

BTO 2016.065 | Augustus 2016

BTO rapport

**Landelijke
inventarisatie
ongewervelde dieren
2009-2013**

BTO

Landelijke inventarisatie ongewervelde dieren
2009-2013

BTO 2016.065 | Augustus 2016

Opdrachtnummer

400554-089

Projectmanager

Michiel Hootsman/Luc Hornstra

Opdrachtgever

BTO - Thematisch onderzoek - Biologische activiteit

Kwaliteitsborger

Gertjan Medema

Auteurs

Paul van der Wielen & Hein van Lieverloo¹

Verzonden aan

Dit rapport is verspreid onder BTO-participanten.

Een jaar na publicatie is het openbaar.

¹ Viaeterna, Rosmalen

Jaar van publicatie
2016

Meer informatie

Dr. Paul W. J. J. van der Wielen
T 642

E paul.van.der.wielen@kwrwater.nl

Keywords

Biologische activiteit,
ongewervelde dieren,
streefwaarden

PO Box 1072
3430 BB Nieuwegein
The Netherlands

T +31 (0)30 60 69 511
F +31 (0)30 60 61 165
E info@kwrwater.nl
I www.kwrwater.nl

KWR Watercycle
Research
Institute

BTO 2016.065 | Augustus 2016 © KWR

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of enig andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

Voorwoord

In dit rapport wordt een studie beschreven naar de landelijke inventarisatie van de door de Nederlandse drinkwaterbedrijven routinematig verzamelde gegevens van ongewervelde dieren. De opdracht aan KWR voor dit onderzoek binnen het BTO-thema 'Biologische Activiteit' kwam specifiek van de gezamenlijke drinkwaterbedrijven en was naar aanleiding van een eerder onderzoeksvoorstel opgesteld door Hein van Lieverloo. De door de themagroep afgebakende onderzoeksvraag was om te achterhalen in hoeverre de vastgestelde referentiewaarden, die worden gebruikt in het document 'Harmonisatie Wettelijk Meetprogramma', overeenkomen met referentiewaarden afgeleid van gegevens van ongewervelde dieren die routinematig zijn verzameld van alle productielocaties en distributiesystemen over de periode 2009-2013 en om een advies te geven over invulling van het wettelijke meetprogramma. Vanwege deze afbakening richt deze studie zich alleen op het monitoren van ongewervelde dieren in relatie tot esthetische klachten. Dit onderzoek gaat daarom niet in op de rol die ongewervelde dieren kunnen spelen bij nagroeiproblemen van andere organismen of de biologische stabiliteit van het drinkwater.

Gedurende de looptijd van het project is de originele vraagstelling echter achterhaald, omdat de Inspectierichtlijn 'Harmonisatie Wettelijk Meetprogramma' binnenkort komt te vervallen. De afzonderlijke drinkwaterbedrijven kunnen daardoor binnenkort zelf beslissen over het routinematig monitoren van ongewervelde dieren, waardoor een landelijk opgezet meetprogramma niet langer noodzakelijk is. De bedrijven hebben aangegeven verschillende invulling te willen geven aan het routinematig monitoren van ongewervelde dieren. Zo zijn er bedrijven die de huidige monitoring willen handhaven, terwijl andere bedrijven, vooruitlopend op afschaffing van de Inspectierichtlijn, ontheffing hebben gekregen van de Inspectie om in 2016 te stoppen met het routinematig monitoren van ongewervelde dieren. In de hier beschreven rapportage worden dan ook geen aanbevelingen gedaan over het uitvoeren van landelijke routinematige meetprogramma's. Er is wel een beslisboom opgenomen waarmee na kan worden gegaan of het monitoren van ongewervelde dieren in een bepaald voorzieningsgebied zinvol is.

Samenvatting

Ongewervelde dieren kunnen in het Nederlandse drinkwater voorkomen. Deze aanwezigheid vormt echter geen direct gevaar voor de volksgezondheid, maar kan wel leiden tot esthetische en technische klachten. In 1993 t/m 1995 is een inventariserend onderzoek naar ongewervelde dieren uitgevoerd bij 36 verschillende productielocaties die grondwater behandelen. De gegevens van 34 van de 36 onderzochte locaties en van reguliere monitoring in die periode bij vijf oppervlaktewaterverwerkende locaties zijn gebruikt om referentiewaarden te definiëren voor ongewervelde dieren in reinwater en in spuiwater uit het voorzieningsgebied. Het is echter onduidelijk of deze 39 locaties voldoende zijn om betrouwbare landelijke referentiewaarden af te leiden en of de aantallen die destijds zijn gevonden nog actueel zijn. De doelen van het onderzoek beschreven in dit rapport zijn:

- een landelijk overzicht te maken van het aantal consumentenklachten ten aanzien van ongewervelde dieren over de periode 2009 t/m 2013;
- een landelijk overzicht te maken van het aantal ongewervelde dieren in reinwater en spuiwater uit het distributiesysteem over de periode 2009 t/m 2013;
- referentiewaarden af te leiden en deze te vergelijken met de eerder vastgestelde referentiewaarden;
- beslisboom op te stellen die kan worden gebruikt om na te gaan of monitoren van ongewervelde dieren in een bepaald voorzieningsgebied zinvol is.

De drinkwaterbedrijven hebben specifieke consumentenklachten ten aanzien van ongewervelde dieren over de periode 2009 t/m 2013 toegestuurd en alle drinkwaterbedrijven hebben de gegevens over ongewervelde dieren in reinwater en spuiwater uit het voorzieningsgebied toegestuurd (184 verschillende pompstations en 176 verschillende voorzieningsgebieden). Deze gegevens zijn gebruikt om per locatie en per diergroep de mediaanwaarden en maximale waarden te berekenen. Deze gegevens zijn vervolgens gebruikt om per diergroep landelijke mediaanwaarden en 90-percentielen te berekenen en referentiewaarden af te leiden. Daarnaast is een clusteranalyse uitgevoerd op de populatiesamenstelling van ongewervelde dieren om te achterhalen welke pompstations en/of voorzieningsgebieden een vergelijkbare populatiesamenstelling hebben.

De resultaten laten zien dat het aantal geregistreerde consumentenklachten over ongewervelde dieren met minder dan één per jaar erg laag is, wat in het verleden ook is geconstateerd. Eencelligen, raderdieren en draadwormen komen het meest voor in het reinwater, terwijl muggenlarven, borstelwormen, platwormen, mosselkreeften, watervlooien en watermijten vrijwel niet of in lage aantallen voorkomen in het Nederlandse reinwater. Meerdere diergroepen worden regelmatig aangetroffen in het spuiwater uit het distributiesysteem, waarbij de aantallen roeipootkreeften en watermijten over het algemeen het hoogst zijn. Mosselkreeften, slakken en muggenlarven worden maar weinig aangetroffen.

De berekende referentiewaarden, om de klassen 'laag tot normaal', 'verhoogd', 'hoog' en 'zeer hoog' te definiëren, zijn hoger met de 2009 t/m 2013 gegevens voor eencelligen, raderdieren en draadwormen in reinwater bereid uit grondwater dan met de 1993 t/m 1995 gegevens, maar lager voor de meeste andere diergroepen. Dit betekent dat grondwaterverwerkende locaties op basis van de nieuwe referentiewaarden in een lagere klasse vallen ten aanzien van eencelligen, raderdieren en draadwormen, maar in een hogere klasse ten aanzien van de meeste andere diergroepen (behalve watermijten, mosselkreeften en muggenlarven). Referentiewaarden voor buikharigen en draadwormen in reinwater van oppervlaktewaterverwerkende bedrijven zijn hoger met de 2009 t/m 2013 gegevens dan met de gegevens van de jaren '90 terwijl deze referentiewaarden voor eencelligen, raderdieren en (larven van) roeipootkreeften in de laagste klassen hoger, maar voor de hoogste klassen lager zijn met de 2009 t/m 2013 gegevens. Voor de meeste diergroepen in het spuiwater uit het distributiesysteem geldt dat de nieuwe referentiewaarden van de twee laagste klassen lager zijn dan de oudere referentiewaarden, terwijl voor de hoogste klassen de nieuwe referentiewaarden hoger zijn. Dit betekent dat monsters met de nieuwe referentiewaarden minder snel in de laagste en hoogste klassen vallen, maar vaker in de klasse 'hoog'.

De resultaten van deze studie kunnen niet direct worden gebruikt om te achterhalen of de aantallen ongewervelde dieren in het reinwater of spuiwater zijn veranderd tussen 1993/1995 en 2009/2013, omdat de 2009/2013 gegevens zijn verzameld van alle locaties, terwijl de 1993/1995 gegevens van een beperkt aantal locaties waren. Wel kan een gerichte vergelijking worden gemaakt van de aantallen ongewervelde dieren tussen 1993/1995 en 2009/2013 bij iedere locatie die in 1993/1995 is meegenomen, maar een dergelijke vergelijking maakt geen onderdeel uit van de opdracht die de drinkwaterbedrijven aan KWR hebben gegeven.

De clusteranalyse van de populatiesamenstelling van ongewervelde dieren laat zien dat locaties niet groeperen op basis van grondstof (oppervlaktewater vs grondwater), biologische stabiliteit of nagroei. De invloed van deze factoren op de populatiesamenstelling van ongewervelde dieren in drinkwater lijkt dus minder groot dan verwacht. Eerder onderzoek heeft echter wel laten zien dat de biologische stabiliteit van het reinwater en mate van nagroei in het distributiesysteem invloed heeft op de aantallen dierlijke organismen in het distributiesysteem (van Lieverloo et al. 2012; 2014). Tevens is waargenomen dat de populatiesamenstelling in het reinwater geen afspiegeling is van de populatiesamenstelling in het spuiwater van het bijbehorende distributiesysteem. Dit verschil wordt zeer waarschijnlijk veroorzaakt doordat i) het reinwater op een andere manier wordt bemonsterd dan het spuiwater en ii) het spuiwater naast drinkwater ook een relatief hoge concentratie sediment bevat, terwijl dit in het bemonsterde reinwater niet het geval is.

Inhoud

1	Introductie	7
1.1	Achtergrond ongewervelde dieren in drinkwater	7
1.2	Huidige referentiewaarden	9
1.3	Doel van het onderzoek	11
2	Opzet landelijke inventarisatie	13
2.1	Bemonsteringsprotocol drinkwaterlaboratoria	13
2.2	Gebruikte gegevens voor de landelijke inventarisatie	13
2.3	Analyse en afleiden streefwaarden	14
3	Resultaten	17
3.1	Landelijke inventarisatie ongewervelde dieren	17
3.2	Populatiesamenstelling ongewervelde dieren	40
4	Discussie	45
4.1	Landelijke inventarisatie ongewervelde dieren in reinwater en spuiwater	45
4.2	Monitoren ongewervelde dieren drinkwater in relatie tot esthetische klachten	49
5	Conclusie en aanbevelingen	53
5.1	Conclusies	53
5.2	Aanbevelingen	53
6	Referenties	55

1 Introductie

1.1 Achtergrond ongewervelde dieren in drinkwater

Ongewervelde dieren zijn van nature aanwezig in diverse aquatische milieus en het is daarom niet verwonderlijk dat deze organismen ook in drinkwater kunnen voorkomen. De aanwezigheid van ongewervelde dieren in het Nederlandse drinkwater vormt geen gevaar voor de volksgezondheid, maar kan wel leiden tot esthetische en technische klachten. Verschillende ongewervelde dieren kunnen voorkomen in het Nederlandse drinkwater en de Nederlandse en wetenschappelijke benaming van deze organismen zijn weergegeven in Tabel 1.1. In dit rapport wordt verder de Nederlandse benaming gehanteerd. Een korte beschrijving van de verschillende ongewervelde dieren kan worden gevonden in van Lieverloo et al. (1997, 2002).

Tabel 1.1 De Nederlandse en Latijnse benaming van ongewervelde dieren die voorkomen in het Nederlandse drinkwater

Nederlandse benaming	Latijnse benaming
Eencelligen	<i>Protista</i>
Raderdieren	<i>Rotifera</i>
Buikharigen	<i>Gastrotricha</i>
Beerdieren	<i>Tardigrada</i>
Draadwormen	<i>Nematoda</i>
Watermijten	<i>Hydrachnellae</i>
Watervlooien	<i>Cladocera</i>
Mosselkreeften	<i>Ostracoda</i>
Roeipootkreeften	<i>Copepoda</i>
Larven van roeipootkreeften	<i>Nauplius</i>
Platwormen	<i>Turbellaria</i>
Borstelwormen	<i>Oligochaeta</i>
Slakken	<i>Gastropoda</i>
Waterpissebedden	<i>Asellidae</i>
Muggenlarven	<i>Chironomidae</i>

1.1.1 Esthetische klachten

Het voorkomen van ongewervelde dieren in drinkwater is geen nieuw fenomeen. In de Kiwa rapporten 'LIDO II: maatregelen voor beheersing van ongewervelde dieren in drinkwater' uit 1995 (van Lieverloo, 1995), 'Ongewervelde dieren in systemen voor distributie van drinkwater' uit 1997 (van Lieverloo et al. 1997) en de Encyclopedia of Environmental Microbiology (Van Lieverloo et al. 2002) wordt een historisch overzicht gegeven ten aanzien van ongewervelde dieren in drinkwater dat hier kort zal worden beschreven. In 1890 werd door Hugo de Vries al gerapporteerd dat het Rotterdamse drinkwater ongewervelde dieren bevatte (de Vries, 1890). Destijds werd het water echter ook beperkt behandeld, waardoor het voorkomen van ongewervelde dieren een normale situatie was en het niet snel tot klachten zal hebben geleid. In het begin van de 20^{ste} eeuw leidde de aanwezigheid van ongewervelde dieren echter wel tot klachten. Met name de aanwezigheid en

toename van waterpissebedden in het drinkwater van Amsterdam leidde destijds tot een verhoging van de klachten (van Heusden, 1948). In 1964 leidde de aanwezigheid van grote hoeveelheden borstelwormen in het drinkwater van Rotterdam tot veel negatieve publiciteit (Rook, 1970). Ruim twintig jaar later (1987) weet een sierviskweker de vissterfte in zijn bedrijf aan de aanwezigheid van microscopisch kleine dieren in het drinkwater. De publieke belangstelling voor deze zaak leidde tot vragen over ongewervelde dieren in de Tweede Kamer. De toenmalige Minister van VROM meldde in het antwoord dat het desbetreffende drinkwater voldeed aan de Nederlandse eisen die worden gesteld aan het drinkwater. Enkele jaren later werden regelmatig waterpissebedden waargenomen uit tapkranen in een nieuwe wijk van Velsen, wat ook weer tot veel negatieve publiciteit leidde. Vanwege de negatieve publiciteit die het voorkomen van ongewervelde dieren met zich kunnen meebrengen, besloten de drinkwaterbedrijven eind jaren '80/begin jaren '90 van de vorige eeuw om een landelijk onderzoek naar ongewervelde dieren in drinkwater uit te voeren.

1.1.2 Landelijk onderzoek ongewervelde dieren

De meeste drinkwaterbedrijven die oppervlaktewater gebruiken voor de drinkwaterbereiding en enkele bedrijven die grondwater als grondstof gebruiken, bepaalden al sinds de jaren '60 (sommige bedrijven nog eerder) ongewervelde dieren in het drinkwater. De gegevens over ongewervelde dieren van de oppervlaktewaterverwerkende bedrijven zijn destijds ook gebruikt om voorlopige streefwaarden te formuleren in de VEWIN-aanbevelingen van 1993 (VEWIN, 1993).

De vragen die in 1988 werden gesteld in de Tweede Kamer over ongewervelde dieren in drinkwater was voor de drinkwaterbedrijven echter aanleiding om samen met Kiwa landelijk onderzoek uit te voeren naar ongewervelde dieren in drinkwater. Eén onderdeel van het onderzoek was om bij een aantal locaties het aantal ongewervelde dieren in het drinkwater te inventariseren. Van 1989 t/m 1991 zijn ter oriëntatie de aantallen en aard van ongewervelde dieren bepaald in het uitgaande water (reinwater) van 27 grondwaterverwerkende productiebedrijven en is bij één locatie ook het spuiwater uit het distributiesysteem onderzocht. De resultaten van dit onderzoek lieten zien dat in het uitgaande water 'af pompstation' voornamelijk kleine organismen werden aangetroffen, in lage aantallen (van Lieverloo et al. 1997). In het spuiwater uit het distributiesysteem werden hogere aantallen van deze organismen aangetroffen, evenals van grotere ongewervelde dieren. In een uitgebreider vervolgonderzoek werden ongewervelde dieren gedurende 1993 t/m 1995 bepaald in het reinwater, drinkwater bemonsterd na doorstroming aan de tap en spuiwater bij 36 verschillende locaties (drie locaties gebruikte hierbij oppervlaktewater als grondstof en 33 locaties grondwater). De resultaten van dit onderzoek lieten ook zien dat het reinwater voornamelijk kleinere organismen bevat in relatief lage aantallen, terwijl het spuiwater uit het distributiesysteem meestal hogere aantallen bevatten, ook van de grotere organismen (van Lieverloo et al. 1997).

1.2 Huidige referentiewaarden

De huidige referentiewaarden zijn in 1999 in een werkgroep¹ met vertegenwoordigers van alle drinkwaterbedrijven en -laboratoria in Nederland vastgesteld. De werkgroep wenste daarbij referentiewaarden voor alle organismen, niet alleen voor organismen die in het verleden tot klachten hadden geleid (waterpissebedden en borstelwormen). De gegevens van het inventariserend onderzoek uit 1993 t/m 1995 bij 34 verschillende productielocaties en van reguliere monitoring in die periode bij vijf oppervlaktewaterverwerkende productielocaties zijn gebruikt om referentiewaarden te definiëren voor ongewervelde dieren in reinwater bereid uit grondwater en oppervlaktewater en in spuiwater uit het voorzieningsgebied (van Lieverloo et al. 1999). De oorspronkelijke doelstelling van referentiewaarden was dat drinkwaterbedrijven het drinkwater kunnen classificeren en ze desgewenst beperkende maatregelen kunnen nemen op basis van deze classificatie (van Lieverloo et al. 1999). Deze referentiewaarden zijn onderverdeeld in 4 klassen die arbitrair zijn gekozen (van Lieverloo et al. 1999):

1. zeer laag tot normaal: in deze klasse valt $\pm 50\%$ van de systemen
2. verhoogd: in deze klasse valt $\pm 40\%$ van de systemen
3. hoog: in deze klasse valt $\pm 7\%$ van de systemen
4. zeer hoog: in deze klasse valt $\pm 3\%$ van de systemen

Tabel 1.2 Referentiewaarden ($N\ m^{-3}$) voor de verschillende diergroepen in het reinwater van productielocaties waar grondwater wordt gebruikt voor de drinkwaterbereiding zoals beschreven in rapportage SWE99.002 (van Lieverloo et al. 1999). Het standaard monstervolume van 200 l, onder druk gefilterd door filters met een maaswijdte van 10 μm , bepaalde de ondergrens van 5 m^{-3} .

