



Rijkswaterstaat
Ministerie van Infrastructuur en Milieu

Evaluatie Screening Lobith (2010)

Meetgegevens van organische microverontreinigingen
in de Rijn bij Lobith

Water. Wegen. Werken. Rijkswaterstaat.





Evaluatie screening Lobith (2010)

Meetgegevens van organische microverontreinigingen in de
Rijn bij Lobith

Datum 1 november 2011
Status DEFINITIEF

Evaluatie screening Lobith (2010)

Meetgegevens van organische microverontreinigingen in de Rijn bij Lobith

Datum 1 november 2011
Status DEFINITIEF

Colofon

Uitgegeven door	RWS – WD – auteur: KWR Watercycle Research Institute
Informatie	Henny van den Heuvel
Telefoon	06 11526486
Fax	0320 249218
Uitgevoerd door	KWR Watercycle Research Institute Thomas ter Laak Annemieke Kolkman
Opmaak	RWS WD
Datum	1 november 2011
Status	DEFINITIEF
Versienummer	A308932 (projectnummer KWR)

Inhoud

	Voorwoord	7
	Samenvatting	9
1	Inleiding	11
2	Werkwijze	13
2.1	Kwalitatieve brede screening – GC-MS	13
2.2	Semikwantitatieve doelstofanalyse voor matig polaire stoffen – GC-MS	13
2.3	Semikwantitatieve doelstofanalyse voor geneesmiddelen – LC-MS	13
3	Resultaten en Discussie	15
3.1	Resultaten kwalitatieve brede GC-MS screening bij Lobith in 2010	15
3.2	Resultaten analyse van matig polaire stoffen met GC-MS bij Lobith in 2010	17
3.2.1	Concentratie variatie	17
3.2.2	Concentratieverloop gedurende het jaar	18
3.2.3	Vergelijk matig polaire stoffen methode met brede GC-MS screening	19
3.3	Resultaten van de analyse van geneesmiddelen met LC-MS in 2010	19
3.3.1	Concentratie variatie en vergelijk met RIWA gegevens	20
3.3.2	Vergelijk analyse methoden – carbamazepine	21
4	Conclusies	23
5	Referenties	25

Voorwoord

In het kader van de inventarisatie van organische microverontreinigingen in het Nederlandse oppervlaktewater door Rijkswaterstaat wordt in de voorliggende memo aandacht geschonken aan de meetlocatie Lobith waar de Rijn Nederland binnenkomt. Het beschreven onderzoek is een voortzetting van wat in het rapport "Evaluatie screening 2005-2009" is beschreven (RWS WD, 2010). Aanbevelingen die in dat rapport worden gedaan, zijn opgenomen in de metingen van 2010. Het voorkomen van stoffen en de gevonden gehalten op de locatie Lobith in 2010 worden in deze memo besproken.

Dank gaat uit naar Kees Kooistra en Jordan Tiesnitsch van het laboratorium van Rijkswaterstaat Waterdienst voor het uitvoeren van de screening en doelstofanalyse.

Samenvatting

Antropogene activiteiten bovenstrooms van Lobith zorgen voor een breed scala van organische microverontreinigingen in de Rijn. In 2010 zijn vierwekelijks (n=13) watermonsters bij Lobith geanalyseerd met de kwalitatieve brede screening en semikwantitatieve doelstofanalyse voor matig-polaire stoffen (beide GC-MS) en is twee maal een monster geanalyseerd met de semikwantitatieve geneesmiddelen methode (LC-MS). De waargenomen concentraties zijn doorgaans vergelijkbaar met in de literatuur aangetroffen waarden. De vierwekelijkse metingen laten echter wel zien dat concentraties van diverse stoffen tot wel een ordegrrootte kunnen variëren. Voor een deel van de stoffen zijn de concentraties hoger in de lente en zomer en lager in de winter en herfst. Dit geldt echter niet voor alle aangetroffen stoffen. Blijkbaar zijn er naast verdunning nog andere processen zoals variërende emissies, afbraak het in milieu en verwijdering door de afvalwaterzuivering relevant. De grote variatie in concentraties in de tijd laat zien dat het in dynamische riviersystemen (zoals in de Rijn bij Lobith) relevant is om frequent monsters te nemen.

