

# **Zuivering geneesmiddelen uit afvalwater**

Eindrapportage

Definitief

Grontmij Nederland B.V.  
Houten, 28 april 2011

# Verantwoording

**Titel** : Zuivering geneesmiddelen  
uit afvalwater

**Subtitel** : Eindrapportage

**Projectnummer** : 285866

**Referentienummer** : W&E-1031332-LV/jj

**Revisie** : D2

**Datum** : 28 april 2011

**Auteur(s)** : Lideke Vergouwen, Mirabella Mulder, Aad Oomens, Daan  
Rooijmans

**Contact** : Grontmij Nederland B.V.  
De Molen 48  
3994 DB Houten  
Postbus 119  
3990 DC Houten  
T +31 30 634 47 00  
F +31 30 637 94 15  
[www.grontmij.nl](http://www.grontmij.nl)

# Inhoudsopgave

1	Inleiding.....	5
1.1	Aanleiding.....	5
1.2	Doelstelling.....	6
1.3	Afbakening van het project.....	6
1.4	Gezamenlijk proces.....	6
1.5	Is het niet te vroeg?.....	6
2	Problematiek.....	7
2.1	Route humane geneesmiddelen vanuit de waterketen naar het milieu.....	7
2.2	De emissie van geneesmiddelen vanuit ziekenhuizen, zorginstellingen en woonwijken.....	8
2.3	Effecten.....	9
2.3.1	Effecten op het aquatisch ecosysteem.....	9
2.3.2	Beïnvloeding drinkwaterkwaliteit.....	10
3	Strategieën.....	11
3.1	Verwijdering van geneesmiddelen uit afvalwater.....	11
3.2	Vier strategieën.....	11
3.3	Strategie 1 en 2: verwijdering geneesmiddelen bij rwzi's.....	13
3.3.1	Achtergrond.....	13
3.3.2	Strategie 1: vrachtbenadering.....	16
3.3.3	Strategie 2: concentratie- (of ecologische risico-)benadering.....	16
3.3.4	Combinatie strategie 1 en 2.....	17
3.4	Strategie 3: verwijdering geneesmiddelen uit urine bij ziekenhuizen, zorginstellingen en woonwijken.....	19
3.4.1	Strategie verwijdering geneesmiddelen uit urine.....	19
3.5	Strategie 4: verwijdering geneesmiddelen uit totaal afvalwater bij ziekenhuizen.....	20
3.6	Overige relevante aspecten voor de beoordeling van de strategieën.....	20
3.6.1	Verschillende aspecten.....	20
3.6.2	Bijvangst.....	21
3.6.3	Mate van verdunning bepalend voor kosten.....	21
3.6.4	Implementatietijd.....	21
3.6.5	Hoe ver wil je gaan met de verwijdering.....	22
4	Financiering.....	23
4.1	Differentiatie of solidariteit.....	23
4.2	Waterspoor.....	23
4.2.1	Financieringsmogelijkheden.....	23
4.2.2	Toepassing financieringsmogelijkheden vanuit waterspoor op scenario's.....	24
4.2.3	Solidariteit vergt aanpassing van het huidige systeem.....	25
4.3	Zorgspoor.....	25
4.3.1	Organisatie financiering van de zorg in Nederland.....	25
4.3.2	Differentiatie of solidariteit.....	26
4.3.3	Toepassing financieringsmogelijkheden vanuit zorgspoor op scenario's.....	26
4.4	Samenvatting.....	26
5	De context.....	28

5.1	Besluitvorming is afhankelijk van veel factoren .....	28
5.2	Prioritering van maatregelen .....	28
5.3	Aansluiten bij maatschappelijke ontwikkelingen .....	28
5.4	Aanvoer geneesmiddelen uit het buitenland.....	29
5.5	Uitgangspunt onderzoek huidige kennis en ervaring.....	29
5.6	Röntgencontrastmiddelen .....	29
6	Conclusies en aanbevelingen .....	31
6.1	Huidige kennis en ervaring .....	31
6.2	Overkoepelende conclusies .....	31
6.3	Samenvattende conclusies .....	31
6.3.1	Strategieën.....	31
6.3.2	Kosten en financieringsmogelijkheden .....	33
6.3.3	Context.....	34
6.4	Aanbevelingen .....	35
Bijlage 1	Begeleidingscommissie	
Bijlage 2	Schriftelijke reactie betrokken partijen	
Bijlage 3	Achtergrondinformatie	
Bijlage 4	Effecten ecosysteem	
Bijlage 5	Internationale vergelijking kosten zuiveringstechnieken	

# 1 Inleiding

## 1.1 Aanleiding

In 2007 is een brief<sup>1</sup> aan de Tweede Kamer gestuurd met voorgenomen acties ten aanzien van de reductie van medicijnresten naar het milieu. Er zijn acties die gericht zijn op de stimulering van milieuvriendelijke geneesmiddelen (Green Pharmacy) of op doelmatig gebruik van geneesmiddelen (elektronisch patiëntendossier). Deze acties hebben positieve milieueffecten op de lange termijn. Daarnaast zijn er acties die zich richten op onderzoek naar emissies van geneesmiddelen uit diverse bronnen en op onderzoek naar end-of pipe zuiveringstechnieken voor de verwijdering van geneesmiddelen. Hoewel ze nog in de kinderschoenen staan voor toepassing op (stedelijk) afvalwater, blijken er technieken voorhanden te zijn die uitvoerbaar zijn en milieuwinst kunnen behalen, ook al op de middellange termijn, zo wordt beschreven in een voortgangsrapportage<sup>2</sup> aan de Tweede Kamer in 2009.

De resultaten van deze acties zijn aanleiding geweest voor het Ministerie van Infrastructuur en Milieu (I & M) om de vraag verder te onderzoeken waar en op welke wijze in de afvalwaterketen zuivering van afvalwater kan plaatsvinden, met als doel de belasting van het watermilieu door humane geneesmiddelen te verlagen.

Geneesmiddelen komen in lage concentraties voor in afvalwater, oppervlaktewater en zelfs soms in grondwater. Dit is mede door verbetering van analysetechnieken aan het licht gekomen. Omdat geneesmiddelen juist ontwikkeld zijn om bij relatief lage concentraties een effect te veroorzaken bij mens en dier, kan blootstelling van waterorganismen aan restanten geneesmiddelen of mengsels daarvan in het watermilieu leiden tot onbedoelde effecten. De druk van lozing van humane geneesmiddelen op oppervlaktewater in stedelijke gebieden zal met de demografische ontwikkelingen alleen maar toenemen. Op dit moment bestaan geen normen voor geneesmiddelen in oppervlakte- en grondwater. Maar wel is duidelijk dat geneesmiddelen door hun aanwezigheid in de Nederlandse wateren de bereiding van goed drinkwater belemmeren en een risico vormen voor het watermilieu. Daarnaast is er de maatschappelijke perceptie dat dergelijke stoffen 'niet in water horen'.

Verdergaande zuivering in de afvalwaterketen en/of maatregelen aan de bron om de emissie van geneesmiddelen naar het milieu te verminderen liggen hierdoor in de lijn der verwachting. Effluentlozingen van rioolwaterzuiveringen vormen de belangrijkste emissiebron van humane geneesmiddelen naar het oppervlaktewater. Her en der in Europa worden initiatieven ontwikkeld om deze geneesmiddelen samen met andere microverontreinigingen met behulp van aanvullende zuiveringstechnieken uit rwzi-effluenten te verwijderen. Ook wordt gekeken naar mogelijkheden om geneesmiddelen bij de bron, zoals het afvalwater van ziekenhuizen of zorginstellingen, tegen te houden. Tevens worden nieuwe concepten ontwikkeld voor het (gescheiden) inzamelen en behandelen van vooral huishoudelijke afvalwaterstromen waarmee een duurzaam hergebruik van nuttige stoffen uit de afvalwaterketen en een verwijdering van ongewenste stoffen voorgestaan wordt.

---

<sup>1</sup> Tweede Kamer (2007). Rapportage VROM aan Tweede Kamer over voortgang en acties werkgroep (dier)geneesmiddelen en watermilieu; vergaderjaar 2006–2007, 28 808, nr. 39

<sup>2</sup> Tweede Kamer (2009) vergaderjaar 2009–2010, 303535/ 27625, nr. 19

## 1.2 Doelstelling

Het doel van het project “Zuivering geneesmiddelen uit afvalwater” is geweest het in overleg met alle betrokken partijen beantwoorden van de volgende drie vragen:

1. Waar en op welke wijze kan zuivering in de afvalwaterketen worden toegepast?
2. Wat is de milieuwinst en wat zijn de kosten?
3. Hoe kunnen kosten worden gefinancierd?

## 1.3 Afbakening van het project

De afbakening van het project is als volgt:

1. Reductie van medicijnresten in het watermilieu door de inzet van **zuiveringstechnieken**. Overige acties uit de beleidsbrief aan de Tweede Kamer uit 2007 vallen buiten dit project.
2. Ontwikkeling van (één of meerdere) oplossings**richtingen**, technisch en financieel, en het bepalen van de wijze waarop deze kunnen worden geïmplementeerd. De richtingen worden niet in detail geconcretiseerd.
3. Uitgaan van **bestaande kennis** op het gebied van zuiveringstechnieken van medicijnhoudend afvalwater. Aangezien er nog maar weinig technieken voor de verwijdering van geneesmiddelen uit afvalwater full-scale zijn toegepast, zijn er aannames gedaan ten aanzien van kentallen op het gebied van rendementen, kosten, te behalen milieuwinst etc.
4. Accent op **humane geneesmiddelen**. Dit betekent o.a. dat er geen technieken worden meegenomen die gericht zijn op het verwijderen van diergeneesmiddelen bij verwerking van mest. Ook reductie van uit- en afspoeling van diergeneesmiddelen vanaf landbouwgronden, de belangrijkste bron van diergeneesmiddelen naar het oppervlaktewater, blijft bij dit project buiten beschouwing. De reden hiervoor is dat dit project zich vooral richt op de afvalwaterketen. De route van diergeneesmiddelen vindt veelal niet via deze route plaats.

## 1.4 Gezamenlijk proces

De resultaten zijn tot stand gekomen in een gezamenlijk proces met alle betrokken partijen, zowel vanuit ‘de waterkant’ zoals waterschappen en drinkwaterbedrijven, als vanuit de ‘zorgkant’ zoals de farmaceutische industrie, ziekenhuizen en zorginstellingen. Betrokken partijen hebben deelgenomen in een begeleidingsgroep. (voor samenstelling van de begeleidingsgroep, zie bijlage 1). De betrokken partijen kunnen zich vinden in de in dit rapport gepresenteerde feiten. Alle partijen vinden in principe de belasting van het milieu met geneesmiddelen ongewenst. Wel hebben enkele partijen, deels in overleg met hun specifieke achterban, een voorkeur voor een te kiezen oplossingsrichting of een kanttekening bij de conclusies. Deze posities zijn gebundeld in bijlage 2.

## 1.5 Is het niet te vroeg?

Er bestaan nog onzekerheden over de effecten van humane geneesmiddelen in het milieu. Uit metingen is duidelijk dat geneesmiddelen voorkomen in het (water)milieu. Ook is duidelijk aangetoond dat geneesmiddelen effecten hebben op het functioneren van het aquatisch ecosysteem. Uitputtend is de kennis echter nog niet. Zoals vermeld in de beleidsbrief uit 2007 hoeft dit geen belemmering te zijn om op zoek te gaan naar maatregelen die de belasting van geneesmiddelen naar het milieu verminderen.

Er zijn ook onzekerheden over de technieken voor zuivering van deze stoffen uit het afvalwater. De tot nu toe uitgevoerde pilots op het gebied van zuivering geven wel voldoende houvast om uitspraken te doen over de effectiviteit en de kosten van aanvullende zuivering.

## 2 Problematiek

### 2.1 Route humane geneesmiddelen vanuit de waterketen naar het milieu

#### *Wat doet een rioolwaterzuiveringsinstallatie?*

Humane geneesmiddelen komen via ontlasting en vooral via urine in het afvalwater terecht. Dit afvalwater wordt via een rioleringsstelsel verzameld en getransporteerd naar een rioolwaterzuiveringsinstallatie (rwzi). Daar wordt het biologisch (met behulp van bacteriën) behandeld en na behandeling geloosd op het oppervlaktewater. De rwzi's zijn er op gericht zuurstofloosheid en eutrofiëring van het ontvangende oppervlaktewater tegen te gaan en verwijderen daartoe de in het afvalwater aanwezige organische stof en de aanwezige nutriënten stikstof en fosfaat. Rwzi's zijn er in principe niet op gericht andere verontreinigende stoffen te verwijderen. Toch worden geneesmiddelen deels verwijderd door de biologische processen in een rwzi. Zonder extra maatregelen wordt circa 65% van de totaalvracht geneesmiddelen in het influent van een rwzi verwijderd<sup>3</sup>. Op individueel geneesmiddelniveau bestaan er grote verschillen in het verwijderingsrendement van een rwzi (zie bijlage 3). Bij de geneesmiddelen die slecht verwijderd worden bevinden zich zowel drinkwaterrelevante en toxische geneesmiddelen als weinig toxische geneesmiddelen. Zo wordt het antiëpilepticum carbamazepine voor 9% verwijderd en het anti-cholesterolmiddel bezafibraat voor 93%. Beide zijn drinkwaterrelevante probleemstoffen.

Bij rioelstelsels waar naast huishoudelijk afvalwater ook regenwater wordt afgevoerd (gemengde rioelstelsels) kunnen er bij heftige buien pieksituaties ontstaan waarbij een deel van het afvalwater niet volledig naar de rwzi kan worden afgevoerd, maar via een zogenaamde overstort direct op het oppervlaktewater geloosd wordt. De vracht geneesmiddelen die via overstorten direct op het oppervlaktewater geloosd wordt bedraagt minder dan 1% van de totaalvracht die aankomt op een rwzi.

#### *Vanuit de rwzi naar het oppervlaktewater*

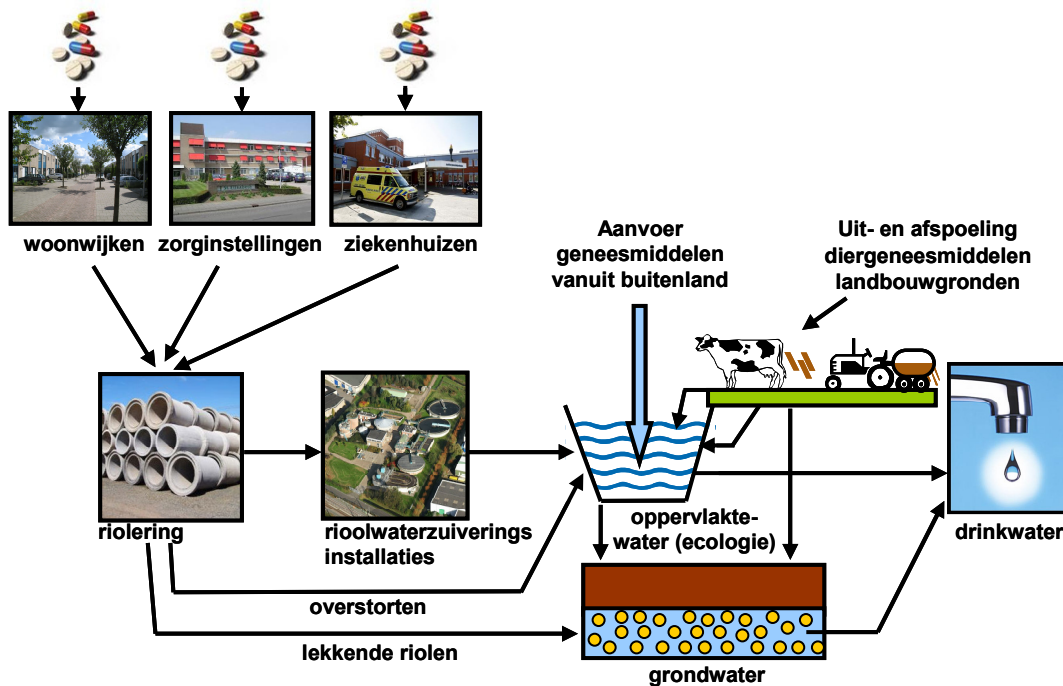
Vanuit het afvalwater bereiken de geneesmiddelen die niet door de rioolwaterzuiveringsinstallaties (rwzi's) verwijderd worden via het effluent van een rwzi het oppervlaktewater en het grondwater en vormen zo een bedreiging voor het aquatisch ecosysteem en de drinkwaterkwaliteit.

#### *Andere bijdragen*

Via de grote rivieren worden geneesmiddelen vanuit het buitenland aangevoerd. De routes van humane geneesmiddelen naar verschillende compartimenten van het milieu zijn aangegeven in Figuur 2-1. In deze figuur is tevens de belasting van het milieu door diergeneesmiddelen ten gevolge van afspoeling van diergeneesmiddelen in urine en mest vanuit landbouwgronden aangegeven.

---

<sup>3</sup> Dit percentage is gebaseerd op de gemeten gehalten geneesmiddelen boven de rapportagegrens in influent en effluent van rwzi's exclusief röntgencontrastmiddelen en antidiabetica (STOWA 2011-02).



Figuur 2.1. Routes geneesmiddelen naar oppervlaktewater en grondwater. Via deze milieucompartimenten bedreiging van aquatisch ecosysteem in oppervlaktewater en bedreiging van drinkwaterkwaliteit. Inzetten van zuiveringstechnieken mogelijk bij (deelstromen van) afvalwater van woonwijken, zorginstellingen en ziekenhuizen en bij effluent van rioolwaterzuiveringsinstallaties.

## 2.2 De emissie van geneesmiddelen vanuit ziekenhuizen, zorginstellingen en woonwijken

Bij verschillende projecten, die veelal in samenwerking tussen de zorgsector en de waterschappen zijn uitgevoerd, is een goede indicatie verkregen van de bijdrage van geneesmiddelen naar het afvalwater vanuit woonwijken, ziekenhuizen en zorginstellingen<sup>4</sup>. De emissiegegevens vanuit deze bronnen (ziekenhuizen, zorginstellingen, woonwijken), die in deze onderzoeken zijn bepaald, zijn opgenomen in bijlage 3.

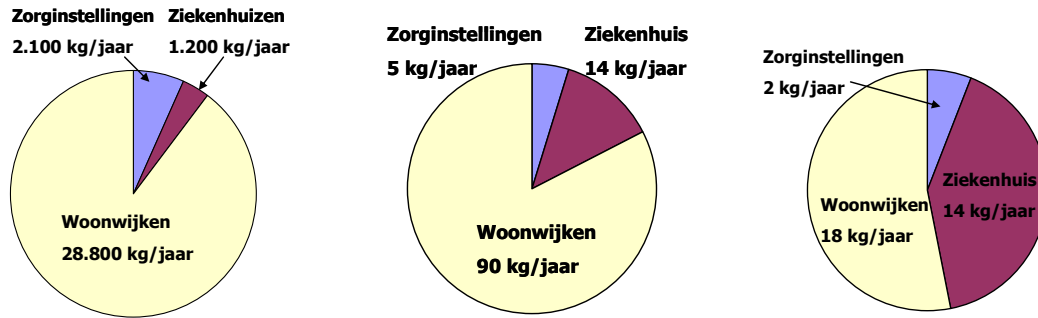
Het hangt sterk van de opbouw van een zuiveringskring<sup>5</sup> af wat de relatieve bijdrage is van de verschillende bronnen aan de totale belasting van humane geneesmiddelen op een rwzi. Figuur 2-2 laat zien dat de relatieve bijdrage van geneesmiddelen aan het influent van een rwzi vanuit een groot ziekenhuis in een klein woongebied beduidend groter is dan vanuit hetzelfde ziekenhuis in een groot woongebied.

De opbouw van een zuiveringskring is daarom ook bepalend voor het relatieve effect van de inzet van zuiveringsmaatregelen bij afzonderlijke bronnen. Zuivering bij afzonderlijke bronnen zoals ziekenhuizen vindt nu nog niet plaats (met uitzondering van enkele pilots).

<sup>4</sup> STOWA, rapporten 2009-06, 2010-08, 2011-02.

<sup>5</sup> een zuiveringskring: het op een rwzi aangesloten stedelijk gebied met daarin ziekenhuizen, zorginstellingen en woonwijken





a. landelijk	b. voorbeeld 1	c. voorbeeld 2
totale belasting influent rwzi's 32 ton geneesmiddelen/jaar	belasting influent rwzi lokale situatie: 109 kg/jaar	belasting influent rwzi lokale situatie: 34 kg/jaar
	- 5 zorginstellingen 100 bed/instelling	- 2 zorginstellingen 100 bed/instelling
	- 1 ziekenhuis 600 bedden	- 1 ziekenhuis 600 bedden
	- 50.000 inwoners	- 10.000 inwoners

**Figuur 2.2** Belasting influent rwzi's met humane geneesmiddelen (exclusief röntgencontrastmiddelen) vanuit ziekenhuizen, zorginstellingen en woonwijken: (a)landelijk; (b) en (c) twee fictieve zuiveringskringen als voorbeeld. Relatieve bijdrage verschillende bronnen is afhankelijk van opbouw zuiveringskring. Röntgencontrastmiddelen zijn hierbij niet meegenomen. De reden hiervoor is weergegeven in paragraaf 5-5. De totaalvrachten in het effluent bedragen 65% van de totaalvrachten in het influent. De verwijderingspercentages verschillen sterk per geneesmiddel. (bron: STOWA, 2011-02).

### 2.3 Effecten

#### 2.3.1 Effecten op het aquatisch ecosysteem

Er zijn tot nu toe ongeveer 200 verschillende geneesmiddelen in oppervlaktewater aangetoond. Hoewel de concentraties van de individuele geneesmiddelen klein zijn, kan de totale vracht geneesmiddelen waaraan organismen blootgesteld worden, aanzienlijk zijn. Daarnaast zijn geneesmiddelen ontworpen om reeds in kleine concentraties effecten te veroorzaken op biologische systemen. Dit betekent dat ze ook al in kleine concentraties daadwerkelijk een behoorlijke impact hebben op biologische systemen.

De kennis omtrent de effecten van geneesmiddelen op het ecosysteem is tot nu toe beperkt. Zeker is dat er effecten zijn en hiervan is reeds een aantal voorbeelden in de literatuur gerapporteerd. Het bekendste voorbeeld is de hormoonverstorende werking zoals vervrouwelijking van mannelijke vissen na blootstelling aan het hormoon ethinylestradiol (de pil) (Vethaak et al., 2002). Verder zijn nier- en kiewschade geconstateerd ten gevolge van de pijnstiller diclofenac, invloed op de groei en het vluchtgedrag van vissen ten gevolge van de bètablokker metropolol, invloed op de reproductie ten gevolge van het antiëpilepticum carbamazepine en invloed op maritieme garnalen ten gevolge van het antidepressivum fluoxetine (voor meer voorbeelden, zie bijlage 4).

Er is weinig bekend over de afbraak van geneesmiddelen in het aquatisch milieu, noch in zoetwatersystemen, noch in zoutwatersystemen. Zeker is wel dat bijvoorbeeld carbamazepine en de joodhoudende röntgencontrastmiddelen slecht afbreken onder aerobe en anaerobe omstandigheden.

### 2.3.2 Beïnvloeding drinkwaterkwaliteit

Winningen en productiestations die gebruikmaken van oppervlaktewater, geïnfiltreerd oppervlaktewater, oevergrondwater of door oppervlaktewater beïnvloed grondwater (totaal 78 stuks) hebben een verhoogde kans op de aanwezigheid van humane geneesmiddelen.

Bij 21 van 26 van deze winningen die bemonsterd zijn, zijn humane geneesmiddelen aangetoond in het ruwe water<sup>6</sup>. Hoewel bij de drinkwaterbereiding een deel van deze geneesmiddelen verwijderd wordt, zijn er ook geneesmiddelen die niet volledig verwijderd worden zoals het anti-epilepticum carbamazepine. Ook röntgencontrastmiddelen kunnen slecht verwijderd worden uit drinkwater.

---

<sup>6</sup> Aa, van der N.G.F.M., Kommer, G.J., de Groot, G.M. en Versteegh, J.F.M. (2008). Geneesmiddelen in bronnen voor drinkwater. Monitoring, toekomstig gebruik en beleidsmaatregelen. RIVM rapport 609715002/2008.

## 3 Strategieën

### 3.1 Verwijdering van geneesmiddelen uit afvalwater

Geneesmiddelen komen via urine (circa 80%) en feces (circa 20%) samen met het overige huishoudelijk afvalwater via een rioolsysteem bij de rwzi's terecht. Geneesmiddelen kunnen verwijderd worden uit:

- urine;
- feces;
- gecombineerde stroom van urine en feces;
- totaal afvalwaterstroom.

Verwijdering van geneesmiddelen uit feces of een mengsel van feces en urine is erg ongunstig omdat eerst de aanwezige organische stof verwijderd moet worden voordat de geneesmiddelen verwijderd kunnen worden. Wanneer vanwege andere overwegingen deze stromen apart behandeld worden, bijvoorbeeld voor de winning van energie, kan geneesmiddelenverwijdering meegenomen worden.

