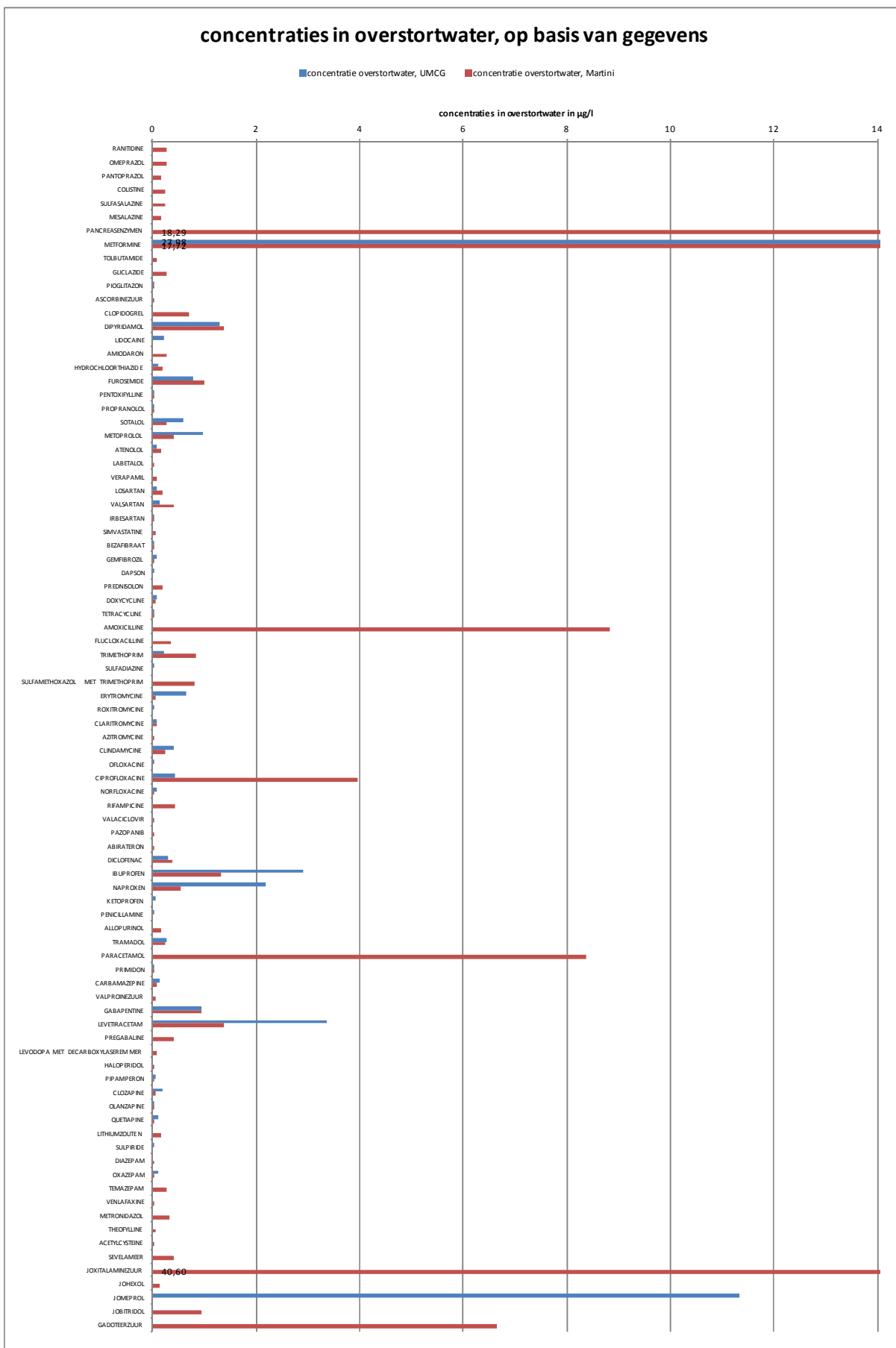


Figuur B4-2. Vergelijking emissie vanuit het Martinizekenhuis op basis innamegegevens en op basis landelijke kentallen (op basis landelijke meetgegevens).