1 Inleiding

De Rijn komt bij Lobith Nederland binnen. Bovenstreams van Lobith wonen ongeveer 46 miljoen mensen, dit zijn voornamelijk Duitsers (80%), Zwitsers (11%) en Fransen (8%). Deze mensen, industriële en landbouwactiviteiten in dit gebied zorgen voor een constante stroom van organische microverontreinigingen in de Rijn. Omdat de Rijn vrijwel direct na binnenkomst in Nederland vertakt in de IJssel, Lek en Waal en diverse kanalen is Lobith de meest voor de hand liggende locatie om concentraties van stoffen in de Rijn te bepalen.

In het kader van de inventarisatie van organische microverontreinigingen in het Nederlandse oppervlaktewater door Rijkswaterstaat beschrijft de voorliggende memo de resultaten van de meetgegevens bij Lobith in 2010. Op deze locatie zijn in 2010 vierwekelijks monsters genomen (n=13). Voor deze metingen is gebruik gemaakt van de kwalitatieve 'AMDIS brede screening methode' en de 'matig-polaire stoffen methode' (beide GC-MS). Daarnaast is er op deze locatie twee maal bemonsterd voor geneesmiddelen (LC-MS).

In deze memo zal worden ingegaan op het voorkomen van gemeten stoffen en de concentraties van de gemeten stoffen in de Rijn. Tevens zullen eventuele trends in de tijd worden besproken en worden de resultaten van deze methode vergeleken met metingen van RIWA Rijn.

2 Werkwijze

Voor de bepaling van organische microverontreinigingen in oppervlakte wateren zijn in 2010 op de locatie Lobith vierwekelijks monsters genomen (n=13). Op 13 januari, 10 februari, 10 maart, 7 april, 6 mei, 2 juni, 30 juni, 28 juli, 25 augustus, 22 september, 20 oktober, 17 november, en 15 december 2010 is bemonsterd. De monsters zijn onderzocht met een kwalitatieve brede GC-MS screening en een semikwantitatieve doelstofanalyse voor matig-polaire stoffen met GC-MS (voornamelijk gewasbeschermingsmiddelen). Tevens is er twee maal, namelijk op 6 mei 2010 en 22 september 2010 een monster genomen en met behulp van een LC-MS analyse op de aanwezigheid van 37 geneesmiddelen geanalyseerd. De gebruikte analyse methoden worden hieronder kort besproken. De details van deze drie analyse methoden worden beschreven in het rapport "Evaluatie screening 2005-2009" (RWS WD, 2010).

2.1 Kwalitatieve brede screening – GC-MS

De 13 oppervlaktewatermonsters zijn geëxtraheerd met vaste fase extractie (SPE) en geanalyseerd met een brede GC-MS screening. De aangetroffen stoffen zijn geïdentificeerd met de NIST database en is een indicatieve concentratie bepaald met behulp van een toegevoegde standaardstof. De bepaling van de concentraties is dus niet accuraat, maar de niveaus kunnen onderling wel goed worden vergeleken. Met deze kwalitatieve methode kan een breed scala van (matig) vluchtige organische verbindingen worden gemeten.

2.2 Semikwantitatieve doelstofanalyse voor matig polaire stoffen – GC-MS

De 13 oppervlaktewatermonsters zijn geëxtraheerd met behulp van vaste fase extractie (SPE) en vervolgens geanalyseerd met een semikwantitatieve GC-MS methode voor de bepaling van 33 doelstoffen (matig-polaire stoffen methode), waaronder gewasbeschermingsmiddelen, geurstoffen, geneesmiddelen en industriële chemicaliën. Stoffen die in deze methode zitten, zijn opgenomen na aanleiding van de aanbeveling in het rapport Evaluatie screening RWS (2005-2009) (RWS WD, 2010).

2.3 Semikwantitatieve doelstofanalyse voor geneesmiddelen – LC-MS

De 2 oppervlaktewatermonsters zijn geëxtraheerd met behulp van vaste fase extractie (SPE) en vervolgens zijn deze geanalyseerd met een semikwantitatieve LC-MS methode voor de bepaling van 37 geneesmiddelen. Geneesmiddelen die in deze methode zitten, zijn opgenomen na aanleiding van de aanbeveling in het rapport "Evaluatie screening RWS (2005-2009)" (RWS WD, 2010).

3 Resultaten en Discussie

3.1 Resultaten kwalitatieve brede GC-MS screening bij Lobith in 2010

In Tabel 1 zijn de met de GC-MS brede screening aangetroffen stoffen (gemiddelde indicatieve concentratie en frequentie van aantreffen) op de locatie Lobith in 2010 weergegeven. In Tabel 1 is tevens opgenomen of een stof in een ander meetnet van RWS wordt bepaald.