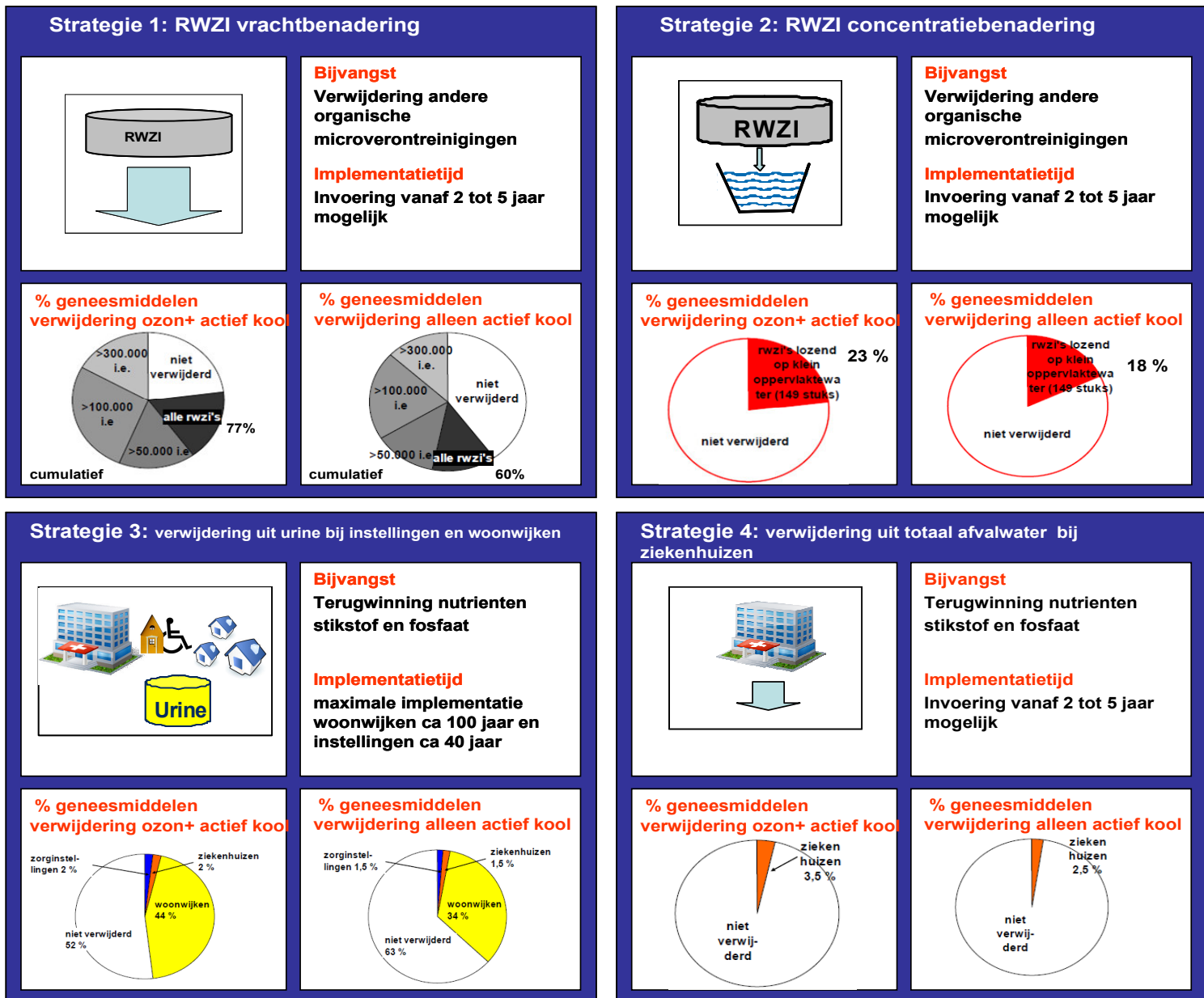
### 3.2 Vier strategieën

Om de vraag te beantwoorden waar en op welke wijze zuivering in de afvalwaterketen kan worden toegepast, is een aantal mogelijkheden onderzocht. Uitgangspunt is daarbij geweest het behandelen van urine of het behandelen van de totale afvalwaterstroom voor het verwijderen van geneesmiddelen.

De volgende criteria hebben een belangrijke rol gespeeld bij het opstellen van strategieën voor de verwijdering van geneesmiddelen:

- Milieurendement; waar kan tegen de laagste kosten een zo groot mogelijke vracht geneesmiddelen verwijderd worden;
- Realisatietermijn: in welke termijn kan al resultaat bereikt worden;
- Bijvangst; welke andere microverontreinigingen kunnen tegelijkertijd mee worden verwijderd?

Een overzicht van de vier meest realistische strategieën om geneesmiddelen uit afvalwater te verwijderen is gepresenteerd in Figuur 3-1. In paragraaf 3-2 zijn deze strategieën nader uitgewerkt.



Figuur 3.1 Overzicht vier strategieën (en een combinatiestrategie) voor verwijdering van geneesmiddelen uit afvalwater.

- 1. RWZI vrachtbenadering: prioritering op basis van reductie van zoveel mogelijk vracht humane geneesmiddelen naar het oppervlaktewater
- 2. RWZI concentratiebenadering: prioritering op basis van een zo laag mogelijke concentratie humane geneesmiddelen naar het oppervlaktewater
- 3. Verwijdering uit urine bij instellingen en woonwijken: verwijdering van humane geneesmiddelen uit separaat ingezamelde urine bij zorginstellingen en woonwijken
- 4. Verwijdering uit totaalafvalwater bij ziekenhuizen: verwijdering van humane geneesmiddelen uit het totale afvalwater bij ziekenhuizen

i.e. = inwonerequivalent, de hoeveelheid verbruikt water en vervuilingsvracht toegekend aan één persoon

### 3.3 Strategie 1 en 2: verwijdering geneesmiddelen bij rwzi's

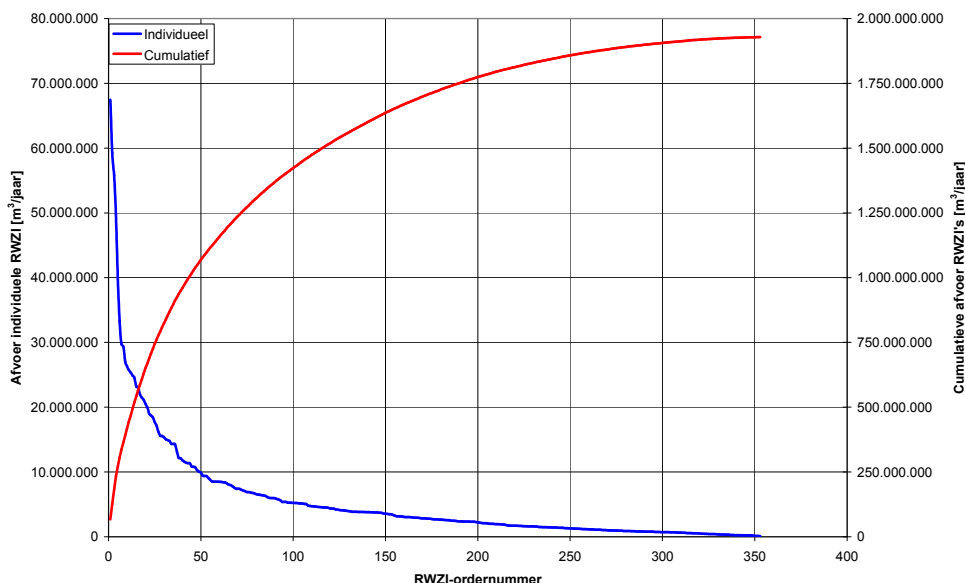
#### 3.3.1 Achtergrond

Geneesmiddelen komen via het toilet samen met het overige huishoudelijke afvalwater en bij gemengde rioelstelsels met een deel van de neerslag via het riool bij rioolwaterzuiveringsinstallaties terecht.

Er zijn in Nederland 353 rwzi's die jaarlijks 1928 miljoen m<sup>3</sup> afvalwater behandelen.

De capaciteit van een rwzi wordt uitgedrukt in i.e. (inwonerequivalenten= de hoeveelheid verbruikt water en vervuilingvracht toegekend aan één persoon).

De verdeling van rwzi's naar capaciteit is weergegeven in figuur 3-2. De grootte van rwzi's loopt sterk uiteen. Er zijn enkele grote rwzi's en veel kleintjes. 40 van de 353 rwzi's zijn verantwoordelijk voor 50% van het effluent op de Nederlandse wateren.



Figuur 3.2. Verdeling rwzi's naar grootte van het effluentvolume (blauwe lijn). De cumulatieve vracht is weergegeven met de rode lijn.

Door de biologische processen in een rwzi wordt zonder extra maatregelen circa 65% van de totaalvracht geneesmiddelen (circa 32 ton) in het influent van een rwzi (circa 32 ton) verwijderd<sup>7</sup>. De totaalvracht in het effluent bedraagt daarmee circa 11 ton. Op individueel geneesmiddelniveau bestaan er grote verschillen in het verwijderingsrendement van een rwzi (zie ook paragraaf 2-1 en bijlage 3). Er zijn geneesmiddelen die vrijwel volledig verwijderd worden en andere die vrijwel niet verwijderd worden.

#### Technieken, kosten en implementatietijd

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 eenvoudige 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). Een optimale inzet van deze beide technieken leidt tot een gemiddeld verwijderingspercentage van 90%. **Alle** individuele geneesmiddelen worden hierbij goed aangepakt en niet ongericht sommige goed en andere slecht, zoals bij het huidige reguliere zuiveringsproces plaatsvindt. Een goedkopere mogelijkheid is de inzet van alleen een actief koolfilter. Het

<sup>7</sup> Deze totaalvracht en dit percentage is gebaseerd op de gemeten gehalten geneesmiddelen boven de rapportagegrens in influent en effluent van rwzi's exclusief röntgencontrastmiddelen en metformine

volume effluent dat door dit filter spoelt voordat het filter vervangen wordt is bepalend voor het verwijderingspercentage maar ook voor de kosten. Een optimale inzet van alleen een actief koolfilter leidt tot een gemiddeld verwijderingspercentage van 70%.

De beschreven technieken zijn zodanig ontwikkeld dat ze op korte termijn (2-5 jaar) bij rwzi's ingezet kunnen worden.

In tabel 3-1 is een overzicht gegeven van de verwijderingsrendementen en de bijbehorende kosten waarmee in deze studie rekening is gehouden. 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. In kader 3.1 worden de overwegingen die ten grondslag liggen aan de gemaakte keuzes toegelicht. In bijlage 5 wordt een nadere onderbouwing gegeven van de afgeleide kosten voor de verwijderingstechnieken en worden deze kosten vergeleken met de kosten die in Duitsland en Zwitserland worden gehanteerd.

**Tabel 3-1 Bandbreedte kosten en milieurendement bij verwijdering geneesmiddelen uit rwzi's:**

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

### Kader 3.1. Kosten technieken en verwijderingsrendementen

Bij de kostenramingen van de zuiveringstechnieken voor de behandeling van een afvalwaterstroom t.b.v. verwijdering van humane geneesmiddelen en bij de berekeningen van het milieurendement is uitgegaan van twee mogelijkheden. Gekozen kan worden voor het inzetten van een gecombineerde techniek waarbij een oxidatiestap (ozon) gecombineerd wordt met een adsorptiestap (actief kool) of voor het inzetten van alleen een adsorptiestap met actief kool. Het inzetten van alleen oxidatie met ozon zonder aanvullende adsorptie wordt afgeraden omdat de omzettingen producten na oxidatie onbekend zijn en toxischer kunnen zijn dan de uitgangsubstanties.

De geraamde kosten (zie tabel 3-1) zijn met name gebaseerd op de laatste inzichten op het gebied van verwijdering van geneesmiddelen uit afvalwaterstromen uit het nog lopende internationale INTERREG PILLS-project. In dit project, dat sinds 2009 loopt, wordt zowel op lab-, als pilot- als fullscale onderzoek verricht naar verschillende oxidatie- en adsorptietechnieken. Ook zijn de laatste inzichten op het gebied van actiefkoolfiltratie meegenomen (o.a. STOWA 2010-27 en STOWA 2009-34).

In andere studies worden lagere bedragen genoemd en worden deze kosten afhankelijk gesteld van de grootte van de rwzi. Een Zwitserse publicatie rekent met € 0,30/m<sup>3</sup> voor een rwzi van 30.000 i.e. en € 0,10/m<sup>3</sup> voor een rwzi van 500.000 i.e. voor poederkoolbehandeling gevolgd door een zandfilter.

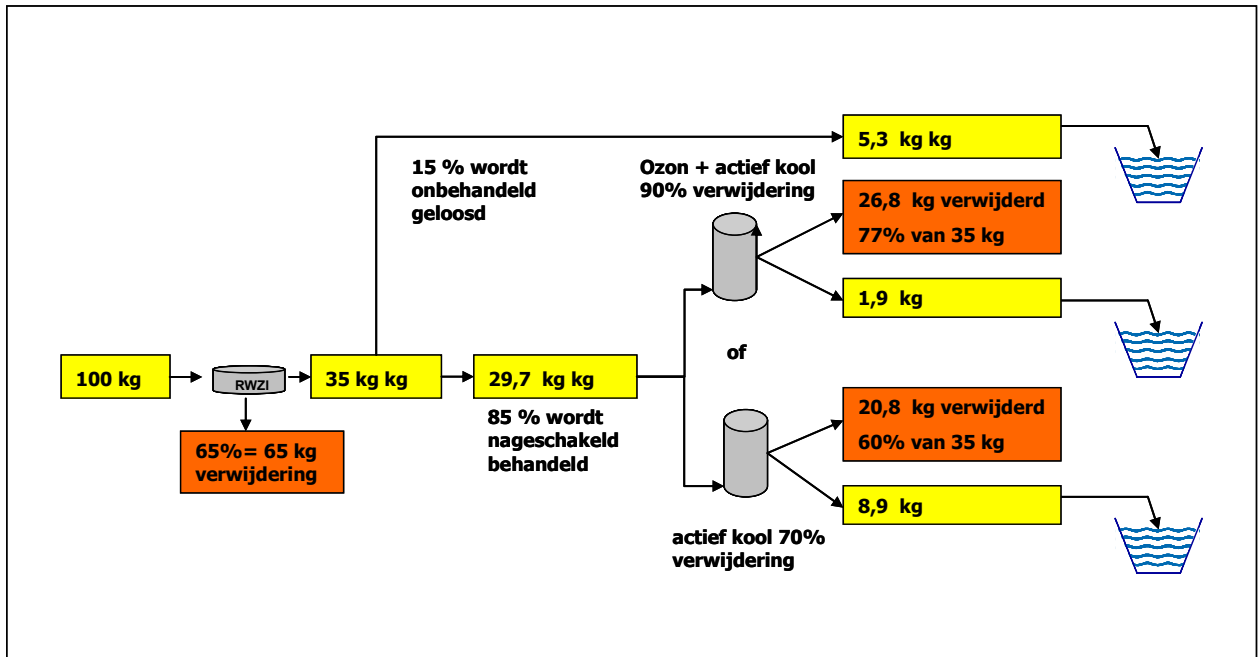
Ten aanzien van actiefkoolfiltratie is door STOWA (2010-27) uitgebreid onderzoek gedaan in 2010. Deze studie concludeert tevens dat de organische stof, die nog in het rwzi-effluent aanwezig is, bij voorkeur wordt geadsorbeerd boven de organische microverontreinigingen zoals de humane geneesmiddelen, zeker wanneer het adsorptiefilter te lang gebruikt wordt. Het verwijderingspercentage voor humane geneesmiddelen en ook de kosten zijn sterk afhankelijk van het aantal filterbedvolumina dat door het filter spoelt voordat de kool vervangen wordt.

Samenvattend:

- 90% verwijdering mogelijk door combinatie ozon+ actief kool à €0,50/ m<sup>3</sup>
- 70% verwijdering mogelijk door actief kool à minimaal €0,35/ m<sup>3</sup>
- Lagere verwijderingspercentages mogelijk voor lagere kosten

### Prioritering

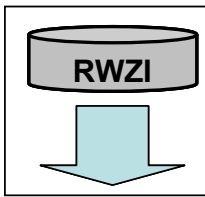
Het inzetten van extra zuiveringstechnieken bij alle rwzi's zou een jaarlijkse kostenpost van circa 800 miljoen euro bedragen wanneer uitgegaan wordt van een optimale inzet van ozon en actief kool (77% verwijdering van de totaalvracht geneesmiddelen in het effluent van rwzi's). Een minder vergaande verwijdering met alleen actiefkoolfiltratie zou neerkomen op circa 570 miljoen euro voor 60 % verwijdering. De route van 100 kg geneesmiddel naar het influent van een rwzi bij inzet van een combinatie van ozon en actief kool of bij inzet van actief kool alleen is gevisualiseerd in Figuur 3.3.



**Figuur 3.3** Route van 100 kg geneesmiddel naar influent rwzi bij inzet combinatie ozon + actief kool of actief kool alleen. Bij inzet van een extra zuiveringstechniek stroomt bij natweersituaties een deel van het effluent vanuit een rwzi langs deze extra techniek onbehandeld naar het oppervlaktewater. Op jaarbasis is dit ca 15% van het effluent. Uit deze figuur blijkt duidelijk dat niet de hele vracht geneesmiddelen uit het effluent verwijderd kan worden (23 % resteert bij inzet ozon+ actief kool en 40 % resteert bij inzet van alleen actief kool)

Een prioritering van rwzi's voor verwijdering van geneesmiddelen uit het effluent is mogelijk op basis van twee hoofdprincipes, namelijk op basis van reductie van vrachten humane geneesmiddelen naar het oppervlaktewater (vrachtbenadering) of op basis van de concentratie humane geneesmiddelen in het ontvangende water (concentratiebenadering). Bij een combinatie van die twee benaderingen zou bijvoorbeeld een minder vergaande verwijdering van humane geneesmiddelen bij alleen die grote rwzi's (> 100.000 i.e.) die lozen op kleine kwetsbare oppervlaktewateren leiden tot een jaarlijkse kostenpost van circa 90 miljoen euro. De te maken keuze heeft een sterke invloed op de jaarlijkse kosten.

### 3.3.2 Strategie 1: vrachtbenadering

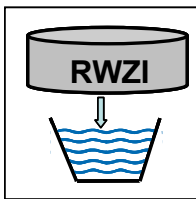


Deze strategie gaat uit van reductie van vrachten humane geneesmiddelen naar het oppervlaktewater als beoordelingscriterium voor prioritering, vanuit het principe dat milieuvreemde stoffen ongewenst zijn in het milieu, ongeacht hun effect. Vanuit dit principe is het ook niet geoorloofd grote vrachten geneesmiddelen in sterk verdunde stromen via grote wateren naar de zee te laten stromen.

Voorbeeld (zie tabel 3-2): bij het inzetten van zuiveringstechnieken (combinatie ozon en actief kool) bij de 56 (van de 353) grootste rwzi's (> 100.000 i.e) wordt 57% van het totale effluent behandeld en wordt 44 % (5 ton) van de totaalvracht geneesmiddelen, die in de huidige situatie via het effluent van de rwzi's in Nederland in het oppervlaktewater terecht komt (11 ton), verwijderd voor een bedrag van circa 465 miljoen euro bij maximale inzet van ozon en actief kool. Uitgaande van een minder vergaande verwijdering met alleen beperkte inzet van actief kool wordt bij dezelfde rwzi's 35 % (4 ton) van de totaalvracht in het effluent verwijderd voor een bedrag van 320 miljoen euro.

De uiteindelijke jaarlijkse kosten en de jaarlijks verwijderde vracht geneesmiddelen zijn afhankelijk van de keuze waar de knip in grootte van aan te pakken rwzi's wordt gemaakt en welke zuiveringsmethode wordt toegepast.

### 3.3.3 Strategie 2: concentratie- (of ecologische risico-)benadering



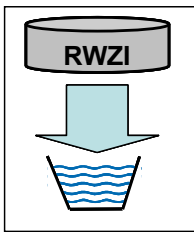
Deze strategie gaat uit van de concentratie humane geneesmiddelen in het ontvangende oppervlaktewater als beoordelingscriterium voor prioritering, omdat ecotoxicologische effecten bepaald worden door de concentraties van stoffen in het water en niet door de vracht die in het water terecht komt. Met andere woorden, de verdunning van het aantal kilo's geneesmiddelen dat in het water terecht komt bepaalt of er sprake zal zijn van ecotoxicologische risico's en niet het aantal kilo's zelf.

Voorbeeld (zie tabel 3-2): bij het inzetten van zuiveringstechnieken (combinatie ozon en actief kool) bij alleen die rwzi's die lozen op klein oppervlaktewater, waar de verdunning waarschijnlijk laag zal zijn (149 stuks van de 353), wordt 30% van het totale effluent behandeld en wordt 23% (2,5 ton) van de vracht geneesmiddelen die in de huidige situatie via het effluent van de rwzi's in Nederland in het oppervlaktewater terecht komt (11 ton) verwijderd voor een bedrag van circa 247 miljoen euro bij maximale inzet van ozon en actief kool. Uitgaande van een minder vergaande verwijdering met alleen beperkte inzet van actief kool wordt bij dezelfde rwzi's 18 % (2 ton) van de totaalvracht in het effluent verwijderd voor een bedrag van 175 miljoen euro.

De uiteindelijke jaarlijkse kosten en de jaarlijks verwijderde vracht geneesmiddelen zijn afhankelijk van de keuze welke wateren als kwetsbaar worden aangemerkt en welke concentraties geneesmiddelen in deze wateren als toelaatbaar worden beoordeeld.



### 3.3.4 Combinatie strategie 1 en 2



Bij een combinatie van een vrachtbenadering en een concentratiebenadering worden alleen zuiveringstechnieken ingezet bij de grote rwzi's die lozen op klein oppervlaktewater met een geringe verdunning of grote rwzi's die lozen op een water dat gebruikt wordt voor de bereiding van drinkwater.

Voorbeeld (zie tabel 3-2): bij het inzetten van zuiveringstechnieken (combinatie ozon en actief kool) bij alleen die rwzi's die een capaciteit hebben groter dan 100.000 i.e. én die lozen op klein oppervlaktewater, waar de verdunning waarschijnlijk laag zal zijn (16 stuks van de 353), wordt 16% van het totale effluent behandeld en wordt 12 % (1,5 ton) van de vracht geneesmiddelen die in de huidige situatie via het effluent van de rwzi's in Nederland in het oppervlaktewater terecht komt (11 ton) verwijderd voor een bedrag van circa 130 miljoen euro.

Bij het realiseren van een extra zuiveringstechniek op een rwzi moet vanaf het moment van besluitvorming rekening gehouden worden met een tijdsperiode van minimaal 2 jaar. Omdat de besluitvorming niet overal gelijktijdig plaatsvindt moet bij een volledige implementatie op de rwzi's die geselecteerd zijn op basis van een specifieke strategie rekening gehouden worden met een realisatieperiode van minimaal 10 jaar.

**Tabel 3-2 Kosten strategieën verwijdering geneesmiddelen bij rwzi's op basis van vrachtbenadering, concentratiebenadering en een combinatie van deze twee. Een bandbreedte is gegeven voor een optimale verwijdering met een combinatie van ozon en actief kool en een verwijdering alleen met actief kool gericht op een minimaal verwijderingspercentage van 70%. Lagere kosten met lagere verwijderingspercentages zijn mogelijk (zie kader 3.1).**

	Aantal rwzi's	% m3/jaar behandeld effluent**	Optimale inzet ozon en actief kool bij effluent rwzi (€0,50/m <sup>3</sup> )			Actief kool bij effluent rwzi (€ 0,35/m <sup>3</sup> )		
			- verwijderingsrendement 90 % - milieurendement verwijderd geneesmiddel: 94.000 euro/kg			- verwijderingsrendement 70 % - milieurendement verwijderd geneesmiddel 85.000 euro/kg		
			Kosten mln euro	Kg geneesmiddel verwijderd*	Kg geneesmiddel over in effluent	Kosten Mln euro	Kg geneesmiddel verwijderd*	Kg geneesmiddel over in effluent
<b>Scenario 1: vrachtbenadering</b>								
<b>i.e.-capaciteit rwzi's</b>								
Alles	353	100	819	8698	2548	573	6765	4481
> 50.000	117	78	639	6784	4462	447	5276	5970
> 100.000	56	57	465	4958	6288	326	3856	7390
> 200.000	22	35	284	3044	8202	199	2368	8878
> 300.000	11	22	181	1914	9332	127	1489	9757
> 400.000	4	14	117	1217	10029	82	947	10299
<b>Scenario 2: concentratiebenadering</b>								
Alles	353	100	819	8698	2548	573	6765	4481
Alleen rwzi's lozend op klein oppervlaktewater ***	149	30	247	2609	8637	173	2029	9217
<b>Combinatiescenario 1 en 2</b>								
rwzi's > 100.000 i.e.lozend op klein oppervlaktewater	16	16	130	1391	9855	91	1082	10164
rwzi's > 200.000 i.e.lozend op klein oppervlaktewater	7	9	76	783	10463	53	609	10637

\* Uitgaande van een totale lozing in Nederland van 32 ton/jaar (exclusief röntgencontrastmiddelen)<sup>8</sup> naar het influent van de rwzi waarvan gemiddeld 65% al verwijderd wordt op de rwzi; het effluent bevat dan 11 ton/jaar geneesmiddelen; van dit effluent wordt alleen de droogweeraanvoer behandeld (dit is circa 85% van de totale aanvoer omdat bij regen circa 15% onbehandeld de nabehandeling passeert).

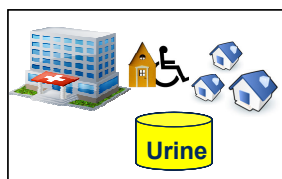
\*\* totaal 1928 miljoen m3 afvalwater

\*\*\* op basis van expert judgement bij de beoordeling van de ontvangende wateren is bepaald wat kleine wateren zijn. Dit dient nader onderzocht te worden in overleg met waterschappen. Ook is relevant welke van deze kleine wateren kwetsbare wateren zijn in relatie met natuurwaarden of voor de drinkwatervoorziening.

<sup>8</sup> ZORG Fase C, STOWA 2011-02

### 3.4 Strategie 3: verwijdering geneesmiddelen uit urine bij ziekenhuizen, zorginstellingen en woonwijken

#### 3.4.1 Strategie verwijdering geneesmiddelen uit urine



Bij deze strategie wordt uitgegaan van verwijdering van humane geneesmiddelen uit urine bij ziekenhuizen, zorginstellingen en woonwijken.

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 urinescheidingsstoelitten 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.

Uit metingen in afvalwater is afgeleid dat de vracht humane geneesmiddelen<sup>9</sup> die per persoon in ziekenhuizen wordt uitgescheiden beduidend hoger is (circa 24 gram/persoon/jaar) dan bij zorginstellingen (circa 10 gram/persoon/jaar) en woonwijken (circa 1,8 gram/persoon/jaar). De vracht geneesmiddelen in een m<sup>3</sup> verzamelde urine is daarom ook verschillend. Ook verschillen de typen geneesmiddelen sterk (zie bijlage 3).