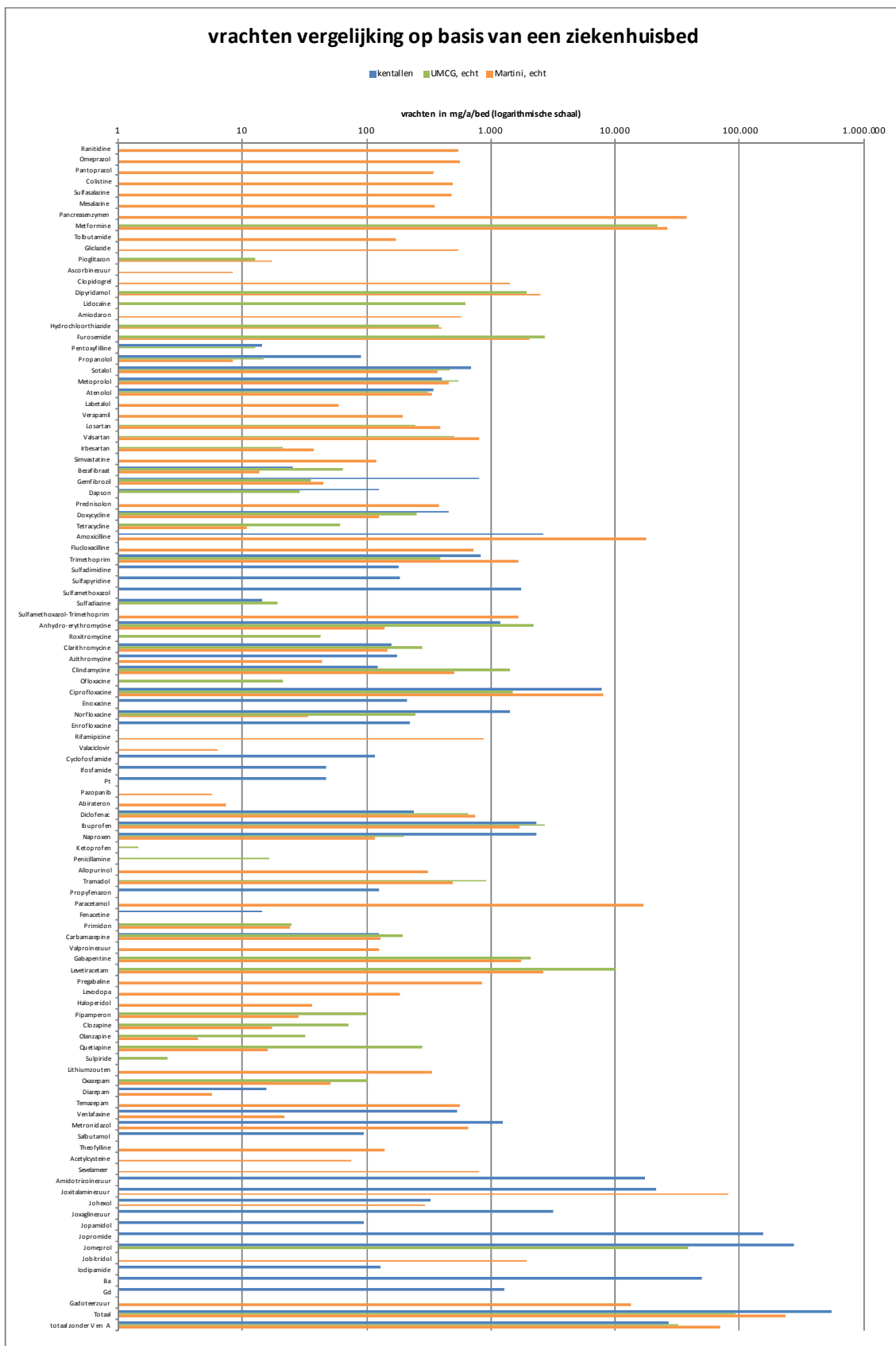
Tabel B4-2. Vergelijking emissie vanuit het Martinziekenhuis op basis innamegegevens en op basis landelijke kentallen (op basis landelijke meetgegevens).

Actieve stof	ATC-codes	kentallen [g/a]	inname [g/a]
Ranitidine	A02BA02		291
Omeprazol	A02BC01		299
Pantoprazol	A02BC02		181
Colistine	A07AA10		262
Sulfasalazine	A07EC01		251
Mesalazine	A07EC02		183
Pancreasenzymen	A09AA02		19.525
Metformine	A10BA02	0	13.784
Tolbutamide	A10BB03		90
Gliclazide	A10BB09		287
Pioglitazon	A10BG03		9
Ascorbinezuur	A11GA01		4
Clopidogrel	B01AC04		740
Dipyridamol	B01AC07	0	1.303
Amiodaron	C01BD01		299
Hydrochloorthiazide	C03AA03		210
Furosemide	C03CA01		1.067
Pentoxifylline	C04AD03	8	0
Propranolol	C07AA05	48	4
Sotalol	C07AA07	363	194
Metoprolol	C07AB02	213	240
Atenolol	C07AB03	179	177
Labetalol	C07AG01		31
Verapamil	C08DA01		103
Losartan	C09CA01		204
Valsartan	C09CA03		422
Irbesartan	C09CA04		20
Simvastatine	C10AA01		64
Bezafibraat	C10AB02	13	7
Gemfibrozil	C10AB04	427	23
Dapson	D10AX05	66	
Prednisolon	H02AB06		200
Doxycycline	J01AA02	240	65
Tetracycline	J01AA07		6
Amoxicilline	J01CA04	1.375	9.436
Flucloxacilline	J01CF05		382
Trimethoprim	J01EA01	435	870
Sulfadimidine	J01EB03	96	
Sulfapyridine	J01EB04	99	
Sulfamethoxazol	J01EC01	923	
Sulfadiazine	J01EC02	8	
Sulfamethoxazol-Trimethoprim	J01EE01		867
Anhydro-erythromycine	J01FA01	631	74
Clarithromycine	J01FA09	84	78
Azithromycine	J01FA10	93	23
Clindamycine	J01FF01	64	269
Ciprofloxacin	J01MA02	4.085	4.218
Enoxacine	J01MA04	110	
Norfloxacin	J01MA06	740	18
Enrofloxacin	J01MA90	118	
Rifampicine	J04AB02		452
Valaciclovir	J05AB11		3
Cyclofosfamide	L01AA01	61	
Ifosfamide	L01AA06	25	
Pt	L01XA01	25	
Pazopanib	L01XE11		3
Abirateron	L02BX03		4
Diclofenac	M01AB05	127	393
Ibuprofen	M01AE01	1.226	905
Naproxen	M01AE02	1.210	61
Allopurinol	M04AA01		163
Tramadol	N02AX02		260
Propyfenazon	N02BB04	66	
Paracetamol	N02BE01		8.930
Fenacetine	N02BE03	8	
Primidon	N03AA03		13