Tabel 1: Aangetroffen stoffen bij Lobith in 2010 met de kwalitatief brede GC-MS screening. De gemiddelde indicatieve concentraties (ten opzichte van de toegevoegde standaardstof, µg/l) en waarnemingsfrequentie (%) zijn weergegeven.

Stof	Indicatieve concentratie Gem. ^a (µg/l)	% aangetroffen	Opgenomen in meetnet? ^b
carbamazepine	0,065	69%	Geneesmiddelen screening
triethyl phosphate	0,026	62%	-
benzotriazole	0,042	62%	Matig-polaire stoffen methode
benzenesulfonamide, 2-methyl-	0,016	62%	-
TAED	0,043	54%	-
phosphine sulfide, triphenyl-	0,016	54%	-
ethylpyrofosfate	0,043	54%	-
phosphine oxide, triphenyl-	0,119	46%	Matig-polaire stoffen methode
4-oxoisophoron (2,6,6-trimethyl-2-cyclohexene-1,4-dione)	0,01	46%	Matig-polaire stoffen methode
pyrrool-2,5-dion, 3-ethyl-4-methyl-	0,015	38%	-
metazachlor (acetamide, 2-chloro-N-(2,6-dimethylphenyl)-N-(1H-py...)	0,015	38%	MWTL
isoforon	0,027	38%	-
2,4,8,10-tetraoxaspiro[5.5]undecane	0,014	38%	-
pyrene	0,07	31%	MWTL
methane, dimethoxy-	0,023	31%	-
DEET (diethyltoluamide)	0,08	31%	Matig-polaire stoffen methode
benzo[k]fluoranthene	0,029	31%	MWTL
benzenesulfonamide, N-ethyl-2-methyl	0,022	31%	-
terbutylazine (terbuthylazine)	0,009	23%	MWTL
propyzamide	0,019	23%	Matig-polaire stoffen methode
metolachlor	0,026	23%	MWTL
vincubin (2,2,6,6-tetramethyl-4-piperidinon)	0,084	15%	-
tributyl phosphate	0,247	15%	MWTL
phytol	0,166	15%	-

Stof	Indicatieve concentratie Gem. ^a (µg/l)	% aangetroffen	Opgenomen in meetnet? ^b
phenol, 4-(1-methyl-1-phenylethyl)-	0,262	15%	-
Naphthalene	0,039	15%	MWTL
lutidine-2,5	0,01	15%	-
heptanoic acid	0,039	15%	-
cyclohexanone, 4-(1,1-dimethylethyl)-	0,015	15%	-
carbamodithioic acid, diethyl-, methyl ester	0,04	15%	-
butylated hydroxytoluene	0,894	15%	-
benzotriazole, 2-methyl-	0,009	15%	-
acetophenon, 2-amino-	0,026	15%	-
1-phenoxy-2-propanol	0,022	15%	-
xylenol (m-) (phenol, 2,4-dimethyl-)	0,022	8%	-
Phenol, p-tert-butyl-	0,437	8%	-
octanal, 2-(phenylmethylene)-	0,016	8%	-
methanesulfanilide	0,062	8%	-
ferrocene	0,02	8%	-
dibutyl phthalate	4,183	8%	-
caprolactam	0,006	8%	-
benzenesulfonamide, N-ethyl-4-methyl-	0,017	8%	-
benzene, 1-methyl-propyl-	0,006	8%	-
benzene, 1,3-dimethyl-	0,23	8%	-
benzene, 1,3-diethyl-	0,015	8%	-
benzene, (1-butyloctyl)-	0,022	8%	-
aniline	0,012	8%	-
acetophenone	0,034	8%	-
2,2-Dimethoxybutane	4,772	8%	-

a Concentraties zijn indicatief aangezien geen standaarden van deze stoffen zijn gemeten. Gemiddelden zijn bepaald met de positieve waarnemingen (rapportagegrens is immers onbekend).

b Matig-polaire stoffen methode, = Semikwantitatieve GC-MS methode voor analyse van 33 matig-polaire stoffen;

Geneesmiddelen screening = Semikwantitatieve LC-MS methode voor analyse van 37 geneesmiddelen; MWTL = Monitoring Waterstaatkundige Toestand des Lands.