**Tabel 3-3. Kosten behandeling urine bij volledige implementatie urinescheidingsstelsel in alle ziekenhuizen, alle verzorgingshuizen en een voorbeeldwoonwijk\*\*\***

Locatie urinescheiding	m3 urine /jaar	Optimale inzet ozon en actief kool (€2,10/m <sup>3</sup> ) Verwijderingsrendement 90%			Alleen actief kool (€ 1,50/m <sup>3</sup> ) Verwijderingsrendement 70 %		
		Kosten/jaar voor alle urine (€)	kg geneesmiddel extra- verwijderd tov huidige situatie*	Milieu- rendement €/kg*	Kosten/jaar voor alle urine (€)	kg geneesmiddel extra verwijderd tov huidige situatie*	Milieu- rendement €/kg
Ziekenhuizen	111.000	233.100	224	1040	166.500	174	960
Verzorgingshuizen	376.500	790.650	246	3210	564.750	192	3000
Woonwijkvoorbeeld van 10.000 inwoners/ 15 milj inwoners	5.475/ 8.212.500**	11.498/ 17.247.000	3,3/4914	3510	8213/ 12.320.000	2,6/ 3822	3200

\* Uitgaande van de volgende hoeveelheden geneesmiddelen/jaar: 1233 kg voor alle ziekenhuizen; 1359 kg voor verzorgingshuizen en 1,8 g per persoon per jaar voor woonwijken<sup>10</sup>. Hiervan wordt in de huidige situatie reeds 65% verwijderd in de rwz's. De weergegeven kg geneesmiddelen verwijderd en het weergegeven milieurendement betreft de kg geneesmiddelen die extra worden verwijderd ten opzichte van deze huidige situatie. Aanname percentage geneesmiddelen in urine ten opzichte van totaal afvalwater: 80%

\*\* Uitgaande van 1,25 liter per persoon per dag bij urinescheidend toilet, gravitair riool. STOWA 2010-10

\*\*\* De kosten voor aanleg van een urinescheidingsstelsel zijn hierbij niet opgenomen

Het is niet realistisch in een bestaande situatie bij ziekenhuizen, zorginstellingen of woonwijken 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.

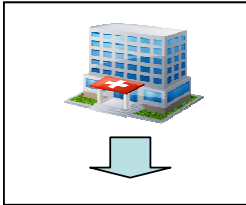
Bij nieuwbouwsituaties is dit wel een reële optie en een gescheiden inzamelingssysteem is dan nauwelijks duurder dan conventionele inzameling.

<sup>9</sup> Exclusief röntgencontrastmiddelen en antidiabetica, zie ZORG Fase 3, STOWA, 2011-02.

<sup>10</sup> ZORG Fase 3, STOWA 2011-02.

Toepassing in de woningbouw zou daarmee minimaal 100 jaar vragen, uitgaande van de jaarlijkse vervanging van 1% van de woningen. Bij ziekenhuizen/zorginstellingen, is uitgaande van een vervangingstijd van 40 jaar, een maximale zuivering haalbaar in 40 jaar. De kosten in tabel 3-3 zijn de kosten bij volledige implementatie.

### 3.5 Strategie 4: verwijdering geneesmiddelen uit totaal afvalwater bij ziekenhuizen



Bij deze strategie worden geneesmiddelen verwijderd uit de gezamenlijke stroom van al het afvalwater (toiletstroom, keuken-, was- en douchewater) van ziekenhuizen.

Bij deze strategie wordt voor de verwijdering van geneesmiddelen uit het totaal-afvalwater van ziekenhuizen een aanzienlijk groter volume afvalwater behandeld dan in strategie 3, waar de geneesmiddelen afkomstig uit ziekenhuizen uit een kleine urinestroom worden verwijderd. 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.

Deze strategie geeft invulling aan de basisprincipes van het milieubeleid te weten 'bestrijding aan de bron'. Deze strategie wordt des te interessanter als ziekenhuizen een relatief grote bijdrage leveren aan de vracht van de verontreinigingen op een (kleine) rwzi of wanneer kan worden aangesloten bij andere duurzame maatschappelijke ontwikkelingen. De hoeveelheid te behandelen ziekenhuisafvalwater in strategie 4 kan sterk worden gereduceerd door alleen de waterstromen afkomstig van verpleegafdelingen in deze zuiveringstechnieken te behandelen en bijvoorbeeld niet die uit de keuken.

**Tabel 3-4 Vergelijking kosten totale afvalwaterbehandeling versus urinebehandeling bij ziekenhuizen**

	Afvalwaterbehandeling		Urinebehandeling	
	Ozon + actief kool	Actief kool	Ozon + actief kool	Actief kool
Te behandelen m3 /jaar	7,4 mln		111.000	
Techniek	Ozon + actief kool	Actief kool	Ozon + actief kool	Actief kool
Kosten/jaar (euro)	22,2 miljoen	15,5 miljoen	233.100	166.500
kg geneesmiddel verwijderd *	388	302	224	174
€/kg	57.000	51.000	1040	960

\* Uitgaande van de volgende hoeveelheden geneesmiddelen/jaar: 1233 kg voor alle ziekenhuizen. Hiervan wordt in de huidige situatie zonder behandeling bij de ziekenhuizen reeds 65% verwijderd in de rwzi's. De weergegeven kg verwijderde geneesmiddelen zijn de kg geneesmiddelen die door de lokale behandeling bij ziekenhuizen extra worden verwijderd ten opzichte van deze huidige situatie (dus de kilo's die uiteindelijk minder in het oppervlaktewater terecht komen). Aanname percentage geneesmiddelen in urine ten opzichte van totaal afvalwater: 80%

### 3.6 Overige relevante aspecten voor de beoordeling van de strategieën

#### 3.6.1 Verschillende aspecten

Naast de kosten en de opbrengsten in termen van kg verwijderde geneesmiddelen spelen natuurlijk nog meer aspecten een rol bij het afwegen van de verschillende strategieën.

In de volgende paragrafen worden de belangrijkste aspecten die direct gekoppeld zijn aan de keuze van de strategieën kort omschreven.

Er zijn andere omgevingsaspecten die eveneens relevant zijn voor de keuze waar en op welke wijze zuivering in de afvalwaterketen kan worden toegepast. Als voorbeelden kunnen worden genoemd 'aanvoer geneesmiddelen uit het buitenland' of 'maatschappelijke ontwikkelingen duurzaam omgaan met afvalwater'. Deze omgevingsaspecten worden in hoofdstuk 5 (Context) nader uitgewerkt.

### 3.6.2 Bijvangst

#### *Andere organische microverontreinigingen in het totaal afvalwater*

In het influent van rwzi's komen vanuit het stedelijk afvalwater naast humane geneesmiddelen ook allerlei andere organische microverontreinigingen voor zoals weekmakers, brandvertragers, 'personal care products', biociden en bestrijdingsmiddelen etc. Evenals de geneesmiddelen (gemiddeld verwijderingspercentage 65%) worden deze andere microverontreinigingen afhankelijk van de stof in meer of mindere mate in een rwzi verwijderd.

#### *Vracht 'andere' organische microverontreinigingen vele malen groter dan vracht geneesmiddelen*

In het effluent van een rwzi zijn de vrachten 'andere' microverontreinigingen vele malen groter (> 10 maal) dan de vrachten humane geneesmiddelen. De nadelige effecten van deze 'andere' microverontreinigingen zijn evenals bij geneesmiddelen heel divers en verschillen sterk per stof. Bij een extra zuiveringsstap op een rwzi worden niet alleen de individuele humane geneesmiddelen aangepakt, maar worden ook deze 'andere' microverontreinigingen grotendeels verwijderd (bijvangst).

#### *Bacteriologische effecten*

Bij toepassing van ozon en actief kool op totaal afvalwater, zowel bij ziekenhuizen als bij rwzi's kan naast verwijdering van 'andere' microverontreinigingen ook de bacteriologische kwaliteit van het afvalwater worden verbeterd.

#### *Nutriënten*

Het gescheiden inzamelen van urine biedt de mogelijkheid de nutriënten stikstof en fosfor, die in geconcentreerde hoeveelheden aanwezig zijn in urine, op eenvoudige wijze terug te winnen. De bijvangst is in dat geval een nuttige opbrengst.

Urinescheidingsystemen worden veelal aangelegd juist voor de mogelijkheid tot hergebruik van deze nutriënten. Stimulering van aanleg van dergelijke systemen ook uit oogpunt van de mogelijkheid van geneesmiddelenverwijdering verdient zeker de aandacht.

### 3.6.3 Mate van verdunning bepalend voor kosten

De kosten van zuiveringstechnieken voor de verwijdering van organische microverontreinigingen zijn in grote lijnen evenredig met het aantal te behandelen kubieke meters afvalwater (kuubs). Bij een rwzi is de bron van geneesmiddelen naar het afvalwater (urine en feces) sterk verdund met huishoudelijk afvalwater en regenwater. Er moeten heel veel kuubs behandeld worden voor een prijs evenredig aan het aantal te behandelen kuubs om een bepaalde vracht geneesmiddelen te verwijderen.

In urine zijn geneesmiddelen geconcentreerd aanwezig. De geneesmiddelen in verzamelde urine bevinden zich niet alleen in een zeer kleine stroom t.o.v. het totale in- en effluent van een rwzi (<2%), maar ook is de vracht geneesmiddel per m<sup>3</sup> veel hoger dan bij het effluent van een rwzi.

### 3.6.4 Implementatietijd

De beschreven technieken kunnen op korte termijn worden ingezet, zeker voor de behandeling van effluent bij rwzi's maar ook voor de behandeling van het totale afvalwater bij een ziekenhuis. De implementatietijd is hierbij afhankelijk van de regulier te doorlopen procedures voor nieuwbouw van dergelijke systemen. Uitgegaan wordt van een periode van minimaal twee jaar na de besluitvorming. Omdat de besluitvorming niet overal gelijktijdig plaatsvindt en nieuwbouw moet passen binnen het zuiveringsplan moet bij een volledige implementatie op de rwzi's die geselecteerd zijn op basis van een specifieke strategie rekening gehouden worden met een realisatieperiode van minimaal 10 jaar.

Welke technieken bij verzamelde urine worden ingezet, is afhankelijk van de aanleg van een urinescheidingsstelsel. Bij nieuwbouw- of verbouwsituaties is een dergelijke aanleg een reële

optie en is een gescheiden inzamelingssysteem nauwelijks duurder dan conventionele inzameling. Het te behalen resultaat is afhankelijk van de aanleg van dergelijke systemen (vervangingsstijd instellingen circa 40 jaar en woningen gemiddeld circa 100 jaar).

### 3.6.5 Hoe ver wil je gaan met de verwijdering

Bij de strategieën is een bandbreedte aangegeven van in te zetten zuiveringstechnieken, namelijk een combinatie van een oxidatietechniek (ozon) en een adsorptietechniek (actief kool) of toepassing van alleen actief kool. Bij een combinatie techniek is het verwijderingspercentage van humane geneesmiddelen hoger maar de kosten zijn ook hoger dan bij inzet van een adsorptietechniek alleen. Ook bij toepassing van actief kool alleen is vergaande en minder vergaande zuivering mogelijk met de bijbehorende evenredigheid aan kosten. Het hangt van de lokale omstandigheden af welke optie in die situatie de voorkeur verdient.

Tot slot is er ook de beschikbaarheid van middelen die dwingt tot een bepaalde keuze. Ook met relatief beperkte middelen kan al een aanzienlijke bijdrage geleverd worden aan emissiereductie van ongewenste microverontreinigingen.

## 4 Financiering

### 4.1 Differentiatie of solidariteit

Een voor de hand liggende wijze van financiering van zuivering van geneesmiddelen kan in principe plaatsvinden vanuit twee invalshoeken:

- het waterspoor (probleembezitter);
- het zorgspoor (vervuiler).

Vanuit beide sporen kan de financiering gedifferentieerd plaatsvinden naar de daadwerkelijke probleembezitters of vervuilers, of omgeslagen gefinancierd worden vanuit het solidariteitsprincipe. Immers elke burger in Nederland is gebaat bij schoon oppervlaktewater, waaruit goed drinkwater kan worden bereid. Dit leidt tot vier principiële verschillende financieringsbenaderingen.

	Differentiatie	Solidariteit
Waterspoor	<i>Optie 1</i>	<i>Optie 2</i>
Zorgspoor	<i>Optie 3</i>	<i>Optie 4</i>

Er zijn nog allerlei andere financieringswijzen denkbaar, zoals betaling uit de algemene middelen bij Rijk, provincie of gemeente. Deze zijn gezien de aard van de problematiek minder logisch en worden hierna niet in beschouwing genomen.

### 4.2 Waterspoor

#### 4.2.1 Financieringsmogelijkheden

Vanuit het waterspoor zijn er vier financieringsmogelijkheden denkbaar, wanneer aangesloten wordt bij bestaande financieringssystemen:

- zuiveringsheffing.
- drinkwaterprijs;
- rioolheffing;
- afvalstoffenheffing.

Er zijn vanuit het waterspoor twee logische wegen die openstaan omdat via de wettelijke omschrijving deze wegen bedoeld zijn voor het leveren van voldoende schoon water: via de drinkwaterprijs en via de zuiveringsheffing. Beide zijn regionaal van aard. De drinkwaterprijs varieert per waterleidingbedrijf en de zuiveringsheffing varieert per waterschap.

#### *Zuiveringsheffing*

Het waterschap heeft de wettelijke taak om stedelijk afvalwater te zuiveren en heft ter dekking van de kosten van het zuiveren een zuiveringsheffing.

De grondslag is de hoeveelheid en hoedanigheid van stoffen die worden afgevoerd, uitgedrukt in "vervuilingseenheden" (v.e.). Meerpersoons huishoudens worden aangeslagen voor drie v.e., éénpersoons huishoudens voor één v.e.. Bedrijven worden aangeslagen naar hoeveelheid geloosd vuil.

Ziekenhuizen, verzorgingshuizen en bejaardencentra zijn bedrijven, waarvoor het aantal v.e.'s afzonderlijk wordt vastgesteld conform vastgestelde rekenparameters.

Elk waterschap bepaalt zijn eigen tarief, dat geldt voor het gehele waterschapsgebied. De tarieven per v.e. verschillen nogal per waterschap. De gemiddelde zuiveringsheffing per v.e. bedroeg in 2009 € 51,-. De totale opbrengst vanuit de zuiveringsheffing bedroeg in 2010 ongeveer € 1,1 miljard<sup>11</sup>.

#### *Drinkwaterprijs*

Drinkwaterbedrijven zuiveren de grondstof voor drinkwater (grond- en/of oppervlaktewater) tot drinkwater, distribueren dat en vragen daar een prijs voor.

Drinkwaterbedrijven hebben er belang bij dat er in hun grondstof voor drinkwater geen restanten van geneesmiddelen zitten. De drinkwaterprijs verschilt per waterbedrijf.

De consument betaalt gemiddeld voor een m<sup>3</sup> drinkwater € 1,70<sup>12</sup>. De totale opbrengst van drinkwater in 2010 bedroeg € 1,9 miljard inclusief belastingen.

#### 4.2.2 Toepassing financieringsmogelijkheden vanuit waterspoor op scenario's

De extra kosten van zuivering voor verwijdering van geneesmiddelen uit afvalwater kunnen vanuit het waterspoor betaald worden door een verhoging van de zuiveringsheffing, een verhoging van de drinkwaterprijs of door een combinatie van beide. Of het juridisch mogelijk is om bijdragen van het waterbedrijf aan zuivering van afvalwater te bekostigen, is nog niet onderzocht.

De procentuele opslag van de tarieven is afhankelijk van de strategiekeuze en kan afgeleid worden door de genoemde bedragen in de tabellen 3-2, 3-3 en 3-4 te beschouwen in relatie tot de jaarlijkse opbrengsten van de zuiveringsheffing (€ 1,1 miljard) en de drinkwaterprijs (€ 1,9 miljard).

#### *Strategieën 1 en 2.*

Bij de strategieën 1 en 2 (zuivering bij de rwzi's) wordt een prioritering in aanpak bij de rwzi's voorgestaan waarbij als eerste dáár wordt geïnvesteerd waar het probleem het grootst is. De zuiveringsheffing en de drinkwaterprijs kennen beide een regionale variatie in tarieven. Een prioritering zou, naast de reeds bestaande regionale verschillen in tarieven, kunnen leiden tot een extra differentiatie in tarieven wanneer alleen die inwoners worden aangeslagen voor de extra zuiveringskosten die wonen in het waterschapsgebied of drinkwatergebied waar de rwzi's daadwerkelijk worden aangepast.

Een oplossing daarvoor zou uit het oogpunt van solidariteit en vanuit de gedachte dat schoon oppervlaktewater een landelijk belang is kunnen zijn een omslag van de kosten van de daadwerkelijke aanpassing van rwzi's over alle waterschappen of drinkwaterbedrijven. Deze omslag kan dan gelijke tred houden met een gefaseerde invoering van betreffende aanpassingen. Voordeel hiervan is een geleidelijke verhoging in het hele land van de tarieven voor drinkwater en/of zuiveringsheffing.

#### *Strategieën 3 en 4.*

Bij de strategieën 3 en 4 worden lokaal bij ziekenhuizen, zorginstellingen of woonwijken zuiveringstechnieken toegepast. Deze zuiveringskosten zouden in principe, zeker ten dele, betaald kunnen worden vanuit de zuiveringsheffing. Immers, het uitvoeren van lokale zuiveringen is in het belang van het waterschap. Medefinanciering zou gezocht kunnen worden vanuit de opbrengsten van lokale behandeling (energie en nutriënten). Financiering vanuit verhoging van de drinkwaterprijs ligt bij deze strategieën minder voor de hand omdat lokale initiatieven niet direct leiden tot vermindering van de zuiveringskosten bij drinkwaterbedrijven.

Ook voor de strategieën 3 en 4 geldt dat bij de huidige wijze van heffing vanuit het waterspoor er een extra differentiatie van tarieven optreedt wanneer extra maatregelen, ook lokaal, betaald worden vanuit lokale verhoging van de tarieven. Ook hiervoor zou een solidaire landelijke verhoging een oplossing kunnen zijn.

<sup>11</sup> Water in Beeld 2010

<sup>12</sup> Tarievenoverzicht drinkwater 2010, VEWIN, januari 2010.



4.2.3 Solidariteit vergt aanpassing van het huidige systeem  
Het landelijk verhogen van tarieven vanuit het solidariteitsprincipe en het lokaal inzetten van de opbrengsten hiervan wijkt af van het thans geldende systeem van zuiveringsheffing en drinkwaterprijs. De mogelijkheden hiertoe en de benodigde aanpassing van wetgeving vragen nog onderzoek.

### 4.3 Zorgspoor

4.3.1 Organisatie financiering van de zorg in Nederland  
De organisatie van de financiering van de zorg in Nederland is schematisch weergegeven in Figuur 4.1. Deze financiering is wettelijk gezien niet bedoeld voor het zuiveren van afvalwater.



Figuur 4.1 Financiering van de zorg in vogelvlucht.

#### 4.3.2 Differentiatie of solidariteit

##### *De vervuiler betaalt*

De zuivering van geneesmiddelen kan vanuit het zorgspoor betaald worden vanuit de gedachte dat de vervuiler betaalt.

Vanuit dat principe dient eerst bepaald te worden wie de vervuiler is. In aanmerking hiervoor kunnen komen de producenten, de patiënten, maar ook de voorschrijvers en de instellingen.

Het principe 'de vervuiler betaalt' vanuit de zorgkant is een optie die lastig te realiseren is. Hiervoor zijn diverse redenen:

- Het zal in de praktijk erg lastig blijken om gedifferentieerd de vervuilers aan te wijzen. Iedereen heeft wel ergens een rol in de vervuilingketen, maar hoe groot die rol is, is nauwelijks objectief vast te stellen.
- Een selectieve heffing aan degene die wordt aangewezen als vervuiler, leidt door de financieringssystemen in vrijwel alle gevallen alsnog direct of indirect tot het hoofdelijk omslaan over alle premiebetalers.

Toch een paar opties vanuit het principe 'vervuiler betaalt':

- Het is mogelijk een lagere vergoeding te geven per geneesmiddel aan de producent (eventueel via de apotheek/groothandel) door zorgverzekeraars. Dit zou dan ten laste gaan van het nettoresultaat van het farmaceutisch bedrijf (of apotheek/groothandel). Deze route is complex, mede vanwege de verwevenheid met Europees prijsbeleid van geneesmiddelen.
- Het is mogelijk een verwijderingsbijdrage door eigen betalingen van de patiënt, eventueel zelfs gedifferentieerd naar toxiciteit van het geneesmiddel, te innen. De 'geneesmiddelenknaak' heeft in het verleden echter bewezen dat het een probleem is dit kostendekkend te krijgen..

##### *Solidariteit*

Aangezien het beoogde effect is dat iedereen evenveel meebetaalt vanuit de zorg aan de zuivering, is het zaak om de financiële heffing zo eenvoudig mogelijk te houden. Het regelen via de nominale premie van de verzekerden (eventueel in combinatie met een deel via de AWBZ) lijkt de meest voor de hand liggende optie. Dit lijkt financierings-technisch goed te realiseren.

#### 4.3.3 Toepassing financieringsmogelijkheden vanuit zorgspoor op scenario's

De procentuele verhoging van de premie, uitgaande van een solidaire bekostiging via de nominale premie (eventueel aangevuld met een deel via de AWBZ) is afhankelijk van de strategiekeuze en kan afgeleid worden door de genoemde bedragen in de tabellen 3-2, 3-3 en 3-4 te beschouwen in relatie tot de jaarlijkse opbrengsten van de premie (€37 miljard).

Opgemerkt wordt dat bij de strategieën waarbij geneesmiddelen verwijderd worden uit het totaal afvalwater bij instellingen of rwzi's, ook andere organische microverontreinigingen zoals bestrijdingsmiddelen, brandvertragers en weekmakers verwijderd worden. Door bekostiging voor verwijdering van geneesmiddelen vanuit het zorgspoor volgens het principe 'de vervuiler betaalt' worden de kosten voor verwijdering van de 'andere' organische microverontreinigingen op het zorgspoor afgewenteld.

#### 4.4 Samenvatting

Vanuit het waterspoor liggen bekostiging van verwijdering van geneesmiddelen via de zuiveringsheffing van de waterschappen of via de drinkwaterprijs van de waterbedrijven het meest voor de hand. Om grote regionale verschillen in zuiveringsheffing of drinkwaterprijs te voorkomen, kan overwogen worden de kosten van de daadwerkelijke aan te leggen zuiveringssystemen over alle waterschappen en/of drinkwaterbedrijven om te slaan. Omdat deze wijze afwijkt van de huidige wijze dienen deze mogelijkheid onderzocht te worden.

Vanuit het zorgspoor lijkt bij de keuze voor een solidaire oplossing het regelen via de nominale premie van de verzekerden (eventueel in combinatie met een deel via de AWBZ) de meest voor de hand liggende optie.

Ook een combinatie van bekostiging door de waterkant en de zorgkant is een optie die verder uitgewerkt zou kunnen worden. Een 'fonds' voor de bekostiging kan door verschillende partijen worden gevoed.

## 5 De context

### 5.1 Besluitvorming is afhankelijk van veel factoren

Technisch is het mogelijk het grootste deel van geneesmiddelen uit afvalwater te verwijderen met zuiveringstechnieken. De keuze óf en waar technische maatregelen genomen moeten worden, moet worden gezien in een context van factoren die mede een rol spelen bij de besluitvorming. Het betreft factoren aanvullend aan de aspecten die reeds in paragraaf 3.5 zijn genoemd<sup>13</sup>. In dit hoofdstuk worden de belangrijkste van deze factoren nader toegelicht.

### 5.2 Prioritering van maatregelen

In principe zijn alle betrokkenen het er over eens dat geneesmiddelen in het milieu ongewenst zijn. Aan het zuiveren van geneesmiddelen uit afvalwater zijn echter kosten verbonden en de vraag rijst dan of de kosten het nemen van maatregelen rechtvaardigen.

Prioritering van de maatregelen is mogelijk, naar vrachtreductie, naar concentratie in het ontvangende water of naar kwetsbaarheid van ontvangende watersystemen..

- Bronbenadering en vrachtbenadering  
Geneesmiddelen zijn milieuvreemde stoffen die niet horen in het milieu. Het milieubeleid gaat uit van het 'voorzorgsbeginsel' en het voorkomen van vervuiling. Hoe minder geneesmiddelen in het milieu terecht komen, hoe beter. Maatregelen dienen zich in eerste instantie te richten op de bron van de vervuiling (ladder van Lansink) en 'voorkomen is beter dan genezen' is dan ook de strekking van de beleidsbrief aan de Tweede Kamer uit 2007. In deze beleidsbrief is een aantal bronmaatregelen voorgesteld die ook al deels in gang gezet zijn (brief Tweede Kamer 2009), zoals Green Pharmacy (stimuleren van ontwikkeling van beter afbreekbare geneesmiddelen), voorlichting afgifte ongebruikte geneesmiddelen, doelmatig geneesmiddelengebruik, maar ook emissiereductie door inzet van zuiveringstechnieken bij bronnen van geneesmiddelen naar het afvalwater (vóór aansluiting op riolering). Wanneer bronmaatregelen niet haalbaar zijn of tot onvoldoende resultaat (zullen) leiden op de gewenste termijn kunnen ook end-of-pipe zuiveringstechnische maatregelen (bij de rwzi's) ingezet worden. Inzet van zuiveringstechnische maatregelen bij de bron of end-of-pipe komt niet in de plaats van de overige maatregelen maar moet in combinatie gezien worden met het nemen van de overige maatregelen. Hierbij speelt ook het aspect tijd waarin de maatregelen tot effect kunnen leiden een rol. Omdat bij de bron volledige reductie van geneesmiddelenemissie naar afvalwater niet mogelijk is, zal de inzet van zuiveringstechnieken altijd zinvol blijven.
- Concentratiebenadering en kwetsbaarheid van watersystemen  
Prioritering van maatregelen kan ook plaatsvinden op basis van een risicoreductie. Vanuit dit principe worden op die locaties technische maatregelen voorgesteld waar het risico door geneesmiddelenemissies naar het oppervlaktewater het grootst is. Dit zijn grote rwzi's die lozen op klein oppervlaktewater met bijzondere natuurwaarde of rwzi's die lozen op oppervlaktewater dat gebruikt wordt voor drinkwater.

Bij het bepalen van prioriteiten moet ook de afweging worden gemaakt hoe het nemen van maatregelen ter verwijdering van geneesmiddelen zich verhoudt t.o.v. andere maatregelen om de waterkwaliteit te verbeteren.