Carbamazepine	N03AF01	66	67
Valproïnezuur	N03AG01		65
Gabapentine	N03AX12	0	928
Levetiracetam	N03AX14	0	1.387
Pregabaline	N03AX16		443
Levodopa	N04BA02		98
Haloperidol	N05AD01		19
Pipamperon	N05AD05	0	15
Clozapine	N05AH02	0	9
Olanzapine	N05AH03		2
Quetiapine	N05AH04	0	8
Lithiumzouten	N05AN01		176
Oxazepam	N05BA04	0	27
Diazepam	N05BA05	8	3
Temazepam	N05CD07		296
Venlafaxine	N06AX16	281	11
Metronidazol	P01AB01	664	347
Salbutamol	R03AC02	49	
Theofylline	R03DA04		74
Acetylcysteïne	V03AB23		40
Sevelameer	V03AE02		427
Amidotrizoïnezuur	V08AA01	9.129	
Joxitalaminezuur	V08AA05	11.068	43.335
Johexol	V08AB02	172	154
Joxaglinezuur	V08AB03	1.675	
Jopamidol	V08AB04	50	
Jopromide	V08AB05	82.283	
Jomeprol	V08AB10	144.307	
Jobitridol	V08AB11		1.019
Iodipamide	V08AC04	67	
Ba	V08BA01	26.395	
Gd	V08CA01	674	
Gadoteerzuur	V08CA02		7.097
Totaal		290.057	124.014
totaal zonder V en A		14.235	36.777



Figuur B4-3. Vergelijking concentratie geneesmiddelen in overstortwater vanuit UMCG en vanuit Martini beide berekend op basis innamegegevens.



Figuur B 4-4. Vergelijking vracht/bed*jaar per werkzame stof van het UMCG en het Martinizekenhuis, berekend op basis van de aangeleverde innamegegevens.

Bijlage 5

Analyseresultaten overstortvijvers

	Omschrijving	1: Wetering inlaat	2: Wetering uitlaat	3: Gorechtvijver inlaat	4: Gorechtvijver uitlaat	5: Martini inlaat	6: Martini uitlaat	Wetering na overstort	Gorechtvijver na overstort	Martini na overstort
	Datum	5-9-2013	5-9-2013	5-9-2013	5-9-2013	5-9-2013	5-9-2013	9-9-2013	9-9-2013	9-9-2013
Atenolol	ug/l	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0,02	0,02	< 0.01
Betaxolol	ug/l	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Bezafibrate	ug/l	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Bisoprolol-A	ug/l	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Clofibrate	ug/l	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Codeïne	ug/l	nb	nb	nb	nb	nb	nb			
Diclofenac	ug/l	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Enalapril	ug/l	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Fenofibrate	ug/l	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Fenopropfen	ug/l	0,06	< 0.05	0,08	0,11	0,09	0,22	< 0.05	0,06	0,07
Indomethacine	ug/l	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Ketoprofen	ug/l	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Lidocain	ug/l	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Metoprolol	ug/l	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0,02	< 0.01
Naproxen	ug/l	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	0,1	0,06	< 0.02
Paracetamol	ug/l	0,16	0,18	0,03	0,02	0,02	0,03	1,9	1,6	0,35
Pentoxifilline	ug/l	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Phenacatin	ug/l	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0,01	< 0.01	< 0.01
Phenazone	ug/l	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Pindolol	ug/l	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Propranolol	ug/l	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Propyphenazone	ug/l	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Sotalol	ug/l	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0,02	0,01	< 0.01
Capecitabine	ug/l	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Carbamazepine	ug/l	0,04	0,04	0,03	0,03	< 0.01	< 0.01	0,02	0,04	< 0.01
Clenbuterol	ug/l	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Coffeïne	ug/l	0,1	< 0.1	0,11	0,12	< 0.1	< 0.1	6,5	1,3	0,37
Cyclophosphanide	ug/l	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Diazepam	ug/l	nb	nb	nb	nb	nb	nb			
Estrone	ug/l	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Fluoxetine	ug/l	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Ifosfamide	ug/l	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Malachite Green	ug/l	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Oxymetazoline	ug/l	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Primidone	ug/l	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Ranitidine	ug/l	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0,01	< 0.01
Salbutamol	ug/l	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Terbutalin	ug/l	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	0,12	< 0.01	< 0.01
Diatrozoic acid	ug/l	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Iohexol	ug/l	< 0.4	< 0.4	< 0.4	< 0.4	< 0.4	< 0.4	< 0.4	< 0.4	< 0.4
Iomeprol	ug/l	0,37	0,38	0,64	0,66	< 0.02	< 0.02	0,27	0,99	< 0.02
Iopamidol	ug/l	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Iopanoic acid	ug/l	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Iopromide	ug/l	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Iothalamic acid	ug/l	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Ioxithalamic acid	ug/l	0,12	0,13	0,2	0,2	< 0.05	< 0.05	0,2	0,23	0,39
Acetylsulfamethoxazole	ug/l	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0,02	< 0.01
Amoxicillin	ug/l	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	0,43	0,81	0,68
Azithromycin	ug/l	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0,01	< 0.01	< 0.01
Cefazoline	ug/l	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Cefotaxim	ug/l	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0,02	< 0.01
Cefuroxime	ug/l	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	0,26
Chlorotetracycline	ug/l	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Ciprofloxacin	ug/l	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0,02	0,03	0,01
Clarithromycin	ug/l	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Cloxacillin	ug/l	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Dapson	ug/l	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.1	< 0.1	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Dicloxacillin	ug/l	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Dimetridazole	ug/l	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Enoxacin	ug/l	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Enrofloxacin	ug/l	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Erythromycin	ug/l	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Flucloxacillin	ug/l	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	0,08	0,04
Flumequine	ug/l	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Lincomycyn	ug/l	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Mebendazole	ug/l	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Metronidazole	ug/l	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0,03	< 0.01	< 0.01
Norfloxacin	ug/l	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01