Diergroep	Klasse 1	Klasse 2	Klasse 3	Klasse 4
Eencelligen	< 30	< 100	< 1000	≥ 1000
Raderdieren	< 30	< 100	< 500	≥ 500
Buikharigen	< 5	< 10	< 50	≥ 50
Beerdieren	< 5	< 5	< 30	≥ 30
Draadwormen	< 5	< 10	< 100	≥ 100
Watermijten	< 5	< 5	< 5	≥ 5
Watervlooien	< 5	< 5	< 10	≥ 10
Mosselkreeften	< 5	< 5	< 5	≥ 5
Roeipootkreeften	< 5	< 10	< 50	≥ 50
Roeip.kr.larven	< 5	< 30	< 100	≥ 100
Platwormen	< 5	< 5	< 10	≥ 10
Borstelwormen	< 5	< 5	< 10	≥ 10
Muggenlarven	< 5	< 5	< 5	≥ 5

In Tabel 1.2 t/m 1.4 zijn de referentiewaarden van de verschillende klassen weergegeven. In een later stadium zijn de referentiewaarden voor ongewervelde dieren ook overgenomen in de Inspectierichtlijn 'Harmonisatie

¹ Contactgroep Kwaliteitsverbetering Hydrologisch Onderzoek van de Kiwa-Werkgroep Biologische aspecten van de waterkwaliteit.

Wettelijk Meetprogramma', opgesteld door VROM-Inspectie (het huidige Inspectie Leefomgeving en Transport), waarmee ze een meer wettelijke status hebben gekregen. Naast de referentiewaarden die zijn afgeleid door van Lieverloo et al. (1999), hebben sommige bedrijven aparte bedrijfsnormen voor ongewervelde dieren opgesteld. In deze rapportage wordt alleen gerefereerd naar de referentiewaarden uit van Lieverloo et al. (1999), omdat naar dit rapport wordt verwezen in de Inspectierichtlijn 'Harmonisatie Wettelijk Meetprogramma' die landelijk geldt.

Deze referentiewaarden zijn dus afgeleid van een beperkt aantal productielocaties en distributiesystemen. Hierdoor is het onduidelijk of 50, 40, 7 en 3% van alle locaties in Nederland respectievelijk in klasse 1, 2, 3 en 4 vallen.

Tabel 1.3 Referentiewaarden ($N\ m^{-3}$) voor de verschillende diergroepen in het reinwater van productielocaties waar oppervlaktewater wordt gebruikt voor de drinkwaterbereiding zoals beschreven in rapportage SWE99.002 (van Lieverloo et al. 1999). Het standaard monstervolume van 200 l, onder druk gefilterd door filters met een maaswijdte van 10 μm , bepaalde de ondergrens van 5 m^{-3} .

Diergroep	Klasse 1	Klasse 2	Klasse 3	Klasse 4
Eencelligen	< 10	< 30	< 500	≥ 500
Raderdieren	< 300	< 1000	< 5000	≥ 5000
Buikharigen	< 5	< 5	< 300	≥ 300
Beerdieren	< 5	< 5	< 10	≥ 10
Draadwormen	< 30	< 80	< 100	≥ 100
Watermijten	< 5	< 5	< 5	≥ 5
Watervlooien	< 5	< 5	< 5	≥ 5
Mosselkreeften	< 5	< 5	< 5	≥ 5
Roeipootkreeften	< 5	< 80	< 100	≥ 100
Roeip.kr.larven	< 10	< 300	< 1000	≥ 1000
Platwormen	< 5	< 5	< 50	≥ 5
Borstelwormen	< 5	< 5	< 5	≥ 5
Muggenlarven	< 5	< 5	< 5	≥ 5

Tabel 1.4 Referentiewaarden ($N\ m^{-3}$) voor de verschillende diergroepen in het spuiwater uit het distributiesysteem zoals beschreven in rapportage SWE99.002 (van Lieverloo et al. 1999). Het standaard monstervolume van 1000 l, onder vrij verval gefilterd door filter met een maaswijdte van 500 μm , bepaalde de afgeronde ondergrens van 1 m^{-3} en het monstervolume van 100 l, onder vrij verval gefiltreerd door filters met maaswijdte van 100 en 30 μm , bepaalde de ondergrens van 10 per m^{-3} .

Diergroep	Klasse 1	Klasse 2	Klasse 3	Klasse 4
Draadwormen	< 50	< 300	< 1000	≥ 1000
Watermijten	< 10	< 50	< 100	≥ 100
Watervlooien ^b	< 50	< 300	< 1000	≥ 1000
Mosselkreeften	< 1	< 1	< 10	≥ 10
Roeipootkreeften	< 30	< 300	< 1000	≥ 1000
Roeip.kr.larven	< 10	< 100	< 300	≥ 300
Platwormen	< 5	< 30	< 100	≥ 100
Borstelwormen ^c	< 30	< 100	< 300	≥ 300
Slakken	< 1	< 1	< 5	≥ 5
Waterpissebedden	< 1	< 30	< 100	≥ 100
Muggenlarven	< 1	< 1	< 3	≥ 3

Het is van belang om op te merken dat de locaties die zijn gebruikt om de huidige referentiewaarden af te leiden, waarschijnlijk niet volledig representatief zijn voor alle locaties en omstandigheden. Zo werden binnen de grondwaterverwerkende productiebedrijven locaties gekozen dat het hele bereik van kaliumpermanganaatverbruik (als ruwe maat voor biologische stabiliteit) van het reinwater vertegenwoordigd was, was het aantal oppervlaktewaterverwerkende bedrijven beperkt, omdat slechts 17 van de circa 250 productielocaties oppervlaktewater gebruikte. De monsterlocaties werden ook niet willekeurig gekozen, maar moesten voldoen aan de vooraf opgestelde criteria (leidingen met inwendige diameter van 100-105 mm, spreiding over leidingmateriaaltype, spreiding over afstand tot pompstation, geen bruinwaterklachten op uitgebreide schaal). De monsters werden genomen verspreid over het jaar (driemaandelijkse monsternamen met spreiding in deze periode om seizoensinvloeden te kunnen detecteren), en zijn alleen representatief voor leidingen die elke drie maanden zijn bemonsterd (de monsterneming is een beperkte vorm van reiniging door een leidingverversing met 1 m/s).

Omdat de werkgroep die in 1999 de referentiewaarden opstelden ook de kleine organismen in spuiwater nauwkeurig wilde kwantificeren, werd gekozen voor filtratie van het spuiwater door achtereenvolgens 500, 100 en 30 μm . Omdat tijdens de landelijke inventarisatie 1993-1995 de filters een minimale maaswijdte van 100 μm hadden, zijn de aantallen gecorrigeerd voor de fractie die de 100 μm filters kunnen passeren en in de 30 μm achterbleven. Deze correctie is uitgevoerd op basis van een beperkt aantal metingen (4 tot 33 monsters, afhankelijk van de diergroep, Van Lieverloo *et al.*, 1997, 1999 en 2004). Een deel van de gebruikte correctiefactoren had daardoor een hoge spreiding en beperkte betrouwbaarheid.

1.3 Doel van het onderzoek

Het doel van het onderzoek beschreven in dit rapport is om op basis van de gegevens van alle drinkwaterlocaties in Nederland over de periode 2009 t/m 2013 een landelijk overzicht te maken van (i) het aantal consumentenklachten ten aanzien van ongewervelde dieren van (ii) het aantal ongewervelde dieren in reinwater en spuiwater uit het distributiesysteem. Het landelijk overzicht van ongewervelde dieren in drinkwater wordt tevens gebruikt om referentiewaarden af te leiden en deze te vergelijken met de eerder vastgestelde referentiewaarden (Tabel 1.2 t/m 1.4). Tot slot is een beslisboom opgesteld die drinkwaterbedrijven kunnen gebruiken om na te gaan wanneer het monitoren van ongewervelde dieren in een bepaald voorzieningsgebied zinvol lijkt.

Analoog aan micro-organismen kunnen de heersende milieufactoren in belangrijke mate bepalen welke soorten van ongewervelde dieren voorkomen in het drinkwaterecosysteem. Bij bepaalde onderzoeksvragen ten aanzien van de drinkwaterkwaliteit, zeker in relatie tot de biologische stabiliteit van het water en/of nagroei van andere probleemorganismen, kan het daarom meerwaarde hebben om ook de soortensamenstelling van ongewervelde dieren te karakteriseren. De landelijke inventarisatie beschreven in deze rapportage gaat echter niet in op deze redenen voor het meten van ongewervelde dieren, maar richt zich volledig op het routinematige meetprogramma en referentiewaarden van ongewervelde dieren in relatie tot de esthetische en/of

technische klachten die deze organismen kunnen veroorzaken. Voor aanvullende informatie en onderzoeksvragen ten aanzien van ongewervelde dieren in relatie tot biologische stabiliteit en nagroei wordt verwezen naar van Lieverloo et al. (2012, 2014) en van der Kooij & van der Wielen (2014).

2 Opzet landelijke inventarisatie

2.1 Bemonsteringsprotocol drinkwaterlaboratoria

Het aantal ongewervelde dieren in het reinwater en spuiwater in het distributiesysteem van de verschillende pompstations en distributiegebieden wordt bepaald door de vier drinkwaterlaboratoria (Vitens laboratorium, Aqualab Zuid, HWL en WLN). De themagroepleden van de TG Biologische Activiteit hebben de bemonsteringsprotocollen van deze vier laboratoria opgevraagd en de beknopte protocollen met KWR gedeeld. Met deze beknopte protocollen was het mogelijk om na te gaan of de reinwater- en spuiwaterbemonstering op dezelfde manier is uitgevoerd ten aanzien van monstervolume en filtratie.

De vier drinkwaterlaboratoria gebruiken eenzelfde protocol voor het bemonsteren van reinwater. Hierbij wordt over het algemeen 200 liter gefiltreerd over een 10 µm filter, waarna de ongewervelde dieren worden geteld. HWL filtreert echter 270 tot 360 liter in plaats van 200 liter. Op verzoek van Evides hanteert Aqualab-Zuid voor Evides een ander protocol, waar 500 tot 1000 liter water drukvrij wordt gefiltreerd over planktongaas met een maaswijdte van 30 µm. Ten aanzien van spuiwatermonsters werd bij alle vier de laboratoria het volume gesplitst in een hoofdstroom (circa 90%) en een nevenstroom (circa 10%). De hoofdstroom gaat in alle gevallen ook over een 500 µm filter. De nevenstroom gaat bij alle laboratoria eerst over een 500 µm filter, vervolgens over een 100 µm filter en tot slot over een 30 µm filter. Bij alle laboratoria wordt 1000 liter bemonsterd en wordt deze 1000 liter (na kort doorspoelen van de brandkraan) met een snelheid van 1 m/s door de volledige lengte van de te bemonsteren leiding over de filters gespuid.

2.2 Gebruikte gegevens voor de landelijke inventarisatie

2.2.1 Consumentenklachten ten aanzien van ongewervelde dieren

De drinkwaterbedrijven hebben het aantal consumentenklachten ten aanzien van ongewervelde dieren over de periode 2009 t/m 2013 toegestuurd.

2.2.2 Ongewervelde dieren

Voor de landelijke inventarisatie zijn de gegevens gebruikt over de periode 2009 t/m 2013 van het reinwater van 184 verschillende pompstations in Nederland (170 locaties die drinkwater bereiden uit grondwater en 14 locaties die drinkwater bereiden uit oppervlaktewater) (Tabel 2.1). Daarnaast zijn gegevens gebruikt over de periode 2009 t/m 2013 van het spuiwater uit het distributiesysteem van 176 verschillende voorzieningsgebieden in Nederland (163 gebieden waar drinkwater wordt bereid uit grondwater en 13 gebieden waar drinkwater wordt bereid uit oppervlaktewater). Het gemiddelde aantal waarnemingen per locatie (zowel reinwater als distributie) is aanzienlijk lager bij locaties waar drinkwater wordt bereid van grondwater dan bij locaties waar drinkwater wordt bereid van oppervlaktewater (Tabel 2.1).

Tabel 2.1. Het aantal productielocaties en distributiegebieden waar gegevens over ongewervelde dieren in reinwater en distributie zijn verkregen, gesplitst naar de grondstof (grondwater en oppervlaktewater) voor de drinkwaterbereiding en de beschrijvende statistische gegevens van het aantal waarnemingen per locatie.

	Grondwater	Oppervlaktewater
Productielocaties (reinwater)	170	15
<i>Waarnemingen per locatie</i>		
Gemiddelde	4.1	57.0
Standaarddeviatie	5.7	15.9
Mediaan	3	63.5
75-percentiel	5	65
90-percentiel	7	71.6
Minimum	1	29
Maximum	65	75
Distributiegebieden	163	13
<i>Waarnemingen per gebied</i>		
Gemiddelde	8.7	67.0
Standaarddeviatie	6.9	60.0
Mediaan	6	51
75-percentiel	12	77
90-percentiel	18	155.2
Minimum	1	14
Maximum	36	192

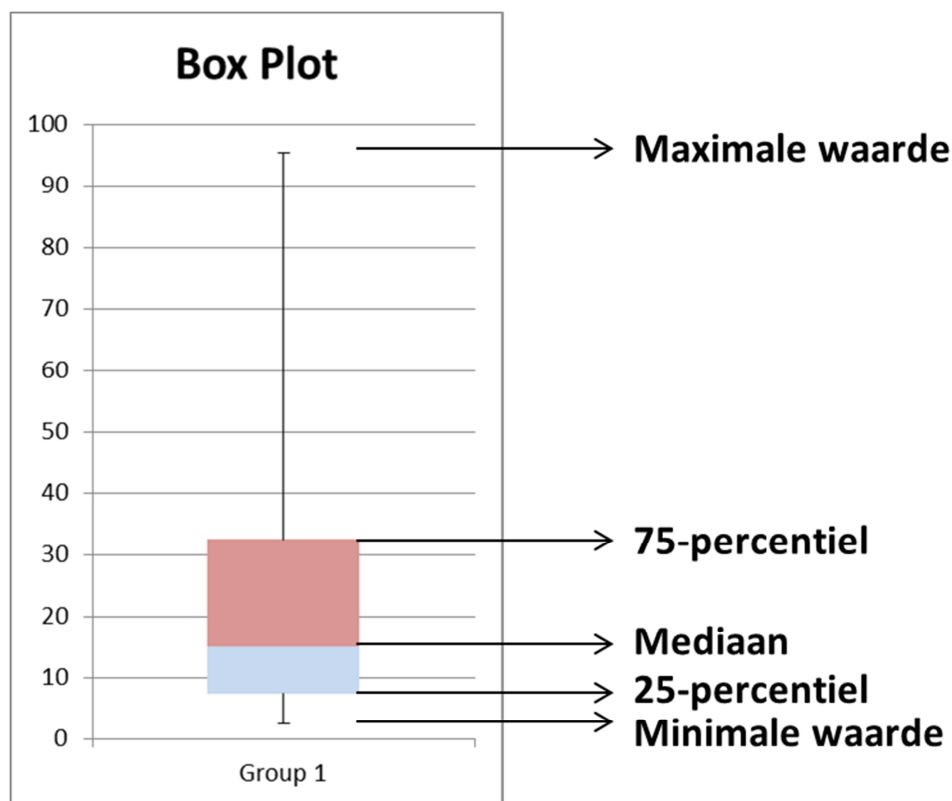
In het reinwater zijn door alle drinkwaterbedrijven data van de eencelligen, raderdieren, buikharigen, beerdieren, draadwormen, watermijten, watervlooien, roeipootkreeften, larven van roeipootkreeften, borstelwormen en muggenlarven bepaald. Negen van de tien bedrijven hebben ook data van platwormen in het reinwater aangeleverd (PWN uitzondering) en acht van de tien bedrijven data van mosselkreeften (PWN en Dunea uitzondering). Vier van de tien bedrijven hebben daarnaast ook data van slakken en waterpissebedden in het reinwater aangeleverd (WMD, WbG, Evides en WML). In het spuiwater van het distributiesysteem zijn door alle drinkwaterbedrijven data van de draadwormen, watermijten, watervlooien, mosselkreeften, roeipootkreeften, larven van roeipootkreeften, platwormen, borstelwormen, slakken, waterpissebedden en muggenlarven aangeleverd. Twee van de tien bedrijven hebben daarnaast ook data van eencelligen, raderdieren, buikharigen en beerdieren in het spuiwater aangeleverd (Evides, Waternet).

2.3 Analyse en afleiden streefwaarden

De gegevens van iedere reinwaterlocatie of distributiesysteem over de periode 2009 t/m 2013 zijn gebruikt om de mediaanwaarde en maximale waarde van iedere diergroep per locatie te bepalen. Vervolgens is een box-plot figuur gemaakt van alle medianen of maximale waarden voor iedere diergroep. De box-plot figuur geeft de mediaanwaarde, 25- en 75-percentiel en minimum en maximum waarde weer (zie Figuur 2.1) van de medianen van alle locaties weer. Tevens is de mediaan en 90-percentiel van de medianen en maximale waarden van alle locaties, grondwaterverwerkende productielocaties en oppervlaktewaterverwerkende productielocaties berekend.