### 5.3 Aansluiten bij maatschappelijke ontwikkelingen

Landelijk zijn er initiatieven om anders om te gaan met afvalwaterstromen. De discussies over de waterketen van 2030 zijn in volle gang. Immers afvalwater wordt niet langer gezien als een verontreinigde stroom waar we vanaf moeten, maar wordt nu gezien als een bron van nutriën-

<sup>13</sup> Autonome verwijdering, bijvangst, mate van verdunning bepalend voor kosten, implementatietijd.

ten, energie en schoon water. Zo bieden *nieuwe sanitatiesystemen* (bijvoorbeeld gescheiden inzamelen van toiletstromen), die veelal geïntroduceerd worden vanwege energie- en nutriëntenterugwinning, mogelijkheden voor verwijdering van geneesmiddelen uit urine of andere gescheiden afvalwaterstromen (bijvoorbeeld zwart water).

In het Pharmafilterconcept<sup>14</sup> wordt de behandeling van het ziekenhuisafvalwater gecombineerd met de verwerking van zoveel mogelijk afbreekbare materialen die geïntroduceerd worden vanwege logistiek/organisatorische redenen. Verwijdering van geneesmiddelen uit een voorbehandelde afvalwaterstroom wordt hierdoor mogelijk gemaakt.

Door aan te sluiten bij de maatschappelijke ontwikkelingen en deze ook te stimuleren kan een behoorlijke reductie van geneesmiddelenemissies bereikt worden, zeker wanneer vanwege de hoge kosten van behandeling van de verdunde grote volumina maatregelen bij de rwzi niet haalbaar zijn.

#### 5.4 Aanvoer geneesmiddelen uit het buitenland

Jaarlijks komt binnen Nederland circa 11 ton geneesmiddelen via het effluent van rwzi's op het oppervlaktewater terecht. Dit getal is gebaseerd op metingen en is in werkelijkheid hoger omdat niet alle geneesmiddelen gemeten zijn. Jaarlijks komt via de Rijn bij Lobith een vracht geneesmiddelen (exclusief röntgencontrastmiddelen) het land binnen (Ter Laak et al, RIWA 2010) die ongeveer een factor drie hoger is. Deze vrachten kunnen niet geheel kwantitatief vergeleken worden omdat de analysepakketten van de monsters niet helemaal overeenkomen, maar geven wel een indicatie van de onderlinge verhouding van de vrachten in binnenland en uit buitenland. Zuiveringstechnische maatregelen om de kwaliteit van het oppervlaktewater te verbeteren moeten beschouwd worden in relatie tot de vracht die via de Rijn en de Maas het land binnenkomt. Daarbij moet in aanmerking worden genomen dat er concrete initiatieven zijn in Zwitserland om (een deel van) de rwzi's te voorzien van aanvullende zuiveringstechnieken en ook in Duitsland wordt het probleem in toenemende mate erkend en worden initiatieven genomen.

#### 5.5 Uitgangspunt onderzoek huidige kennis en ervaring

Bij de berekeningen van de te verwijderen vrachten geneesmiddelen bij de verschillende strategieën zijn kentallen gebruikt op basis van metingen bij ziekenhuizen, zorginstellingen en woonwijken. Tevens is de beschikbare kennis van technieken bij pilotsituaties geëxtrapoleerd naar grootschalige situaties. Er zitten onzekerheden in de gebruikte kentallen, o.a. vanwege beperkte analysemogelijkheden (zie ook bijlage 3). Toch wordt het als geoorloofd beoordeeld deze kentallen te hanteren omdat ze een onderlinge verhouding weergeven van de emissies vanuit de verschillende bronnen. Het gaat immers niet zozeer om de daadwerkelijke vrachten, maar eerder om een relatieve beoordeling. Het is voor deze studie ook niet relevant te focussen op individuele geneesmiddelen. Immers zuiveringstechnieken maken geen onderscheid tussen toxische geneesmiddelen en niet toxische geneesmiddelen. Evenmin is het voor de huidige studie relevant wat precies de zuiveringstechnische prestaties van de verschillende technieken zijn en de bijbehorende kosten, want ook hier gaat het om de onderlinge verhoudingen. Bij toepassing in specifieke situaties is een nadere detaillering gewenst.

#### 5.6 Röntgencontrastmiddelen

Bij de kentallen die gehanteerd zijn om vrachten geneesmiddelen te berekenen die bij zuiveringstechnische maatregelen verwijderd kunnen worden zijn röntgencontrastmiddelen niet meegenomen. De redenen hiervan is een combinatie van de volgende factoren:

- Röntgencontrastmiddelen zijn stoffen waarvan het grootste deel binnen 24 uur met name in ziekenhuizen wordt uitgescheiden, al hebben metingen aangetoond dat röntgencontrastmiddelen ook in het afvalwater van woonwijken voorkomen.
- De vracht röntgencontrastmiddelen in het afvalwater van ziekenhuizen is vele malen groter dan de vracht overige geneesmiddelen (circa 500 gram/persoon/jaar röntgencontrastmiddelen versus circa 24 gram/persoon/jaar overige geneesmiddelen).
- Röntgencontrastmiddelen zijn weinig toxisch voor het aquatisch ecosysteem, maar wel ongewenst in drinkwater.
- Röntgencontrastmiddelen worden nauwelijks verwijderd door zuiveringstechnieken die ingezet kunnen worden om de overige geneesmiddelen te verwijderen.

<sup>14</sup> www.pharmafilter.nl

De vracht röntgencontrastmiddelen die vanuit de ziekenhuizen in het influent van de rwzi's terecht komt wordt geschat op 25 ton per jaar. De vracht vanuit de woonwijken wordt geschat op 7 ton per jaar, al bestaat er grote onzekerheid over deze laatste vracht, omdat deze is berekend door extrapolatie van metingen bij slechts twee woonwijken. Een deel van deze contrastmiddelen wordt verwijderd door de rwzi's, maar ook voor de röntgencontrastmiddelen geldt evenals voor de overige geneesmiddelen dat het verwijderingspercentage sterk varieert per middel. Geschat wordt dat in totaal circa 13 ton röntgencontrastmiddelen via het effluent van de rwzi's op de Nederlandse oppervlaktewateren terecht komt. De vracht röntgencontrastmiddelen die via de Rijn vanuit Duitsland bij Lobith ons land binnenkomt wordt geschat op circa 5 maal zoveel.

Het is niet mogelijk röntgencontrastmiddelen met reguliere zuiveringstechnieken uit afvalwater te verwijderen. Om toch emissie van röntgencontrastmiddelen naar het milieu te reduceren zou kuurspecifieke inzameling van de urine tot 48 uur na toediening een goede maatregel kunnen zijn..

## 6 Conclusies en aanbevelingen

### 6.1 Huidige kennis en ervaring

Voor het opstellen van dit rapport is uitgegaan van de huidige, beschikbare kennis en ervaring. Er bestaan op dit moment nog onzekerheden over geneesmiddelen in afvalwater. Zo is er een indicatie welke geneesmiddelen in welke hoeveelheden in het afvalwater voorkomen, maar ook is bekend dat hierbij geneesmiddelen gemist worden aangezien niet alle stoffen en hun metabolieten aangetoond en/of gemeten kunnen worden. Ook de zuiveringstechnieken voor de verwijdering van geneesmiddelen uit afvalwater bevinden zich nog in de pilotfase. Daardoor kan nog niet met zekerheid worden gesteld welke verwijderingsrendementen in de praktijk kunnen worden gehaald en welke technieken met welke kosten en met welke opbrengst daadwerkelijk geïmplementeerd kunnen worden.

Op basis van de ervaringen in gebiedsstudies, pilots en wetenschappelijk onderzoek kunnen echter wel inschattingen worden gemaakt voor te behalen zuiverings- en milieurendementen, kosten en risico's. Getallen, onderbouwingen en afwegingen zijn gebaseerd op deze studies en op expert judgement, onder andere van de begeleidingsgroep. De bandbreedte in de gepresenteerde berekeningen is zodanig dat het maken van beleidsmatige keuzes op basis van deze feiten gerechtvaardigd is.

### 6.2 Overkoepelende conclusies

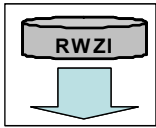
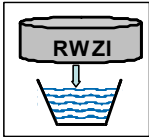

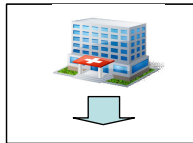
- Het is goed mogelijk op basis van de thans beschikbare gegevens over emissies, beschikbare technieken en kosten afwegingen te maken en besluiten te nemen over de inzet van zuiveringstechnieken ter reductie van geneesmiddelen naar het oppervlaktewater;
- De vele omgevingsfactoren maken besluitvorming complex; genoemd kunnen worden: overige acties uit de beleidsbrief aan de Tweede Kamer uit 2007, milieubelasting vanuit het buitenland, afstemming met het buitenland en de aanwezigheid van andere organische microverontreinigingen in afvalwater.

### 6.3 Samenvattende conclusies

#### 6.3.1 Strategieën

Er zijn vier strategieën onderscheiden, zie Tabel 6-1.

Tabel 6-1 Overzicht vier strategieën

				
<b>omschrijving</b>	verwijdering bij rwzi's, prioritering op basis <b>vrachtbenadering</b> : met name de grootste rwzi's aanpakken om de emissie naar het milieu maximaal te reduceren	verwijdering bij rwzi's, <b>concentratiebenadering</b> : met name die rwzi's aanpakken die grote vrachten lozen op gevoelig oppervlaktewater met geringe verdunning vanuit het principe dat toxische effecten evenredig zijn met de concentratie van stoffen	verwijdering van geneesmiddelen uit separaat verzamelde <b>urine</b> bij ziekenhuizen, verzorgingshuizen en woonwijken	Verwijdering van geneesmiddelen uit <b>totaal afvalwater</b> bij <b>ziekenhuizen</b>
<b>voordelen</b>	naast geneesmiddelen worden ook andere organische microverontreinigingen verwijderd.  de technieken kunnen op korte termijn ingezet worden	naast geneesmiddelen worden ook andere organische microverontreinigingen verwijderd.  de technieken kunnen op korte termijn ingezet worden	relatief geconcentreerde beperkte volumes, waaruit geneesmiddelen tegen relatief lage kosten verwijderd kunnen worden  herwinning nutriënten uit urinestroom mogelijk	biedt mogelijkheid op korte termijn vanuit maatschappelijke verantwoordelijkheid iets bij ziekenhuizen aan emissiereductie van geneesmiddelen te doen, ook bij waterstromen die op een andere manier gemengd worden en zeker wanneer urinescheiding niet haalbaar is  Maakt aansluiting bij andere duurzame maatschappelijke ontwikkelingen mogelijk. Naast geneesmiddelen worden ook andere organische micro- en/of bacteriologische verontreinigingen verwijderd
<b>nadelen</b>	de geneesmiddelen worden verwijderd in grote volumes sterk verdund water. De kosten van verwijdering zijn evenredig met het te behandelen volume.	de geneesmiddelen worden verwijderd in grote volumes sterk verdund water. De kosten van verwijdering zijn evenredig met het te behandelen volume.	afhankelijk van aanleg urinescheidingsssystemen. Alleen realistisch bij nieuwbouw. Hoogste rendement te verwachten vanuit ziekenhuizen en zorginstellingen (totaal vanuit deze bronnen circa 6% vrachtreductie mogelijk)  lange realisatietijd (40-100 jaar) alleen geneesmiddelenverwijdering, geen verwijdering andere organische microverontreinigingen	de geneesmiddelen worden verwijderd in grotere volumes (ca 20x) dan bij urinescheidingsssystemen. De kosten van verwijdering zijn evenredig met het te behandelen volume. Geringe vrachtreductie mogelijk vanuit ziekenhuizen (3,5%).



## 6.3.2 Kosten en financieringsmogelijkheden

**Kosten**

De kosten van verwijdering van geneesmiddelen door toepassing van zuiveringstechnieken zijn sterk afhankelijk van de te kiezen strategie (zie Tabel 6-2).

**Tabel 6-2. Overzicht plaats en kosten van verschillende strategieën**

waar?	kosten € miljoen / jaar Inzet alleen actief kool- Ozon+ actiefkool	Verwijdering geneesmiddelen kg/jaar Inzet alleen actief kool*- Ozon+ actiefkool in kg/jaar en %	Opmerkingen
<b>Strategie 1. Vrachtbenadering bij rwzi's</b>			
Alle rwzi's (353 stuks)	570-820	6800-8700 60-77 %	Bij de rwzi's waar de technieken maximaal worden ingezet (ozon+ actief kool) verdubbelen globaal de zuiveringskosten (meerkosten € 0,50/m <sup>3</sup> ); lagere kosten met minder vergaande verwijdering is mogelijk, bijvoorbeeld alleen actief kool (meerkosten € 0,35/m <sup>3</sup> of nog lager met minder vergaande verwijdering zoals in Zwitserland); implementatie op korte termijn mogelijk (2-5 jaar).
> 50.000 i.e.** (117 stuks)	450-640	5300-6800 47-60 %	
> 100.000 i.e. (56 stuks)	330-470	3900-5000 34-44 %	
> 200.000 i.e. (22 stuks)	200-280	2400-3000 21-27 %	
> 300.000 i.e. (11 stuks)	130-180	1500-2000 13-17 %	
> 400.000 i.e. (4 stuks)	80-120	1000-1200 8-11 %	
<b>Strategie 2. Concentratiebenadering bij rwzi's</b>			
Alleen rwzi's lozend op klein oppervlakewater ***	170-250	2000-2500 18-23 %	
<b>Combinatiestrategie 1 en 2</b>			
Verwijdering bij rwzi's > 100.000 i.e. lozend op klein oppervlakewater (16 stuks)	91-130	1100-1400 10-12 %	
verwijdering bij rwzi's > 200.000 i.e die lozen op kleine wateren (7 stuks).	50-75	600-800 kg/jaar 5-7 %	
<b>Strategie 3: verwijdering uit urine, waarden gelden bij volledige implementatie</b>			
verwijdering uit urine bij ziekenhuizen	0,15- 0,2	170-220 kg/jaar 1,5-2 %	Volledige implementatie vraagt circa 40 jaar
verwijdering uit urine bij zorginstellingen	0,6-0,8	190-250 kg/jaar 1,5-2 %	Volledige implementatie vraagt circa 40 jaar
verwijdering uit urine bij woonwijken	12-17	4000-5000 kg/jaar 34-44 %	Volledige implementatie vraagt minimaal 100 jaar
<b>Strategie 4: verwijdering uit totaal afvalwater bij ziekenhuizen, waarden gelden bij volledige implementatie</b>			
verwijdering bij ziekenhuizen uit totale afvalwater	15-22	300-400 kg/jaar 2,5-3,5 %	implementatie op korte termijn mogelijk (2-5 jaar)

\* In de huidige situatie wordt 65% van de totaalvracht geneesmiddelen die in het influent van een rwzi terecht komt verwijderd. Zonder inzet zuiveringstechnieken is de jaarlijkse vracht humane geneesmiddelen in het effluent van rwzi's circa 11 ton. De weergegeven verwijderde kg humane geneesmiddelen betreft de kg geneesmiddelen die extra worden verwijderd ten opzichte van deze huidige situatie. Het weergegeven percentage is het percentage verwijdering van de vracht in het effluent van rwzi's ten opzichte van de huidige situatie.

\*\* i.e. = inwonerequivalent, hoeveelheid afvalwater met vuilnis die aan een inwoner is toegekend.

\*\*\* op basis van expert judgement bij de beoordeling van de ontvangende wateren is bepaald wat kleine wateren zijn. Dit dient nader onderzocht te worden in overleg met waterschappen. Ook is relevant welke van deze kleine wateren kwetsbare wateren zijn in relatie met natuurwaarden of voor de drinkwatervoorziening.

### Financieringsmogelijkheden

De financiering van zuivering van geneesmiddelen kan in principe plaatsvinden vanuit twee invalshoeken:

- De waterkant (probleembezitter)
- De zorgkant (vervuiler).

Vanuit het waterspoor liggen bekostiging via de zuiveringsheffing van de waterschappen of via de drinkwaterprijs van de waterbedrijven het meest voor de hand. Om grote regionale verschillen in zuiveringsheffing of drinkwaterprijs te voorkomen, kan overwogen worden de kosten van de daadwerkelijk aan te leggen zuiveringssystemen over alle waterschappen en/of drinkwaterbedrijven om te slaan, vanuit een solidariteitsprincipe en vanuit de gedachte dat schoon water een landelijk belang is. Omdat deze wijze afwijkt van de huidige financieringswijze dient deze mogelijkheid nader onderzocht te worden.

Vanuit het zorgspoor lijkt op grond van het principe 'de vervuiler betaalt' bij de keuze voor een solidaire oplossing het regelen via de nominale premie van de verzekerden (eventueel in combinatie met een deel via de AWBZ) de meest voor de hand liggende optie. Bij zuivering van geneesmiddelen uit totaalafvalwater bij instellingen of rwzi's worden ook andere organische microverontreinigingen verwijderd. De kosten voor verwijdering van deze 'andere' verontreinigingen worden bij bekostiging vanuit het zorgspoor afgewenteld op de zorgsector.

Ook een combinatie van waterspoorbekostiging en zorgspoorbekostiging is een optie die verder uitgewerkt zou kunnen worden. Een 'fonds' voor de bekostiging kan door verschillende partijen worden gevoed.

### 6.3.3 Context

Bij de besluitvorming spelen de volgende aspecten een rol:

- De totale vracht geneesmiddelen vanuit het effluent van de rwzi's naar het oppervlaktewater bedraagt circa 11 ton/jaar. Via de Rijn komen jaarlijks bij Lobith circa drie maal zoveel geneesmiddelenresten ons land binnen (beide exclusief röntgencontrastmiddelen). Dit betreft de gemeten middelen. Veel geneesmiddelen en de omzettingsproducten zijn niet gemeten en in werkelijkheid zijn deze vrachten dus groter. Er zijn concrete initiatieven in Zwitserland om (een deel van) de rwzi's te voorzien van aanvullende zuiveringstechnieken en ook in Duitsland wordt het probleem in toenemende mate erkend en worden initiatieven genomen.
- De totale vracht röntgencontrastmiddelen vanuit het effluent van de rwzi's naar het oppervlaktewater bedraagt circa 13 ton/jaar. De vracht röntgencontrastmiddelen die via de Rijn vanuit Duitsland bij Lobith ons land binnenkomt wordt geschat op circa 5 maal zoveel. Röntgencontrastmiddelen worden slecht verwijderd door de zuiveringstechnieken die ingezet kunnen worden voor verwijdering van de humane geneesmiddelen.
- De berekende vrachten kennen hun beperkingen vanwege beperkingen in analysepakketten, detectiegrenzen, matrixeffecten van afvalwater etc. De geneesmiddelen die in de analysepakketten voorkomen zijn wel de geneesmiddelen die in de grootste hoeveelheden worden ingenomen en waarvan de vrachten in het effluent van de rwzi's het grootst zijn.
- Door de toenemende vergrijzing neemt het geneesmiddelengebruik alleen maar toe en zonder extra maatregelen zal de emissie van geneesmiddelen naar het oppervlaktewater ook toenemen.
- Er is beperkte kennis over toxicologische effecten van geneesmiddelen. Zeker is dat er effecten zijn aangetoond, zoals veranderde geslachtskenmerken, populatieomvang, nierschade etc. Emissiereductie van geneesmiddelen naar het oppervlaktewater is niet kwantitatief te vertalen naar een verbetering van het ecosysteem.
- In het effluent van rwzi's komen ook andere organische microverontreinigingen voor die nadelig zijn voor het aquatisch ecosysteem. De vrachten van deze 'andere' verontreinigingen zijn vele malen groter (> 10 maal) dan de vrachten geneesmiddelen in het effluent van rwzi's. Met aanvullende zuivering van afvalwater voor de verwijdering van geneesmiddelen worden deze 'andere' verontreinigingen ook verwijderd met het zelfde zuiveringsrendement.
- Er zijn maatschappelijke ontwikkelingen die een verandering in de waterketen voorstaan. Zo kunnen bijvoorbeeld verschillende afvalstromen gescheiden worden, om optimaal de 'waar-

de' van afvalwater zoals energie, nutriënten en schoon water te kunnen hergebruiken: 'nieuwe sanitatie'. Ook zijn er ontwikkelingen bij ziekenhuizen om de afvalwaterstroom te combineren met andere afvalstromen. Deze maatschappelijke ontwikkelingen kunnen worden gestimuleerd zodat hierbij kan worden aangesloten om geneesmiddelen te verwijderen.

#### 6.4 Aanbevelingen

Afhankelijk van de te kiezen (combinatie van) strategieën dient een aantal zaken nog nader uitgezocht te worden:

- Nader onderzoek naar het gedrag en effect van geneesmiddelen in zoet en zout water (veel grote zuiveringen lozen naar de zee) zoals onderzoek naar:
  - ecotoxicologische effecten van geneesmiddelen in oppervlaktewater;
  - afbraak van geneesmiddelen in oppervlaktewater en in zee? (Hoe erg is het lozen van een grote vracht geneesmiddelen die uiteindelijk via ongevoelige wateren in zee terecht komt?);
- Verder uitwerken van het onderscheid van oppervlaktewateren naar verdunning en natuurwaarde: wat zijn grote wateren en kleine wateren, wat is de verdunningsfactor van het effluent in deze wateren en welke kleine en grote oppervlaktewateren zijn gevoelig qua functie (natuurwaarde en bron voor drinkwater)? Dit onderdeel is ook relevant voor de emissie van andere microverontreinigingen in het effluent van rwzi's;
- De vertaling van de landelijke conclusies naar een specifieke locatie onderbouwen met een lokale gebiedsanalyse naar de opbouw van de zuiveringskring en de ontvangende wateren. Op die manier kan vastgesteld worden wat de bijdrage is van locatiespecifieke maatregelen in het specifieke gebied;
- Ontwikkelen van een aparte methodiek voor verwijdering van röntgencontrastmiddelen, zoals kuurspecifieke inzameling: urine met röntgencontrastmiddelen opvangen en verzamelen gedurende minimaal 48 na toediening;
- Nadere juridische uitwerking financieringsstructuren.

# **Bijlage 1**

## Begeleidingscommissie

**Begeleidingscommissie:**

- Direct betrokkenen:
  - Ministeries van VROM;
  - Ministerie van V&W;
  - Ministerie van VWS;
  - Unie van Waterschappen;
  - LUMC;
  - GGZ Nederland.
- Indirect betrokkenen:
  - VEWIN;
  - CBG;
  - Ministerie van LNV;
  - Bogin (Bond van generieke geneesmiddelenindustrie in Nederland);
  - Nefarma (Vereniging innovatieve geneesmiddelen Nederland).
- Kennisdragers:
  - STOWA (Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer);
  - Waterdienst (Rijkswaterstaat);
  - RIVM;
  - MPZ (Milieuplatform ZORG).

## **Bijlage 2**

Schriftelijke reactie betrokken partijen

bogin



INGEKOMEN 26 MEI 2011

BOND VAN DE GENERIEKE  
GENEESMIDDELENINDUSTRIE  
NEDERLAND

Grondmij Nederland B.V.  
T.a.v. Mevr. L. Vergouwen  
De Molen 48  
3994 DB Houten

Betreft: Eindrapport Zuivering geneesmiddelen uit afvalwater

Den Haag, 23 mei 2011

Geachte Mevr. Vergouwen,

De Bogin wil gaarne naar aanleiding van het bovengenoemde toegezonden eindrapport "Zuivering geneesmiddelen uit afvalwater" nog de volgende opmerkingen en kanttekeningen maken. Hierbij verwijst de Bogin ook naar eerste reactie per brief van 31 januari 2011 op de concept versie van het rapport.

In eerste instantie wil de Bogin aangeven dat de diverse vergaderingen in een goede sfeer zijn verlopen en dat er open met elkaar van gedachten is gewisseld. De discussies waren zakelijk en inhoudelijk gericht. Duidelijk werd echter al snel dat de problematiek die werd besproken meer aspecten had dan alleen het geneesmiddelengebruik en afvalwater. Met name de punten die wel bediscussieerd zijn maar buiten de afbakening van het project vielen, zoals het gebruik van bijvoorbeeld diergeneesmiddelen, bestrijdingsmiddelen, weekmakers, brandvertragers en bacteriologische aspecten bleken toch een wezenlijke rol te spelen in de beoogde aspecten van de zuivering van afvalwater en de doelstelling van het zo zuiver mogelijk lozen van afvalwater in het milieu. Dat die punten buiten het project vallen is jammer en zou gezien het belang daarvan een integraal onderdeel van de analyse en mogelijk plan van aanpak moeten uitmaken.

Ten tweede is ook de Europese dimensie essentieel. Duidelijk is dat naast de vracht door Nederlands gebruik er ook sprake is van het feit dat drie maal zoveel geneesmiddelenresten ons land binnenkomen via de Rijn. Voor Röntgencontrastmiddelen is dat zelfs 5 maal zoveel. Dit gegeven onderstreept het punt dat nadrukkelijk telkenmale door de Bogin naar voren is gebracht dat elk plan van aanpak alleen zinvol is als dat plaatsvindt in het kader van een Europese benadering en aanpak. Gelijktijdig vindt er ook in Europese Unie een discussie over dit onderwerp plaats en het is daarom niet alleen logisch maar ook essentieel dit vraagstuk vanuit een Europese visie aan te pakken.

Daarnaast is er nog discussie over een ontbrekende gegevens over technische aspecten met betrekking tot mogelijke zuiveringsdoelen en -technieken. Op dit moment zijn er geen normen voor medicijnen in het oppervlakte water. De mogelijke risico's zijn nog onvolledig in kaart gebracht,

EGA  
European Generic  
Medicines Association

Jan Pieterszoon Coenstraat 7 • 2595 WP Den Haag • Telefoon: 070 - 799 92 37 • Fax: 070 - 799 93 70  
E-mail: bogin@planet.nl • www.bogin.nl  
Bank: ABN 54.02.69.158 • K.v.K Utrecht: 40480847 • BTW nummer: 008753106B01



ondanks het feit dat er over de effecten, waaronder de toxicologische effecten, van geneesmiddelen veel bekend is in de registratie dossiers. De Bogin is van mening dat de problematiek in kaart moet worden gebracht en dat de wens om de belasting door geneesmiddelen te verminderen zich moet baseren op duidelijkere gegevens over de effecten op en belasting van het milieu. Dit is een voorwaarde voor een goede afweging van de kosten-baten balans. Zoals eerder gesteld is het logisch, gezien ook de gestarte Europese discussie, dit in Europees kader te doen.

Geconcludeerd wordt dat een combinatie van adsorptie met oxidatie een hoog verwijderingspercentage realiseert. Het is echter nog niet duidelijk wat de effecten van de zuiveringstechniek middels oxidatie zijn. Het is belangrijk dit nader te onderzoeken alvorens een besluit over inzetten van oxidatie mogelijk is.