Bijlage 6

Zuiveringstechnieken

1. Inleiding

In deze bijlage worden verschillende principes besproken van technieken om geneesmiddelen uit afvalwater te verwijderen. Het gaat hierbij om :

- Fysisch chemische technieken (strippen en filtratie)
- Oxdatie technieken
- Adsorptietechnieken

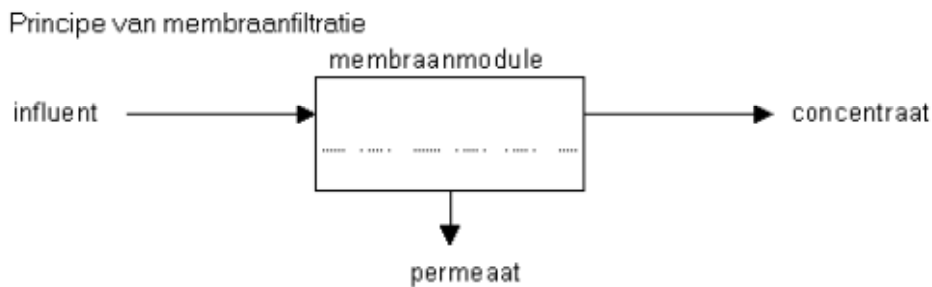
2. Fysisch-chemische technieken: strippen en filtratie

Strippen

Vluchtige geneesmiddelenresten zouden in theorie door middel van strippen verwijderd kunnen worden. Omdat de vluchtigheid van veel geneesmiddelen zeer beperkt is, lijkt dit geen goede methode.

Membraanfiltratie

Membraanfiltratie is een scheidingsmethode op grond van deeltjesgrootte (micro- en ultrafiltratie) en op grond van molecuulgewicht (nanofiltra- tie) en op grond van molecuulgewicht (nanofiltra- tie en reverse osmosis) (zie Figuur B 6-1)). Geneesmiddelen zullen door micro- en ultrafiltratie niet worden tegengehouden, omdat de mole- cuulgrootte van geneesmiddelen te klein is. Nanofiltra- tie en reverse osmosis zijn wel in staat om een groot gedeelte van de geneesmiddelenresten tegen te houden. Bijzondere vormen van membraanfiltratie zijn bijvoorbeeld electro-dialyse, waarbij scheiden plaatsvindt op basis van de lading van moleculen.



Figuur B6-1: Principe van membraanfiltratie

Nanofiltra- tie

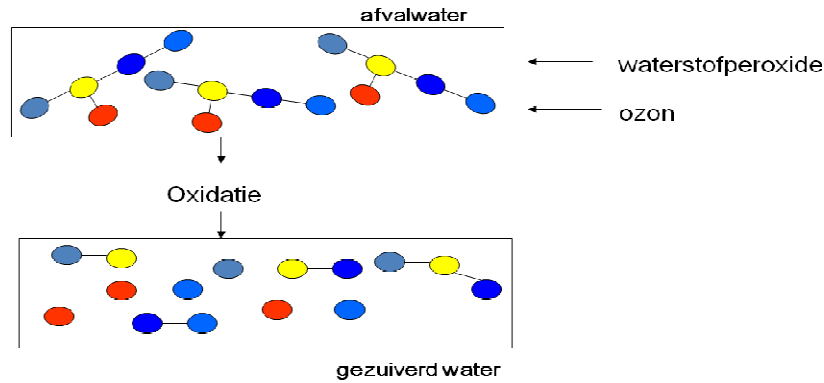
Voor de nabehandeling van effluent van een biologisch systeem lijkt de toepassing van nanofil- tra- tie mogelijk, maar kostbaar. Afhankelijk van de groep geneesmiddelen worden verwijderings- rendementen van 50% tot 90% gehaald. Een en ander is tevens afhankelijk van het type mem- braan, de bedrijfsvoering en de voorbehandeling (Roorda et al., 2005; Ternes, 2005). Nanofil- tra- tie en/of reverse osmose (RO) alléén zijn niet voldoende in staat om alle organische mi- croverontreinigingen te verwijderen: een combinatie met actief koolfiltratie lijkt noodzakelijk om alle groepen geneesmiddelen afdoende te verwijderen. Een belangrijk nadeel bij nanofiltra- tie is de vrijkomende afvalstroom, het concentraat met hoge concentraties aan de verwijderde stof- fen, dat ook verwerkt moet worden²³.