De populatiesamenstelling van ongewervelde dieren is ook vergeleken tussen de verschillende reinwaterlocaties en voorzieningsgebieden door een

clusteranalyse uit te voeren. Tevens zijn ook reinwater en voorzieningsgebieden met een clusteranalyse vergeleken door de diergroepen te gebruiken die in het reinwater en in het bijbehorende voorzieningsgebied werden bepaald. De clusteranalyse is uitgevoerd op de loggetransformeerde mediaanwaarden van de aantallen van de verschillende diergroepen, waarbij de Morisita en Bray-Curtis similarity index werden gebruikt (Morisita, 1959, Bray and Curtis, 1957). De Morisita similarity index houdt rekening met de diversiteit en aantallen van de ongewervelde dieren en wordt algemeen toegepast in ecologische studies (meer dan 190 studies sinds 2010 volgens Scopus, de grootste abstract en citatiedatabase van peer-reviewed literatuur. De betrouwbaarheid van de groepering die wordt gevonden met de Morisita similarity index is onderzocht door de groepering ook te baseren op een tweede similarity index (Bray-Curtis), die ook rekening houdt met aantallen en diversiteit (maar over het algemeen als minder krachtig wordt gezien).



Figuur 2.1 De waarden die worden weergegeven in een box-plotfiguur.

De afleiding van de referentiewaarden is beschreven door van Lieverloo et al. (1999) in het rapport 'Ongewervelde dieren in systemen voor distributie van drinkwater'. Voor het reinwater en het spuiwater uit het distributiesysteem zijn vier referentieklassen gedefinieerd (Tabel 2.2). Deze referentieklassen zijn destijds arbitrair gekozen door de Contactgroep Kwaliteitsverbetering Hydrologisch Onderzoek waarin diverse drinkwaterbedrijven en Kiwa in vertegenwoordigd waren. Met behulp van de landelijke gegevens van ongewervelde dieren over de periode 2009 t/m 2013 zijn vervolgens de

referentiewaarden van iedere klasse voor elke diergroep in het reinwater van productielocaties die grondwater gebruiken, reinwater van productielocaties die oppervlaktewater gebruiken en spuiwater uit het distributiesysteem van alle productielocaties bepaald.

Tabel 2.2 Referentieklassen voor iedere diergroep in het reinwater of spuiwater uit het distributiesysteem.

Klasse	Definitie
1. Zeer laag tot normaal	Mediaan < mediaan van medianen spuiwater alle vzg
2. Verhoogd	Mediaan < 90-percentiel van medianen spuiwater alle vzg
3. Hoog	Mediaan < maximum van medianen spuiwater alle vzg
4. Zeer hoog	Mediaan ≥ maximum van medianen spuiwater alle vzg

3 Resultaten

3.1 Landelijke inventarisatie ongewervelde dieren

3.1.1 Consumentenklachten ongewervelde dieren

De drinkwaterbedrijven hebben het aantal geregistreerde specifieke klachten ten aanzien van ongewervelde dieren over de periode 2009 t/m 2013 aan KWR doorgegeven (Tabel 3.0). Het aantal geregistreerde specifieke klachten ten aanzien van ongewervelde dieren is zeer laag en ligt bij de meeste bedrijven op minder dan één klacht per jaar. De klachten van Brabant Water waren gerelateerd aan waterpissebedden en/of zichtbare borstelwormen en die van PWN aan waterpissebedden en vermoedelijk muggenlarven. De laatste was echter gerelateerd aan een toilet na vakantie en het is niet ondenkbaar dat deze muggen hun eieren direct in het toiletwater hebben gelegd. De meeste klachten van Evides zijn niet gelieerd aan directe waarnemingen van ongewervelde dieren, maar aan visueel zichtbaar zijn van fecale pellets van waterpissebedden. Deze uitwerpselen bevatten sediment in een 'hagelslag'vorm. De klachten die bij Vitens en Waternet zijn binnengekomen zijn niet geregistreerd op type ongewervelde dieren. Op basis van de specifieke geregistreerde klachten van dierlijke organismen wordt geconcludeerd dat het voorkomen van ongewervelde dieren in het Nederlandse drinkwater geen groot esthetisch probleem lijkt te zijn. Het blijft echter wel onduidelijk of het aantal geregistreerde klachten ook overeenkomt met het daadwerkelijke aantal klachten. De meeste leden van de TG 'Biologische Activiteit' geven namelijk aan dat de klachtenregistratie waarschijnlijk onbetrouwbaar is in relatie tot specifieke klachten over ongewervelde dieren. Daarnaast kunnen andere klachten (bv drukklachten) indirect worden veroorzaakt door ongewervelde dieren, maar bij dergelijke klachten wordt de oorzaak van de klacht vrijwel nooit onderzocht.

Tabel 3.0 Het aantal esthetische klachten van ongewervelde dieren bij de verschillende drinkwaterbedrijven over de periode 2009-2013.

Bedrijf	Klachten	Bedrijf	Klachten
Brabant Water	3	Vitens	5
Dunea	0	Waternet	zelden
Evides	16	WbG	0
Oasen	zelden	WMD	0
PWN	3	WML	0

¹ periode 2011 t/m 2015

3.1.2 Ongewervelde dieren in reinwater

Per diergroep en per locatie is over de gegevens van 2009 t/m 2013 de mediaan en de maximum waarde van de aantallen in het reinwater berekend. Wanneer de aantallen van een bepaalde meting lager dan de detectiegrens was, is er voor gekozen om de waarde 0 te gebruiken. De gegevens van de mediaanwaarde van iedere diergroep per locatie zijn weergegeven in Figuur 3.1 t/m 3.13. De mediaanwaarden van iedere locaties is ook gebruikt om de landelijke mediaan, 25-percentiel, 75-percentiel, maximum en minimum

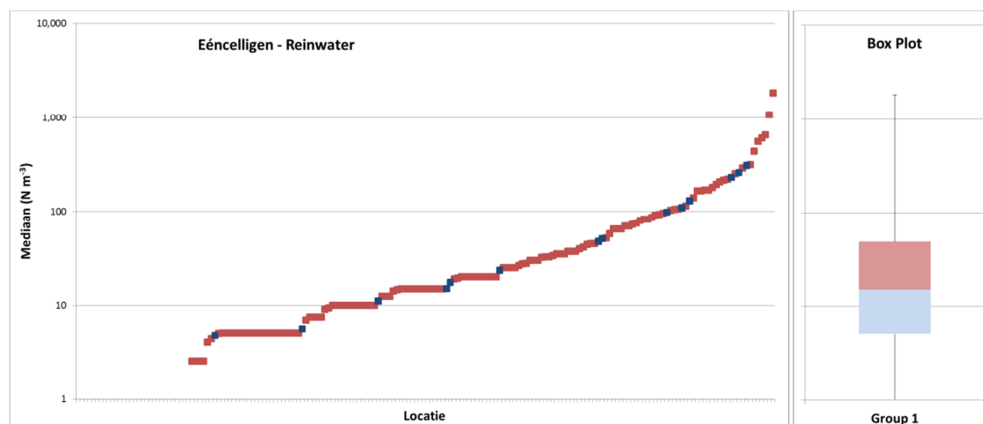
waarden voor iedere diergroep te berekenen en deze zijn in een box-plotgrafiek ook weergegeven in Figuur 3.1 t/m 3.13.

3.1.2.1 Eencelligen

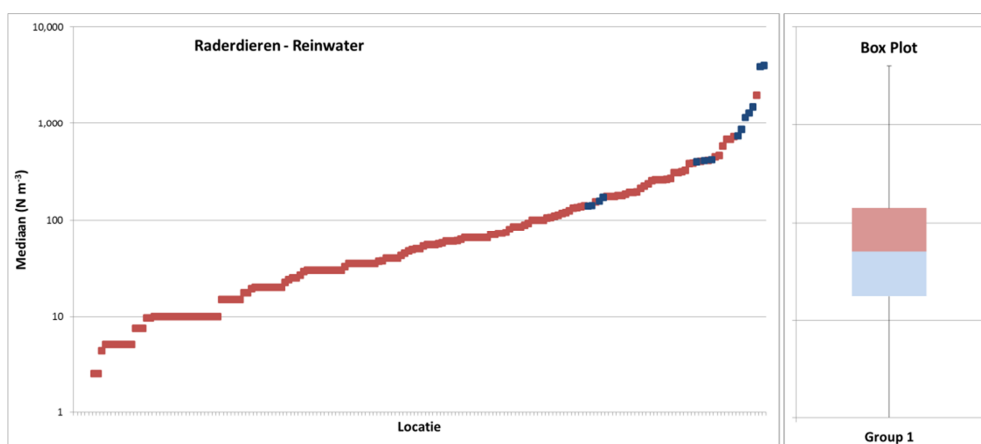
Bij 140 van de 170 pompstations die grondwater behandelen en bij vijftien van de vijftien pompstations die oppervlaktewater behandelen was de mediaanwaarde van de eencelligen in het reinwater $\geq 1 \text{ N m}^{-3}$. De mediaanwaarden van de eencelligen varieerden van < 1 tot 1830 N m^{-3} in het reinwater geproduceerd uit grondwater en tussen $4,7$ en 309 N m^{-3} in het reinwater geproduceerd uit oppervlaktewater (Figuur 3.1). De berekende landelijke mediaanwaarde was $15,0 \text{ N m}^{-3}$ eencelligen (Figuur 3.1). De maximumwaarden varieerden van < 1 tot 4910 N m^{-3} voor reinwater bereid uit grondwater (bij negentien locaties waren de aantallen $< 1 \text{ N m}^{-3}$) en 35 tot 250.000 N m^{-3} voor reinwater bereid uit oppervlaktewater.

3.1.2.2 Raderdieren

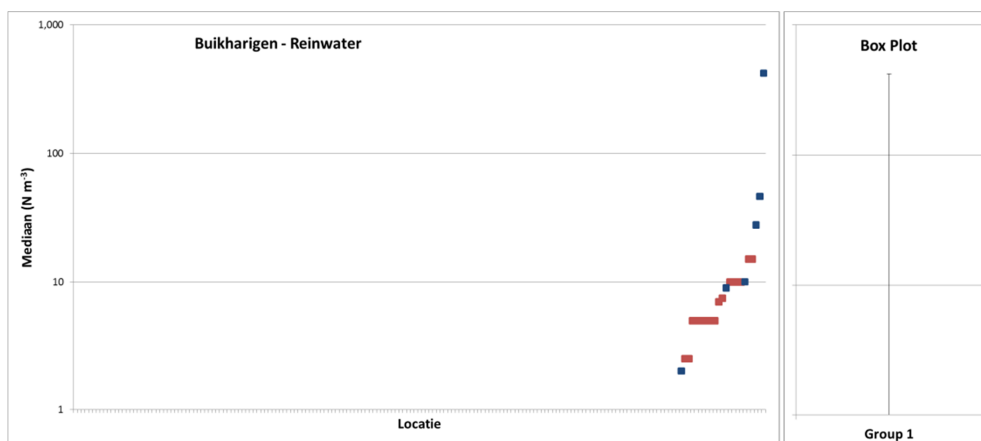
Bij 165 van de 170 pompstations die grondwater behandelen en bij vijftien van de vijftien pompstations die oppervlaktewater behandelen was de mediaanwaarde van de raderdieren in het reinwater $\geq 1 \text{ N m}^{-3}$. De mediaanwaarden van de raderdieren varieerden van < 1 tot 1980 N m^{-3} in het reinwater geproduceerd uit grondwater en tussen 70 en 4020 N m^{-3} in het reinwater geproduceerd uit oppervlaktewater (Figuur 3.2). De berekende landelijke mediaanwaarde was $50,0 \text{ N m}^{-3}$ raderdieren (Figuur 3.2). De maximumwaarden varieerden van < 1 tot 3990 N m^{-3} voor reinwater bereid uit grondwater (bij drie locaties waren de aantallen $< 1 \text{ N m}^{-3}$) en 185 tot 231.000 N m^{-3} voor reinwater bereid uit oppervlaktewater.



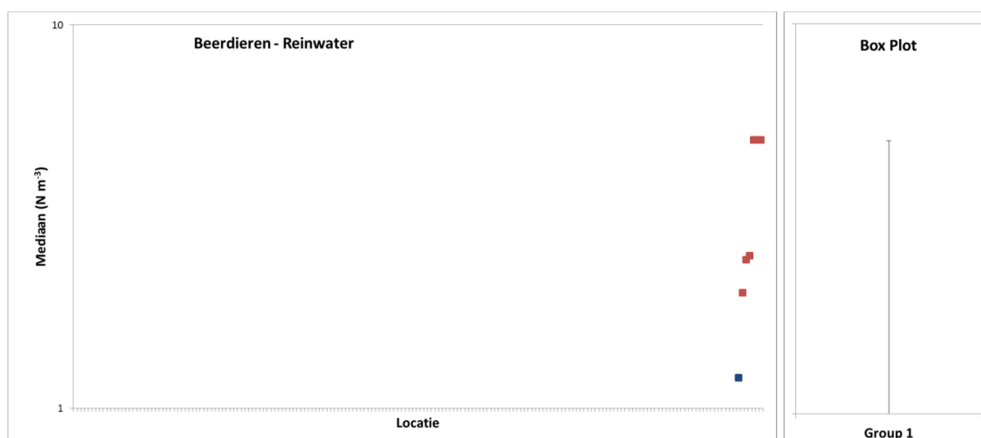
Figuur 3.1 De mediaanwaarden van het aantal eencelligen in het reinwater van verschillende grondwaterlocaties (rode symbolen) en oppervlaktewaterlocaties (blauwe symbolen) (links), en de boxplotgrafiek van de mediaanwaarden in het reinwater van alle locaties (rechts).



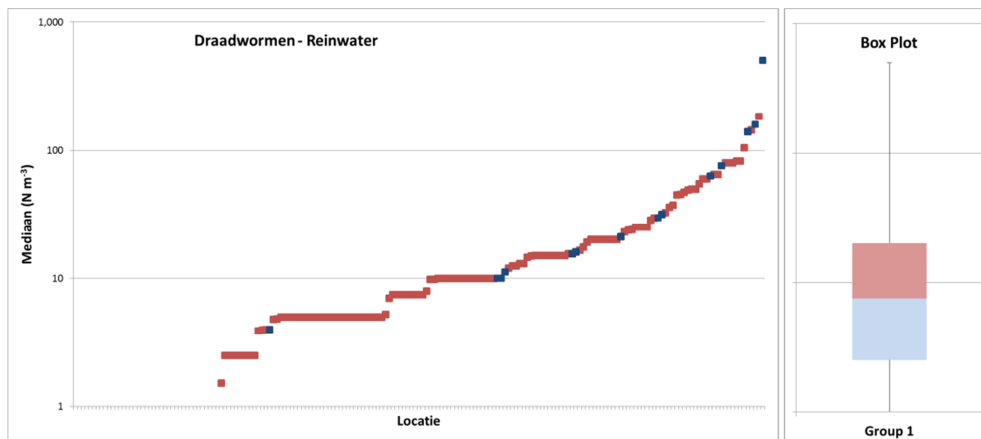
Figuur 3.2 De mediaanwaarden van het aantal raderdieren in het reinwater van verschillende grondwaterlocaties (rode symbolen) en oppervlaktewaterlocaties (blauwe symbolen) (links), en de boxplotgrafiek van de mediaanwaarden in het reinwater van alle locaties (rechts).



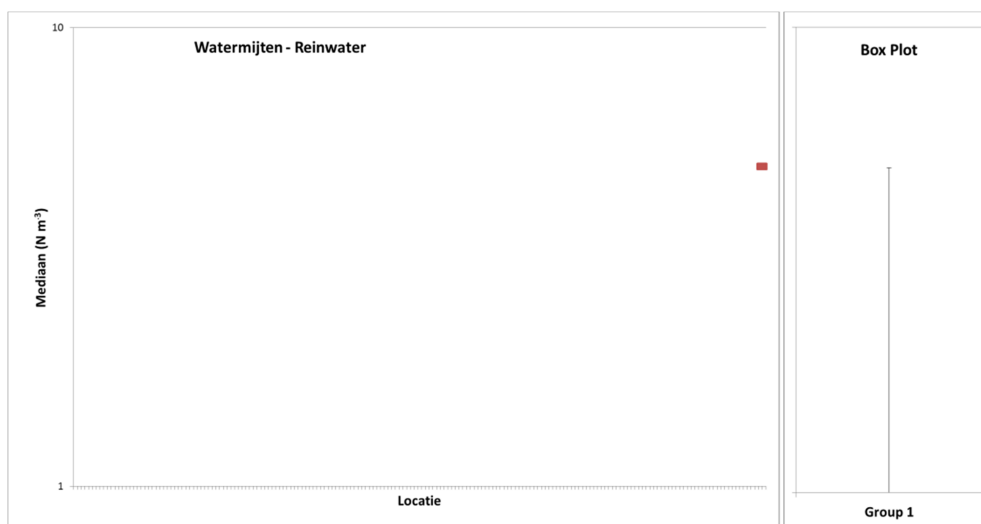
Figuur 3.3 De mediaanwaarden van het aantal buikharigen in het reinwater van verschillende grondwaterlocaties (rode symbolen) en oppervlaktewaterlocaties (blauwe symbolen) (links), en de boxplotgrafiek van de mediaanwaarden in het reinwater van alle locaties (rechts).



Figuur 3.4 De mediaanwaarden van het aantal beerdieren in het reinwater van verschillende grondwaterlocaties (rode symbolen) en oppervlaktewaterlocaties (blauwe symbolen) (links), en de boxplotgrafiek van de mediaanwaarden in het reinwater van alle locaties (rechts).



Figuur 3.5 De mediaanwaarden van het aantal draadwormen in het reinwater van verschillende grondwaterlocaties (rode symbolen) en oppervlaktewaterlocaties (blauwe symbolen) (links), en de boxplotgrafiek van de mediaanwaarden in het reinwater van alle locaties (rechts).



Figuur 3.6 De mediaanwaarden van het aantal watermijten in het reinwater van verschillende grondwaterlocaties (rode symbolen) en oppervlaktewaterlocaties (blauwe symbolen) (links), en de boxplotgrafiek van de mediaanwaarden in het reinwater van alle locaties (rechts).