Ook is het van belang welke rol de bijvangst speelt in het kader van zuivering, zowel vanuit het oogpunt van de kosten-baten afweging als vanuit het punt op welke wijze de financiering zou kunnen plaatsvinden. Met betrekking van de benadering van de problematiek van de Röntgencontrastmiddelen is mogelijk een specifieke benadering meer effectief, met name omdat daarvoor andere technieken noodzakelijk zijn.

Voor wat de kosten aspecten betreft merkt de Bogin het volgende op:

In de diverse vergaderingen is uitgebreid gediscussieerd over de mogelijkheden van financiering via het waterspoor en het zorgspoor. De Bogin heeft duidelijk gemaakt dat financiering via het zorgspoor niet voor de hand ligt. De opties genoemd in 4.3 zijn niet haalbaar aangezien dat op veel praktische bezwaren en uitvoeringsbezwaren stuit. Bijvoorbeeld de conclusie dat mogelijke financiering via een afslag per geneesmiddel zou kunnen plaatsvinden niet logisch. Er wordt opgemerkt dat dit complex maar haalbaar. Onderbouwing ontbreekt echter. Daarnaast is deze benadering vanwege de internationale aspecten van de geneesmiddelenvoorziening geen logische oplossing. Maar ook het feit, zoals hierboven aangegeven, de overige effecten van zuivering van afvalwater, die eveneens belangrijk kunnen zijn maken een financiering via het zorgspoor onlogisch. Het feit dat ook een belangrijke Europese component meespeelt, dat nog eens het belang van een Europese benadering benadrukt naast het feit dat mogelijke nationale kosten op basis van solidariteit zouden moeten worden versleuteld versterkt deze conclusie. Het al bestaande traject via de waterzuivering ligt dan veel meer voor hand en is ook administratief eenvoudiger. Dat wordt ook in 6.3.2 aangegeven. Omdat solidariteit als uitgangspunt belangrijk is, lijkt de genoemde optie over een omslag over alle waterschappen/drinkwaterbedrijven een logische gedachte.

De Bogin heeft nog de volgende opmerkingen met betrekking tot de conclusies en aanbevelingen:

In hoofdstuk 6 worden de vier genoemde strategieën naast elkaar behandeld. Elke strategie heeft een verschillende resultante en verschillende hoogte van de kosten. Echter voor een besluitvorming is het noodzakelijk over meer gegevens te beschikken, gegevens die, zoals hiervoor aangegeven nog niet of niet voldoende beschikbaar zijn. Ook in punt 6.3.3 is dit duidelijk geformuleerd.





In 6.4 zijn de aanbevelingen samengevat, de Bogin wil daar nog het volgende puntsgewijs over opmerken:

1. De afbakening van het project en de nog bestaande onzekerheden over alle effecten van het zuiveringsproces, met name de oxidatieve zuivering, en het feit dat sommige geneesmiddelen onder de huidige detectie grens liggen zouden duidelijker in de slotconclusie naar voren moeten komen. Bij een benadering van mogelijke oplossingen speelt dat een grote rol en moet dat dus meegewogen worden. Ook is nog te weinig bekend over de effecten van geneesmiddelen op het ecosysteem, ondanks het feit dat er wel veel bekend is van effecten op dieren en mensen via de onderzoeken die deel uitmaken van het registratie dossier van een geneesmiddel. Er is dus meer onderzoek noodzakelijk alvorens besluiten kunnen worden genomen.
2. Het afbakenen van het project door uitsluiting van bv diergeneesmiddelen, bestrijdingsmiddelen, brandwerende middelen, weekmakers, bacteriologische aspecten en de bijvangst gaat voorbij aan het belang van die aspecten in het kader van waterzuivering. Een bredere aanpak zou aanbeveling verdienen. En dat zou ook een rol moeten spelen bij de financiering.
3. In de reacties maar ook de discussies in de werkgroep is besproken dat financiering via het zorgspoor niet voor de hand ligt. In het rapport wordt ook aangegeven dat dat lastig te is realiseren. Dit punt is al eerder in deze brief aan de orde gesteld. Naar de mening van de Bogin is het waterspoor, ook gezien bovenstaande feiten, een logische benadering en zou dat, rekening houdend met de overige punten, verder onderzocht moeten worden.
4. Een essentieel punt dat de Bogin en meerdere partijen naar voren hebben gebracht, en ook al in de eerder gerefereerde brief van de Bogin is genoemd, wordt gemist in de aanbevelingen. De benadering van de zuivering van geneesmiddelen uit afvalwater móet vanuit een Europese aanpak plaatsvinden. Niet alleen omdat een grote vracht via de grote rivieren ons land binnenkomt, maar ook omdat gelijktijdig deze materie ook op Europees niveau wordt besproken en naar verwachting leidt tot een Europese aanpak. Het zou dan ook sterk de voorkeur verdienen dat een aanpak op Europese basis wordt benaderd en dat dit punt in de aanbevelingen wordt opgenomen.
5. De eventuele kosten moeten op basis van solidariteit worden opgebracht door de samenleving.

Indien er nog verdere toelichting gewenst is zijn wij gaarne bereid u die te geven.

Met vriendelijke groet,

Drs. P.F. Bongers  
Voorzitter Bogin

**Reactie van Nefarma op de concept eindrapportage Zuivering geneesmiddelen uit afvalwater**  
(in opdracht van het huidige ministerie van Infrastructuur & Milieu opgesteld door Grontmij Nederland B.V.;  
concept eindrapportage van 13 januari 2011)

#### Samenvattend commentaar

- Het probleem vereist nader onderzoek om tot effectieve aanpak te komen
- Het is te vroeg voor beleidsconclusies, met inbegrip van financieringsrichtingen
- Alleen Europa-brede aanpak zal effectief zijn
- Sluit aan op komende Europese wetgeving
- Focus op waterkwaliteit als geheel, niet op invloed van alleen geneesmiddelen
- Geneesmiddelen is een containerbegrip: differentiatie is gewenst
- Economische afwegingen moeten deel zijn van de oplossingsrichting

Dit is een reactie op hoofdlijnen. Een gedetailleerd commentaar kan pas worden gegeven als de kennislacunes zijn opgevuld. Juist vanwege die lacunes is het niet verantwoord om op basis van deze beperkte eindrapportage beleid te ontwikkelen, met inbegrip van financieringsconsequenties. Verder onderzoek is noodzakelijk.

Het uiteindelijke doel moet zijn: beperken van alle ongewenste microverontreinigingen. Geneesmiddelen vormen slechts een klein deel hiervan.

#### Achtergrond en aanleiding

Het ministerie van Infrastructuur & Milieu (voorheen VROM) onderzoekt de mogelijkheid om de aanwezigheid van (resten van) geneesmiddelen in het afvalwater te beperken. Naast de 'nut-en-noodzaak-discussie' draait het daarbij ook om de vraag of de kosten opwegen tegen de baten én moet worden bekeken waar een eventuele rekening komt te liggen.

Hierbij is het van belang het uitgangspunt<sup>1</sup> nog even te noemen: "De aanleiding van deze brief vloeit voort uit de signalen die vanuit de wetenschap, het beleid en de maatschappij tot ons komen. Deze signalen geven aan dat er onzekerheid is en in bepaalde mate ook een angst bestaat ten aanzien van de aanwezigheid van (dier)geneesmiddelen in oppervlaktewater en de betekenis daarvan voor het milieu, de mens en het bereiden van schoon drinkwater".

In de afgelopen maanden heeft een begeleidingsgroep onder begeleiding van Grontmij onder leiding van het ministerie en bestaande uit vertegenwoordigers van alle betrokken geledingen (waaronder ook Nefarma) gesproken over de aanpak van dit gepercipieerde dan wel potentiële toekomstige probleem.

#### Aandachtspunten

Graag brengt Nefarma de volgende belangrijke zaken onder de aandacht, zoals dat ook in de begeleidingsgroep is gebeurd.

#### *Verder inzicht in het probleem*

Een (kosten)effectieve aanpak vereist volstrekte duidelijkheid over de aard en omvang van de problematiek. Die is er nog niet. Er dient een antwoord te zijn op de basisvraag: in welke mate is sprake van een probleem voor mens, dier en/of milieu. Daartoe dient meer fundamenteel onderzoek plaats te vinden. Dat kan aangeven of en in welke richting grote investeringen noodzakelijk zijn. Daarbij is het wenselijk de kosteneffectiviteit van maatregelen mee te wegen.

#### *Europa-brede aanpak is voorwaarde*

Water houdt zich niet aan landsgrenzen. Net als bij veel andere kwesties die zich afspelen in onze leefomgeving, beperkt een probleem en dus de oplossing zich niet tot onze landsgrenzen. Er komt een enorme stroom van ongewenste producten uit het buitenland ons land binnen. Deze instroom overtreft de Nederlandse hoeveelheden met meer dan een factor 3.

Alleen een Europa-brede aanpak kan effectief zijn. Een belangrijk deel van het Nederlandse drinkwater komt uit Rijn en Maas, waarin de aantallen, soort en hoeveelheden verontreinigingen onafhankelijk zijn van de aanpak van rioolwaterzuiveringsinstallaties in Nederland. Dit wordt weliswaar in de concept eindrapportage benoemd (onder 5.3 *Aanvoer geneesmiddelen uit het buitenland*), maar verdient een veel nadrukkelijker plaats in de conclusies en aanbevelingen van het rapport.

#### *Aansluiting op (in ontwikkeling zijnde) Europese regelgeving*

- o Voor alle nieuwe geneesmiddelen zijn farmaceutische bedrijven nu al verplicht een zogeheten Environmental Risk Assessment uit te voeren. De belangrijkste resultaten daarvan staan in de openbare beoordelingsrapporten (European Public Assessment Reports) van de European Medicines Agency (EMA), de Europese toelatingsautoriteit. De uitkomst van de Environmental Risk Assessment wordt echter niet meegewogen in de overweging om een geneesmiddel al dan niet toe te laten tot de markt. Dit in verband met het grote belang van geneesmiddelen voor de volksgezondheid. Dit sluit aan bij de randvoorwaarden zoals genoemd in de brief van de Staatssecretaris van VROM van 21 februari 2007 aan de Tweede Kamer<sup>2</sup>: "Randvoorwaarden hierbij zijn dat dit niet ten koste mag gaan van gezondheid van dier of mens en niet vergezeld mag gaan met extra hoge kosten voor de maatschappij".

- o De Europese Commissie gaat in samenwerking met de Europese lidstaten een rapport opstellen over aard en omvang van het probleem. Er zullen aanbevelingen worden gedaan of Europese regelgeving moet worden aangepast: "The Commission should, based, inter alia, on data received from the Agency, the European Environment Agency, and Member States, produce a report on the scale of the problem, along with an assessment on whether amendments to Union legislation on medicinal products for human use or other relevant Union legislation are required."<sup>3</sup> Het is raadzaam de conclusies vanuit Europa mee te nemen in de besluitvorming in Nederland.
- o De zogenoemde Water Framework Directive<sup>4</sup> wordt op dit moment herzien. Nederlandse wet- en regelgeving moet hier uiteraard op aansluiten. Het is verstandig te wachten op de definitieve tekst van de richtlijn.

#### **Economische aspecten**

Een geïsoleerde Nederlandse aanpak heeft niet alleen uit milieu- en gezondheidszorgpunt beperkt effect, het leidt bovendien tot een lastenverzwaring voor burgers en bedrijven. Daarmee kan een Nederlandse maatregel leiden tot een ongelijk Europees speelveld voor bedrijven. Dat schaadt de internationale concurrentiepositie van ons land.

#### **Doel moet zijn: beperking van alle ongewenste stoffen**

Inspanningen, kosten-batenanalyses en investeringen moeten gericht zijn op het waar noodzakelijk en mogelijk beperken van alle ongewenste producten in het aquatisch milieu. Een specifieke focus op alleen geneesmiddelen is ineffectief en inefficiënt. In de regel gaat het slechts om "bijvangst".

Voorbeelden van ongewenste producten zijn gewasbeschermingsmiddelen, weekmakers, brandvertragers, personal care products en resten van (dier)geneesmiddelen, nog afgezien van natuurlijke menselijke (vrouwelijke) hormonen die het gevolg zijn van de normale werking van het menselijk lichaam en die via de urine in het milieu komen.

De hoeveelheden geneesmiddelen voor menselijk gebruik zijn slechts een zeer beperkt onderdeel van de problematiek. Een eerste inventarisatie leert dat tegenover 1000 ton per jaar aan ongewenste microverontreinigingen een bescheiden 30 ton voor rekening komt van geneesmiddelen<sup>5</sup>, zo'n 3%.

Omdat de gesuggereerde maatregelen in de concept eindrapportage betrekking hebben op alle ongewenste microverontreinigingen, ligt het voor de hand de financiering niet via het zorgspoor te laten vertopen.

#### **Geen financiering via U-bochtconstructie**

Het rapport vermeldt niet dat financiering via het zorgspoor per definitie tot grotere overhead en daarmee tot hogere kosten leidt dan financiering via het waterspoor. In de begeleidingscommissie is dit besproken. Het bevreemdt dan ook dat dit aspect in het rapport ontbreekt.

Het waterspoor heeft een bestaand, simpel en efficiënt mechanisme om deze kosten door te rekenen. Het eventueel aan de kant van het zorgspoor innen van gelden voor financiering van maatregelen in het waterspoor om deze vervolgens te moeten omleiden naar het waterspoor, leidt onvermijdelijk tot extra kosten. Daarom is financiering via het zorgspoor ongewenst.

#### **Geneesmiddelen vormen niet één groep**

Elk geneesmiddel staat op zichzelf en heeft specifieke eigenschappen. Geneesmiddelen vormen niet één totale groep. Tussen individuele geneesmiddelen kunnen immers enorme verschillen bestaan. Daarbij gaat het bijvoorbeeld om de concentraties en hoeveelheden die het aquatisch milieu bereiken, of ze al dan niet gevolgen hebben voor het milieu, de aard en relevantie van die gevolgen, maar ook om de persistentie in het gebruik.

#### **Bandbreedte: omvang van gepercipieerd probleem is niet duidelijk**

De concept eindrapportage stapelt (weliswaar noodgedwongen door gebrek aan betrouwbare gegevens) aanname op schatting op raming. Wat ontbreekt in de rapportage is een schatting van de totale bandbreedte: hoe groot is het verschil tussen de laagste en de hoogste raming?

#### **Het middel mag niet erger zijn dan de kwaal**

De klinische en toxicologische effecten van geneesmiddelen en hun afbraakproducten (metabolieten) zijn uitgebreid getest bij proefdieren, vrijwilligers en grote groepen patiënten. Dit laatste zowel in onderzoek voorafgaand aan de toelating tot de markt als bij daadwerkelijk gebruik door enorme aantallen patiënten in de klinische praktijk van alledag. Hierbij zijn over lange termijn hoeveelheden en concentraties van geneesmiddelen onderzocht en opgevolgd die de concentraties in het milieu met vele factoren tien overtreffen. Over de mogelijke gevaren van het toepassen van technieken om resten van geneesmiddelen uit het water te verwijderen, is daarentegen weinig tot niets bekend. Sommige van die technieken kunnen stoffen produceren die in ieder geval in potentie veel gevaarlijker zijn voor milieu en mens. Dit betreft zowel acute als chronische giftigheid. Het moet onomstotelijk vaststaan dat het middel niet erger is dan de kwaal voordat het wordt ingezet.

---

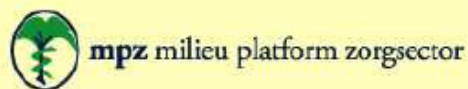
<sup>1</sup> Tweede Kamer (2007). Rapportage VROM aan Tweede Kamer over voortgang en acties werkgroep (dier)geneesmiddelen en watermilieu; vergaderjaar 2006-2007, 28 808, nr. 39, 21 februari 2007

<sup>2</sup> Tweede Kamer (2007). Rapportage VROM aan Tweede Kamer over voortgang en acties werkgroep (dier)geneesmiddelen en watermilieu; vergaderjaar 2006-2007, 28 808, nr. 39, 21 februari 2007

<sup>3</sup> Directive 2010/84/EU of the European Parliament and of the Council of 15 December 2010 amending, as regards pharmacovigilance, Directive 2001/83/EC on the Community code relating to medicinal products for human use. (Official Journal L 348, 31/12/2010, p. 74 - 99) en Commission Regulation (EU) No 1235/2010 of the European Parliament and of the Council of 15 December 2010 amending, as regards pharmacovigilance of medicinal products for human use, Regulation (EC) No 726/2004 laying down Community procedures for the authorisation and supervision of medicinal products for human and veterinary use and establishing a European Medicines Agency, and Regulation (EC) No 1394/2007 on advanced therapy medicinal products. (Official Journal L 348, 31/12/2010 p. 1 - 16).

<sup>4</sup> Richtlijn 2000/60/EG van het Europees Parlement en de Raad van 23 oktober 2000 tot vaststelling van een kader voor communautaire maatregelen betreffende het waterbeleid. Publicatieblad Nr. L 327 van 22/12/2000 blz. 0001 - 0073.

<sup>5</sup> "Op basis van een grove berekening is geschat dat de vracht overige organische microverontreinigingen (andere dan geneesmiddelen) die via het effluent van rwzi's op het oppervlaktewater terecht komt ca 1000 ton/jaar bedraagt. Deze kunnen op een rwzi worden verwijderd met dezelfde technieken als de geneesmiddelen. In dit perspectief moeten we de vracht geneesmiddelen (11 a 16 ton per jaar) en de vracht röntgencontrastmiddelen (ca 13 ton) beschouwen die jaarlijks in het oppervlaktewater geloosd worden." (Bron: Zuivering geneesmiddelen uit afvalwater. Uitwerking strategieën. Onder 6.1 Samenvatting. VROM, Grontmij Nederland B.V., 9 december 2010)



### **Reactie van Milieu Platform Zorgsector (MPZ) op de eindrapportage Zuivering geneesmiddelen uit afvalwater van 2011-04-29**

Het MPZ wil bij de rapportage zoals deze gepresenteerd is het volgende opmerken: Er vindt binnen de gezondheidszorg steeds meer een verschuiving plaats van zorg in het ziekenhuis naar zorg thuis. Mensen worden sneller ontslagen en steeds meer behandeling vindt plaats in dagopnames. Hierdoor zal ook een verschuiving gaan plaats vinden van uitscheiding van geneesmiddelen. In plaats van uitscheiding in het ziekenhuis zal dit in toenemende mate thuis plaats vinden. Sinds 2007 is een verschuiving van patiëntenzorg van ziekenhuissituatie naar thuissituatie meer dan 30% bij ziekenhuizen geen uitzondering.

Hierdoor zal het huidige aandeel van medicijnresten in afvalwater ziekenhuizen (5% op de totale lozing van geneesmiddelen) op korte termijn sterk afnemen. Deze afweging is niet meegenomen in de berekening van kosten, die op historische cijfers en aannames is gestoeld.

Deze afweging moet zeker ook in ogenschouw genomen worden, op het moment dat kosten en baten tegen elkaar afgezet gaan worden. De baten zullen dan forst minder zijn dan nu aangenomen.

Bij meerkosten van de scenario's zoals in het rapport geschetst moet zeker in ogenschouw genomen worden hoe deze kosten geïnd worden. Dit mag niet tot toename van regeldruk leiden.

Inzet van oplossingen zoals in het rapport genoemde Pharmafilter zal pas voor de zorgbranche aantrekkelijker worden, als breder gekeken wordt. Van het Pharmafilter moet nog de potentie bewezen worden. Invoering hiervan vraagt ook verdere aanpassing van Europese? regelgevingen aangezien er ook verwerking van (gevaarlijk) afval door de ziekenhuizen zal gebeuren. Dat is op basis van huidige regelgeving niet mogelijk. Bovendien is deze oplossing maar een deel van het probleem aangezien dit alleen de ziekenhuizen (en mogelijk andere zorginstellingen) aanpakt, en niet de grote groep huishoudens.

Dit onderzoek is specifiek gericht op humane geneesmiddelen die via het passeren van de afvalwaterzuiveringsinstallaties in het milieu terecht komen. Ook via de dierindustrie worden veel medicijnen, en dan veelal ongezuiverd, in het milieu gebracht. Onlangs is aangetoond dat er bij diverse groenten al sprake is van toename van resistentie van bacteriën doordat er veel antibiotica preventief in deze branche gebruikt wordt. Een bedreiging ook voor de mens. Voor een afweging van kosteneffectiviteit van oplossingen is het zinvol de verhouding van deze twee stromen naast elkaar in beeld te hebben. Dit is een aspect dat nu ontbreekt waardoor het onderzoek weinig draagvlak in de zorg heeft.

Ook is een duidelijkere inzet op de mogelijkheden van de zogenaamde Green Farmacy gewenst. Hierbij wordt bij invoering van het geneesmiddel niet alleen gekeken worden naar de werking van het medicijn, maar ook naar zijn afbraakproducten en metaboliëten en de toxiciteit ervan.

Vereniging Milieu Platform Zorgsector  
Bezoek- en postadres:  
Scheepmakershaven 27c  
3011 VA Rotterdam

Telefoon: 010 - 245 03 03  
Fax: 010 - 437 93 03  
Internet: [www.milieuplatform.nl](http://www.milieuplatform.nl)  
E-mail: [info@milieuplatform.nl](mailto:info@milieuplatform.nl)

Inschr. K.v.K. 40538597  
Bankrel. Rabobank  
Rekeningnr. 10.28.10.303  
BTW-nr NL8034.41.344B01

Het MPZ is van mening dat de aangereikte oplossingen onvoldoende aansluiten bij Europese Regelgeving, en dat de zuivering van medicijnen uit het afvalwater in een groter beeld geplaatst moet worden.

Het MPZ kan zich in deze ook vinden in commentaren van de waterschappen en Nefarma.

Namens het MPZ,

Ellen Parma, voorzitter MPZ  
Hildy Treffers-Veldkamp, bestuurslid MPZ

Kalvermarkt 53, Den Haag  
Tel 070 356 74 00  
Fax 070 356 75 15  
Postadres  
Postbus 18229  
2500 BE Den Haag  
Internet  
www.cbg-meb.nl

Kalvermarkt 53, The Hague  
Tel +31 (0)70 356 74 00  
Fax +31 (0)70 356 75 15  
Correspondence address  
P.O. Box 18229  
2500 BE The Hague, The Netherlands  
Internet  
www.cbg-meb.nl



Ministerie van Infrastructuur en Milieu  
Tav de heer Landman  
Postbus 20951  
2500 EZ Den Haag

Uw brief

Uw kenmerk

Den Haag,  
14 april 2011

Ons kenmerk/Coll  
U-68

Behandeld door  
Mw. B van Elk

Doorkiesnummer  
7482

Onderwerp  
Zuivering geneesmiddelen uit afvalwater

Geachte heer / mevrouw,

Het College ter beoordeling van geneesmiddelen heeft de eindrapportage *Zuivering geneesmiddelen uit afvalwater* ontvangen en besproken tijdens de College vergadering van 6 april 2011.

Het College juicht toe dat dit belangwekkende onderwerp diepgaand geanalyseerd wordt met het oog op concrete beleids- en reguleringssimplicaties. Het College stelt echter vast dat door een eenzijdige focus op humane geneesmiddelen als bron voor verontreiniging in de waterketen, het rapport een zekere proportionaliteit mist. Naast humane geneesmiddelen wordt terecht vermeld dat andere verontreinigingen zoals organische bijvangst, biociden en diergeneesmiddelen een aanzienlijk deel van de waterverontreiniging uitmaken. Daarom zou naar onze mening vervolgonderzoek op het gebied van waterverontreiniging door humane geneesmiddelen in samenhang met andere bronnen voor verontreiniging bekeken moeten worden.

Hoogachtend,

Prof. Dr. H.G.M. Leufkens  
Voorzitter van het College ter beoordeling van geneesmiddelen

 UNIE VAN WATERSCHAPPEN

De Unie van Waterschappen is een vereniging van waterschappen die samenwerken aan het waterbeheer in Nederland. De Unie van Waterschappen is een vereniging van waterschappen die samenwerken aan het waterbeheer in Nederland. De Unie van Waterschappen is een vereniging van waterschappen die samenwerken aan het waterbeheer in Nederland.

Bezoekadres  
Koningskade 40  
2596 AA Den Haag  
Postadres  
Postbus 93218  
2509 AE Den Haag  
Telefoon  
070 351 97 51  
Fax  
070 354 46 42

Ministerie van Infrastructuur en Milieu  
Afdeling Bodem en Water  
Interne Postcode 625  
t.a.v. de heer ir. S. Landman  
Postbus 30945  
2500 GX DEN HAAG

datum	ons kenmerk	contactpersoon
13 mei 2011	59286 LB	M.M.A. Bentvelsen
bijlage(n)	uw kenmerk	e-mail
1	-	mbentvelsen@uvw.nl
betreft		doorkiesnummer
project geneesmiddelen		070 351 98 32

Geachte heer Landman,

Bij deze zend ik u het standpunt van de Unie van waterschappen met betrekking tot de rapportage zuivering geneesmiddelen uit afvalwater.

Hoogachtend,

ir.ing. A.J. Vermua  
Algemeen directeur





Reactie van de waterschappen op het project Zuivering geneesmiddelen uit afvalwater en de definitieve eindrapportage van 16 maart 2011

### **Geneesmiddelen als verontreiniging in oppervlaktewater**

De waterschappen zien de geneesmiddelenemissie als een belangrijke bron van verontreiniging voor de oppervlaktewateren. Door toename van het geneesmiddelenverbruik en de vergrijzing heeft deze vorm van verontreiniging al enkele jaren de aandacht van de waterschappen. Op dit moment lopen er diverse onderzoeken en pilots naar de reductie van geneesmiddelenemissie. Er is hier bij de waterschappen veel aandacht voor en er zijn samenwerkingsprojecten met diverse organisaties buiten het waterschap. Enkele projecten die op dit moment lopen zijn:

SLIK – ontwikkeling van een zuiveringsconcept voor de gehele afvalwaterstroom van het ziekenhuis in samenwerking met de Isala Klinieken in Zwolle, het waterschap Groot Salland, Vintens, provincie Overijssel, gemeente Zwolle, STOWA en RIVM,

Sleen – separate inzameling urine bij een verzorgingshuis en verwijdering van geneesmiddelen hieruit door STOWA en waterschap Velt en Vecht,

Pharmafilter bij het Reinier de Graaf Gasthuis in Delft – dit is een integraal concept voor de verwerking van afvalstromen uit ziekenhuizen en zorginstellingen, hierbij zijn het waterschap Delfland en STOWA betrokken,

SOURCE in Boxmeer – een onderzoek naar behandeling van menselijke en dierlijke urine voor terugwinning van fosfaat, verwijdering van stikstof en verwijdering van geneesmiddelen, hierbij zijn betrokken KRW, waterschap Aa en Maas, waterschap De Dommel, provincie Noord-Brabant en ZLTO.