Electrodialyse

In dit proces worden geladen componenten uit het (geconcentreerde) afvalwater gebonden aan het geladen membraan. Deze methode is vooral geschikt om geneesmiddelen en hormo- nen te scheiden van opgeloste nutriënten. De opgeloste ionen en nutriënten worden daarbij door het elektrisch veld onttrokken, terwijl de geneesmiddelen achterblijven in het diluaat, waar ze niet verder worden afgebroken. Een aanvullende verwerkingsmethode is dan alsnog ge- wenst. Het concentraat kan direct worden benut als vloeibare N, P meststof of na struvietvor- ming (P en deels N verwijdering) biologisch worden verwerkt (verdergaande N verwijdering).

²³ STOWA 2011-09. Gebiedsstudie Geneesmiddelen Utrecht. Grontmij. Vergouwen et. al

3. Oxidatietechnieken



Figuur B 6-2: door toepassing oxidatie worden grote moleculen in stukjes geknipt.

Oxidatietechnieken hebben als doel het oxideren van organische stoffen. De werking berust op een reactie van het oxidatiemiddel (oxidant) met organische verbindingen, die hierdoor worden geoxideerd en gedeeltelijk worden afgebroken tot kleinere moleculen²⁴ (zie Figuur B 6-2).

Chlorering

Dosering van chloor is onvoldoende effectief om alle geneesmiddelen volledig te oxideren. De verwijderingsrendementen zijn over het algemeen lager dan 10%, maar oestrogene middelen (de 'pil') en antibiotica kunnen wel voor meer dan 90% verwijderd worden. Een belangrijk nadeel van dit middel is, dat het om een zeer reactieve gasvormige stof gaat. Bijgevolg zijn de risico's voor het werken met deze stof op voorhand als hoog in te schatten.

Ozonbehandeling

Ozon (O_3) is een oxidant die veel wordt gebruikt voor de behandeling van drinkwater en in toenemende mate voor de behandeling van afvalwater. Uit vierde trap onderzoek (nageschakelde techniek bij rioolwaterzuiveringsinstallaties) is bekend, dat ozon eerst de (rest-)CZV (chemisch zuurstof verbruik) aanpakt en pas daarna de organische microverontreinigingen. Escher *et al.* (2006) geven aan dat door ozon een aantal geneesmiddelen en hormonen (carbamazepine, diclofenac, ibuprofen, propranolol, sulfamethoxazole, estradiol) weliswaar volledig worden verwijderd, maar dat het effluent van ozonisatie (dosis 0,6 – 1,3 g/l) nog enige toxiciteit in een algentest vertoont. Zij concluderen daaruit dat ozon de genoemde stoffen niet volledig afbreekt, maar dat er metabolieten achterblijven.

UV-behandeling en geavanceerde oxidatie (AOP)

Met alleen UV-behandeling is veel ervaring als methode voor desinfectie van drinkwater. In het algemeen kan gesteld worden dat UV geen effect zal hebben op geneesmiddelen of hormonen, tenzij er specifieke stoffen door fotolyse kunnen worden omgezet. Afvalwaterbehandeling blijkt verder problematisch aangezien de vloeistof voldoende doorlatend moet zijn.

AOP-processen (Advanced Oxidation Processes) combineren UV-behandeling met stoffen als waterstofperoxyde en/of ozon. Deze combinatie veroorzaakt een versnelde oxidatie waarbij vrije hydroxide radicalen (OH) worden toegepast als sterke oxidant in plaats van de meer conventionele oxidanten zuurstof, ozon en chloride. Bij toepassing van AOP op effluent van rwzi's is een verwijdering van meer dan 90% gemeten voor geneesmiddelen. Deze combinatie blijkt de enige techniek te zijn die vrijwel alle middelen (behalve röntgencontrastmiddelen) effectief verwijdert (Ternes, 2005).