3.1.2.1 Buikharigen

De mediaanwaarden van de buikharigen in het reinwater zijn voor de meeste locaties $< 1 \text{ N m}^{-3}$. Slechts bij 25 van de 170 pompstations die grondwater behandelen en bij zeven van de vijftien pompstations die oppervlaktewater behandelen was de mediaanwaarde $\geq 1 \text{ N m}^{-3}$. De mediaanwaarden van de buikharigen varieerden van < 1 tot 15 N m^{-3} in het reinwater geproduceerd uit grondwater en tussen < 1 en 425 N m^{-3} in het reinwater geproduceerd uit oppervlaktewater (Figuur 3.3). De berekende landelijke mediaanwaarde was $< 1 \text{ N m}^{-3}$ buikharigen (Figuur 3.3). De maximumwaarden varieerden van < 1 tot 80 N m^{-3} voor reinwater bereid uit grondwater (bij 122 locaties waren de aantallen $< 1 \text{ N m}^{-3}$) en 9 tot 8.100 N m^{-3} voor reinwater bereid uit oppervlaktewater.

3.1.2.2 Beerdieren

De mediaanwaarden van de beerdieren in het reinwater zijn voor de meeste locaties $< 1 \text{ N m}^{-3}$. Slechts bij zes van de 170 pompstations die grondwater behandelen en bij één van de vijftien pompstations die oppervlaktewater

behandelen was de mediaanwaarde $\geq 1 \text{ N m}^{-3}$. De mediaanwaarden van de beerdieren varieerden van < 1 tot $5,0 \text{ N m}^{-3}$ in het reinwater geproduceerd uit grondwater en tussen < 1 en $1,2 \text{ N m}^{-3}$ in het reinwater geproduceerd uit oppervlaktewater (Figuur 3.4). De berekende landelijke mediaanwaarde was $< 1 \text{ N m}^{-3}$ beerdieren (Figuur 3.4). De maximumwaarden varieerden van < 1 tot 79 N m^{-3} voor reinwater bereid uit grondwater (bij 135 locaties waren de aantallen $< 1 \text{ N m}^{-3}$) en < 1 tot 320 N m^{-3} voor reinwater bereid uit oppervlaktewater (bij twee locaties waren de aantallen $< 1 \text{ N m}^{-3}$).

3.1.2.3 Draadwormen

Bij 131 van de 170 pompstations die grondwater behandelen en bij alle vijftien pompstations die oppervlaktewater behandelen was de mediaanwaarde van de draadwormen in het reinwater $\geq 1 \text{ N m}^{-3}$. De mediaanwaarden van de draadwormen varieerden van < 1 tot 185 N m^{-3} in het reinwater geproduceerd uit grondwater en tussen $4,0$ en 505 N m^{-3} in het reinwater geproduceerd uit oppervlaktewater (Figuur 3.5). De berekende landelijke mediaanwaarde was $7,5 \text{ N m}^{-3}$ draadwormen (Figuur 3.5). De maximumwaarden varieerden van < 1 tot 8.256 N m^{-3} voor reinwater bereid uit grondwater (bij 26 locaties waren de aantallen $< 1 \text{ N m}^{-3}$) en 90 tot 8.400 N m^{-3} voor reinwater bereid uit oppervlaktewater.

3.1.2.4 Watermijten

De mediaanwaarden van de watermijten in het reinwater zijn voor de meeste locaties $< 1 \text{ N m}^{-3}$. Slechts bij twee van de 170 pompstations die grondwater behandelen en bij geen van de vijftien pompstations die oppervlaktewater behandelen was de mediaanwaarde $\geq 1 \text{ N m}^{-3}$. De mediaanwaarden van de watermijten varieerden van < 1 tot $5,0 \text{ N m}^{-3}$ in het reinwater geproduceerd uit grondwater (Figuur 3.6). De berekende landelijke mediaanwaarde was $< 1 \text{ N m}^{-3}$ watermijten (Figuur 3.6). De maximumwaarden varieerden van < 1 tot 16 N m^{-3} voor reinwater bereid uit grondwater (bij 153 locaties waren de aantallen $< 1 \text{ N m}^{-3}$) en < 1 tot 32 N m^{-3} voor reinwater bereid uit oppervlaktewater (bij zes locaties waren de aantallen $< 1 \text{ N m}^{-3}$).

3.1.2.5 Watervlooien

De mediaanwaarden van de watervlooien in het reinwater zijn voor de meeste locaties $< 1 \text{ N m}^{-3}$. Slechts bij drie van de 170 pompstations die grondwater behandelen en bij geen van de vijftien pompstations die oppervlaktewater behandelen was de mediaanwaarde $\geq 1 \text{ N m}^{-3}$. De mediaanwaarden van de watervlooien varieerden van < 1 tot $5,0 \text{ N m}^{-3}$ in het reinwater geproduceerd uit grondwater (Figuur 3.7). De berekende landelijke mediaanwaarde was $< 1 \text{ N m}^{-3}$ watervlooien (Figuur 3.7). De maximumwaarden varieerden van < 1 tot 28 N m^{-3} voor reinwater bereid uit grondwater (bij 150 locaties waren de aantallen $< 1 \text{ N m}^{-3}$) en < 1 tot 456 N m^{-3} voor reinwater bereid uit oppervlaktewater (bij zes locaties waren de aantallen $< 1 \text{ N m}^{-3}$).

3.1.2.6 Mosselkreeften

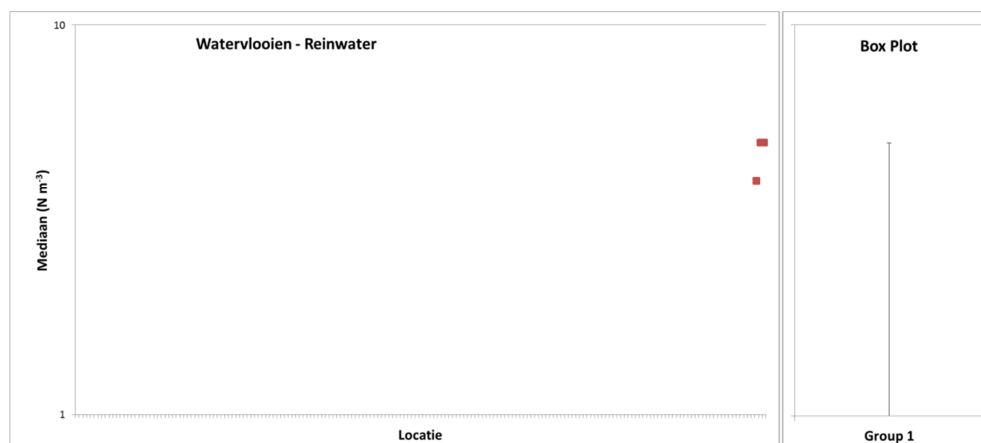
De mediaanwaarden van de mosselkreeften in het reinwater waren voor alle locaties $< 1 \text{ N m}^{-3}$. De berekende landelijke mediaanwaarde was dan ook $< 1 \text{ N m}^{-3}$ mosselkreeften (Figuur 3.8). De maximumwaarden voor reinwater bereid uit grondwater waren voor alle locaties $< 1 \text{ N m}^{-3}$ en < 1 tot 4 N m^{-3} voor reinwater bereid uit oppervlaktewater (bij zes locaties waren de aantallen $< 1 \text{ N m}^{-3}$ en bij zeven locaties zijn de aantallen mosselkreeften niet bepaald).

3.1.2.7 Roeipootkreeften

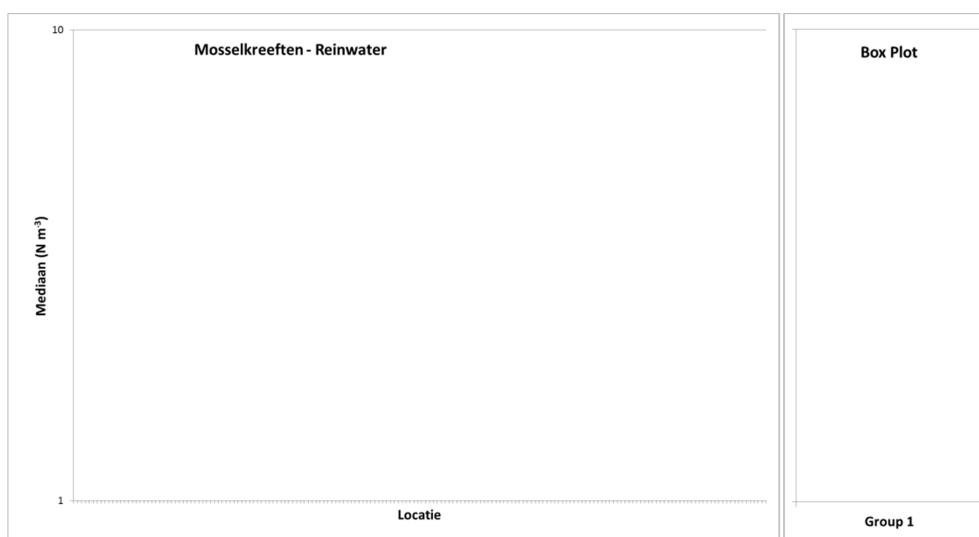
De mediaanwaarden van de roeipootkreeften in het reinwater waren voor de meeste locaties $< 1 \text{ N m}^{-3}$. Bij 23 van de 170 pompstations die grondwater behandelen en bij tien van de vijftien pompstations die oppervlaktewater behandelen was de mediaanwaarde $\geq 1 \text{ N m}^{-3}$. De mediaanwaarden van de roeipootkreeften varieerden van < 1 tot 25 N m^{-3} in het reinwater geproduceerd uit grondwater en tussen < 1 en 77 N m^{-3} in het reinwater geproduceerd uit oppervlaktewater (Figuur 3.9). De berekende landelijke mediaanwaarde was $< 1 \text{ N m}^{-3}$ roeipootkreeften (Figuur 3.9). De maximumwaarden varieerden van < 1 tot 700 N m^{-3} voor reinwater bereid uit grondwater (bij 126 locaties waren de aantallen $< 1 \text{ N m}^{-3}$) en < 1 tot 4.320 N m^{-3} voor reinwater bereid uit oppervlaktewater (bij één locatie was het aantal $< 1 \text{ N m}^{-3}$).

3.1.2.8 Larven van roeipootkreeften

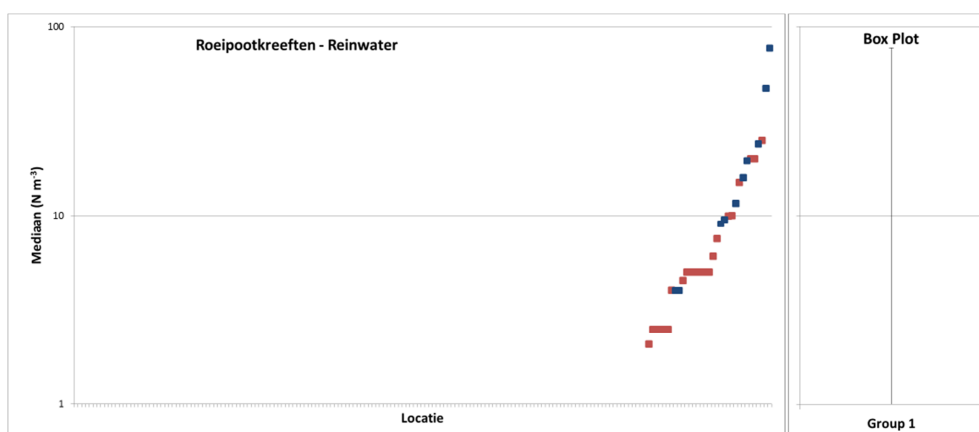
Het onderscheid tussen larven van de roeipootkreeften en mosselkreeften is moeilijk te maken. Mosselkreeften komen in verhouding echter weinig voor in drinkwater, zodat het merendeel van de getelde larven van roeipootkreeften afkomstig was. De mediaanwaarden van de larven van roeipootkreeften in het reinwater waren voor de meeste locaties $< 1 \text{ N m}^{-3}$. Bij 42 van de 170 pompstations die grondwater behandelen en bij elf van de vijftien pompstations die oppervlaktewater behandelen was de mediaanwaarde $\geq 1 \text{ N m}^{-3}$. De mediaanwaarden van de larven van roeipootkreeften varieerden van < 1 tot 85 N m^{-3} in het reinwater geproduceerd uit grondwater en tussen < 1 en 171 N m^{-3} in het reinwater geproduceerd uit oppervlaktewater (Figuur 3.10). De berekende landelijke mediaanwaarde was $< 1 \text{ N m}^{-3}$ larven van roeipootkreeften (Figuur 3.10). De maximumwaarden varieerden van < 1 tot 355 N m^{-3} voor reinwater bereid uit grondwater (bij 104 locaties waren de aantallen $< 1 \text{ N m}^{-3}$) en < 1 tot 14.300 N m^{-3} voor reinwater bereid uit oppervlaktewater (bij één locatie was het aantal $< 1 \text{ N m}^{-3}$).



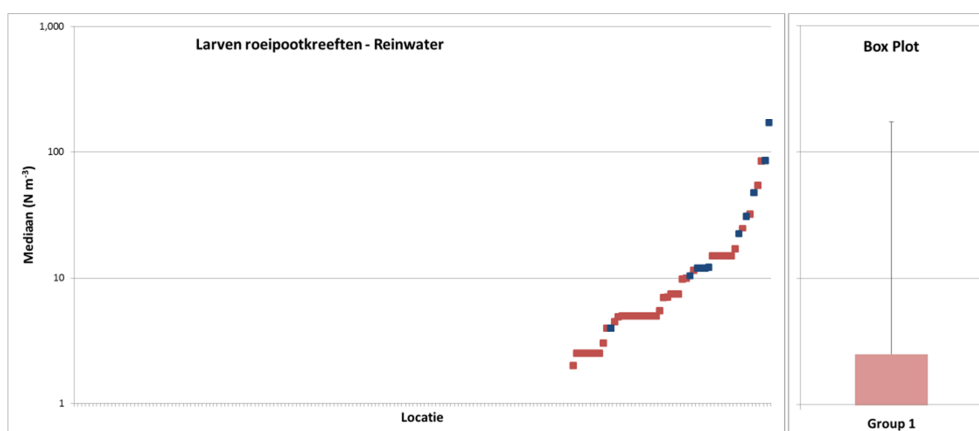
Figuur 3.7 De mediaanwaarden van het aantal watervlooien in het reinwater van verschillende grondwaterlocaties (rode symbolen) en oppervlaktewaterlocaties (allen $< 1 \text{ N m}^{-3}$) (links), en de boxplotgrafiek van de mediaanwaarden in het reinwater van alle locaties (rechts).



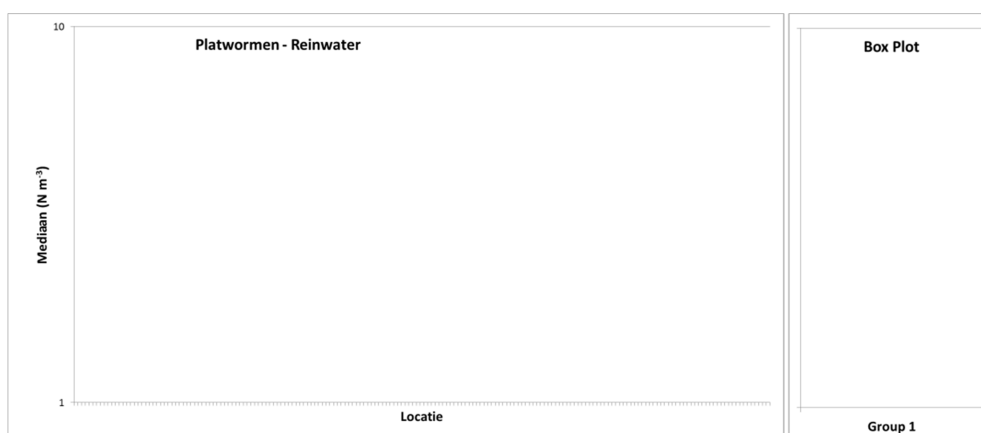
Figuur 3.8 De mediaanwaarden van het aantal mosselkreeften in het reinwater van verschillende grondwaterlocaties en oppervlaktewaterlocaties waren allemaal kleiner dan 1 N m⁻³ (links), en de boxplotgrafiek van de mediaanwaarden in het reinwater van alle locaties (rechts).



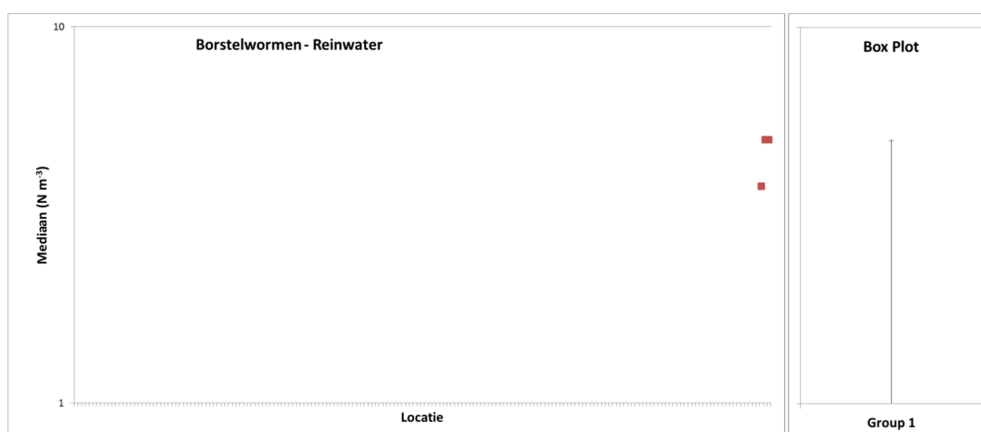
Figuur 3.9 De mediaanwaarden van het aantal roeipootkreeften in het reinwater van verschillende grondwaterlocaties (rode symbolen) en oppervlaktewaterlocaties (blauwe symbolen) (links), en de boxplotgrafiek van de mediaanwaarden in het reinwater van alle locaties (rechts).