Uit een vergelijking met literatuurstudies in het rapport 'Evaluatie screening RWS (2010)' en (Ter Laak et al., 2011) bleek dat de indicatieve concentraties van de frequent aangetroffen stoffen in lijn waren met literatuurgegevens. Het is echter lastig hier harde uitspraken over te doen, aangezien de brede GC-MS screening een kwalitatieve methode is.

Stoffen die in 6 of meer van de 13 metingen op de locatie Lobith zijn aangetroffen met de brede GC-MS screeningsmethode op de locatie Lobith zijn carbamazepine, 2-

methyl-benzenesulfonamide, benzotriazole, triethyl phosphate, ethylpyrofosfate, triphenyl phosphine sulfide, TAED, 4-oxoisoforon, en TPPO.

3.2 Resultaten analyse van matig polaire stoffen met GC-MS bij Lobith in 2010

In Tabel 2 staan de gemeten en aangetroffen stoffen op de locatie Lobith in 2010 met de doelstofanalyse van gewasbeschermingsmiddelen vermeld. Er is vier wekelijks (n=13) bemonsterd voor deze analyse. Tevens is in Tabel 2 opgenomen of een stof is aangetroffen met de brede GC-MS screening.

Tabel 2: Aangetroffen stoffen bij Lobith in 2010 met de 'matig-polaire stoffen' methode. De gemiddelde concentraties ($\mu\text{g/L}$) en waarnemingsfrequentie (%) zijn weergegeven.

Stof	Gem. ^a conc. ($\mu\text{g/L}$)	% aangetroffen	Resultaten GC-MS brede screening indicatieve ^c Gem. conc. ($\sim\mu\text{g/L}$) en % aangetroffen	RIWA 2010 gegevens ^d Maximaal aangetroffen conc. ($\mu\text{g/L}$)
DEET	0,012	100%	0,08, 31%	0,03
galaxolide	0,08	100%	- ^e	- ^f
carbamazepine	0,04	77%	0,065, 69%	0,14
TPPO	0,033	77%	0,119, 46%	0,11
tonalide ^b	0,01	75%	- ^e	- ^f
1H-benzotriazole	0,178	54%	0,042, 62%	- ^f
terbutryn	0,008	38%	- ^e	<0,05
4-oxoisoforon	0,022	31%	0,01, 46%	- ^f
propyzamide	0,022	15%	0,019, 23%	<0,02
dichlobenil	0,001	8%	- ^e	<0,01
clomazon	0,006	8%	- ^e	<0,01
tri-allaat	0,001	8%	- ^e	<0,02
cyprodinil	0,002	8%	- ^e	<0,05
TBEP	0,098	8%	- ^e	- ^f

a Gemiddelden zijn bepaald met alleen positieve waarnemingen

b Tonalide is niet 13 maar slechts 8 maal gemeten bij Lobith

c Concentraties zijn indicatief aangezien geen standaarden van deze stoffen zijn gemeten

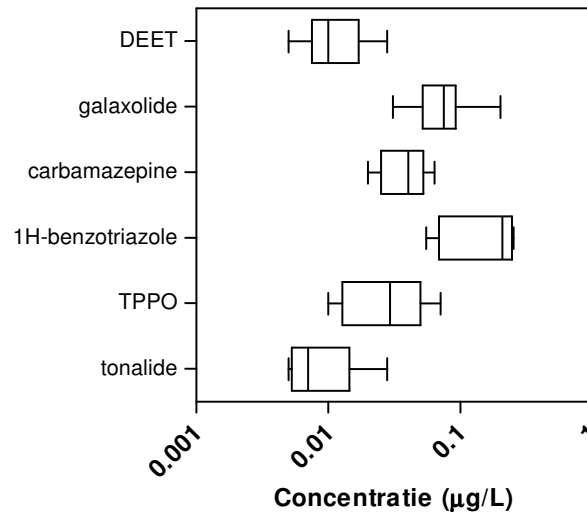
d Data 2010 RIWA-Rijn (RIWA Rijn, 2011)

e Deze stoffen zijn niet aangetroffen met de kwalitatieve brede screening

f Deze stoffen zijn niet door RIWA gemeten

3.2.1 Concentratie variatie

In Figuur 1 zijn de concentraties en spreiding van de frequent aangetroffen stoffen met de gewasbeschermingsmiddelen methode in Box-Whisker plots weergegeven. Alleen stoffen die in 6 of meer van de 13 metingen zijn aangetroffen, namelijk DEET, galaxolide, carbamazepine, 1H-benzotriazole, TPPO en tonalide, zijn in dit figuur weergegeven. Voor deze weergave zijn enkel de 'positieve' waarnemingen gebruikt.