Ook bij de toepassing van geavanceerde oxidatie speelt het probleem van de troebelheid en lijkt dit pas mogelijk na een grote reductie van organische stof. Een "voor behandeling" met een

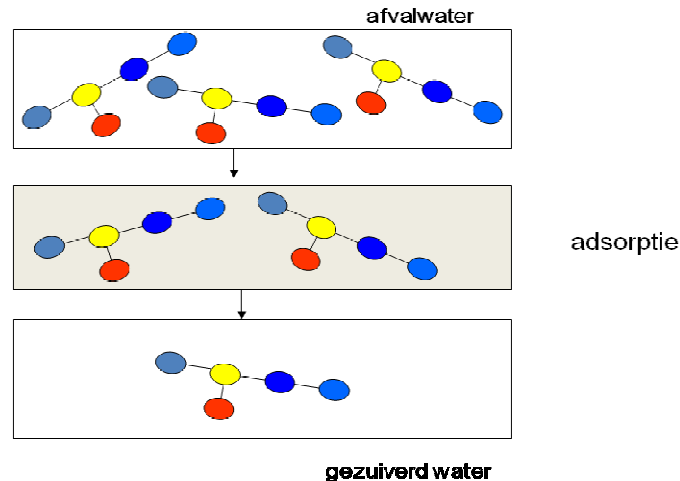
²⁴ STOWA 2005-32. Verkennende monitoring van hormoonverstorende stoffen en pathogenen op rwzi's met aanvullende zuiveringstechnieken. Derksen et al.

MembraanBioReactor met ultrafiltratiemembranen en nageschakelde actiefkoolfiltratie lijkt noodzakelijk.

Metaboliëten

De werking van oxidatieve technieken berust op een reactie van het oxidatiemiddel (oxidant) met organische verbindingen, die hierdoor worden geoxideerd en gedeeltelijk worden afgebroken tot kleinere moleculen. Door de gedeeltelijke afbraak van geneesmiddelen worden metaboliëten gevormd. Verdere behandeling van het afvalwater, zoals bijvoorbeeld actief koolfiltratie is dan ook benodigd om de gevormde metaboliëten te verwijderen.

4. Adsorptietechnieken



Figuur B 3-3: schematisatie van het principe van adsorptie

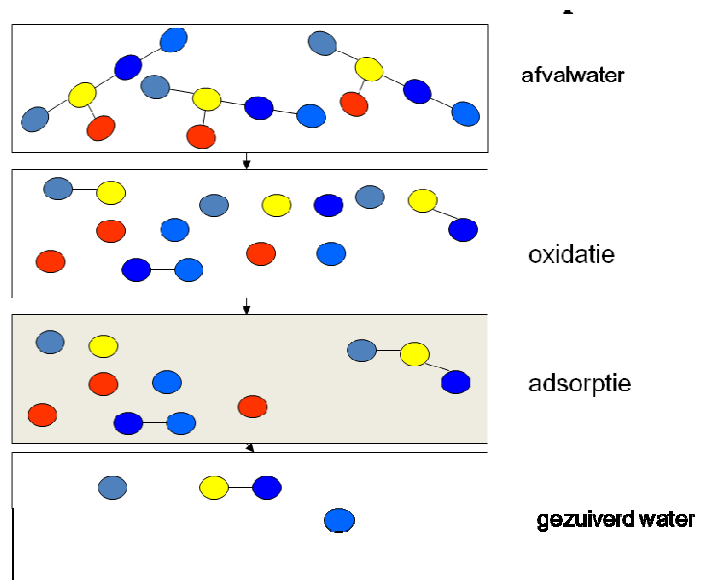
Actief koolfiltratie

Adsorptie aan actief kool kan door dosering van poederkool in het afvalwater (Powder Activated Carbon, PAC) of doorstromen van een korrelkoolreactor (Granular Activated Carbon, GAC). Als nageschakelde techniek zijn er goede pilotresultaten behaald, maar ook op een enkele rwzi is deze techniek full-scale ingezet. Op een rwzi in Duitsland is een goede verwijdering (>90%) van röntgencontrastmiddelen aangetoond (Metzger et al., 2005). Ook voor andere geneesmiddelenresten kan een vergaande reductie worden behaald (Joss, 2004). Uit rwzi-effluent is dit volgens Ternes (2005) aangetoond tot meer dan 90% verwijdering. Voor zover bekend, is er met de behandeling van geconcentreerde afvalwaterstromen zoals ziekenhuisafvalwater of urine voor geneesmiddelenreductie met alleen actief koolfiltratie (nog) geen ervaring opgedaan. Actieve kool wordt ook veel ingezet als achtervang achter de oxidatieve technieken met ozon, UV en waterstofperoxyde om de gedeeltelijk en niet verwijderde stoffen verder af te vangen.

Nanoklei

Het is gebleken dat nanoklei in staat is complexe verbindingen te verwijderen door adsorptie. In een verkennende studie²⁵ naar de verwijdering van geneesmiddelen en hormoonverstoorders uit urine blijkt de nanoklei op de geneesmiddelen een matige tot zeer goede werking (>99% verwijdering) te hebben. De hormoonversturende activiteit werd met circa 75% gereduceerd. Het dient te worden gedoseerd als fijn poeder en daarna afgefilterd. Nanoklei lijkt zinvol te doseren, indien ook een ander adsorptief medium als actief kool als filtermedium wordt gebruikt.