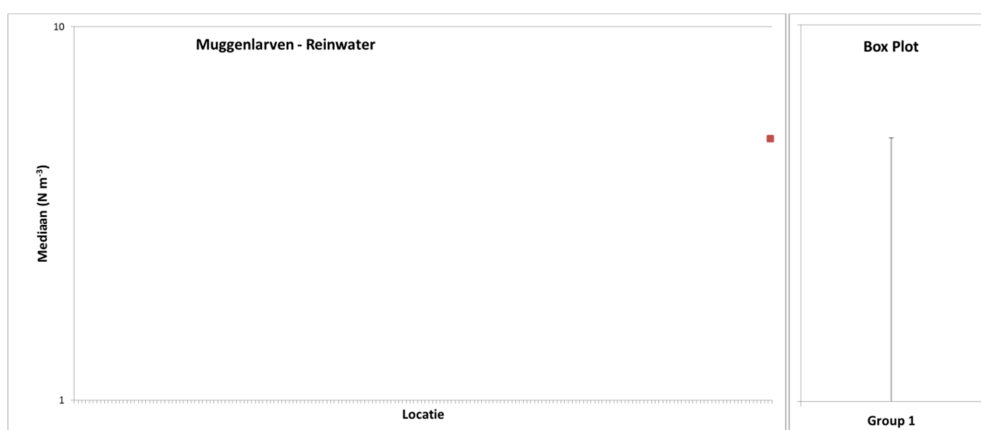
Figuur 3.10 De mediaanwaarden van het aantal larven van roeipootkreeften in het reinwater van verschillende grondwaterlocaties (rode symbolen) en oppervlaktewaterlocaties (blauwe symbolen) (links), en de boxplotgrafiek van de mediaanwaarden in het reinwater van alle locaties (rechts).



Figuur 3.11 De mediaanwaarden van het aantal platwormen in het reinwater van verschillende grondwaterlocaties en oppervlaktewaterlocaties waren allemaal kleiner dan 1 N m⁻³ (links), en de boxplotgrafiek van de mediaanwaarden in het reinwater van alle locaties (rechts).



Figuur 3.12 De mediaanwaarden van het aantal borstelwormen in het reinwater van verschillende grondwaterlocaties (rode symbolen) en oppervlaktewaterlocaties (allen < 1 N m⁻³) (links), en de boxplotgrafiek van de mediaanwaarden in het reinwater van alle locaties (rechts).



Figuur 3.13 De mediaanwaarden van het aantal muggenlarven in het reinwater van verschillende grondwaterlocaties (rode symbolen) en oppervlaktewaterlocaties (allen < 1 N m⁻³) (links), en de boxplotgrafiek van de mediaanwaarden in het reinwater van alle locaties (rechts).

3.1.2.1 Platwormen

De mediaanwaarden van de platwormen in het reinwater waren voor alle locaties $< 1 \text{ N m}^{-3}$. De berekende landelijke mediaanwaarde was dan ook $< 1 \text{ N m}^{-3}$ platwormen (Figuur 3.11). De maximumwaarden voor reinwater bereid uit grondwater waren < 1 tot 10 N m^{-3} (bij 165 locaties waren de aantallen $< 1 \text{ N m}^{-3}$) en < 1 tot 112 N m^{-3} voor reinwater bereid uit oppervlaktewater (bij drie locaties waren de aantallen $< 1 \text{ N m}^{-3}$, en bij vier locaties zijn de aantallen platwormen niet bepaald).

3.1.2.2 Borstelwormen

De mediaanwaarden van de borstelwormen in het reinwater waren voor de meeste locaties $< 1 \text{ N m}^{-3}$. Bij drie van de 170 pompstations die grondwater behandelen en bij geen van de vijftien pompstations die oppervlaktewater behandelen was de mediaanwaarde $\geq 1 \text{ N m}^{-3}$. De mediaanwaarden van de borstelwormen varieerden van < 1 tot 5 N m^{-3} in het reinwater geproduceerd uit grondwater (Figuur 3.12). De berekende landelijke mediaanwaarde was $< 1 \text{ N m}^{-3}$ borstelwormen (Figuur 3.12). De maximumwaarden varieerden van < 1 tot 35 N m^{-3} voor reinwater bereid uit grondwater (bij 145 locaties waren de aantallen $< 1 \text{ N m}^{-3}$) en < 1 tot 256 N m^{-3} voor reinwater bereid uit oppervlaktewater (bij drie locaties waren de aantallen $< 1 \text{ N m}^{-3}$).

3.1.2.3 Muggenlarven

De mediaanwaarden van de muggenlarven in het reinwater waren voor de meeste locaties $< 1 \text{ N m}^{-3}$. Bij één van de 170 pompstations die grondwater behandelen en bij geen van de vijftien pompstations die oppervlaktewater behandelen was de mediaanwaarde $\geq 1 \text{ N m}^{-3}$. De mediaanwaarden van de muggenlarven varieerden van < 1 tot 5 N m^{-3} in het reinwater geproduceerd uit grondwater (Figuur 3.13). De berekende landelijke mediaanwaarde was $< 1 \text{ N m}^{-3}$ muggenlarven (Figuur 3.13). De maximumwaarden varieerden van < 1 tot 6 N m^{-3} voor reinwater bereid uit grondwater (bij 166 locaties waren de aantallen $< 1 \text{ N m}^{-3}$) en < 1 tot 25 N m^{-3} voor reinwater bereid uit oppervlaktewater (bij dertien locaties waren de aantallen $< 1 \text{ N m}^{-3}$).

Tabel 3.2 De mediaan en 90-percentiel van de medianen voor iedere diergroep in het reinwater van alle productielocaties (alle), locaties die drinkwater bereiden uit grondwater (Grondwater) en locaties die drinkwater bereiden uit oppervlaktewater (Opp.water).

Diergroep	Mediaan (N m^{-3})			90-percentiel (N m^{-3})		
	Alle	Grondwater	Opp.water	Alle	Grondwater	Opp.water
Eencelligen	15	15	48	169	165	248
Raderdieren	50	40	420	395	261	2.950
Buikharigen	0	0	0	5	0	39
Beerdieren	0	0	0	0	0	0
Draadwormen	8	8	21	50	45	152
Watermijten	0	0	0	0	0	0
Watervlooien	0	0	0	0	0	0
Mosselkreeften	0	0	0	0	0	0
Roeipootkreeften	0	0	9	5	3	38
Larven van Roeipootkreeften	0	0	12	12	7	71
Platwormen	0	0	0	0	0	0
Borstelwormen	0	0	0	0	0	0
Muggenlarven	0	0	0	0	0	0

Tabel 3.3 De mediaan en 90-percentiel van de maximum waarden voor iedere diergroep in het reinwater van alle productielocaties (alle), locaties die drinkwater bereiden uit grondwater (Grondwater) en locaties die drinkwater bereiden uit oppervlaktewater (Opp.water).

Diergroep	Mediaan (N m ⁻³)			90-percentiel (N m ⁻³)		
	Alle	Grondwater	Opp.water	Alle	Grondwater	Opp.water
Eencelligen	95	58	1.310	1.290	776	125.000
Raderdieren	110	100	9.830	1.290	926	157.000
Buikharigen	0	0	110	15	10	1.600
Beerdieren	0	0	12	8	5	236
Draadwormen	20	20	256	230	156	2.860
Watermijten	0	0	4	5	0	29
Watervlooien	0	0	8	6	5	241
Mosselkreeften	0	0	0	0	0	3
Roeipootkreeften	0	0	142	37	10	2.270
Larven van Roeipootkreeften	0	0	227	77	29	4.170
Platwormen	0	0	7	0	0	93
Borstelwormen	0	0	8	9	5	93
Muggenlarven	0	0	0	0	0	2

3.1.2.4 Landelijke mediaan en 90-percentiel

Van elke diergroep in het reinwater is ook de mediaan en 90-percentiel berekend van de medianen en maximum waarden van alle productielocaties, locaties die drinkwater bereiden uit grondwater en locaties die drinkwater bereiden uit oppervlaktewater. Deze gegevens zijn weergegeven in Tabel 3.2 en Tabel 3.3. Uit deze tabellen blijkt dat de mediaanwaarden of de 90-percentielen van de medianen en maxima van eencelligen, raderdieren en draadwormen over het algemeen het hoogst waren in het reinwater, terwijl beerdieren, watermijten, watervlooien, mosselkreeften, platwormen, borstelwormen en muggenlarven maar weinig werden aangetroffen in het reinwater. Daarnaast was voor elke diergroep de mediaanwaarde en het 90-percentiel van de mediaanwaarden en maximumwaarden hoger in het reinwater van oppervlaktewaterverwerkende locaties dan in het reinwater van grondwaterverwerkende locaties.

3.1.3 Ongewervelde dieren in spuiwater distributiesysteem

Per diergroep en per distributiegebied is over de gegevens van 2009 t/m 2013 de mediaan en de maximum waarde van de aantallen in het spuiwater uit het distributiesysteem berekend. Wanneer de aantallen van een bepaalde meting lager dan de detectiegrens was, is er voor gekozen om de waarde 0 te gebruiken. De gegevens van de mediaanwaarde van iedere diergroep per distributiegebied zijn weergegeven in Figuur 3.14 t/m 3.24. De mediaanwaarden van ieder distributiegebied is ook gebruikt om de landelijke mediaan, 25-percentiel, 75-percentiel, maximum en minimum waarden voor iedere diergroep te berekenen en deze zijn in een box-plotgrafiek ook weergegeven in Figuur 3.14 t/m 3.24.

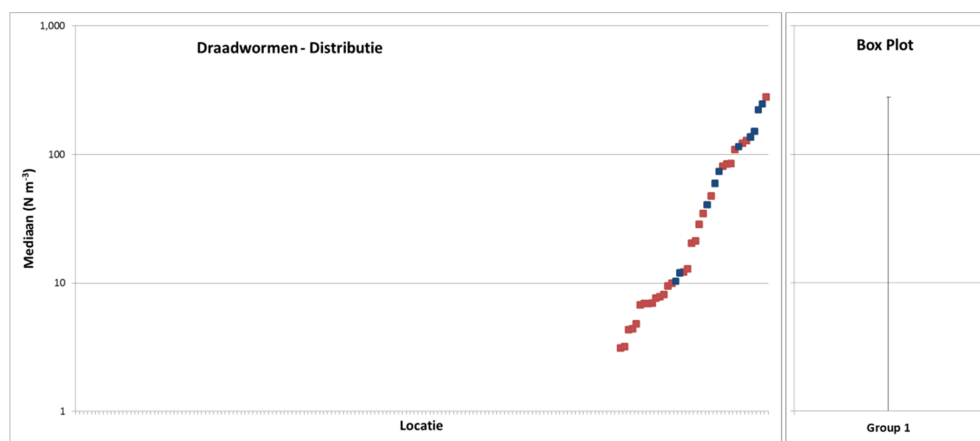
3.1.3.1 Draadwormen

Bij 28 van de 163 distributiesystemen waar drinkwater bereid uit grondwater wordt gedistribueerd en bij tien van de dertien distributiesystemen waar drinkwater bereid uit oppervlaktewater wordt gedistribueerd, was de

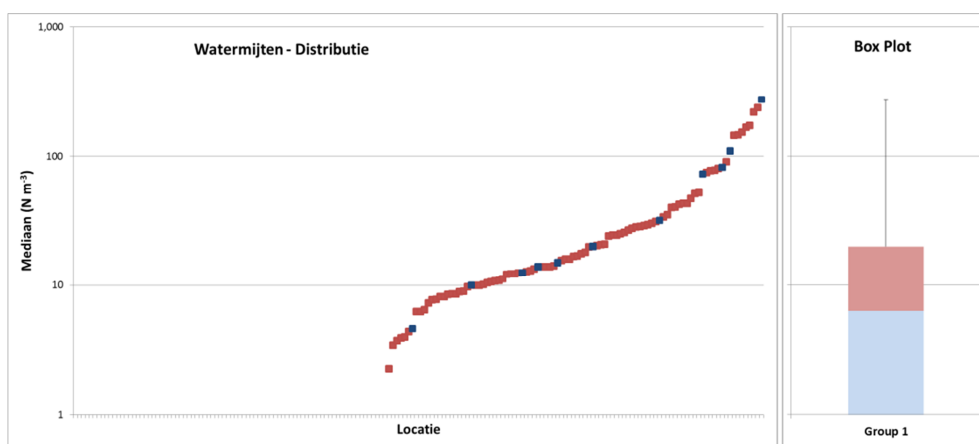
mediaanwaarde van de draadwormen in het spuiwater $\geq 10 \text{ N m}^{-3}$. De mediaanwaarden van de draadwormen varieerden van < 10 tot 283 N m^{-3} in het spuiwater van distributiesystemen waar drinkwater bereid uit grondwater wordt gedistribueerd en tussen < 10 en 250 N m^{-3} in het spuiwater van distributiesystemen waar drinkwater bereid uit oppervlaktewater wordt gedistribueerd (Figuur 3.14). De berekende landelijke mediaanwaarde was $< 10 \text{ N m}^{-3}$ draadwormen (Figuur 3.14). De maximumwaarden varieerden van < 10 tot 24.141 N m^{-3} voor spuiwater van voorzieningsgebieden waar drinkwater bereid uit grondwater wordt gedistribueerd (bij 56 gebieden waren de aantallen $< 10 \text{ N m}^{-3}$) en 66 tot 85.800 N m^{-3} voor spuiwater van voorzieningsgebieden waar drinkwater bereid uit oppervlaktewater wordt gedistribueerd.

3.1.3.2 Watermijten

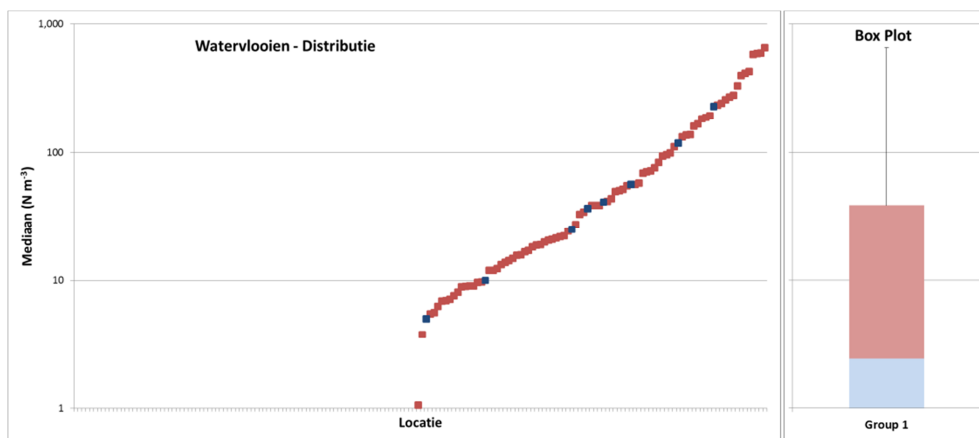
Bij 85 van de 163 distributiesystemen waar drinkwater bereid uit grondwater wordt gedistribueerd en bij elf van de dertien distributiesystemen waar drinkwater bereid uit oppervlaktewater wordt gedistribueerd, was de mediaanwaarde van de watermijten in het spuiwater $\geq 1 \text{ N m}^{-3}$. De mediaanwaarden van de watermijten varieerden van < 1 tot 240 N m^{-3} in het spuiwater van distributiesystemen waar drinkwater bereid uit grondwater wordt gedistribueerd en tussen < 1 en 277 N m^{-3} in het spuiwater van distributiesystemen waar drinkwater bereid uit oppervlaktewater wordt gedistribueerd (Figuur 3.15). De berekende landelijke mediaanwaarde was $6,3 \text{ N m}^{-3}$ watermijten (Figuur 3.15). De maximumwaarden varieerden van < 1 tot 2.950 N m^{-3} voor spuiwater van voorzieningsgebieden waar drinkwater bereid uit grondwater wordt gedistribueerd (bij 24 gebieden waren de aantallen $< 1 \text{ N m}^{-3}$) en 100 tot 1.780 N m^{-3} voor spuiwater van voorzieningsgebieden waar drinkwater bereid uit oppervlaktewater wordt gedistribueerd.



Figuur 3.14 De mediaanwaarden van het aantal draadwormen in het spuiwater uit het distributiesysteem van verschillende grondwaterlocaties (rode symbolen) en oppervlaktewaterlocaties (blauwe symbolen) (links), en de boxplotgrafiek van de mediaanwaarden in het spuiwater van alle locaties (rechts).



Figuur 3.15 De mediaanwaarden van het aantal watermijten in het spuiwater uit het distributiesysteem van verschillende grondwaterlocaties (rode symbolen) en oppervlaktewaterlocaties (blauwe symbolen) (links), en de boxplotgrafiek van de mediaanwaarden in het spuiwater van alle locaties (rechts).



Figuur 3.16 De mediaanwaarden van het aantal watervlooien in het spuiwater uit het distributiesysteem van verschillende grondwaterlocaties (rode symbolen) en oppervlaktewaterlocaties (blauwe symbolen) (links), en de boxplotgrafiek van de mediaanwaarden in het spuiwater van alle locaties (rechts).

3.1.3.3 Watervlooien

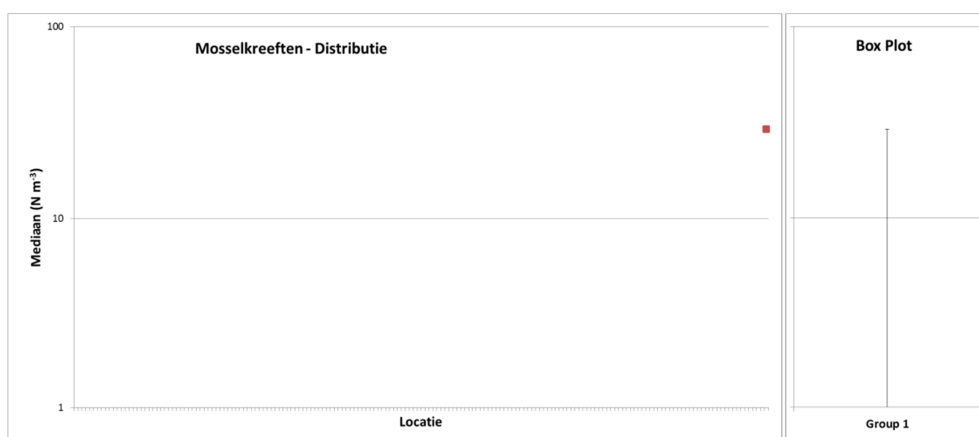
De mediaan van het aantal watervlooien in het spuiwater was $\geq 1 \text{ N m}^{-3}$ in 81 van de 163 distributiesystemen waar drinkwater bereid uit grondwater wordt gedistribueerd en bij acht van de dertien distributiesystemen waar drinkwater bereid uit oppervlaktewater wordt gedistribueerd. Deze mediaanwaarden varieerden tussen < 1 en 654 N m^{-3} watervlooien in het spuiwater van distributiesystemen waar grondwaterbehandeld drinkwater wordt gedistribueerd en tussen < 1 en 230 N m^{-3} in het spuiwater van distributiesystemen waar oppervlaktewaterbehandeld drinkwater wordt gedistribueerd (Figuur 3.16). De berekende landelijke mediaanwaarde was $5,5 \text{ N m}^{-3}$ watervlooien (Figuur 3.16). Het spuiwater van voorzieningsgebieden waar drinkwater bereid uit grondwater werd gedistribueerd had maximale aantallen watervlooien tussen < 1 en 46.900 N m^{-3} (bij 39 gebieden waren de aantallen $< 1 \text{ N m}^{-3}$) terwijl deze aantallen varieerden tussen 193 en 25.000 N m^{-3} in het spuiwater van voorzieningsgebieden waar drinkwater bereid uit oppervlaktewater werd gedistribueerd.