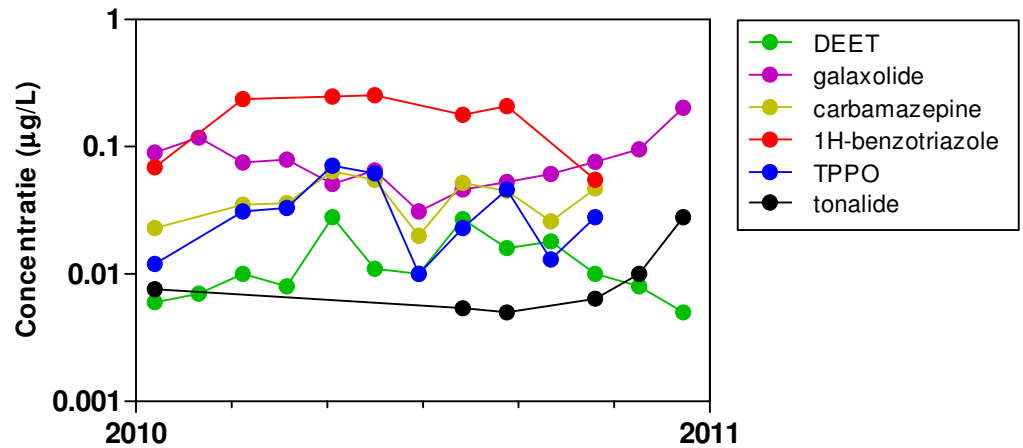


Figuur 1: Box-Whisker plots van concentraties van frequent aangetroffen stoffen bij Lobith met de 'gewasbeschermingsmiddelen' methode. De kaders geven de 25 en 75 'percentielen' aan en de 'error bars' de maximaal en minimaal waargenomen waarden.

In Figuur 1 is te zien dat de concentraties van de aangetroffen stoffen tot een factor tien variëren. Uit eerdere vergelijkingen met literatuurstudies bleek dat de aangetroffen concentraties van de stoffen in lijn waren met literatuur gegevens (zie rapport 'Evaluatie screening RWS (2010)' en ter Laak et al. (Ter Laak et al., 2011). In Tabel 2 is tevens opgenomen of een stof gemeten door de RIWA in 2010 is aangetroffen. Er is te zien dat de gevonden concentraties van de stoffen overeenkomen. Uitzonderingen zijn carbamazepine en TPPO. RIWA heeft hogere concentraties waargenomen dan RWS.

3.2.2 Concentratieverloop gedurende het jaar

Figuur 2 laat het concentratieverloop zien van de stoffen die minimaal 6 keer zijn aangetroffen met de gewasbeschermingsmiddelen methode in de Rijn bij Lobith.



Figuur 2: Het concentratieverloop van frequent aangetroffen stoffen met de 'gewasbeschermingsmiddelen' methode.

In Figuur 2 is te zien dat DEET, TPPO, carbamazepine en 1H-benzotriazole in relatief hoge concentraties worden aangetroffen in de lente en zomer en lagere of niet meetbare concentraties in november, december en februari. Het valt op dat galaxolide en tonalide een min of meer tegengesteld patroon hebben, met juist hoge concentraties in herfst en winter.

3.2.3

Vergelijk matig polaire stoffen methode met brede GC-MS screening

In Tabel 2 is aangegeven of een stof die met de matig-polaire stoffen methode is gevonden, ook is aangetroffen met de GC-MS brede screening. Er is te zien dat 6 stoffen, namelijk DEET, carbamazepine, TPPO, 1H-benzotriazole, 4-oxoisofofon, en propyzamide met beide methoden zijn gevonden. Het vergelijken van aangetroffen concentraties is lastig, omdat de GC-MS brede screening een kwalitatieve methode is, en de gevonden concentraties met deze methode slechts indicatief zijn. Terwijl de matig-polaire stoffen methode een semi-kwantitatieve methode is, en de concentraties die gevonden zijn met deze methode een betrouwbaarder beeld van de werkelijkheid geven. In grote lijnen komen de concentraties overeen. Opvallend is wel dat DEET met de 'matig polaire stoffen' methode in alle 13 monsters (100%) wordt aangetroffen, terwijl met deze stof met de GC-MS brede screening slechts in 31% van de monsters wordt gevonden en dat een aantal stoffen helemaal niet met de brede screening worden aangetroffen. Blijkbaar verschilt de gevoeligheid van de kwalitatieve brede GC-MS screening en de matig-polaire doelstofanalyse.