²⁵ Wortel, N.C., Van Dijk, C., december 2008; Verwijdering van geneesmiddelen uit urine door adsorptie met actieve kool, nanoklei en zeoliet



Figuur B 2-4: schematisatie van het principe van een combinatie van oxidatie en adsorptie

Bijlage 7

Pathogenen

Ziekteverwekkers (pathogenen)

1. Algemeen

Water kan op verschillende manieren verontreinigd raken. Uit meerdere epidemiologische studies blijkt dat de microbiologische parameters, *E. coli* en intestinale enterococci, een goede indicator zijn van de fecale verontreiniging van water^{26, 27, 28, 29}. Daarom worden deze microbiologische parameters voor fecale verontreiniging gebruikt in de normering voor zwemwater. Deze normering is gebaseerd op studies waarin het verband tussen de kwaliteit van het zwemwater en het optreden van gezondheidsklachten is onderzocht.

Fecale verontreiniging

De concentratie *E. coli* en/of intestinale enterococci geeft de mate van fecale verontreiniging aan. In fecaliën zitten diverse ziekteverwekkers die gezondheidsklachten kunnen veroorzaken. De mate van fecale verontreiniging geeft een indicatie van de hoeveelheid ziekteverwekkers in het water. In goedgekeurd zwemwater zitten ook ziekteverwekkers. De kans dat iemand maag-/darmklachten krijgt door te zwemmen in goedgekeurd zwemwater is 3 tot 5%. Bij slechte zwemwaterkwaliteit is de kans om ziek te worden groter dan 11%; dan geldt ook een zwemverbod.

Ziekteverwekkende micro-organismen

In water zitten vele mogelijke ziekteverwekkende micro-organismen, zoals pathogene bacteriën, protozoa of virussen. In tabel B 7-1 staan enkele mogelijke ziekteverwekkers in water. Van deze ziekteverwekkers is enige informatie bekend over hun voorkomen in water. Deze micro-organismen veroorzaken klachten, zoals gastro-enteritis (maag-/darmklachten, zoals diarree en overgeven) en ademhalingsstoornissen. Ook als water aan de normen voldoet, kunnen deze klachten voorkomen.

Tabel B 7-1. Ziekten veroorzaakt door ziekteverwekkers in water

Ziekte	Veroorzaakt door o.a.:
Maag-/darmklachten	<i>Entamoeba</i> , <i>Giardia lamblia</i> , <i>Cryptosporidium</i> , <i>Cyclospora</i> , <i>Shigella</i> , <i>Salmonella</i> , Norovirus, Rotavirus, <i>Cyanobacterium</i> , <i>Salmonella</i> , <i>Campylobacter</i>
Hepatitis (geelzucht)	Hepatitis A-virus, Hepatitis E-virus
Verlamming	Poliovirus, <i>Clostridium botulinum</i>
Ziekte van Weil	<i>Leptospira</i>
Cholera	<i>Vibrio cholerae</i>
Huidaandoening	<i>Trichobilharzia</i> , <i>Schistosoma</i> , <i>Mycobacterium</i> , <i>Cyanobacterium</i> , larven van ascariden, geophiele schimmels, <i>Neotrombicula autumnalis</i> , vectoren (zoals bijen, wespen, dazen en muggen)
Veteranenziekte	<i>Legionella</i>
Loopoor	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>
Afwijkingen bij geboorte	<i>Toxoplasma gondii</i> , <i>Listeria monocytogenes</i> , <i>Chlamydia</i>

Water

Afhankelijk van de oorsprong van het water varieert de concentratie *E. coli* en intestinale enterococci. Tabel B7-2 geeft een samenvatting van de microbiologische verontreiniging voor verschillende waterstromen.

²⁶ Kay D, Fleisher JM, Salmon RL, Jones F, Wyer MD, Godfree AF, Zelenauch-Jacquotte Z, Shore R. 1994; Predicting likelihood of gastroenteritis from sea bathing: results from randomised exposure. Lancet. 1994 Oct 1;344(8927):905-9.

²⁷ Fleisher, J.M and Kay, D. (2006) Risk perception bias, self-reporting of illness, and validity of reported results in an epidemiologic study of recreational illness. Marine Pollution Bulletin 52, 264-268.

²⁸ Van Asperen et al., 1998; van Asperen IA, Medema GJ, Borgdorff MW, Sprenger MJW, Havelaar AH, 1998. Risk of gastro-enteritis among triathletes in relation to faecal pollution of fresh waters., International Journal of Epidemiology, 98 (27): 309-315

²⁹ Wiedenmann, A., Krüger, P., Dietz, K., López-Pila, J. M., Szwedzyk, R. and Botzenhart, K. (2006) Research A Randomized Controlled Trial Assessing Infectious Disease Risks from Bathing in Fresh Recreational Waters in Relation to the Concentration of *Escherichia coli*, Intestinal Enterococci, *Clostridium perfringens*, and Somatic Coliphages. Environ Health Perspect. 114(2): 228–236.