Bij de reductie van de geneesmiddelenemissie naar het oppervlaktewater zijn diverse belanghebbenden betrokken zoals ziekenhuizen, zorginstellingen, drinkwaterbedrijven, waterschappen, ministeries en geneesmiddelproducenten. Vanuit dit oogpunt is het belangrijk om samen te werken met de diverse partijen en de mogelijkheden voor een gezamenlijke inzet van innovatie om de emissie van geneesmiddelen naar het oppervlaktewater te reduceren.

### **Sense of urgency en effecten op het aquatisch ecosysteem**

Op dit moment wordt de sense of urgency voor het verwijderen van geneesmiddelen uit het effluent bij de waterschappen nog als vrij beperkt ervaren. De effecten van de huidige hoeveelheden geneesmiddelen op de ecologie in het oppervlaktewater zijn nog niet voldoende inzichtelijk en zichtbaar om kostbare investeringen in end-of-pipe technieken te rechtvaardigen...

Onderzoek naar eco-toxicologische effecten van geneesmiddelen is belangrijk als basis voor de inzet van de zuiveringstechnieken en de financiering hiervan.

### **Bronaanpak versus end-of-pipe-aanpak**

De waterschappen geven er de voorkeur aan om de nadruk te leggen op bestrijding bij de bron in plaats van een end-of-pipe benadering. Bestrijding aan de bron is een van de basisprincipes van het milieubeleid. Dit is mogelijk door bijvoorbeeld bij de medische sector het aspect van de emissie van geneesmiddelen naar het milieu meer te benadrukken, het stimuleren van de ontwikkeling van beter biologisch afbreekbare geneesmiddelen en de inzet van (integrale) zuiveringsconcepten bij de ziekenhuizen en zorginstellingen. Zuiveringsconcepten zoals het pharmafilter en de zogenaamde nieuwe sanitatie waarbij toiletstromen separaat wordt ingezameld en behandeld, zijn kansrijke concepten voor bronaanpak.

Om de inzet van de zuiveringstechnieken te bepalen is het raadzaam om een ketenbenadering toe te passen, waarbij door overleg met de apothekers, ziekenhuizen en zorginstellingen in de regio na kan worden gegaan welke geneesmiddelen voor zullen komen in het afvalwater en hier kunnen de toe te passen zuiveringstechnieken of integrale concepten op af worden gestemd.

Ook de hoeveelheid te behandelen afvalwater speelt een rol bij de keuze van de locatie voor inzet van zuiveringstechnieken. Op rwzi's komen grote hoeveelheden water aan, verdund door regenwater en infiltratie van grondwater in de riolering. Behandeling van een kleinere meer geconcentreerde afvalwaterstroom kan meer kostenefficiënt plaatsvinden.

In de rapportage worden twee scenario's genoemd voor inzet van zuiveringstechnieken op de rwzi's: de vrachtbenadering en de concentratiebenadering. Als er dan al een keuze gemaakt zou moeten worden, gaat de voorkeur van de waterschappen uit naar de concentratiebenadering omdat hierbij maatregelen ingezet worden **daar waar problemen voorkomen en de noodzaak aanwezig is**. Bij deze benadering kunnen de waterschappen de technieken inzetten afhankelijk van situatie, het type oppervlaktewater (kwetsbaar natuurwater of bron van drinkwaterbereiding), de bijdrage van de zorginstellingen en/of ziekenhuizen en verdunningseffecten van de lozing op het oppervlaktewater.

Afhankelijk van de locatiespecifieke kenmerken kan gekozen worden voor de inzet van de meest effectieve behandeling van afvalwater. Dit kan betekenen inzet van aanvullende zuiveringstechnieken op de rwzi alsook inzet van zuiveringsconcepten op de bronlocaties zoals ziekenhuizen of zorginstellingen. De wijze, locatie en inzet van het type zuiveringstechnieken moet afhankelijk van de situatie kunnen worden ingezet om een zo efficiënt mogelijke inzet versus het te verwachten effect op het aquatisch ecosysteem te verkrijgen.

### **Relatie met andere doelstellingen van de waterketen**

De waterschappen hebben in hun lange termijn toekomstvisie een aantal speerpunten geformuleerd. Het gaat daarbij om energiebesparing en energiewinning, om hergebruik van grondstoffen als stikstof en fosfaat. Mogelijke verdergaande zuivering moet zoveel mogelijk in die visie ingepast worden. Vooralsnog zijn bijkomende nadelen van end-of-pipe verwijdering een aanzienlijk extra energieverbruik.

### **Beschouw alle organische microverontreinigingen**

De waterschappen geven de voorkeur aan het beschouwen van de waterkwaliteit als geheel. Dat betekent dat niet alleen gekeken wordt naar de concentratie geneesmiddelen in het afvalwater en oppervlaktewater, maar ook naar de overige organische microverontreinigingen, zoals brandvertragers, weekmakers, bestrijdingsmiddelen, dierlijke geneesmiddelen en dergelijke. Al deze stoffen kunnen effect hebben op het aquatisch ecosysteem, zowel individueel als in combinatie. Bij inzet van aanvullende zuiveringstechnieken is het effect van de techniek op de verwijdering van deze andere microverontreinigingen van groot belang, naast het effect op de geneesmiddelverwijdering. Deze verwijdering wordt in de rapportage omschreven als 'bijvangst', maar zou eerder een belangrijk uitgangspunt moeten vormen voor de inzet van aanvullende zuiveringstechnieken.

### **Financiering zuiveringstechnieken**

De kosten die genoemd worden in de rapportage voor de inzet van de zuiveringstechnieken op de rwzi's dienen ruim genomen te worden. Er moet rekening worden gehouden met een ruime bandbreedte in deze kosten. Daarnaast zijn er waarschijnlijk nog aanvullende kosten nodig voor voorbehandeling van het effluent, zoals verwijdering van de zwevende stof uit het effluent van rwzi's, en voor extra bedrijfsonderdelen zoals opvoergemalen, extra energievoorziening, etc.

In de rapportage wordt aangegeven dat de realisatietijd van de aanvullende zuiveringstechnieken op de rwzi's kort kan zijn, maar hier dient wel met een periode van minimaal 10 jaar rekening te worden gehouden. De voordelen voor energierugwinning zijn mogelijk minder groot dan bij de scenario's van separate inzameling en behandeling wordt geschetst. De terugwinning van nutriënten zoals fosfaat en stikstof zijn wel reële voordelen.

De kosten voor realisatie van aanvullende zuiveringskosten op de rwzi's liggen zeer hoog ten opzichte van de huidige zuiveringskosten, een verdubbeling van de zuiveringskosten is te verwachten. Als de kosten verhaald worden op de zorgsector, levert dit naar verwachting een geringere relatieve kostenstijging op. De waterschappen hebben de voorkeur voor het leggen van

de kosten bij de sector waar dit bedrag relatief het kleinst is.

Als de kosten via het waterspoor gefinancierd worden, spreekt het voor zich dat daar de verontreinigingsheffing voor gebruikt wordt. Financiering uit de drinkwaterprijs leidt tot extra geldstromen en een ingewikkelde extra verantwoording van uitgaven en is dus niet doelmatig. Bovendien is er een directe link tussen effluentkwaliteit en oppervlaktewaterkwaliteit, de link met de drinkwaterproductie is veel indirecter.

De waterschappen betwijfelen of een landelijke verevening noodzakelijk zou zijn. Ook nu zijn er acceptabele regionale verschillen in tarieven. Een dergelijke landelijk verevening is echter, indien noodzakelijk, vorm te geven.

## Position Paper



## Geneesmiddelen in drinkwaterbronnen

### Drinkwaterbronnen tegen emissies van geneesmiddelen beschermen

Schoon, veilig en betaalbaar drinkwater is cruciaal voor de volksgezondheid. De bronnen van drinkwater dienen daarom zo schoon mogelijk te zijn. Geneesmiddelen zijn ontwikkeld om bij lage concentraties een farmacologisch effect te veroorzaken bij mens en dier. Blootstelling aan medicijnrestanten kunnen de gezondheid nadelig beïnvloeden. De gezamenlijke drinkwaterbedrijven zijn daarom van mening dat de bronnen van drinkwater tegen emissies van geneesmiddelen beschermd dienen te worden.

### Geneesmiddelen worden vaker in zeer lage concentraties in drinkwaterbronnen aangetroffen

Het RIVM-onderzoek "Geneesmiddelen in drinkwater en drinkwaterbronnen" uit 2007 toont aan dat geneesmiddelen, vaker dan enkele jaren geleden, in zeer lage concentraties in drinkwaterbronnen en vervolgens ook in het drinkwater voorkomen. Het betreft hier enkele tientallen tot meer dan honderd nanogram (miljoenste gram) per liter water. De aangetroffen concentraties zijn vergelijkbaar met de concentraties die in 2003 zijn aangetoond. Resten van geneesmiddelen zijn aangetroffen in zowel de kleine als grote oppervlaktewateren en in grondwater dat onder invloed staat van oppervlaktewater. Omdat de meetmethoden steeds nauwkeuriger worden zullen in de toekomst steeds meer geneesmiddelen al in lagere concentraties worden gedetecteerd. Bij uitblijven van actie zullen restanten van geneesmiddelen vaker in drinkwaterbronnen en in het drinkwater worden waargenomen.

### Geen reden voor bezorgdheid bij publiek; wél reden voor actie

De huidige aangetroffen hoeveelheden in drinkwater zijn zo laag dat er géén effecten op de gezondheid van mensen te verwachten zijn. Toch is voorzichtigheid én actie geboden. Nader onderzoek naar de cumulatieve effecten van een mix aan geneesmiddelenrestanten, de interactie met voorgeschreven medicatie en naar de impact op kwetsbare groepen dient nog plaats te vinden. De verwachting is dat het geneesmiddelengebruik in de toekomst t.g.v. de vergrijzing toeneemt. Daarnaast vraagt het ontwikkelen en implementeren van effectieve maatregelen om emissies te reduceren de nodige tijd.

Vewin is van mening dat nú actie dient te worden ondernomen om emissies van geneesmiddelen naar drinkwaterbronnen en toekomstige knelpunten te voorkomen: "Voorkómen i.p.v. genezen".

### Proactieve aanpak bij de bron; geen achteruitgang van de huidige kwaliteit van drinkwaterbronnen

Vewin pleit voor een adequate "aanpak bij de bron" in combinatie met het uitgangspunt van de Kaderrichtlijn Water dat de huidige kwaliteit van de waterlichamen niet achteruit mag gaan. Op termijn dient het daarbij mogelijk te zijn om met eenvoudige zuivering goed drinkwater te bereiden. Sporen van geneesmiddelen in drinkwaterbronnen dienen binnen die concentraties te blijven waarvoor gegarandeerd kan worden – of waarvoor op basis van de toxicologische eigenschappen aangenomen kan worden - dat nadelige effecten op de gezondheid uitblijven. Dit met inbegrip van de impact op kwetsbare groepen, cumulatieve effecten en de combinatie met voorgeschreven medicatie.

### Voornemens Beleidsbrief geneesmiddelen 2007 voortvarend realiseren

De drinkwaterbedrijven steunen de voornemens uit de Beleidsbrief geneesmiddelen 2007. Alle partijen in de keten dienen daarbij kritisch naar de eigen mogelijkheden te kijken om de emissies van geneesmiddelen naar het watermilieu te voorkómen. Een convenant humane geneesmiddelen ziet Vewin daarbij als een goed middel om resultaat te bereiken. Ook op het gebied van de veterinaire geneesmiddelen is een soortgelijke actie wenselijk.

### Fundamenteel onderzoek en pragmatische aanpak

Fundamenteel onderzoek naar de effecten van sporen van geneesmiddelen op de mens zijn noodzakelijk. Voor het treffen van de maatregelen staat de drinkwatersector een pragmatische aanpak voor. Emissiereductie dient zo vroeg mogelijk in de keten te worden bereikt. De drinkwatersector bepleit bijvoorbeeld inzameling van urine bij ziekenhuizen en verpleegtehuizen omdat de emissies daardoor significant kunnen verminderen.

datum mei 2011

voor informatie Nicole Zantkuijl, 070 414 47 70, zantkuijl@vewin.nl

Vereniging van waterbedrijven in Nederland  
T 070 414 47 50 • F 070 414 44 20 • info@vewin.nl • www.vewin.nl  
Sir Winston Churchilllaan 273 • Postbus 1019 • 2280 CA Rijswijk

## **Bijlage 3**

# Achtergrondinformatie

Deze bijlage bevat de basisgegevens waarmee de strategieën in hoofdstuk 3 zijn berekend en afgewogen.

## 1. Selectie afvalwaterstromen.

**Tabel B 3-6-3. Kenmerken verschillende waterstromen. Bij vracht + = aanwezig, -=niet aanwezig  
Bij concentratie + = hoge concentratie, - =lage concentratie.**

	Totale afvalwaterstroom		Bruin water		Geel water		Zwart water		Grijs water	
	Vracht	concentratie	vracht	concentratie	Vracht	concentratie	vracht	concentratie	vracht	concentratie
<b>Contaminanten</b>										
Geneesmiddelen	++	--	+	+	++	++	++	+	-	
Overige microverontreinigingen	++	--	-		-		-		++	-
Pathogenen	++	--	++	+	+/-	+/-	++	+	+	-
<b>Herbruikbare stoffen</b>										
Water	++		+/-		+/-		+/-		++	
Stikstof	++	--	+	+	+	++	++	+	+/-	-
Fosfaat	++	--	+	+	+	++	++	+	+/-	-
Energie	++	--	++	++	+/-	+/-	++	+	+/-	-

### Voorkeurssystemen

Op basis van de samenstelling van de verschillende afvalwaterstromen en de mogelijkheden tot inzameling worden (nog onafhankelijk van de beschikbare technieken) als meest geschikte systemen beoordeeld:

- Urine-inzameling met urinescheidings toiletten.
  - Voordelen: eenvoudige wijze van inzameling. Grootste vracht geneesmiddelen kan worden verwijderd zonder toevoeging van biologische en fysisch-chemische processen die bij zwart water en bruinwater wel noodzakelijk zijn. Terugwinning nutriënten relatief eenvoudig;
  - Nadelen: niet alle geneesmiddelen kunnen worden verwijderd (tot 10-30% bevindt zich in de feces, afhankelijk van het type geneesmiddel), geen verwijdering overige organische componenten, geen energierugwinning
- Totale afvalwaterstroom: nabehandeling van effluent van rwzi's die reeds afvalwater behandelen, ingezameld met conventioneel rioleringsysteem.
  - Voordelen: alle geneesmiddelen kunnen worden meegenomen bij de verwijdering, overige microverontreinigingen worden meeoververwijderd; voor realisatie medicijnverwijdering kan aangesloten worden op bestaande infrastructuur rwzi (lagere investeringskosten dan lokaal)
  - Nadelen: terugwinning energie en nutriënten mogelijk, maar complexer dan bij zwart water.

### Minder geschikte systemen:

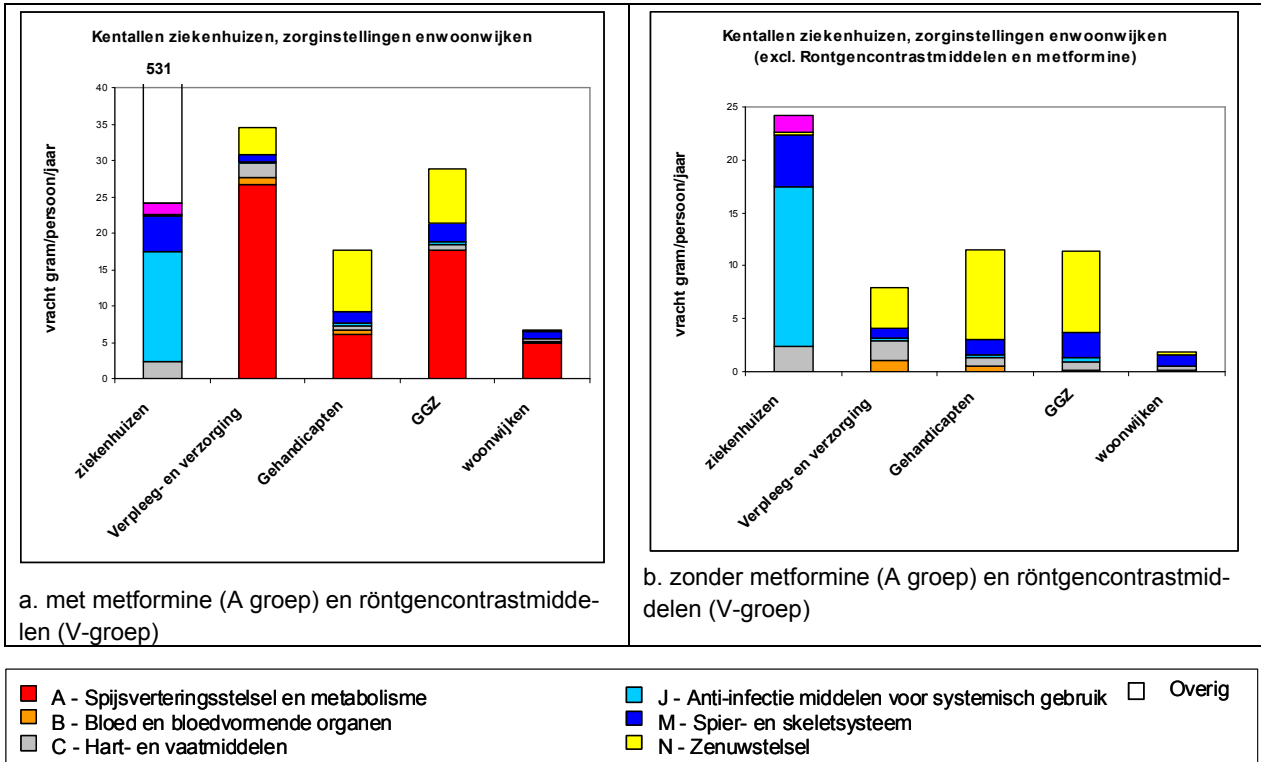
Als minder geschikt vanuit het oogpunt van geneesmiddelenverwijdering wordt beoordeeld (nadelen groter dan voordelen):

- Zwart water (hele toiletstroom)-inzameling met vacuümtoiletten.
  - Voordelen: alle geneesmiddelen kunnen worden meegenomen bij de verwijdering, energierugwinning en terugwinning nutriënten relatief eenvoudig.
  - Nadelen: om geneesmiddelenverwijdering te bewerkstelligen moeten biologische en fysisch-chemische processen worden toegevoegd, alvorens de medicijnverwijderende technieken kunnen worden ingezet; geen verwijdering overige organische componenten

- Urine-inzameling en bruinwater (alleen feces)-inzameling met urinescheidingstoiletten:
  - Geen voordelen t.o.v. zwartwaterinzameling, energierugwinning moeilijker door hoger watergehalte.

## 2. Emissie geneesmiddelen.

Er is uitgegaan van de volgende emissiegegevens uit ziekenhuizen, zorginstellingen en woonwijken.

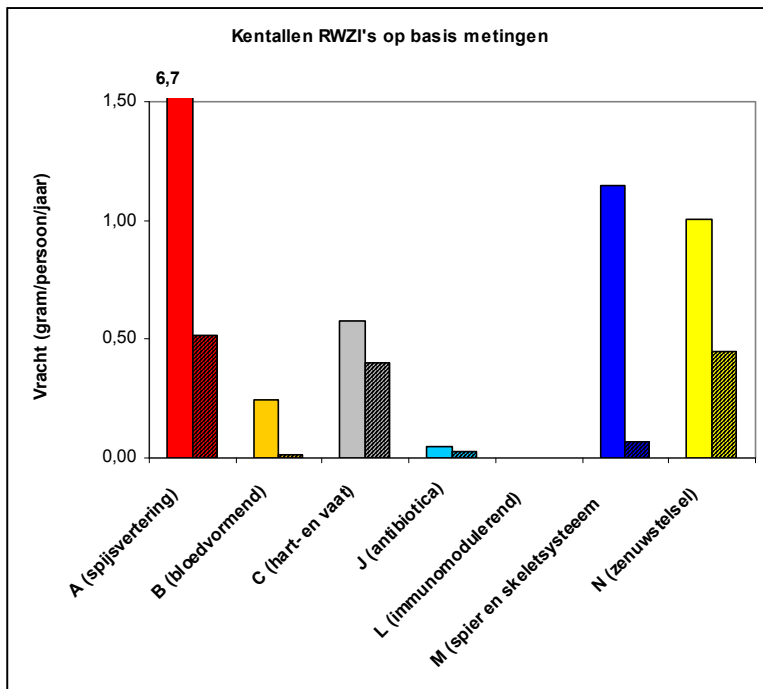


Figuur B 3-1 a en b. Vergelijking kentallen ziekenhuizen, zorginstellingen en woonwijken. Bij figuur b zijn de stoffen uit de A-groep (metformine, een anti-diabeticum) en de röntgencontrastmiddelen bij de ziekenhuizen (V-groep) weggelaten om een betere vergelijking van de overige groepen mogelijk te maken. Let op het schaalgrootte verschil tussen de linker en rechter figuren.

**Tabel B 3-2. Kentallen vrachten geneesmiddelen in afvalwater van ziekenhuizen, zorginstellingen en woonwijken op basis van metingen (gram/persoon/jaar) ingedeeld naar ATC-hoofdgroepen\***

	Zieken Huizen	Verpleeg- en verzorgingsinstellingen	Instellingen voor gehandicapten	GGZ-instellingen	Woonwijken
A -Spijvertering		26,6	6,1	17,6	5,0
B -Bloed- en bloedvormende organen		1,1	0,6	0,2	0,2
C –Hart- en vaatmiddelen	2,3	1,8	0,7	0,7	0,3
J -Anti-infectiemiddelen (antibiotica)	15,2	0,2	0,4	0,3	0,0
M -Spier- en skeletstelsel	4,8	0,9	1,5	2,5	1,0
N – Zenuwstelsel	0,2	3,8	8,4	7,6	0,3
Overig	1,6				0,0
V - Varia (röntgencontrastmiddelen)	507				
<b>Totaal</b>	<b>531,2</b>	<b>34,5</b>	<b>17,6</b>	<b>28,9</b>	<b>6,8</b>
<b>Totaal min röntgencontrastmiddelen en metformine</b>	<b>24,2</b>	<b>7,9</b>	<b>11,5</b>	<b>11,3</b>	<b>1,8</b>

\* ATC code: internationale code die aangeeft op welk lichaamsonderdeel de betreffende geneesmiddelen effect hebben



ATC code-geneesmiddel	vracht influent g/p/j	vracht effluent g/p/j
A (spijvertering)	6,71	0,52
B (bloedvormend)	0,25	0,01
C (hart- en vaat)	0,57	0,40
J (antibiotica)	0,05	0,03
L (immunomodulerend)	0,001	
M (spier en skeletstelsel)	1,15	0,07
N (zenuwstelsel)	1,01	0,45
<b>Totaal</b>	<b>9,73</b>	<b>1,48</b>
<b>Totaal min metformine</b>	<b>3,02</b>	<b>0,96</b>

Figuur B 3-2 Kentallen in gram/persoon/jaar voor de gemeten vrachten in het influent en effluent van rwzi's (exclusief röntgencontrastmiddelen). Onderverdeling naar de ATC hoofdgroepen (Bron STOWA, 2011...).

Tussen de geneesmiddelen bestaan grote verschillen in de mate van verwijdering door een rwzi, ook binnen een ATC hoofdgroep (Figuur B 3-3).

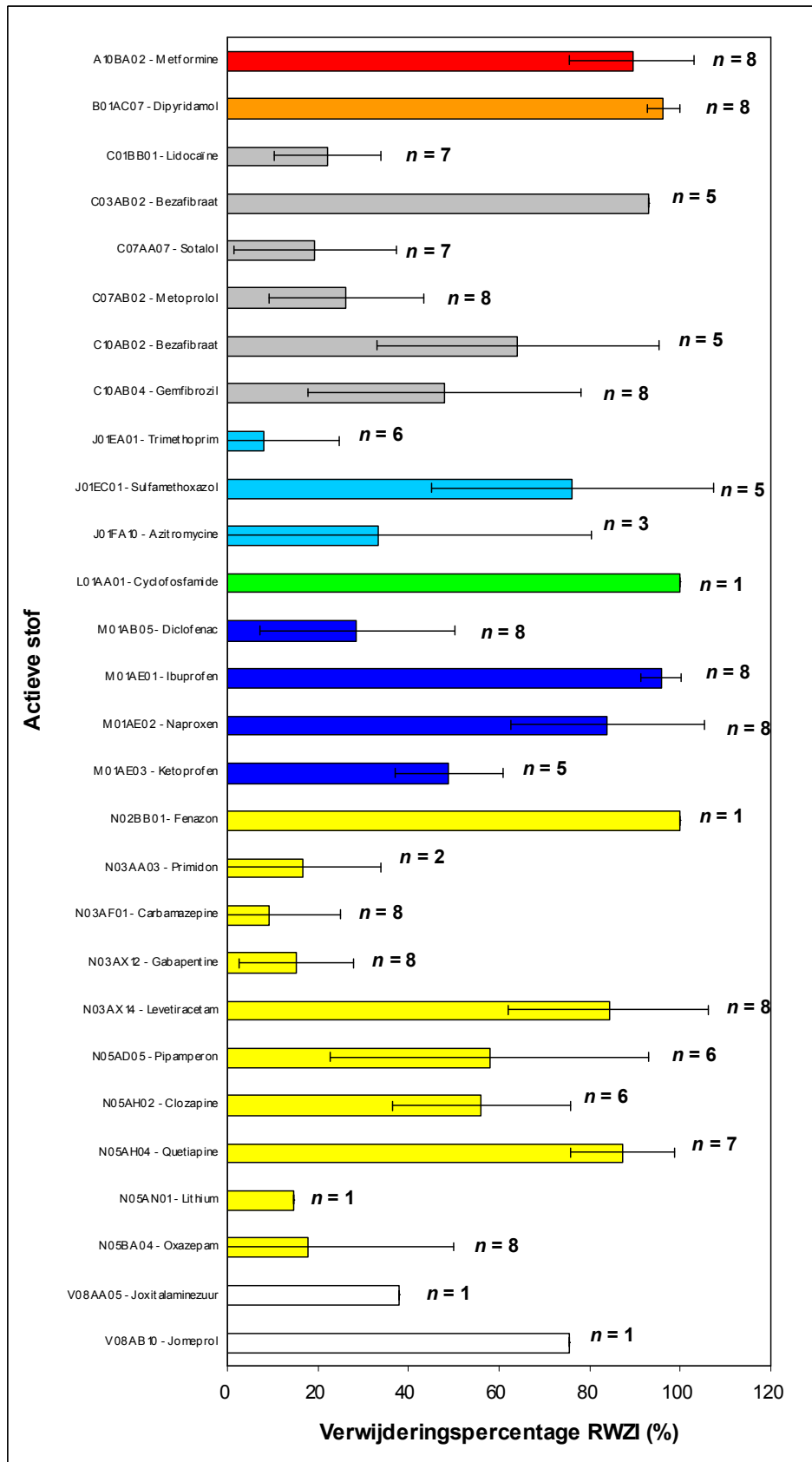
#### Onzekerheden in gegevens

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 te gedetailleerd.