3.3

Resultaten van de analyse van geneesmiddelen met LC-MS in 2010

In Tabel 3 staan de gemeten en aangetroffen stoffen op de locatie Lobith in 2010 met de doelstofanalyse van geneesmiddelen vermeld. In 2010 is voor deze analyse 2 maal bemonsterd, 1 keer in het voorjaar, en 1 keer in het najaar.

Tabel 3: Aangetroffen stoffen bij Lobith in 2010 met de geneesmiddelenmethode. De gemiddelde concentraties ($\mu\text{g/L}$) en waarnemingsfrequentie zijn weergegeven.

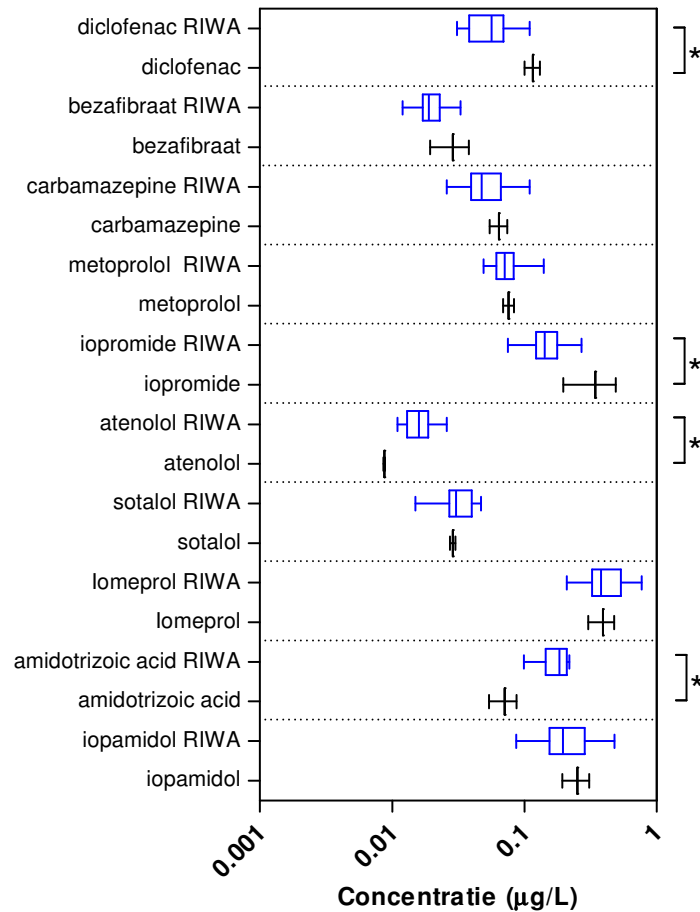
Stof	Gem. ($\mu\text{g/L}$) ^a	aangetroffen
Iomeprol	0,391	2/2
Iopromide	0,344	2/2
Iopamidol	0,252	2/2
Erytromycine	0,176	2/2
Diclofenac	0,116	2/2
Metoprolol	0,076	2/2
Amidotrizoic acid	0,071	2/2
Carbamazepine	0,065	2/2
Caffeine	0,049	2/2
Sotalol	0,029	2/2
bezafibraat	0,029	2/2
Sulfamethoxazole	0,026	2/2
Primidon	0,014	2/2
Claritromycine	0,014	2/2
Fenazon	0,013	2/2
Clindamycine	0,009	2/2
Atenolol	0,009	2/2
Naproxen	0,008	2/2
Lidocaine	0,007	2/2
Roxythromycine	0,007	2/2
Trimethoprim	0,006	2/2
Dimetridazole	0,006	2/2
Sulfadimethoxine	0,001	2/2
Doxycycline	0,041	1/2
acetaminofen	0,002	1/2
Pentoxifylline	0,002	1/2

^a Gemiddelden zijn bepaald met alleen positieve waarnemingen

3.3.1

Concentratie variatie en vergelijk met RIWA gegevens

In Figuur 3 zijn de concentraties en spreiding van de frequent aangetroffen stoffen met de geneesmiddelen methode in Box-Whisker plots weergegeven. Alleen stoffen die in de huidige studie twee maal zijn aangetroffen en ook door de RIWA zijn gerapporteerd (RIWA Rijn, 2011), zijn in dit figuur weergegeven.