3.1.3.4 Mosselkreeften

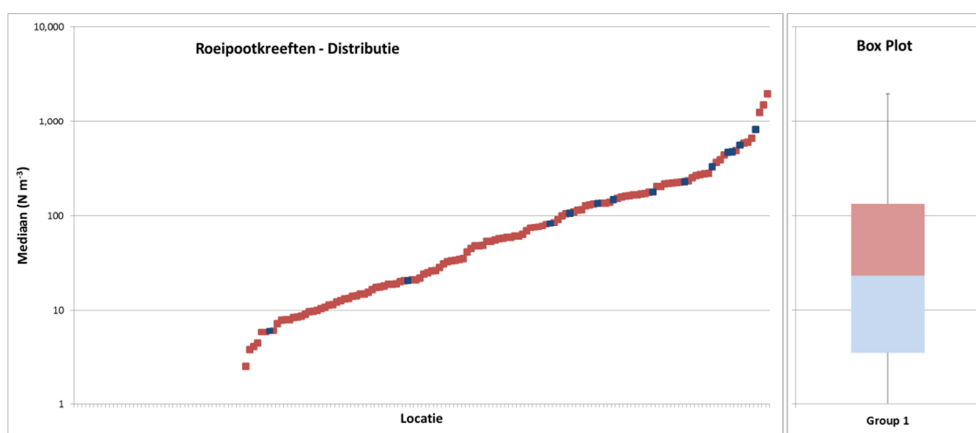
Bij slechts één van de 163 distributiesystemen waar drinkwater bereid uit grondwater wordt gedistribueerd (aantal: 29 N m^{-3}) en bij geen van de dertien distributiesystemen waar drinkwater bereid uit oppervlaktewater wordt gedistribueerd, was de mediaanwaarde van de mosselkreeften in het spuiwater $\geq 1 \text{ N m}^{-3}$ (Figuur 3.17). De berekende landelijke mediaanwaarde was $< 1 \text{ N m}^{-3}$ mosselkreeften (Figuur 3.17). De maximumwaarden varieerden van < 1 tot 684 N m^{-3} voor spuiwater van voorzieningsgebieden waar drinkwater bereid uit grondwater wordt gedistribueerd (bij 144 gebieden waren de aantallen $< 1 \text{ N m}^{-3}$) en < 1 tot 1 N m^{-3} voor spuiwater van voorzieningsgebieden waar drinkwater bereid uit oppervlaktewater wordt gedistribueerd (bij twaalf gebieden waren de aantallen $< 1 \text{ N m}^{-3}$).

3.1.3.5 Roeipootkreeften

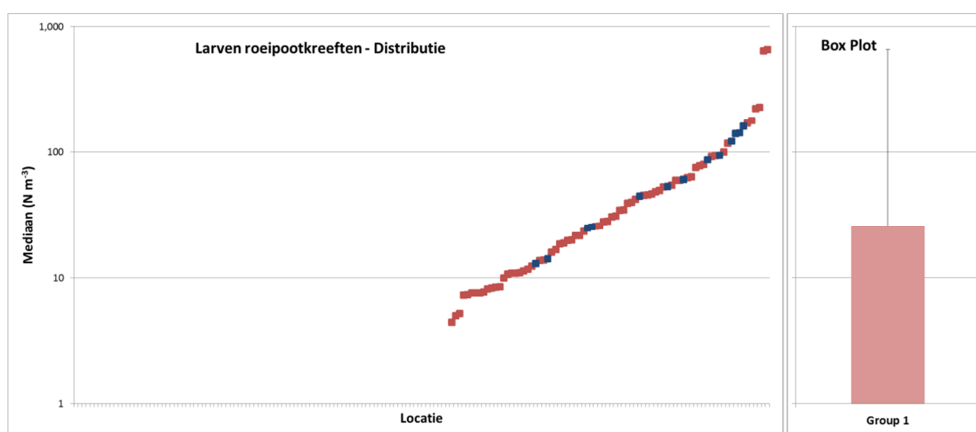
Bij 120 van de 163 distributiesystemen waar drinkwater bereid uit grondwater wordt gedistribueerd en bij alle dertien distributiesystemen waar drinkwater bereid uit oppervlaktewater wordt gedistribueerd, was de mediaanwaarde van de roeipootkreeften in het spuiwater $\geq 1 \text{ N m}^{-3}$. De mediaanwaarden van de roeipootkreeften varieerden van < 1 tot 1.990 N m^{-3} in het spuiwater van distributiesystemen waar drinkwater bereid uit grondwater wordt gedistribueerd en tussen 6 en 818 N m^{-3} in het spuiwater van distributiesystemen waar drinkwater bereid uit oppervlaktewater wordt gedistribueerd (Figuur 3.18). De berekende landelijke mediaanwaarde was 23 N m^{-3} roeipootkreeften (Figuur 3.18). De maximumwaarden varieerden van < 1 tot 56.000 N m^{-3} voor spuiwater van voorzieningsgebieden waar drinkwater bereid uit grondwater wordt gedistribueerd (bij 15 gebieden waren de aantallen $< 1 \text{ N m}^{-3}$) en 1.200 tot 38.000 N m^{-3} voor spuiwater van voorzieningsgebieden waar drinkwater bereid uit oppervlaktewater wordt gedistribueerd.



Figuur 3.17 De mediaanwaarden van het aantal mosselkreeften in het spuiwater uit het distributiesysteem van verschillende grondwaterlocaties (rode symbolen) en oppervlaktewaterlocaties (allen $< 1 \text{ N m}^{-3}$) (links), en de boxplotgrafiek van de mediaanwaarden in het spuiwater van alle locaties (rechts).



Figuur 3.18 De mediaanwaarden van het aantal roeipootkreeften in het spuiwater uit het distributiesysteem van verschillende grondwaterlocaties (rode symbolen) en oppervlaktewaterlocaties (blauwe symbolen) (links), en de boxplotgrafiek van de mediaanwaarden in het spuiwater van alle locaties (rechts).



Figuur 3.19 De mediaanwaarden van het aantal larven van roeipootkreeften in het spuiwater uit het distributiesysteem van verschillende grondwaterlocaties (rode symbolen) en oppervlaktewaterlocaties (blauwe symbolen) (links), en de boxplotgrafiek van de mediaanwaarden in het spuiwater van alle locaties (rechts).

3.1.3.6 Larven van roeipootkreeften

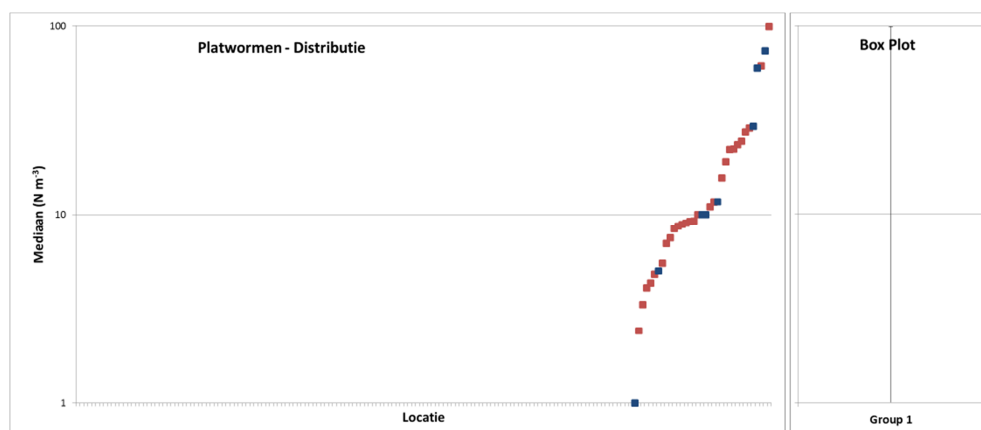
De mediaan van het aantal larven van roeipootkreeften in het spuiwater was ≥ 1 N m⁻³ in 67 van de 163 distributiesystemen waar drinkwater bereid uit grondwater wordt gedistribueerd en bij alle dertien distributiesystemen waar drinkwater bereid uit oppervlaktewater wordt gedistribueerd. Deze mediaanwaarden varieerden tussen < 1 en 658 N m⁻³ larven van roeipootkreeften in het spuiwater van distributiesystemen waar grondwaterbehandeld drinkwater wordt gedistribueerd en tussen 13 en 160 N m⁻³ in het spuiwater van distributiesystemen waar oppervlaktewaterbehandeld drinkwater wordt gedistribueerd (Figuur 3.19). De berekende landelijke mediaanwaarde was < 1 N m⁻³ larven van roeipootkreeften (Figuur 3.19). Het spuiwater van voorzieningsgebieden waar drinkwater bereid uit grondwater werd gedistribueerd had maximale aantallen larven van roeipootkreeften tussen < 1 en $9,1 \times 10^6$ N m⁻³ (bij 43 gebieden waren de aantallen < 1 N m⁻³), terwijl deze aantallen varieerden tussen 371 en 39.000 N m⁻³ in het spuiwater van voorzieningsgebieden waar drinkwater bereid uit oppervlaktewater werd gedistribueerd.

3.1.3.7 Platwormen

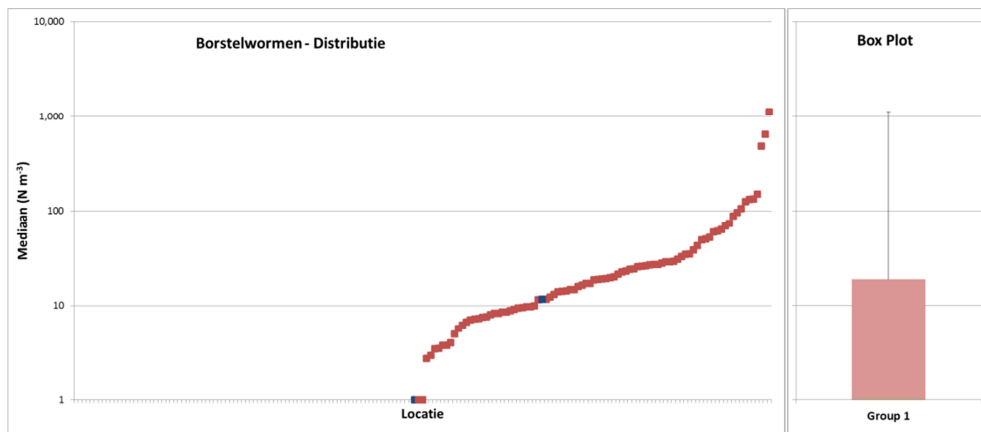
Bij 28 van de 163 distributiesystemen waar drinkwater bereid uit grondwater wordt gedistribueerd en bij acht van de dertien distributiesystemen waar drinkwater bereid uit oppervlaktewater wordt gedistribueerd, was de mediaanwaarde van de platwormen in het spuiwater $\geq 1 \text{ N m}^{-3}$. De mediaanwaarden van de platwormen varieerden van < 1 tot 99 N m^{-3} in het spuiwater van distributiesystemen waar drinkwater bereid uit grondwater wordt gedistribueerd en tussen < 1 en 74 N m^{-3} in het spuiwater van distributiesystemen waar drinkwater bereid uit oppervlaktewater wordt gedistribueerd (Figuur 3.20). De berekende landelijke mediaanwaarde was $< 1 \text{ N m}^{-3}$ platwormen (Figuur 3.20). De maximumwaarden varieerden van < 1 tot 1.810 N m^{-3} voor spuiwater van voorzieningsgebieden waar drinkwater bereid uit grondwater wordt gedistribueerd (bij 71 gebieden waren de aantallen $< 1 \text{ N m}^{-3}$) en 15 tot 3.340 N m^{-3} voor spuiwater van voorzieningsgebieden waar drinkwater bereid uit oppervlaktewater wordt gedistribueerd.

3.1.3.8 Borstelwormen

Bij 88 van de 163 distributiesystemen waar drinkwater bereid uit grondwater wordt gedistribueerd en bij twee van de dertien distributiesystemen waar drinkwater bereid uit oppervlaktewater wordt gedistribueerd, was de mediaanwaarde van de borstelwormen in het spuiwater $\geq 1 \text{ N m}^{-3}$. De mediaanwaarden van de borstelwormen varieerden van < 1 tot 1.120 N m^{-3} in het spuiwater van distributiesystemen waar drinkwater bereid uit grondwater wordt gedistribueerd en tussen < 1 en 12 N m^{-3} in het spuiwater van distributiesystemen waar drinkwater bereid uit oppervlaktewater wordt gedistribueerd (Figuur 3.21). De berekende landelijke mediaanwaarde was 1 N m^{-3} platwormen (Figuur 3.21). De maximumwaarden varieerden van < 1 tot 31.100 N m^{-3} voor spuiwater van voorzieningsgebieden waar drinkwater bereid uit grondwater wordt gedistribueerd (bij 25 gebieden waren de aantallen $< 1 \text{ N m}^{-3}$) en 49 tot 2.000 N m^{-3} voor spuiwater van voorzieningsgebieden waar drinkwater bereid uit oppervlaktewater wordt gedistribueerd.



Figuur 3.20 De mediaanwaarden van het aantal platwormen in het spuiwater uit het distributiesysteem van verschillende grondwaterlocaties (rode symbolen) en oppervlaktewaterlocaties (blauwe symbolen) (links), en de boxplotgrafiek van de mediaanwaarden in het spuiwater van alle locaties (rechts).



Figuur 3.21 De mediaanwaarden van het aantal borstelwormen van roeipootkreeften in het spuiwater uit het distributiesysteem van verschillende grondwaterlocaties (rode symbolen) en oppervlaktewaterlocaties (blauwe symbolen) (links), en de boxplotgrafiek van de mediaanwaarden in het spuiwater van alle locaties (rechts).



Figuur 3.22 De mediaanwaarden van het aantal slakken in het spuiwater uit het distributiesysteem van verschillende grondwaterlocaties en oppervlaktewaterlocaties waren allemaal kleiner dan 1 N m^{-3} (links), en de boxplotgrafiek van de mediaanwaarden in het spuiwater van alle locaties (rechts).

3.1.3.9 Slakken

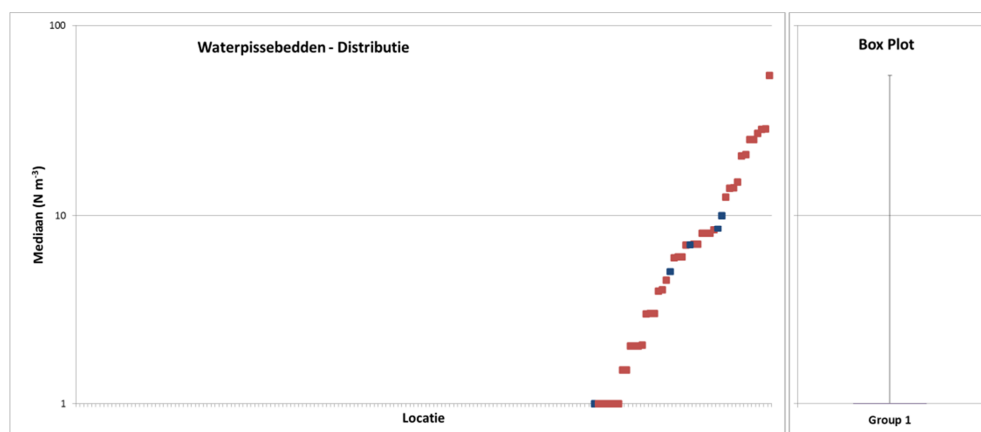
De mediaanwaarden van de slakken in het spuiwater waren voor alle locaties $< 1 \text{ N m}^{-3}$, zodat ook de berekende landelijke mediaanwaarde $< 1 \text{ N m}^{-3}$ was (Figuur 3.22). De maximumwaarden varieerden van < 1 tot 51 N m^{-3} voor spuiwater van voorzieningsgebieden waar drinkwater bereid uit grondwater wordt gedistribueerd (bij 152 gebieden waren de aantallen $< 1 \text{ N m}^{-3}$) en < 1 tot 180 N m^{-3} voor spuiwater van voorzieningsgebieden waar drinkwater bereid uit oppervlaktewater wordt gedistribueerd (bij 3 gebieden waren de aantallen $< 1 \text{ N m}^{-3}$).