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

- Beperkingen analysepakketten;
- Onzekerheden in analyseresultaten, o.a. vanwege een complexe matrix en hoge rapportagegrenzen voor sommige geneesmiddelen (met name voor geneesmiddelen met een lage innamedosis zoals de pil);
- Onzekerheden bij monsternamen;
- Extrapolatie metingen naar jaargegevens;



Figuur B 3-3 Gemiddelde verwijderingspercentages op basis van metingen bij 8 RWZI's. Het aantal bepalingen (n) die per werkzame stof hebben bijgedragen aan het gemiddelde is per werkzame stof aangegeven evenals de standaarddeviatie (balken in de individuele kolommen). Lithium en de joodhoudende röntgencontrastmiddelen kwamen maar 1 keer in het analysepakket voor.

### 3. Technieken en kosten

**Tabel B 3- 3 Technieken, verwijderingsrendementen en milieuaspecten**

Voorkeurstechnieken	Verwijderingsrendement	energieverbruik	afvalstroom
• Actiefkoolfiltratie	70%	Laag	Aanwezig
• Ozonisatie in combinatie met nageschakelde actiefkoolfiltratie	90%	Middel	Geen
• Geavanceerde oxidatie (AOP) in combinatie met nageschakelde actiefkoolfiltratie	90%	Middel	Geen
• Nanofiltratie in combinatie met nageschakelde actiefkoolfiltratie	95%	hoog	Aanwezig

**Tabel B 3- 4 Inschatting kosten in euro per kubieke meter (op basis van expert judgement)**

	Lokaal totale afvalwater* (euro/m <sup>3</sup> )	Lokaal urine (euro/m <sup>3</sup> )	Effluentnabehandeling rwzi** (euro/m <sup>3</sup> )	Urinebehandeling t.p.v. rwzi (euro/m <sup>3</sup> )
Actiefkoolfiltratie	2,50	1,5	0,35	1,4
Ozonisatie in combinatie met actiefkoolfiltratie	3,00	2,1	0,50	2,0
Geavanceerde oxidatie in combinatie met actiefkoolfiltratie	3,40	2,4	0,55	2,3
Nanofiltratie in combinatie met actiefkoolfiltratie	4,00	2,8	0,65	2,7

\*In combinatie met voorzeving en MBR met ultrafiltratiemembranen. Voor urinebehandeling is deze voorbehandeling niet nodig en worden de lokale behandelkosten 30% lager

\*\*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

## **Bijlage 4**

### Effecten ecosysteem

## 1. Effecten van geneesmiddelen op aquatische organismen

Geneesmiddelen zijn, vergeleken met andere groepen stoffen, goed onderzocht wat betreft werkingsmechanismen, mogelijke neveneffecten, farmacologische effecten op mensen en dieren (ratten en muizen).

Geneesmiddelen hebben enkele eigenschappen die relevant zijn voor ecologie:

- geneesmiddelen zijn ontworpen t.b.v. effecten op biologische processen te hebben. Hierdoor is het waarschijnlijk dat effecten veroorzaakt worden op non-target soorten na blootstelling;
- geneesmiddelen werken meestal heel specifiek op één receptor, enzym of biologisch proces om neveneffecten te vermijden;
- geneesmiddelen moeten werken op zeer lage concentraties. Hierdoor zijn ze zeer potent;
- geneesmiddelen moeten persistent genoeg zijn om ongemetaboliseerd de organen in het menselijk lichaam te bereiken.

De potentiële risico's voor non-target organismen in het aquatisch milieu zal door toename van het geneesmiddelengebruik ten gevolge van de vergrijzing alleen maar toenemen. Tot dusver zijn ongeveer 200 verschillende geneesmiddelen gedetecteerd in oppervlaktewateren. Dit aantal is slechts een fractie wat daadwerkelijk aanwezig kan zijn in oppervlaktewateren. Hoewel de meeste geneesmiddelen in zeer lage concentraties aanwezig zijn, kan de totale vracht waaraan organismen blootgesteld behoorlijk oplopen.

### *Voorbeelden effecten*

Hoewel er nog relatief weinig bekend is over de effecten van geneesmiddelen op het aquatisch milieu zijn er toch duidelijke negatieve effecten in de literatuur gerapporteerd. Het bekendste voorbeeld is de vervrouwelijking van mannelijke vissen na blootstelling aan het hormoon ethinylestradiol (de pil) (Vethaak et al., 2002). Effecten op het gedrag van maritieme garnalen zijn geobserveerd na blootstelling aan milieurelevante concentraties van het antidepressivum fluoxetine, met mogelijke cascade effecten op populatie en ecosysteem niveau (Guler en Ford, 2010). De laagst gemeten effectconcentratie bij blootstelling aan het anti-epilepticum carbamazepine is 1 µg/l waar nierschade bij karpers is aangetoond (Triebkorn et al, 2007) en vrouwelijke waterlooien eerder volgroeid waren en meer nakomelingen produceerden als gevolg van stress (Lürling et al., 2006). In een onderzoek waarin het effect van carbamazepine op het gedrag van vlokreeftjes werd getest, bedroeg de laagste effectconcentratie 0,01 µg/l. Bij deze concentratie was de activiteit van vlokreeftjes 30 procent lager dan in de controle (De Lange et al., 2006). De laagst gemeten effectconcentratie voor het ontstekingsremmende pijnstillers diclofenac bij forellen was 0,5 µg/l (Hoeger et al., 2005). Bij dit onderzoek werden de forellen gedurende drie weken blootgesteld aan verschillende concentraties diclofenac. Nier-, kieuw- en leverschade werd waargenomen bij 0,5 µg/l. In een ander onderzoek bij regenboogforellen werd nier-, lever- en kieuwschade aangetoond bij 1,0 µg/l diclofenac (Triebkorn et al, 2004 en 2007). De bètablokker metoprolol werkt in op de hartspier en blokkeert de bèta-adrenalinereceptor, waardoor onder andere het hartritme wordt verlaagd. De bèta-adrenalinereceptor is aangetoond in vissen, amfibieën, zoogdieren en andere gewervelde organismen en vervult dezelfde functie als bij de mens (Nickerson et al., 2001). Door verlaging van het hartritme kan metoprolol bij waterorganismen invloed hebben op de groei en het vluchtgedrag. Effecten van bètablokkers zijn waargenomen op waterlooien en kroos (Cleuvers, 2005). In het oppervlaktewater is het mogelijk dat de antibiotica bacteriën elimineren en daarmee het evenwicht in het ecosysteem verstoren (Pomati et al., 2004; Ferrari et al. 2004). Ook dragen ze mogelijk bij aan de bacteriële resistentie tegen antibiotica. Combinatietoxiciteit van geneesmiddelen is zelden waargenomen. Alleen Cleuvers et al. (2003ab) heeft versterkte effecten waargenomen voor hormonen, antibiotica en pijnstillers.

### *PEC/PNEC*

Om het risico van milieuvreemde stoffen voor het aquatisch milieu te bepalen, wordt een risico-beoordeling uitgevoerd. Deze is gebaseerd op het quotiënt tussen de PEC (voorspelde concentratie in het milieu) en de PNEC (voorspelde nul-effectconcentratie). Een PEC/PNEC groter dan één betekent een hoog risico voor het aquatisch milieu; een PEC/PNEC kleiner dan één betekent een laag risico. PEC/PNEC ratio's groter dan één zijn Acetylsalicylzuur (Aspirine), allopuri-

nol (ontstekingsremmende pijnstillers), amoxicilline (penicilline), estradiol en ethinylestradiol (hormonen), ketoconazol (antischimmelmiddel), mycofenolaat-mofetil (immunosuppressivum), norethisteron (hormoon), propranolol (bètablokker), raloxifeen (hormoon) en sertraline (antidepressivum) (Ågerstrand en Rudén, 2010).

## 2. Literatuur

- Ågerstrand M, Rudén C. 2010.** Evaluation of the accuracy and consistency of the Swedish Environmental Classification and Information System for pharmaceuticals. *Science of the Total Environment*, 408: 2327–2339.
- Cleuvers, M. 2003a.** Aquatic ecotoxicity of pharmaceuticals including the assessment of combination effects. *Toxicology Letters* 142: 185-194.
- Cleuvers M. 2003b.** Mixture toxicity of the anti-inflammatory drugs diclofenac, ibuprofen, naproxen, and acetylsalicylic acid. *Ecotoxicology and Environmental Safety* nr. 59, pag. 309-315.
- De Lange H., W. Noordovena, A.J. Murkc, M. Lürlinga en E.T.H.M. Peeters. 2006.** Behavioural responses of *Gammarus pulex* (Crustacea, Amphipoda) to low concentrations of pharmaceuticals. *Aquatic Toxicology* nr. 78, pag. 209-216.
- Fent K., A.A. Weston en D. Caminada, 2005.** Ecotoxicology of human pharmaceuticals. *Aquatic Toxicology* Vol 76, pag. 122-159.
- Ferrari B., R. Mons, B. Vollat, B. Fraysse, N. Paxéaus, R.L. Giudice, A. Pollio en J. Garric. 2004.** Environmental risk assessment of six human pharmaceuticals: Are the current environmental risk assessment procedures sufficient for the protection of the aquatic environment? *Environmental Toxicology and Chemistry* nr. 23, pag.1344-1354.
- Guler, Y., en A.T. Ford 2010.** Anti-depressants make amphipods see the light. *Aquatic Toxicology*. Vol 10.
- Hoeger B., Bernd Köllnerb, Daniel R. Dietricha en Bettina Hitzfeld, 2005.** Water-borne diclofenac affects kidney and gill integrity and selected immune parameters in brown trout (*Salmo trutta*). *Aquatic Toxicology* nr. 75, pag. 53-64.
- Lahr, J. en de Lange, M. 2009.** Hormoonverstoring in oppervlaktewater; waargenomen en verondersteldeffecten in de natuur, STOWA 2009-38
- Lürling M., Sargant E., Roessink I. 2006.** Life-history consequences for *Daphnia pulex* exposed to pharmaceutical carbamazepine. *Environmental Toxicology* 21: 172-180.
- Nickerson, J.G., S.G. Dugan, G. Drouin en T.W. Moon. 2002.** A putative beta adrenoceptor from the rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Molecular characterisation and pharmacology*. *European Journal of Biochemistry* nr. 268, pag. 6465-6472.
- Pomati F., A.G. Netting, D. Calamari en B.A. Neilan. 2004.** Effects of erythromycin, tetracycline and ibuprofen on the growth of *Synechocystis* sp and *Lemna minor*. *Aquatic Toxicology* nr. 67, pag. 387-396.
- SFK, 2007.** Data en Feiten 2008. Stichting Farmaceutische Kengetallen, augustus 2008. [www.sfk.nl/publicaties/2008denf.pdf](http://www.sfk.nl/publicaties/2008denf.pdf).
- Triebskorn R., H. Casper, A. Heyd, R. Eikemper, H. R. Köhler en J. Schwaiger. 2004.** Toxic effects of the non-steroidal anti-inflammatory drug diclofenac Part II: Cytological effects in liver, kidney, gills and intestine of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquatic Toxicology* 68: 151-166.
- Triebskorn R., H. Casper, V. Scheil en J. Schwaiger 2007.** Ultrastructural effects of pharmaceuticals (carbamazepine, clofibrac acid, metoprolol, diclofenac) in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and common carp (*Cyprinus carpio*). *Analytical and Bioanalytical Chemistry* nr. 387, pag.1405-1416.
- Vethaak, A.D., G.B.J. Rijs, S.M. Schrap, H. Ruiter, A. Gerritsen en J. Lahr, 2002.** Estrogens and xeno-estrogens in the aquatic environment of the Netherlands. Occurrence, Potency and Biological Effects. Institute for Inland Water Management and Waste Water Treatment (RIZA) and Institute for Coastal and Marine Management (RIKZ). RIZA/RIKZ-report no. 2002.001.

## **Bijlage 5**

Kosten zuiverInternationale vergelijking kosten zuive-  
ringstechnieken

## 1. Inleiding

Bij de kostenramingen van de zuiveringstechnieken voor de behandeling van een afvalwaterstroom ten behoeve van de verwijdering van humane geneesmiddelen en bij de berekeningen van het milieurendement is in dit rapport uitgegaan van twee mogelijkheden:

- Actief koolfiltratie met een beoogd verwijderingsrendement > 70%
- Ozonisatie in combinatie met actief koolfiltratie met een beoogd verwijderingsrendement > 90%

Het inzetten van alleen oxidatie met ozon zonder aanvullende adsorptie wordt afgeraden omdat de omzettingsproducten na oxidatie onbekend zijn en toxischer kunnen zijn dan de uitgangsubstanties.

De geraamde kosten (zie tabel B 5-1) zijn vooral gebaseerd op de laatste inzichten op het gebied van verwijdering van geneesmiddelen uit afvalwaterstromen uit nog lopend wetenschappelijk lab- en pilotonderzoek en het internationale INTERREG PILLS-project. Ook zijn de laatste inzichten op het gebied van actiefkool filtratie meegenomen (o.a. STOWA 2010-27 'Actiefkoolfiltratie op afloop nabezinktank' en STOWA 2009-34 '1-step filter als effluentpolishingstechniek'.)

**Tabel B 5-1 Inschatting kosten in euro per kubieke meter  
(op basis van expert judgement)**

	Effluentnabehandeling rwzi* (euro/m <sup>3</sup> )
Actiefkoolfiltratie	0,35
Ozonisatie icm actiefkoolfiltratie	0,50
Geavanceerde oxydatie icm actiefkoolfiltratie	0,55
Nanofiltratie icm actiefkoolfiltratie	0,65

\*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 andere studies worden lagere bedragen genoemd en worden deze kosten afhankelijk gesteld van de grootte van de rwzi. In STOWA 2005-28 worden als extra kosten voor vergaande zuivering met behulp van actieve kool inclusief vlokkingsfiltratie genoemd: € 0,20/m<sup>3</sup> voor rwzi's met een ontwerpcapaciteit van 20.000 i.e. en € 0,10/m<sup>3</sup> voor rwzi's van 100.000 i.e. Voor het 1-STEP filter wordt gerekend met € 0,09/m<sup>3</sup> behandeld afvalwater. Een Zwitserse publicatie rekent met € 0,30/m<sup>3</sup> voor een rwzi van 30.000 i.e. en € 0,10/m<sup>3</sup> voor een rwzi van 500.000 i.e. voor poederkool behandeling gevolgd door een zandfilter. In combinatie met oxydatie berekent STOWA 2005-28 kosten van € 0,48/m<sup>3</sup> voor rwzi 's met een ontwerpcapaciteit van 20.000 i.e. en € 0,24/m<sup>3</sup> voor rwzi's van 100.000 i.e.

Al deze onderzoeken en rapportages hanteren verschillende aannamen, waardoor de kostenberekeningen verschillend uitvallen. Bovendien kunnen de cijfers uit buitenlandse onderzoeken niet één op één worden overgenomen voor de Nederlandse situatie. In deze bijlage wordt verder ingegaan op de berekeningswijze van de kosten voor de vergaande zuivering op rwzi's in de vorm van ozonisatie en actief koolfiltratie voor de verwijdering van geneesmiddelen onder Nederlandse omstandigheden. Het doel hiervan is om de berekende kostprijs in dit rapport voor de verwijdering van geneesmiddelen uit afvalwater in een breder perspectief te plaatsen en hierdoor een voor de lezer waarschijnlijke en navolgbare verklaring te verkrijgen voor de in de literatuur vermelde lagere kostprijzen.

Allereerst zal in paragraaf 2.1 een samenvatting worden gegeven van de huidige gerapporteerde kostprijzen. Vervolgens worden in de navolgende subparagrafen 2.2 t/m 2.5 de verschillen verklaard. In paragraaf 3 wordt ingegaan op het verschil in kostenberekeningen voor kleine en grote rwzi's van respectievelijk 20.000 i.e. en 100.000 i.e.



## 2. Verschillen in kostenramingen

### 2.1 Gerapporteerde getallen

In tabel B5-2 wordt een samenvatting gegeven van kosten welke gerapporteerd en hieruit herleid kunnen worden op het gebied van de technieken vlokkingfiltratie, actiefkool filtratie, ozonisatie, geavanceerde oxydatie en combinaties hiervan voor rwzi's met een ontwerpcapaciteit van 100.000 i.e.

**Tabel B 5-2 Jaarlijkse kosten in euro per kubieke meter (ontwerpcapaciteit rwzi 100.000 i.e)**

	STOWA 2005 KRW- rapport	STOWA 2009 1-step rapport	STOWA 2010 AK op afloop NBT rapport	Duits- land 2008 Ruhr- rapport	Zwit- serland 2009 Regens dorf rapport	Zwit- serland 2011 Lau- sanne 2011	Zwit- serland 2009 (Artikel Abeggli en)	Gront- mij 2011
Vlokkingfiltratie	0,06							0,08
Actiefkoolfiltratie (GAC)	0,10	0,09	0,10	0,10				0,30
Vlokkingfiltratie inclusief actiefkool filtratie	0,17							0,35
Ozonisatie				0,06	0,06	0,12	0,05	0,16
Ozonisatie in combinatie met actiefkool filtratie				0,16				0,38
Ozonisatie in combinatie met actiefkool filtratie en vlok- kingsfiltratie								0,46
Vlokkingfiltratie inclusief geavanceerde oxidatie	0,24							0,45
Geavanceerde oxidatie								0,40
Geavanceerde oxidatie in combinatie met vlokking- filtratie en actiefkool filtratie	0,28							0,55

Uit deze tabel kunnen twee hoofdzaken worden opgemaakt:

1. De verschillende rapporten rapporteren niet alleen over technieken als "Actiefkoolfiltratie" of "Ozonisatie" maar de bijbehorende voor- en nabehandeling is erg verschillend waardoor getallen niet goed vergelijkbaar zijn met elkaar.
2. Het Grontmij 2011 rapport berekent structureel hogere kosten dan alle andere rapporten

#### Ad1: Voor- en nabehandeling

In met name de Duitse en Zwitserse studies hoeft er geen rekening te worden gehouden met investeringen om het effluent te verwerken in een nageschakelde trap, omdat deze op de meeste zuiveringen reeds aanwezig is in de vorm van een zandfilter o.i.d. Dit betekent dat voorzieningen zoals aan- en afvoerpompen, bufferkelders en leidingwerk al aanwezig zijn. In de Nederlandse situatie is dit niet het geval, waardoor de kosten voor een representatieve gemiddelde zuivering in Nederland al circa € 0,06 – 0,08 /m<sup>3</sup> afvalwater hoger worden voor het realiseren van:

- Aansluitend leidingwerk
- Benodigde buffertank/natte kelders
- Voorbehandeling in de vorm van roostering tot 3 mm
- Gebouwen voor e- en w-installaties
- Meetapparatuur
- Chemicaliënopslag- en doseerinstallaties

Dit wordt tevens in de Zwitserse artikel Abegglen 2009 bevestigd: voorschakeling van zandfiltratie levert een extra kostenpost op van € 0,11/m<sup>3</sup>. Een deel van deze kosten kan toegerekend worden aan bovenstaande zaken.

In het STOWA rapport "Actiefkoolfiltratie op afloop nabezinktanks" (2010-27) wordt geconcludeerd dat een voorbehandelingsstap in de vorm van roostering en chemicaliëndosering niet nodig is. Doorslag van grove delen en organische stof beïnvloedt echter in zeer sterke mate de prestaties van een actiefkool filtratie. Verwijdering tot meer dan 70% van alle geneesmiddelen vergt een optimale bedrijfsvoering van een actief koolfilter en zo min mogelijk doorslag van verstoppende zaken of organische stof. Het STOWA-rapport is echter niet gericht op alleen geneesmiddelenverwijdering. Voor andere stoffen zoals fosfaat, stikstof en andere makkelijk afbreekbare componenten is stilstand, standtijd en bedrijfsvoering van het actiefkool filter minder van belang om toch de vereiste verwijderingrendementen te behalen. Concurrentie van verwijdering van geneesmiddelen en organische stof wordt in dit rapport reeds gerapporteerd bij standtijden van het koolfilter van 2-3 maanden. Dit zou betekenen dat actiefkool materiaal van het filter 4-6 keer per jaar vervangen zou moeten worden wat zeer kostbaar is. Vooralsnog wordt daarom in dit rapport aangehouden dat een gedegen voorbehandeling noodzakelijk is om actiefkool filtratie effectief en efficiënt te kunnen inzetten (zie ook paragraaf 2.4).

#### Ad 2: Hogere kostenberekening Grontmijrapport

Het Grontmijrapport berekent hogere kosten voor de verschillende verwijderingstechnieken. De oorzaken hiervan zijn drieledig:

- Verschillende berekeningswijzen kapitaalslasten
- Prijspeil kostenkengetallen
- Doel ingezette techniek en bijbehorend verwijderingrendement

Deze drie punten worden nader toegelicht in de paragrafen 2.2 tot en met 2.4. In deze paragrafen wordt alleen ingegaan op de geselecteerde technieken ozonisatie en actiefkool filtratie en combinaties hiervan, aangezien het meeste onderzoek zich op deze technieken heeft gefocust. De reden hiervoor is dat geavanceerde oxydatie over het algemeen duurder is dan ozonisatie.

Tenslotte wordt opgemerkt dat in alle rapporten uitgegaan wordt van behandeling van circa 85% van de totale aanvoer. Voor de Nederlandse situatie komt dit overeen met een factor 1,5\*DWA.

De uitkomsten uit deze paragraaf en de paragrafen 2.2 tot en met 2.4 worden samengevat in paragraaf 2.5.

## 2.2 Berekening kapitaalslasten

De berekening van de kosten die gemoeid zijn met afschrijving van de investeringen verschillen tussen Nederland, Duitsland en Zwitserland:

- Voor de realisering van een project wordt in Nederland gewerkt met een zogenaamde opslagfactor. In deze opslagfactor zitten kosten voor bouwrente gedurende het project, advieskosten, verzekeringen, leges en heffingen, inrichtingskosten, opleiding personeel en BTW (19%). De investeringskosten worden met deze opslagfactor vermenigvuldigd om te komen tot de stichtingskosten: het bedrag dat gefinancierd moet worden om de installatie te realiseren. Deze opslagfactor bedraagt circa 1,6 voor Nederland. Verder wordt er gerekend met een afschrijvingstermijn van 30 jaar voor civiele constructies en 15 jaar voor mechanische/elektrische installaties tegen een rentepercentage van 6,00% in het jaar 2011. Samengevat betekent dit dat op basis van deze uitgangspunten de kapitaalslasten circa 9,2% van de stichtingskosten bedragen.
- De opslagfactor bedraagt in Duitsland 1,4. In Duitsland blijken de kapitaallasten verder vele malen lager te zijn doordat 70% van de stichtingskosten mogen worden teruggevraagd indien het innovatieve technieken betreft. In alle Duitse kostenberekeningen wordt hiervan uitgegaan. De kapitaalslasten zijn hierdoor nihil.
- In Zwitserland is het btw-tarief 7%. De opslagfactor bedraagt 1,2 in totaal. Dit tevens in verband met subsidieregelingen. De kapitaalslasten zijn hierdoor vele malen lager dan in de Nederlandse situatie.

Om de bedragen per kubieke meter die genoemd zijn in paragraaf 2.1 goed te kunnen vergelijken, moet eenzelfde wijze van berekening van kapitaalslasten worden gehanteerd. Aangezien

dit rapport de Nederlandse situatie betreft, wordt deze berekening aangehouden. De verschillen die hierdoor ontstaan zijn weergegeven in tabel B5-3

**Tabel B 5-3 Kapitaalslasten in euro per kubieke meter gebaseerd op Nederlandse situatie anno 2011 ontwerpcapaciteit rwzi 100.000 i.e; (tussen haakjes kapitaalslasten origineel gerapporteerd)**

	STOWA 2005 KRW- rapport	STOWA 2009 1-step rapport	STOWA 2010 AK op afloop NBT rapport	Duits- land 2008 Ruhr- rapport	Zwit- serland 2009 Regens- dorf rapport	Zwit- serland 2011 Lau- sanne 2011	Zwit- serland 2009 (Artikel Abbe- gelen)	Gront- mij 2011
Vlokkingsfiltratie	0,05 (0,04)							0,05
Actiefkoolfiltratie (GAC)	0,03 (0,03)	0,05 (0,04)	0,03 (0,03)	0,08 (0,01)				0,05
Vlokkingsfiltratie inclusief actief koolfiltratie	0,08 (0,07)							0,10
Ozonisatie				0,03 (0,01)	0,08 (0,03)	0,11 (0,07)	0,08 (0,03)	0,09
Ozonisatie in combinatie met actief koolfiltratie				0,12 (0,02)				0,14
Ozonisatie in combinatie met actief koolfiltratie en vlok- kingsfiltratie								0,19

Door van de Nederlandse situatie uit te gaan anno 2011, stijgen de kapitaalslasten gerapporteerd in Zwitserse en Duitse literatuur aanzienlijk met respectievelijk een factor 2,5 en 8. Ook voor de Nederlandse rapporten moet rekening worden gehouden met een prijsstijging per jaar in verband met de inflatie (zie tabel B5-3).