Figuur 3: Box-Whisker plots van concentraties van geneesmiddelen bij Lobith van de huidige monitoring studie en RIWA Rijn (in blauw). De '*' geeft aan dat er een significant verschil is tussen de twee monsterseries (t-toets $p < 0,05$). De kaders geven de 25 en 75 'percentielen' aan en de 'error bars' de maximaal en minimaal waargenomen waarden.

De resultaten gevonden met de geneesmiddelen methode zijn vergeleken met de gegevens van RIWA Rijn (Figuur 3). RIWA Rijn heeft in 2010 vierwekelijks een serie geneesmiddelen gemeten ($n=13$). Over het algemeen verschillen de concentraties aangetroffen door RWS ($n=2$) niet significant van de aangetroffen concentraties door RIWA ($N=13$). Voor diclofenac en iopromide waren de concentraties gemeten door RWS echter significant hoger terwijl concentraties van atenolol en amidotroide zuur juist significant lager dan de data van RIWA waren (t-toets, $p < 0,05$). Dit verschil kan mogelijk komen door een verschil in gebruikte analysetechnieken.

3.3.2 *Vergelijk analyse methoden – carbamazepine*

Carbamazepine wordt met de 3 gebruikte analyse methoden gedetecteerd. In Tabel 4 staan de analyseresultaten van carbamazepine met de verschillende methoden vermeld.

Tabel 4: Resultaten van carbamazepine met de 3 verschillende analysemethoden

Analyse methode	Gem. ($\mu\text{g/L}$)	aangetroffen	% aangetroffen
Brede screening - GC-MS	0,065 ^a	9/13	69%
Matig polaire stoffen methode - GC-MS	0,04 ^b	10/13	77%
Geneesmiddelenmethode - LC-MS	0,065 ^b	2/2	100%

a concentratie is indicatief aangezien er geen standaard van de stof is meegenomen (kwalitatieve methode)

b gemiddelde is bepaald met alleen positieve waarnemingen

Uit Tabel 4 blijkt dat carbamazepine in veel monsters wordt aangetroffen. De gemiddelde concentratie die is bepaald met de kwalitatieve brede GC-MS screening, de 'matig-polaire stoffen' methode en de geneesmiddelenmethode komen overeen. Het is echter lastig de gegevens van de geneesmiddelenmethode te vergelijken, aangezien met deze methode slechts twee monsters zijn geanalyseerd. Voor een beter vergelijk van de geneesmiddelenmethode met de andere methodes is het van belang om meer monsters te analyseren.

4 Conclusies

Lobith is een geschikte locatie om het voorkomen van stoffen te bepalen, en concentraties van stoffen in de Rijn te meten. Uit de vierwekelijkse analyse van diverse organische verbindingen blijkt dat concentraties van stoffen tot wel een ordegrrootte variëren in de tijd. De grote variatie in concentraties van stoffen in de Rijn toont aan dat het relevant is om frequent te bemonsteren. 26 van de 37 doelstoffen uit de geneesmiddelenmethode zijn aangetroffen in de Rijn bij Lobith. 14 van de 33 doelstoffen uit de 'matig-polaire stoffen' methode zijn aangetroffen in de Rijn. Carbamazepine wordt met de 3 gebruikte analysemethoden aangetroffen en de waarnemingsfrequentie en gevonden concentratie komen in grote lijnen overeen. De aangetroffen concentraties geneesmiddelen bij Lobith in 2010 die gemeten zijn met de RWS methode komen overeen met de resultaten gevonden door RIWA Rijn.

5 Referenties

RIWA Rijn, 2011. Jaarrapport 2010 De Rijn. RIWA Rijn, Nieuwegein, p. 216.

RWS WD, 2010. Evaluatie Screening RWS (2005-2009). RWS WD, p. 80.

Ter Laak, T.L., Kolkman, A., van den Heuvel, H., Kotte, M., 2011. Evaluatie screening RWS (2010). RWS en KWR Watercycle Research Institute.



Dit is een uitgave van

Rijkswaterstaat

Kijk voor meer informatie op
www.rijkswaterstaat.nl
of bel 0800 - 8002
(ma t/m zo 06.00 - 22.30 uur, gratis)

november 2011 | WD1111RE153