3.1.3.10 Waterpissebedden

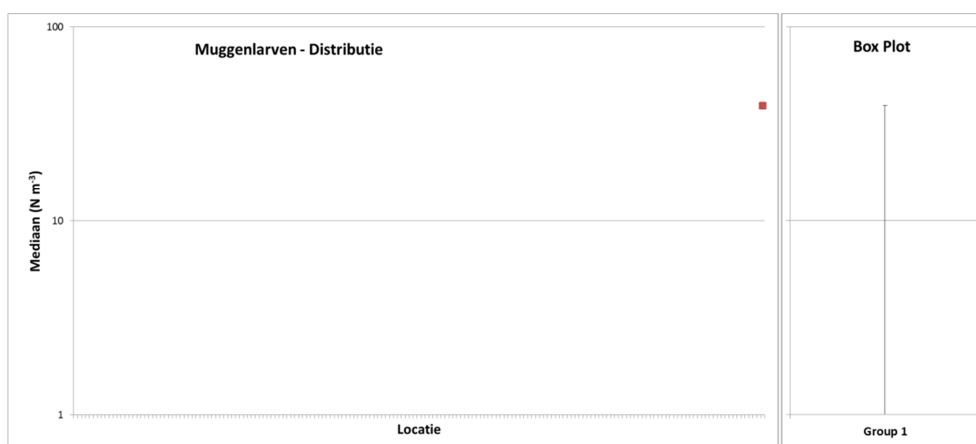
De mediaan van het aantal waterpissebedden in het spuiwater was $\geq 1 \text{ N m}^{-3}$ in 41 van de 163 distributiesystemen waar drinkwater bereid uit grondwater wordt gedistribueerd en bij vijf van de dertien distributiesystemen waar drinkwater bereid uit oppervlaktewater wordt gedistribueerd. Deze mediaanwaarden varieerden tussen < 1 en 55 N m^{-3} waterpissebedden in het spuiwater van distributiesystemen waar grondwaterbehandeld drinkwater wordt gedistribueerd en tussen < 1 en 10 N m^{-3} in het spuiwater van distributiesystemen waar oppervlaktewaterbehandeld drinkwater wordt gedistribueerd (Figuur 3.23). De berekende landelijke mediaanwaarde was $< 1 \text{ N m}^{-3}$ waterpissebedden (Figuur 3.23). Het spuiwater van voorzieningsgebieden waar drinkwater bereid uit grondwater werd gedistribueerd had maximale waterpissebedden tussen < 1 en 1.230 N m^{-3} (bij 93 gebieden waren de aantallen $< 1 \text{ N m}^{-3}$), terwijl deze aantallen varieerden tussen < 1 en 6.300 N m^{-3} in het spuiwater van voorzieningsgebieden waar drinkwater bereid uit oppervlaktewater werd gedistribueerd (bij één gebied waren de aantallen $< 1 \text{ N m}^{-3}$).

3.1.3.11 Muggenlarven

Bij slechts één van de 163 distributiesystemen waar drinkwater bereid uit grondwater wordt gedistribueerd (aantal: 39 N m^{-3}) en bij geen van de dertien distributiesystemen waar drinkwater bereid uit oppervlaktewater wordt gedistribueerd, was de mediaanwaarde van de muggenlarven in het spuiwater $\geq 1 \text{ N m}^{-3}$ (Figuur 3.24). De berekende landelijke mediaanwaarde was $< 1 \text{ N m}^{-3}$ muggenlarven (Figuur 3.24). De maximumwaarden varieerden van < 1 tot 1.149 N m^{-3} voor spuiwater van voorzieningsgebieden waar drinkwater bereid uit grondwater wordt gedistribueerd (bij 144 gebieden waren de aantallen $< 1 \text{ N m}^{-3}$) en < 1 tot 640 N m^{-3} voor spuiwater van voorzieningsgebieden waar drinkwater bereid uit oppervlaktewater wordt gedistribueerd (bij tien gebieden waren de aantallen $< 1 \text{ N m}^{-3}$).



Figuur 3.23 De mediaanwaarden van het aantal waterpissebedden in het spuiwater uit het distributiesysteem van verschillende grondwaterlocaties (rode symbolen) en oppervlaktewaterlocaties (blauwe symbolen) (links), en de boxplotgrafiek van de mediaanwaarden in het spuiwater van alle locaties (rechts).



Figuur 3.24 De mediaanwaarden van het aantal muggenlarven in het spuiwater uit het distributiesysteem van verschillende grondwaterlocaties (rode symbolen) en oppervlaktewaterlocaties (allen $< 1 \text{ N m}^{-3}$) (links), en de boxplotgrafiek van de mediaanwaarden in het spuiwater van alle locaties (rechts).

Tabel 3.4 De mediaan en 90-percentiel van de medianen voor iedere diergroep in het spuiwater van alle voorzieningsgebieden (alle), voorzieningsgebieden die drinkwater bereid uit grondwater distribueren (Grondwater) en voorzieningsgebieden die drinkwater bereid uit oppervlaktewater distribueren (Opp.water).

Diergroep	Mediaan (N m^{-3})			90-percentiel (N m^{-3})		
	Alle	Grondwater	Opp.water	Alle	Grondwater	Opp.water
Draadwormen	0	0	60	25	8	210
Watermijten	6	4	15	49	43	104
Watervlooien	2	0	10	163	165	106
Mosselkreeften	0	0	0	0	0	0
Roeipootkreeften	23	20	178	269	226	543
Larven van Roeipootkreeften	0	0	61	77	60	141
Platwormen	0	0	5	10	9	54
Borstelwormen	1	4	0	47	50	1
Slakken	0	0	0	0	0	0
Waterpissebedden	0	0	0	8	7	8
Muggenlarven	0	0	0	0	0	0

3.1.3.12 Landelijke mediaan en 90-percentiel

Van elke diergroep in het spuiwater uit het distributiesysteem zijn ook de mediaan en 90-percentiel berekend van de medianen en maximumwaarden van alle voorzieningsgebieden, voorzieningsgebieden die drinkwater bereid uit grondwater distribueren en voorzieningsgebieden die drinkwater bereid uit oppervlaktewater distribueren. Deze gegevens zijn weergegeven in Tabel 3.4 en Tabel 3.5. Uit deze tabellen volgt dat de mediaanwaarden van de medianen en maxima van watermijten en roeipootkreeften over het algemeen het hoogst waren. De 90-percentielen van de medianen en maxima van de meeste diergroepen (behalve mosselkreeften, slakken en muggenlarven) waren relatief hoog in het spuiwater uit het distributiesysteem. Mosselkreeften, slakken en muggenlarven werden maar weinig waargenomen in het spuiwater uit het distributiesysteem van de productielocaties in Nederland. Daarnaast was voor bijna elke diergroep de mediaanwaarde en het 90-percentiel van de

mediaanwaarden en maximumwaarden in het spuiwater uit het distributiesysteem van oppervlaktewaterverwerkende productielocaties hoger dan in het spuiwater uit het distributiesysteem van grondwaterverwerkende productielocaties.

Tabel 3.5 De mediaan en 90-percentiel van de maximum waarden voor iedere diergroep in het spuiwater van alle voorzieningsgebieden (alle), voorzieningsgebieden die drinkwater bereid uit grondwater distribueren (Grondwater) en voorzieningsgebieden die drinkwater bereid uit oppervlaktewater distribueren (Opp.water).

Diergroep	Mediaan (N m ⁻³)			90-percentiel (N m ⁻³)		
	Alle	Grondwater	Opp.water	Alle	Grondwater	Opp.water
Draadwormen	16	12	3.580	3.010	635	19.100
Watermijten	57	48	290	829	557	1.490
Waternlooien	167	144	2.050	7.620	7.580	8.290
Mosselkreeften	0	0	0	7	8	0
Roeipootkreeften	269	250	4.060	7.310	6.430	20.400
Larven van Roeipootkreeften	59	49	1.500	1.450	1.040	5.940
Platwormen	11	9	306	401	332	1.960
Borstelwormen	84	76	86	1.180	1.190	783
Slakken	0	0	10	1	0	37
Waterpissebedden	0	0	72	132	130	311
Muggenlarven	0	0	0	2	1	109

3.1.4 Referentiewaarden

Met de gegevens van de ongewervelde dieren over de periode 2009 t/m 2013 zijn vervolgens referentiewaarden afgeleid op vrijwel dezelfde manier zoals is gedaan voor de referentiewaarden die zijn opgenomen in de Inspectierichtlijn 'Harmonisatie Wettelijk Meetprogramma'. De afleiding van die referentiewaarden is beschreven door van Lieverloo et al. (1999) in het rapport 'Ongewervelde dieren in systemen voor distributie van drinkwater'. Het enige verschil is dat in de rapportage van van Lieverloo et al. (1999) de mediaanwaarden en 90-percentielen zijn afgerond tot één decimaal, terwijl dit voor de gegevens over de periode 2009 t/m 2013 drie decimalen is. Voor het reinwater en het spuiwater uit het distributiesysteem zijn vier referentieklassen gedefinieerd (Tabel 3.6). Met behulp van de landelijke gegevens van ongewervelde dieren over de periode 2009 t/m 2013 zijn vervolgens van elke diergroep de referentiewaarden van iedere klasse bepaald voor het reinwater van productielocaties die grondwater gebruiken (Tabel 3.7), reinwater van productielocaties die oppervlaktewater gebruiken (Tabel 3.8) en spuiwater uit het distributiesysteem van alle productielocaties (Tabel 3.9). Tevens zijn in deze tabellen ook de referentiewaarden opgenomen die zijn afgeleid door van Lieverloo et al. (1999).

Tabel 3.6 Referentieklassen voor iedere diergroep in het reinwater of spuiwater uit het distributiesysteem.

Klasse	Definitie
1. Zeer laag tot normaal	Mediaan < mediaan van medianen spuiwater alle vzg
2. Verhoogd	Mediaan < 90-percentiel van medianen spuiwater alle vzg
3. Hoog	Mediaan < maximum mediaan van medianen spuiwater alle vzg
4. Zeer hoog	Mediaan ≥ maximum mediaan van medianen spuiwater alle vzg

Een vergelijking van de referentiewaarden voor reinwater van grondwaterverwerkende productielocaties laat zien dat de referentiewaarden van de verschillende klassen voor eencelligen, raderdieren en draadwormen hoger zijn met de landelijke gegevens van 2009 t/m 2013 dan met de gegevens die zijn gebruikt in rapport SWE99.002 (van Lieverloo et al., 1999) (Tabel 3.7). De referentiewaarden van de meeste klassen voor de overige diergroepen (behalve watermijten, mosselkreeften en muggenlarven) zijn juist lager geworden met de gegevens van 2009 t/m 2013. Dit betekent dat locaties op basis van de nieuwe referentiewaarden in een lagere klasse vallen ten aanzien van eencelligen, raderdieren en draadwormen, in dezelfde klassen blijven ten aanzien van watermijten, mosselkreeften en muggenlarven, maar in een hogere klasse ten aanzien van de overige diergroepen. Referentiewaarden voor reinwater van oppervlaktewaterverwerkende productielocaties laten zien dat buikharigen en draadwormen hogere referentiewaarden hebben voor de meeste klassen met de 2009 t/m 2013 gegevens dan met de gegevens uit de negentiger jaren van de vorige eeuw (Tabel 3.8). Eencelligen, raderdieren, roeipootkreeften en larven van roeipootkreeften hebben met de 2009 t/m 2013 gegevens ook hogere referentiewaarden voor de twee laagste klassen ('laag tot normaal' en 'verhoogd'), maar lagere referentiewaarden voor de twee hoogste klassen ('hoog' en 'zeer hoog') in vergelijking met referentiewaarden van SWE99.002 (van Lieverloo et al., 1999).

De referentiewaarden voor ongewervelde dieren in spuiwater uit het distributiesysteem van productielocaties die grondwater en/of oppervlaktewater gebruiken voor de drinkwaterbereiding zijn ook vergeleken tussen de landelijke gegevens van 2009 t/m 2013 en de gegevens die zijn verzameld in de jaren '90 van de vorige eeuw (Tabel 3.9). Voor de meeste diergroepen geldt dat de nieuwe referentiewaarden voor de twee laagste klassen ('laag tot normaal' en 'verhoogd') lager zijn dan de oude referentiewaarden, terwijl voor de hoogste klassen ('hoog' en 'zeer hoog') de nieuwe referentiewaarden hoger zijn. Dit betekent dat monsters met de nieuwe referentiewaarden minder snel in de laagste en hoogste klassen vallen, maar vaker in de klasse 'hoog'.

De hogere referentiewaarden die zijn verkregen voor de hoogste klassen met de 2009-2013 gegevens, zijn waarschijnlijk te verklaren door het feit dat tijdens de landelijke inventarisatie van 1993-1995 locaties in het distributiesysteem met kans op veel bruinwaterklachten niet zijn bemonsterd en dat de monsterlocaties tijdens dat onderzoek elke drie maanden met een volume van tenminste 4 m³ met 1 m/s gedurende één leidingverversing zijn gespuid tijdens de monsterneming (zie ook paragraaf 1.2).

Voor draadwormen in spuiwater is in SWE 99.002 (van Lieverloo et al., 1999) een correctiefactor van 50 gebruikt voor de doorslag van 100 µm filters naar 30 µm filters (deze laatste maaswijdte is in de landelijke inventarisatie van 1993- 1995 niet gebruikt). Deze correctiefactor was gelet op het grote verschil tussen de mediane en de gemiddelde doorslagpercentages een veilige schatting, maar gebruikt om onnodig veel overschrijdingsmeldingen te voorkomen. De mediane en gemiddelde retentie in de 100 µm filters waren 3% en 11% (Van Lieverloo et al., 2004). Met name de oude grenswaarde voor de klassen 'zeer laag tot normaal' (< 50 N m⁻³) en 'hoog' (< 300 N m⁻³) waren daardoor waarschijnlijk te hoog geschat. Op basis van de gemiddelde retentie (correctiefactor 10) en de basiswaarde van < 2.5 en 4 N m⁻³ (Van Lieverloo et al.,

Tabel 3.7 Referentiewaarden ($N\ m^{-3}$) voor de verschillende diergroepen in het reinwater van productielocaties waar grondwater wordt gebruikt voor de drinkwaterbereiding. Groen: grenswaarde SWE99.002 (van Lieverloo et al., 1999) is gelijk ($\pm 10\%$) aan grenswaarde afgeleid in deze studie; Oranje: grenswaarde SWE99.002 (van Lieverloo et al., 1999) ligt hoger dan grenswaarde afgeleid in deze studie; Blauw: grenswaarde SWE99.002 (van Lieverloo et al., 1999) is lager dan grenswaarde afgeleid in deze studie.

Diergroep	Klasse ^a							
	1		2		3		4	
	SWE99.002	Deze studie	SWE99.002	Deze studie	SWE99.002	Deze studie	SWE99.002	Deze studie
Eencelligen	< 30	< 15	< 100	< 165	< 1000	< 1830	≥ 1000	≥ 1830
Raderdieren	< 30	< 40	< 100	< 261	< 500	< 1980	≥ 500	≥ 1980
Buikharigen	< 5	< 5	< 10	< 5	< 50	< 15	≥ 50	≥ 15
Beerdieren	< 5	< 5	< 5	< 5	< 30	< 5	≥ 30	≥ 5
Draadwormen	< 5	< 8	< 10	< 45	< 100	< 185	≥ 100	≥ 185
Watermijten	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	≥ 5	≥ 5
Watervlooien	< 5	< 5	< 5	< 5	< 10	< 5	≥ 10	≥ 5
Mosselkreeften	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	≥ 5	≥ 5
Roeipootkreeften	< 5	< 5	< 10	< 5	< 50	< 25	≥ 50	≥ 25
Roeip.kr.larven	< 5	< 5	< 30	< 7	< 100	< 85	≥ 100	≥ 85
Platwormen	< 5	< 5	< 5	< 5	< 10	< 5	≥ 10	≥ 5
Borstelwormen	< 5	< 5	< 5	< 5	< 10	< 5	≥ 10	≥ 5
Muggenlarven	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	≥ 5	≥ 5

^a Klasse 1: zeer laag tot normaal; klasse 2: verhoogd; klasse 3: Hoog; klasse 4: Zeer hoog

Tabel 3.8 Referentiewaarden ($N\ m^{-3}$) voor de verschillende diergroepen in het reinwater van productielocaties waar oppervlaktewater wordt gebruikt voor de drinkwaterbereiding. Groen: grenswaarde SWE99.002 (van Lieverloo et al., 1999) is gelijk ($\pm 10\%$) aan grenswaarde afgeleid in deze studie; Oranje: grenswaarde SWE99.002 (van Lieverloo et al., 1999) ligt hoger dan grenswaarde afgeleid in deze studie; Blauw: grenswaarde SWE99.002 (van Lieverloo et al., 1999) is lager dan grenswaarde afgeleid in deze studie.

Diergroep	Klasse ^a							
	1		2		3		4	
	SWE99.002	Deze studie	SWE99.002	Deze studie	SWE99.002	Deze studie	SWE99.002	Deze studie
Eencelligen	< 10	< 48	< 30	< 248	< 500	< 309	≥ 500	≥ 309
Raderdieren	< 300	< 420	< 1000	< 2950	< 5000	< 4020	≥ 5000	≥ 4020
Buikharigen	< 5	< 5	< 5	< 39	< 300	< 425	≥ 300	≥ 425
Beerdieren	< 5	< 5	< 5	< 5	< 10	< 5	≥ 10	≥ 5
Draadwormen	< 30	< 21	< 80	< 152	< 100	< 505	≥ 100	≥ 505
Watermijten	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	≥ 5	≥ 5
Watervlooien	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	≥ 5	≥ 5
Mosselkreeften	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	≥ 5	≥ 5
Roeipootkreeften	< 5	< 9	< 80	< 38	< 100	< 77	≥ 100	≥ 77
Roeip.kr.larven	< 10	< 12	< 300	< 71	< 1000	< 171	≥ 1000	≥ 171
Platwormen	< 5	< 5	< 5	< 5	< 50	< 5	≥ 5	≥ 5
Borstelwormen	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	≥ 5	≥ 5
Muggenlarven	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	≥ 5	≥ 5

^a Klasse 1: zeer laag tot normaal; klasse 2: verhoogd; klasse 3: Hoog; klasse 4: Zeer hoog

Tabel 3.9 Referentiewaarden (N m³) voor de verschillende diergroepen in het spuiwater uit het distributiesysteem. Groen: grenswaarde SWE99.002 (van Lieverloo et al., 1999) is gelijk ($\pm 10\%$) aan grenswaarde afgeleid in deze studie; Oranje: grenswaarde SWE99.002 (van Lieverloo et al., 1999) ligt hoger dan grenswaarde afgeleid in deze studie; Blauw: grenswaarde SWE99.002 (van Lieverloo et al., 1999) is lager dan grenswaarde afgeleid in deze studie.