Uit tabel B5-3 kan worden afgeleid dat de aannamen voor kapitaalslasten voor de Nederlandse situatie goed overeenkomen met de gerapporteerde waarden in de overige rapporten voor de inzet van verschillende technieken indien gestandaardiseerd wordt naar de Nederlandse situatie anno 2011.

### 2.3 Berekening variabele lasten

Evenals bij de berekening van de kapitaalslasten worden er zeer uiteenlopende kengetallen gebruikt voor de variabele lasten. Zo wordt in het Regensdorf-rapport gerekend met € 0,08/kWh terwijl de Nederlandse gemiddelde kostprijs € 0,13/kWh bedraagt. Ook de kosten voor actiefkool lopen sterk uiteen van € 600/ton - € 1300/ton.

Ook hiervoor zijn de prijzen gestandaardiseerd naar de Nederlandse situatie anno 2011. Hierbij zijn de volgende uitgangspunten voor variabele lasten aangehouden (zie tabel B5-4):

- Onderhoud: 4% van de investeringskosten
- Elektriciteit: € 0,13/kWh
- Personele lasten: 1fte = € 50.000/jaar
- Actiefkool € 900/m<sup>3</sup>
- Zuivere zuurstof: € 0,18/Nm<sup>3</sup>

**Tabel B 5-4 Variabele lasten in euro per kubieke meter gebaseerd op Nederlandse situatie anno 2011 (ontwerpcapaciteit rwzi 100.000 i.e); tussen haakjes variabele lasten origineel**

	STOWA 2005 KRW- rapport	STOWA 2009 1-step rapport	STOWA 2010 AK op afloop NBT rapport	Duits- land 2008 Ruhr- rapport	Zwit- serland 2009 Regens- dorf rapport	Zwit- serland 2011 Lau- sanne 2011	Zwit- serland 2009 (Artikel Abbe- gelen)	Gront- mij 2011
Vlokkingsfiltratie	0,03 (0,02)							0,04
Actiefkoolfiltratie (GAC)	0,09 (0,07)	0,06 (0,05)	0,13 (0,07)	0,07 (0,09)				0,20
Vlokkingsfiltratie inclusief actief koolfiltratie	0,11 (0,10)							0,25
Ozonisatie				0,05 (0,05)	0,05 (0,02)	0,05 (0,05)	0,03 (0,02)	0,07
Ozonisatie in combinatie met actief koolfiltratie				0,13 (0,14)				0,24
Ozonisatie in combinatie met actief koolfiltratie en vlok- kingsfiltratie								0,27

Uit tabel B-4 blijkt dat nagenoeg alle variabele lasten omhoog gaan indien de Nederlandse uitgangspunten aangehouden worden op basis van prijspeil 2011. Dit wordt veroorzaakt door inflatie en door andere aannamen op het gebied van prijzen voor elektriciteit, kool, personeel etc. Een aantal berekende variabele lasten stijgen flink ten opzichte van de overige: STOWA 2010, Regensdorf 2009 en Abbegele 2009. Dit wordt veroorzaakt door de hogere prijs van actief kool voor STOWA 2010 en elektriciteit voor de Zwitserse studies, welke in de huidige Nederlandse situatie een factor twee hoger liggen dan in de rapportages is aangenomen.

Uit tabel B5-4 blijkt dat de variabele kosten vlokkingsfiltratie inclusief kosten voor aansluitend leidingwerk c.a. nagenoeg gelijk zijn aan de STOWA-2005 rapportage. Voor ozonisatie worden de kosten lichtelijk hoger ingeschat (€ 0,07 ten opzichte van de algemeen gehanteerde € 0,05/m<sup>3</sup>). De kosten voor actief koolfiltratie worden echter 1,5-3 keer hoger ingeschat. Deze hogere variabele kosten zijn direct gerelateerd aan de dimensionering van de installatie. De installaties in de overige rapportage zijn kleiner gedimensioneerd dan in dit rapport en behalen hierdoor lagere verwijderingrendementen (zie paragraaf 2.4)

## 2.4 Doel ingezette techniek en verwijderingrendement

Dit rapport gaat uit van:

- > 70% verwijderingrendement voor alle stoffen door actief koolfiltratie
- > 90% verwijderingrendement voor alle stoffen door ozonisatie in combinatie met actief koolfiltratie

Deze beoogde verwijderingrendementen spelen een grote rol bij de dimensionering van de installaties. Op basis van de literatuur zijn de volgende dimensioneringsgrondslagen hiervoor voor de Nederlandse situatie noodzakelijk:

- Actiefkoolfiltratie: contacttijd 40 minuten; standtijd 6 maanden
- Ozonisatie: 10 mg/l oftewel 1,0 g O<sub>3</sub>/g opgelost organische materiaal

De variabele lasten worden op basis van deze aannamen voor 80% veroorzaakt door respectievelijk vervanging van actief kool en/of energie voor de productie van ozon.

### Actief koolfiltratie

In de overige studies is met name voor actiefkool filtratie met veel kortere verblijftijden en standtijden gerekend. Voor de Nederlandse rapporten STOWA 2005 en 2009 is de reden hiervoor gelegen in de doelstelling: de algemene verwijdering van microverontreinigingen. Het blijkt dat

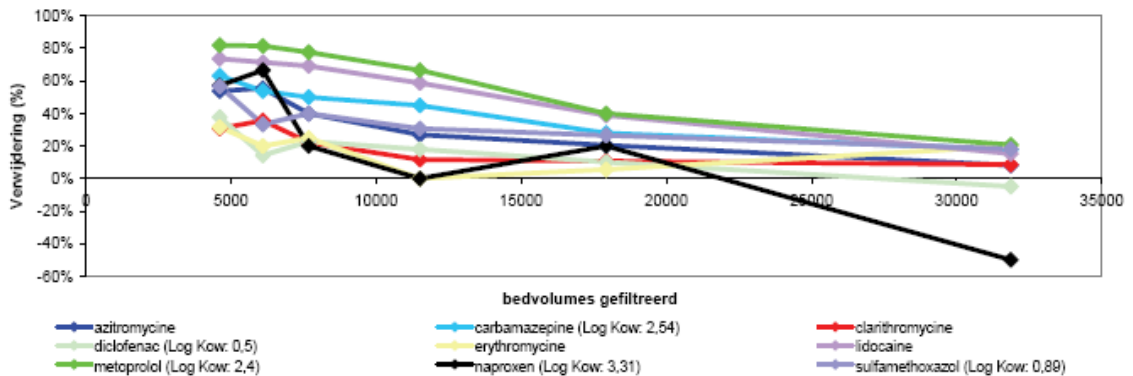
om geneesmiddelen te verwijderen er meer actieve kool per jaar gebruikt moet worden. Sommige geneesmiddelen worden makkelijk verwijderd, maar juist in deze groep van stoffen bevinden zich vele typen welke een langere contacttijd nodig hebben. In het STOWA rapport 2005-28 wordt hier geen aandacht aan geschonken.

Het STOWA rapport 2010-27 gaat hier wel op in. Dit rapport stelt dat om een verwijderingrendement van 70% te behalen voor moeilijk verwijderbare stoffen, de kosten verviervoudigen ten opzichte van het gemiddeld gerapporteerde getal van € 7/i.e. oftewel 0,10/m<sup>3</sup> voor een zuivering van 100.000 i.e voor alle micro-verontreinigingen. In deze groep van “moeilijk te verwijderen stoffen” bevinden zich met name geneesmiddelen die niet verwijderd worden door de rwzi. De reden dat de kosten verviervoudigen is dat er veel meer actieve kool vervangen moet worden wat circa 80% van de kosten uitmaakt (zie tabel B5-5)

**Tabel B 5-5 Aangehouden dimensioneringsgrondslagen actiefkool filtratie**

		STOWA 2005 KRW- rapport	STOWA 2009 1-step rapport	STOWA 2010 AK op af- loop NBT rapport	Duitsland 2008 Ruhr- rapport	Grontmij 2011
Contacttijd	min	20	12	25	17	40
Standtijd	mnd	8	10	6	8	6
Behandeld aantal bedvolumina	-	17.000	35.000	10.000	20.000	6.500
Benodigde hoeveelheid actief kool/jaar voor rwzi 20.000 i.e.	m <sup>3</sup>	84	40	135	71	222
Benodigde hoeveelheid actief kool/jaar voor rwzi 100.000 i.e.	m <sup>3</sup>	417	200	670	354	1112

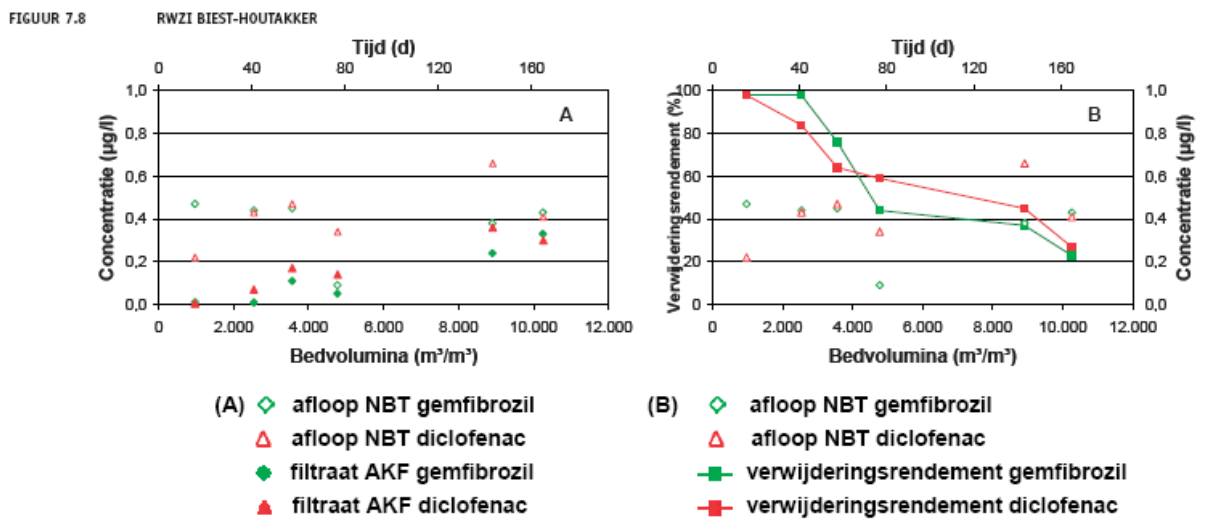
Samengevat bedraagt het benodigde actiefkoolvolume in dit rapport per jaar 1,5-5 keer zo veel als aangenomen is bij de overige rapportages. De reden hiervoor is het benodigde verwijderingrendement van minimaal 70%. Ter illustratie een grafiek uit het STOWA-rapport 1-stepfiltratie in figuur B5-1. Hieruit blijkt dat reeds bij 5000 bedwisselingen de verwijderingrendementen van een aantal stoffen lager zijn dan de beoogde 70%. Dit wordt veroorzaakt door de zeer lage contacttijd van 12 minuten. Voor de kostenberekening van 0,10/m<sup>3</sup> gaat men uit van een standtijd van een krap jaar oftewel 35.000 bedvolumina. Veel stoffen worden dan niet meer verwijderd. In dit rapport is uitgegaan van 40 minuten contacttijd in combinatie met een half jaar standtij, waardoor ruim vijf keer zoveel kool benodigd is als in het 1-step rapport.



**Figuur B5-1: Verwijderingrendementen 1-stepfiltratie (STOWA, 2009)**

Het STOWA rapport ‘Actievekoolfiltratie op afloop nabezinktank’ laat al verminderde verwijderingsrendementen zien van geneesmiddelen bij 3.000 bedvolumina (zie figuur B5-2). Hierbij vindt echter geen voorbehandeling plaats door middel van vlokkingfiltratie, waardoor meer organische stof in het koolfilter terecht komt. Hierdoor treedt concurrentie op tussen organische stof en verwijdering van overige verontreinigingen vanaf 3.000 bedvolumina, waardoor de ver-

wijderingsrendementen van moeilijk verwijderbare stoffen vanaf dit punt sterk afnemen. In dit Grontmij rapport wordt wel uitgegaan van voorbehandeling, waardoor naar verwachting 70% verwijderingsrendement voor alle geneesmiddelen kan worden bewerkstelligd bij 6.500 bedvolumina.



**Figuur B5-2: Verwijderingsrendementen actief koolfiltratie op afloop nabezinking (STOWA, 2010)**

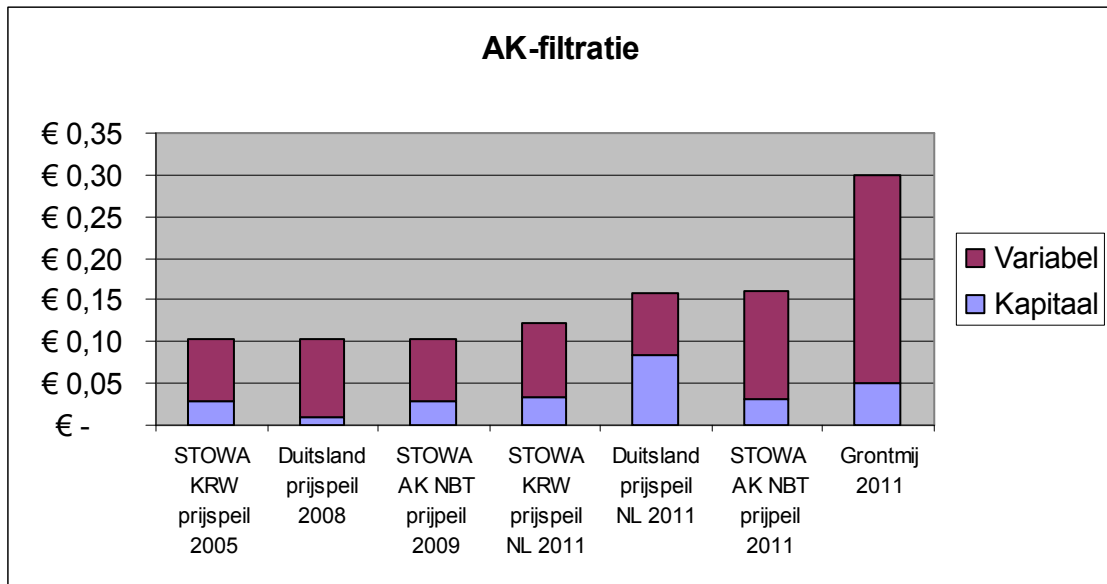
### Ozonisatie

Voor ozonisatie geldt eenzelfde redenering als voor actief koolfiltratie. Het Zwitserse Regensdorf rapport stelt dat een ozonconcentratie van  $< 5$  g Ozon/m<sup>3</sup> afdoende is. Het Lausanne rapport geeft aan dat in dit geval niet alle stoffen voor meer dan 50% verwijderd worden. Wordt de lat verhoogd naar 75% verwijderingsrendement dan moet de ozonconcentratie verdubbeld worden naar 10 g Ozon/m<sup>3</sup> (Lausanne, 2011). Daarom is in dit rapport uitgegaan van 10 g Ozon/m<sup>3</sup> in plaats van 5 g Ozon/m<sup>3</sup> om een verwijderingsrendement van 90% te kunnen garanderen in combinatie met actiefkool filtratie. Hierbij wordt opgemerkt dat in de Zwitserse studies uitgegaan wordt van een helder effluent van rwzi's met weinig organische stof. Om dit in de Nederlandse situatie te bewerkstelligen is voorbehandeling noodzakelijk om hogere benodigde doseringen van ozon te voorkomen.

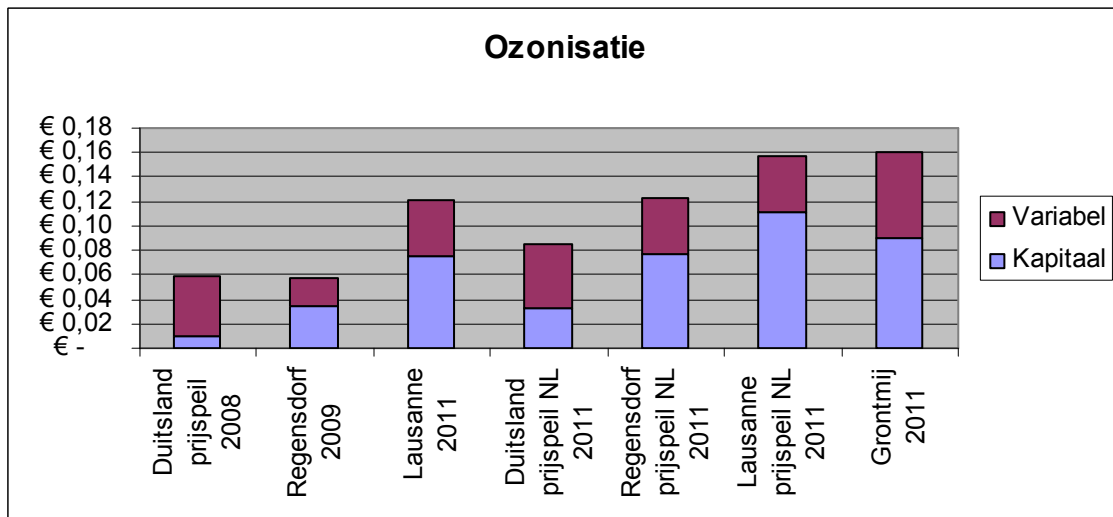
## 2.5 Samenvatting

In de figuren B5-3 tot en met B5-5 zijn op basis van de informatie uit de voorgaande paragrafen de kosten weergegeven uitgaande van een zuivering van 100.000 i.e. voor respectievelijk actiefkool filtratie, ozonisatie en ozonisatie in combinatie met actiefkool filtratie; allemaal exclusief aansluit- en voorbehandelingskosten.

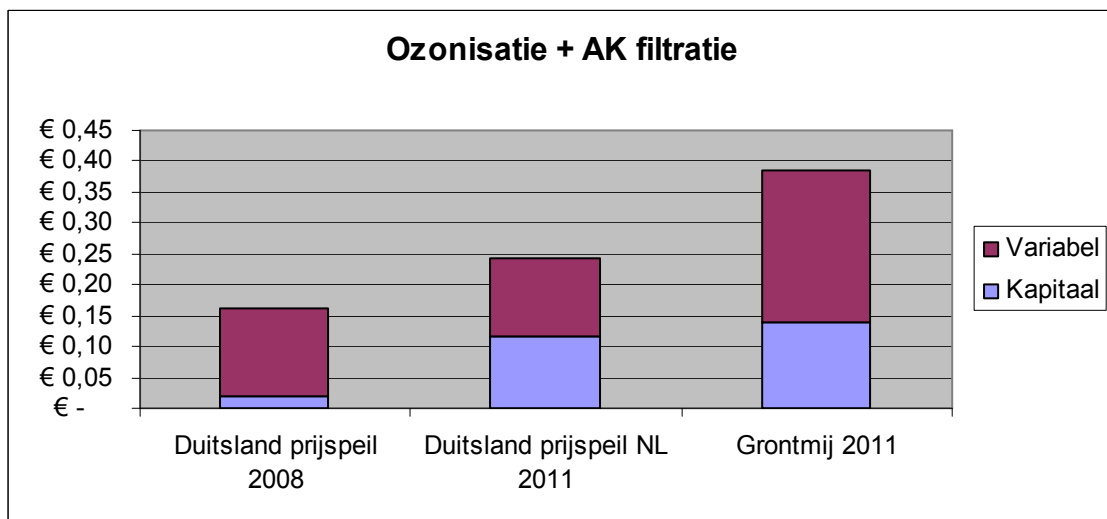
In deze grafieken worden de originele kosten gepresenteerd in combinatie met de omrekening naar prijspeil 2011 in de Nederlandse situatie (zie paragrafen 2.2 en 2.3). Dit betekent dat alleen kostenverschillen ten aanzien van prijspeil (inflatie), wijze van berekenen van kapitaalslasten en aangenomen kosten voor personeel en andere variabele lasten voor verbruiksgoederen zoals elektriciteit en kool zijn teruggerekend conform de methoden in paragraaf 2.2 en 2.3. Dimensioneringsgrondslagen zijn niet gewijzigd.



**Figuur B5-3: Vergelijking kosten actiefkool filtratie**



**Figuur B5-4: Vergelijking kosten ozonisatie**



**Figuur B5-5: Vergelijking kosten ozonisatie in combinatie met actiefkool filtratie**

Uit deze figuren blijkt dat met name de variabele kosten voor actiefkool filtratie in dit rapport hoger worden ingeschat. De overige kosten zijn in overeenstemming met de overige literatuur. De reden hiervoor is dat in dit rapport de benodigde actiefkool volumina per jaar twee tot vijf keer zo veel zijn als aangenomen bij de overige rapportages. De reden hiervoor is het benodigde verwijderingrendement van minimaal 70% voor alle geneesmiddelen. Voor de verwijdering van moeilijk verwijderbare stoffen zoals bepaalde groepen van geneesmiddelen is meer actief kool nodig wat de grootste kostenpost is binnen de variabele lasten van actiefkool filtratie.

Bovenop de kosten gerapporteerd in de figuren 5-3 tot en met 5-5 komen de kosten voor voorbehandeling en vlokkingfiltratie à € 0.06-0.08/m<sup>3</sup>. Deze voorbehandeling is noodzakelijk in verband met de gewenste prestaties van actief koolfiltratie en ozonisatie en bevat tevens de kosten voor benodigde pompen, aansluitend leidingwerk, bufferkelders c.a. om het effluent te kunnen behandelen.

### 3. Verschil grote en kleine rwzi's

In paragraaf 2 is uitvoerig ingegaan op verschillen in aannames voor kapitaalslasten en variabele lasten. Afhankelijk van de methode van afschrijving en de dimensionering van de installatie en het verbruik van middelen verandert de verhouding tussen kapitaalslasten en variabele lasten. In dit rapport wordt berekend dat 80% van de jaarlasten bestaan uit variabele lasten en 20% uit vaste lasten voor de nageschakelde technieken. In Nederlandse en Duitse literatuur wordt normaliter uitgegaan van een verhouding van 40% variabel ten opzichten van 60% vast. Deze verhouding is normaal voor de biologische processen in rioolwaterzuiveringen. Kleine zuiveringen zijn hierdoor relatief duurder per i.e. of m<sup>3</sup> dan grote zuiveringen met grote bassins. Hiervoor zijn grote civiele constructies nodig en in verhouding weinig mechanische en elektrische installaties. In het geval van nageschakelde technieken is deze verhouding omgekeerd. Er wordt meer geïnvesteerd in W/E-installaties dan in beton. Hierdoor verschuift het evenwicht tussen vast en variabel. Daarbij komt dat de variabele kosten voor vervanging van kool en elektriciteit een groter deel innemen van de variabele kosten. In het buitenland wordt verder geheel anders afgeschreven over kapitaalslasten door andere aannames in subsidies, btw-tarief en rente en worden de variabele lasten anders berekend. In Duitsland en Zwitserland geldt hierdoor een verhouding van 50/50 tussen vast en variabel voor de nageschakelde technieken.

Voor de nageschakelde technieken beschreven in dit rapport geldt dus een 80/20 verhouding van variabel ten opzichte van vast voor de situatie anno 2011 gebaseerd op de uitgangspunten vermeld in paragraaf 2. De variabele kosten zijn relatief erg hoog. Desalniettemin kan voor de vaste kapitaalslasten aangenomen worden dat deze een factor 1,4 hoger liggen voor een zuivering van 20.000 i.e. ten opzichte van 100.000 i.e. Er moet immers meer staal/beton worden gebouwd omdat de bassins, kelders en andere constructies kleiner zijn. Deze gevoeligheid voor verandering in kosten voor de Nederlandse situatie anno 2011 is weergegeven in tabel B5-6.

**Tabel B 5-6 Kosten in euro per kubieke meter gebaseerd op Nederlandse situatie anno 2011 ontwerp capaciteit rwzi 20.000 i.e; tussen haakjes kosten 100.000 i.e**

	Kapitaalslasten	Variabele lasten	Totale lasten
Actiefkoolfiltratie (GAC)	0,07 (0,05)	0,20	0,33 (0,30)
Ozonisatie	0,13 (0,09)	0,07	0,20 (0,16)
Actief koolfiltratie in combinatie met ozonisatie	0,20 (0,14)	0,24	0,44 (0,38)
Actief koolfiltratie in combinatie met ozonisatie en vlokkingfiltratie	0,26 (0,19)	0,27	0,54 (0,46)



Het verschil in ontwerpcapaciteit veroorzaakt een verschil in totale lasten van circa 15%. Aangezien deze orde van grootte wegvalt ten opzichte van de onnauwkeurigheid in de aannamen van de verschillende berekeningen is er in dit rapport voor gekozen om te werken met gemiddelde bedragen: € 0,35/m<sup>3</sup> voor actiefkool filtratie en € 0,50/m<sup>3</sup> voor ozonisatie in combinatie met actiefkool filtratie, beide inclusief voorbehandeling, aansluitend leidingwerk, buffers, kelders c.a.

#### 4. Literatuur

2005, STOWA, rapport 2005-28, Verkenningen zuiveringstechnieken en KRW

2008, ISA & IWW, Abschlussbericht zu den Forschungsvorhaben: "Senkung des Anteils organischer Spurenstoffe in der Ruhr durch zusätzliche Behandlungsstufen auf kommunalen Kläranlagen - Gütebetrachtungen" Vergabe-Nr. 07/111.1 (IV-7-042 1 D 7) und "Senkung des Anteils organischer Spurenstoffe in der Ruhr durch zusätzliche Behandlungsstufen auf kommunalen Kläranlagen - Kostenbetrachtungen" Vergabe-Nr. 07/111.2 (IV-7-042 1 D 6),

2009, EAWAG, Ozonung von gereinigtem Abwasser Schlussbericht Pilotversuch Regensdorf

2009, Abegglen et al, Weitergehende Verfahren zur Elimination von organischen Spurenstoffen bei kommunalen Abwasserreinigungsanlagen – Varianten und Kosten

2009, STOWA, rapport 2009-34, 1-step filter als effluentpolishingstechniek

2010, STOWA, rapport 2010-27, Actievekoolfiltratie op afloop nabezinktank

2011, Assainissement Lausanne, Traitement des micropolluants dans les eaux usées. Rapport final sur les essais pilotes à la step de Vidy (Lausanne)