Tabel B7-2. Concentraties van indicatoren voor fecale verontreiniging en ziekteverwekkers in water³⁰

Indicator of ziekteverwekker	Regenwater	Afvalwater	Oppervlakte-water	Grondwater	Slib
<i>E. coli</i> (kve/l)	10 ⁵	10 ⁶ – 10 ⁸	10 ¹ – 10 ⁴	<10 ⁻¹	10 ⁸
Intestinale enterococcen (kve/l)	10 ⁴	10 ⁵ – 10 ⁷	10 ² – 10 ⁵		10 ⁸
<i>Campylobacter</i> (MWA/l)	10 ⁰ – 10 ¹	10 ² – 10 ⁴	10 ⁰ – 10 ²		
<i>Cryptosporidium</i> (n/l)	?	10 ¹ – 10 ³	0 – 10 ¹		
<i>Giardia</i> (n/l)	?	10 ² – 10 ⁴	0 – 10 ²		
<i>Aeromonas</i> (n/l)	10 ² – 10 ⁵	10 ⁹ – 10 ¹¹	10 ³ – 10 ⁷		
Norovirus (n/l)	?	10 ³ – 10 ⁶	10 ⁰ – 10 ³		
Enterovirus (n/l)	?	10 ²	?		
Rotavirus (n/l)	?	< 10 ⁴	10 ¹ – 10 ³		

Ziekenhuizen

Afvalwater van ziekenhuizen zal anders van samenstelling zijn dan 'normaal' afvalwater. In de literatuur zijn gegevens gevonden over de microbiologische samenstelling van ziekenhuisafvalwater. Onze verwachting is dat afvalwater vanuit ziekenhuizen hogere concentraties met pathogenen zal bevatten dan normaal huishoudelijk afvalwater, vanwege het feit dat hier zieke mensen worden behandeld en dus een concentratie van mensen en pathogenen plaats kan vinden. De concentraties van indicatororganismen zal niet (veel) veranderen, omdat per persoon evenveel feces wordt geproduceerd, maar de verhouding van deze indicatoren en pathogenen zal anders zijn.

NB. In steeds meer ziekenhuizen komen resistente micro-organismen voor.

2. Situatie in Groningen

Het ziekenhuisafvalwater wordt ongezuiverd geloosd op het rioolstelsel van de gemeente Groningen. Eerder is aangegeven dat er twee overstorten aanwezig zijn nabij het UMCG en één overstort nabij het Martini ziekenhuis en dat tijdens een overstorting een groot deel (12-15%) van het overstortwater bij deze ziekenhuizen van de ziekenhuizen afkomstig is. Dit gecombineerd met een licht recreatieve functie (vissen/hengelen/wandelen/mogelijk pootje baden en of spelevaren) van met name de overstortvijver is niet gewenst en zou voor verhoogd gezondheidsrisico kunnen zorgen.

Een rekenvoorbeeld:

In het ziekenhuis is 1 patiënt met een infectieuze virusinfectie (bv hepatitis A) opgenomen. Deze heeft een normaal toiletgedrag. Een normaal persoon poept ongeveer 450 gram per keer. Een zieke patiënt zal hepatitisavirus uitscheiden in het feces. Stel dit is ongeveer 10⁶ virussen per gram (ter vergelijking in feces zit ongeveer 10¹⁰ *E. coli* per gram). Per toiletbezoek produceert deze patiënt dus 4,5* 10⁸ hepatitisvirussen en loost dit. Dit wordt samengevoegd met al het andere afvalwater vanuit het UMCG (stel 5000 personen, dus nog een verdunning van 5000). Dit betekent dat 90000 virussen per liter geloosd worden in het rioolstelsel. Daar komt het samen met ander water en vindt nog een 10-20 maal verdunning plaats. Bij overstorten van dit water wordt dus per liter ongeveer **4500 tot 9000** virussen in de vijver gebracht. **Dit is hoog!** Zelfs bij een extra verdunning van 10 is dit nog 450 tot 900 per liter. Deze waarde ligt in dezelfde grootorde als waarden gevonden voor bv norovirus in afvalwater. In andere studies zien we bv dat een concentratie van 100 rotavirussen per liter al als een verhoogd risico wordt gezien³¹
³²

³⁰ Rioned 2011. Ziek van Water op Straat? de Man, H., Leenen, I. Beenen, T.

³¹ WT-2011. Gezondheidsrisico's bij blootstelling aan water op straat. Beenen, T., Leenen, I., de Man, H. WT-Afvalwater, jaargang 11, nr. 4, augustus 2011

³² Stowa 2009-25: Volksgezondheid en water in stedelijk gebied. Gezondheidsrisicoanalyse. Leenen et al.

Bovenstaand voorbeeld geeft aan dat er ziekteverwekkers vanuit het ziekenhuis naar het milieu kunnen worden overgedragen. Het gekozen voorbeeld van hepatitis A is mogelijk niet handig, omdat patiënten met zo'n infectie meestal thuis uitzielen. Het fictieve voorbeeld is echter bedoeld om aan te geven wat de impact **kan** zijn van ongezuiverd lozen. Om goede uitspraken te kunnen doen is het nodig om te weten welke infectieziekten er behandeld worden (of voorkomen) in het ziekenhuis, hoe lang patiënten in het ziekenhuis (of thuis) verblijven en wat de excretie in feces is.

3. Conclusie Pathogenen

Mogelijk is er een verhoogd gezondheidsrisico voor omwonenden van de overstortvijvers nabij het UMCG en het Martiniziekenhuis. Nader onderzoek over de daadwerkelijke concentratie pathogenen en hoe bewoners/omwonenden blootgesteld kunnen worden is gewenst, zodat eventuele gezondheidsrisico's in kaart kunnen worden gebracht.