Diergroep	Klasse ^a							
	1		2		3		4	
	SWE99.002	Deze studie	SWE99.002	Deze studie	SWE99.002	Deze studie	SWE99.002	Deze studie
Draadwormen	< 50	< 1	< 300	< 25	< 1000	< 250	≥ 1000	≥ 250
Watermijten	< 10	< 6	< 50	< 49	< 100	< 278	≥ 100	≥ 278
Watervlooien ^b	< 50	< 4	< 300	< 326	< 1000	< 1310	≥ 1000	≥ 1310
Mosselkreeften	< 1	< 1	< 1	< 1	< 10	< 29	≥ 10	≥ 29
Roeipootkreeften	< 30	< 23	< 300	< 269	< 1000	< 1990	≥ 1000	≥ 1990
Roeip.kr.larven	< 10	< 1	< 100	< 77	< 300	< 658	≥ 300	≥ 658
Platwormen	< 5	< 1	< 30	< 10	< 100	< 99	≥ 100	≥ 99
Borstelwormen ^c	< 30	< 2	< 100	< 71	< 300	< 1680	≥ 300	≥ 1680
Slakken	< 1	< 1	< 1	< 1	< 5	< 1	≥ 5	≥ 1
Waterpissebedden	< 1	< 1	< 30	< 8	< 100	< 55	≥ 100	≥ 55
Muggenlarven	< 1	< 1	< 1	< 1	< 3	< 39	≥ 3	≥ 39

^a Klasse 1: zeer laag tot normaal; klasse 2: verhoogd; klasse 3: Hoog; klasse 4: Zeer hoog

^b Seizoenfactor van twee meegenomen zoals beschreven in SWE99.002

^c Seizoenfactor van anderhalf meegenomen zoals beschreven in SWE99.002

1999) zouden deze grenswaarden op < 25 respectievelijk $< 40 \text{ N m}^{-3}$ hebben kunnen worden gesteld. De nieuwe grenswaarde voor de klasse hoog is daarmee vergelijkbaar (25 N m^{-3}).

3.2 Populatiesamenstelling ongewervelde dieren

Om de populatiesamenstelling van de ongewervelde dieren tussen de verschillende locaties te vergelijken zijn de logaantallen van de ongewervelde dieren gebruikt. Met behulp van de Morisita index (Morisita, 1959) en Bray-Curtis index (Bray and Curtis, 1957) is vervolgens onderzocht in hoeverre de populatiesamenstelling van de ongewervelde dieren in het reinwater en spuiwater tussen de locaties met elkaar verschillen. De groepering van de verschillende pompstations (op basis van reinwater) en distributiesystemen (op basis van spuiwater) waren vergelijkbaar tussen de Morisita en Bray-Curtis index. In het rapport worden alleen de resultaten van de Morisita index besproken.

De verwantschapsbomen van de populatiesamenstelling zijn in de bijlage weergegeven en deze bomen zijn gebruikt om de locaties waarvan de populatiesamenstelling meer dan 95% met elkaar overeenkwam, bij elkaar te groeperen. Deze groepen zijn weergegeven in Tabel 3.10 en 3.11. De verwachting was dat de grondstof (oppervlaktewater versus grondwater) en/of zuiveringstrein een belangrijke invloed zouden hebben op de dierlijke populatiesamenstelling van het reinwater. Uit de groepering blijkt echter dat de locaties over het algemeen niet groeperen op basis van grondstof en/of zuiveringstrein. Een voorbeeld hiervan is dat de populatiesamenstelling van de ongewervelde dieren in het reinwater van de Punt, Kralingen en Weesperkarspel (alle drie oppervlaktewaterverwerkende locaties) vergelijkbaar was met de samenstelling in het reinwater van 14 grondwaterverwerkende locaties (groep 20, Tabel 3.10). Er zijn meer voorbeelden waarbij grondwater- en oppervlaktewaterlocaties groeperen (groep 19, 24, 31 en 32). Opvallend is wel dat de populaties in spuiwater uit de meeste distributiesystemen die worden gevoed met drinkwater dat is geproduceerd door Maaswater te behandelen (Scheveningen, Monster, Katwijk, Baanhoek, Berenplaat en Braakman) enigszins bij elkaar clusteren. Desondanks werd ook hier gezien dat sommige van deze reinwaterlocaties een hogere overeenkomst met een grondwaterlocatie (bv Scheveningen en De Hooge Boom) dan met andere reinwaterlocaties waar Maaswater is gezuiverd (bv Scheveningen en Katwijk). De samenstelling van de populatie ongewervelde dieren in het spuiwater liet een dergelijke aparte clustering van gebieden waar Maaswaterbehandeld drinkwater wordt gedistribueerd echter niet zien. Ook de mate van biologische stabiliteit in het reinwater was niet altijd bepalend voor de populatiesamenstelling van ongewervelde dieren in het drinkwater. Een voorbeeld hiervan is dat de populatiesamenstelling in het reinwater van ps Amersfoortseweg (dat een zeer hoge biologische stabiliteit heeft) vergelijkbaar was met het reinwater van ps Spannenburg (dat minder biologisch stabiel drinkwater produceert) (groep 13). Hoewel de biologische stabiliteit van het reinwater van al deze locaties niet precies bekend is, zijn er meer groepen met locaties die verschillen in de biologische stabiliteit (groep 20, 3, 37).

De dierlijke populatiesamenstelling in het spuiwater uit het distributiesysteem was meer divers, waardoor er meer unieke groepen met minder dan 95% overeenkomst waren dan voor het reinwater. Sommige groepen met meerdere locaties bestonden uit alleen oppervlaktewaterverwerkende locaties (groep 9, 50 en 51), terwijl ook een groot aantal groepen met meerdere locaties bestonden uit alleen grondwaterverwerkende locaties (Tabel 3.11). Desondanks groepeerden de oppervlaktewaterverwerkende

Tabel 3.10 Pompstations per groep waarvan de overeenkomst in de dierlijke populatiesamenstelling in reinwater meer dan 95% is. Grondwaterlocaties: normaal lettertype; oppervlaktewaterlocaties: schuinedrukt en onderstreept lettertype.

Groep	Pompstations behorende tot het cluster
1	Fikkersdries; Soestduinen; Hoenderloo; Luyksgestel; Leidsche Rijn; Lieshout; Rhenen; Velddriel; Schalterberg; Prinsbosch; Loosdrecht; Pinkenberg
2	Seppe
3	Hanik; Dorst
4	<u>Andijk</u>
5	Oosterhout
6	Groenekan; Plasmolen; Hollum; Vessem; Beilen; Holk; Cothen; Harderbroek; Leersum; Budel; Bergen; Beerschoten; Driebergen; Son
7	Zutphen
8	Bergen op Zoom
9	Veghel
10	<u>Leiduin</u>
11	Nuland
12	Van Heek; Pannesheide; Boele; Zutphenseweg; Doorn; Genderen; Noord-Bergum; Ellecom; Halsteren
13	Epe; Buren; Goor; Dalen; ir. Sijmons; Spannenburg; De Groeve; Terschelling; Aalten; Hoogenveen; Diepenveen; Archemerberg; Tull en 't Waal; Sint Jansklooster; Druten; Kolff; Groote Heide; Ospel; Zeist; Eemsdijk; Veenendaal; Lopik; Onnen; Amersfoortseweg; Havelterberg; Haren; Zuidwolde; Bunnik; Wierden; Noordbargeres; De Meern; Schiermonnikoog; Corle
14	Woudenberg
15	Macharen; Heumensoord; De Laak
16	Zoelen; Laren; Dinxperlo; De Put; Hasselo; Speuld; Fledite; Nieuwegein; Terwisscha; Roosendaal; Nijverdal; Hoogveld; Putten; IJzeren Kuilen; Vlijmen; Loosbroek
17	Schinveld; LaCabine; De Haere; Hoge Hexel
18	Manderveen; Assen; Hengelo 't Klooster; Nietap; Ruinerwold; Annen; Tilburg
19	Twello; Kruidhaars; Weerseloeweg; Vlieland; Eindhoven; Rodenmors; <u>Hoofddorp</u>
20	Weerselo; Helmond; Vorden; Californië; Ceintuurbaan; Espelo; <u>De Punt</u> ; Olde Eibergen; De Pol; Sellinger; Rodenhuis; Hammerflier; Ossendrecht; <u>Kralingen</u> ; Laren; <u>Weesperkarspel</u> ; Breehe
21	Huijbergen
22	Lekkerkerk
23	Valtherbos; Schijndel
24	De Beitel; Grubbenvorst; <u>Bergen</u> ; <u>Heel</u> ; Someren; Engelse Werk; <u>Wim Mensink</u> ; Vlierden
25	Reijerwaard; Herikerberg
26	Lith
27	Eerbeek; Pey Echt; Hunsel; Rothenbach; Wageningse Berg; Oldeholdpade; Vloderp; Witharen; Oirschot; Oosterbeek; Meinweg; Waldfeucht; Linschoten; Roosteren; Muntberg; Harderwijk
28	Bremerberg; Gasselte
29	Wouw
30	Holten
31	De Steeg; <u>Scheveningen</u> ; De Hooge Boom; <u>Monster</u> ; <u>Katwijk</u> ; Boxmeer
32	Leggeloo; <u>Baanhoek</u> ; <u>Berenplaat</u>
33	Elzengors
34	<u>Braakman</u>
35	Bilthoven
36	Elburg
37	Culemborg; Haaren; Welschap
38	Edese Bos

Tabel 3.11 Pompstations per groep waarvan de overeenkomst in de dierlijke populatiesamenstelling in spuiwater uit distributiesysteem meer dan 95% is. Grondwaterlocaties: normaal lettertype; oppervlaktewaterlocaties: schuingedrukt en onderstreept lettertype.

Groep	Pompstations behorende tot het cluster	Cluster	
1	Noordbargeres	37	Harderwijk; Vlieland
2	Hoenderloo	38	Ossendrecht; Gorssel
3	Luyksgestel; Boele; Corle; Dinxperlo; Driebergen; Edese Bos; Ellecom; Hengelo 't Klooster; Herikerberg; La Cabine; Putten; Hunsel; Ospel en WPH; Pey; Plasmolen	39	De Pol; Heel
4	Nuland; <u>Kralingen</u>	40	Engelse werk
5	De Hooge Boom; De Put; De Steeg; Hoogeveen; Rodenhuis; Spannenburg; De Laak	41	Espelo; Wierden; Hasselo; Soestduinen; Havelterberg; Olde Eibergen
6	Leidsche Rijn; Elzengors	42	Vlierden
7	Linschoten	43	Lekkerkerk; Heumensoord; Hanik en Bergen
8	Lith	44	Nijverdall
9	<u>De Punt</u> ; <u>Baanhoek</u> ; <u>Andijk</u>	45	Lopik
10	Laren; Zutphenseweg; <u>Berenplaat</u> ; <u>Braakman</u>	46	Nietap
11	Onnen; Ruinerwold	47	Pinkenberg; Beegden; Grubbenvorst; Wageningse Berg; Schimmert; Breehei; Schiermonnikoog; Groote Heide
12	Haren	48	<u>Weesperkarspel</u>
13	Welschap; Bremerberg; Epe	49	<u>Leiduin</u>
14	Hammerflier; Ir. Sijmons	50	<u>Bergen</u> ; <u>Wim Mensink</u>
15	De Meern; Terschelling	51	<u>Hoofddorp</u> ; <u>Dunea-Zuid</u> ; <u>Dunea-Noord</u>
16	Holk; Twello	52	Buren
17	Groenekan	53	Eindhoven; Druten; Oosterbeek; Susteren; Rhenen; van Heek; Zutphen; Vorden
18	Annen	54	Helmond
19	Dalen	55	Culemborg; Kolff; Zoelen
20	Ceintuurbaan; Gasselte; Leggeloo; Kruidhaars; Beilen; Valtherbos	56	Lieshout
21	De Groeve	57	Someren; Muntberg; Hollum; Californie; Terwisscha; Vessem
22	Loosbroek	58	Manderveen
23	Sellingen	59	Son
24	Dorst; Zeist; Wouw	60	Schijndel; Seppe; Harderbroek
25	Oosterhout; Speuld	61	Veghel; Leersum
26	Boxmeer; Macharen; Sint Jansklooster; Witharen	62	Fledite
27	Budel; Loosdrecht; Laren; Woudenberg; Fikkersdries; Oldeholtspade; Zuidwolde	63	Tilburg
28	Haaren; Vlijmen; Weerseloseweg	64	Doorn
29	De Haere	65	Oirschot; Noord-Bergum; Aalten; Berg; Hoge Hexel; Schalterberg; Eemdijk; Goor
30	Cothen	66	Amersfoortseweg
31	Archemerberg	67	Prinsenbosch; Roosendaal; Beerschoten; Bilthoven; Bergen op Zoom
32	Rodenmors; Diepenveen	68	Halsteren
33	Huijbergen; Weerselo; Velddriel	69	Veenendaal
34	Reijerwaard	70	Genderen
35	Bunnik; Tull en 't Waal; Nieuwegein		
36	Eerbeek; Assen		

locaties en grondwaterverwerkende locaties niet volledig apart van elkaar. Zo was de dierlijke populatiesamenstelling van het spuiwater uit het distributiesysteem van Braakman en Berenplaat (oppervlaktewaterlocaties) vergelijkbaar met het spuiwater uit het distributiesysteem van Laren en Zutphenseweg (grondwaterlocaties) (groep 10, Tabel 3.11). Ook groep 4 bevatte grondwater- en oppervlaktewaterlocaties. De gebruikte grondstof was dus ook niet altijd bepalend voor de samenstelling van de ongewervelde dieren in het distributiesysteem. Uit de resultaten van de groepering blijkt ook dat de dierlijke populatiesamenstelling tussen distributiesystemen vergelijkbaar kan zijn, terwijl de aantallen *Aeromonas* en KG22 wel duidelijk verschillen tussen deze distributiesystemen. Een voorbeeld hiervan is bijvoorbeeld de vergelijkbare dierlijke populatiesamenstelling in het distributiesysteem van Berenplaat en Braakman (groep 10), maar in het voorzieningsgebied van Braakman zijn de aantallen *Aeromonas* beduidend lager dan in het voorzieningsgebied van Berenplaat (van der Wielen & van der Kooij, 2011). Ook in diverse andere groepen zijn locaties vertegenwoordigd die verschillen in wettelijke nagroeiparameters in het distributiesysteem (bv groep 5, 9, 15, 65).

Tot slot is ook onderzocht of de dierlijke populatiesamenstelling van het reinwater en van het distributiesysteem voor een specifieke locatie aan elkaar verwant zijn. De resultaten laten zien dat voor vrijwel alle locaties de populatiesamenstelling van de ongewervelde dieren in het reinwater duidelijk anders was dan in het spuiwater uit het distributiesysteem. De enige uitzonderingen hierop waren de pompstations Edese Bos, Hunsel, Luyksgestel en Pey, maar bij deze locaties waren de mediaanwaarden van alle diergroepen in het reinwater en in het spuiwater uit het distributiesysteem onder de detectiegrens ($< 1 \text{ N m}^{-3}$). Tevens werd waargenomen dat voor vrijwel alle pompstations de populatiesamenstelling van de ongewervelde dieren in het reinwater minder dan 24% overeenkomst had met de populatiesamenstelling in het spuiwater uit het overeenkomstige distributiesysteem, terwijl de overeenkomst tussen reinwatertypen vrijwel altijd groter was dan 24%. ongewervelde dieren. De verschillen in populatiesamenstelling tussen spuiwater en reinwater worden waarschijnlijk veroorzaakt doordat i) het reinwater op een andere manier (zonder spuien) wordt bemonsterd dan het spuiwater uit het distributiesysteem en ii) in het distributiesysteem spuiwater met relatief veel sediment is onderzocht, terwijl op het pompstation alleen drinkwater (het reinwater) is bemonsterd.

4 Discussie

4.1 Landelijke inventarisatie ongewervelde dieren in reinwater en spuiwater

4.1.1 Esthetische klachten

Het aantal geregistreerde specifieke consumentklachten over ongewervelde dieren bij de Nederlandse drinkwaterbedrijven in de periode 2009 t/m 2013 was zeer laag, met meestal minder dan één klacht per jaar per bedrijf. De drinkwaterbedrijven hebben echter aangegeven dat de klachtenregistraties niet optimaal zijn, waardoor het aantal specifieke consumentklachten waarschijnlijk hoger is dan geregistreerd. Daarnaast is het ook mogelijk dat drukklachten zijn veroorzaakt door ongewervelde dieren (voornamelijk waterpissebedden), terwijl dergelijke klachten door de klachtenregistratie niet worden geregistreerd in relatie tot ongewervelde dieren. De aard van de klachten is veelal gerelateerd aan het voorkomen van ongewervelde dieren en/of fecale pellets die waarneembaar zijn voor het menselijke oog (waterpissebedden en borstelwormen). In het verleden is ook gerapporteerd dat het aantal geregistreerde consumentklachten over ongewervelde dieren in het drinkwater laag was, met dezelfde kanttekening dat het precieze aantal klachten niet duidelijk is (van Lieverloo et al. 1997). Deze klachten waren ook gerelateerd aan het voorkomen van voor de mens waarneembare ongewervelde dieren. Destijds was echter de verwachting dat het aantal geregistreerde klachten zou toenemen in de toekomst, omdat werd aangenomen dat bedrijven en particulieren steeds vaker lokale behandelingssystemen zouden gaan toepassen (bv kaarsfilters, RO) en dat particulieren en bedrijven het drinkwater met een microscoop zouden onderzoeken (van Lieverloo et al. 1997, 1999). Hoewel er geen betrouwbaar beeld is van het precieze aantal consumentklachten over ongewervelde dieren, is het aantal geregistreerde consumentklachten over 2009 t/m 2013 niet hoger dan het aantal geregistreerde klachten dat in het verleden is waargenomen. De verwachting dat het aantal geregistreerde klachten ten aanzien van ongewervelde dieren zou toenemen, is dus niet uitgekomen.

4.1.2 Ongewervelde dieren in drinkwater

De resultaten van deze landelijke inventarisatie laten duidelijk zien dat grote verschillen werden waargenomen tussen het voorkomen van de verschillende diergroepen in reinwater of spuiwater. In het reinwater werden in de meeste monsters eencelligen, raderdieren en draadwormen waargenomen, terwijl muggenlarven, borstelwormen, platwormen, mosselkreeften, watervlooien en watermijten vrijwel niet voorkomen in het Nederlandse reinwater. Deze resultaten komen overeen met de trends die ook in het inventarisatieonderzoek uit de jaren '90 werden waargenomen (van Lieverloo et al., 1997). Een vergelijking van de mediaanwaarden en 90-percentielen tussen beide studies laat zien dat mediaan en 90-percentiel van draadwormen en raderdieren in het reinwater over de periode 2009 t/m 2013 hoger zijn dan destijds. De mediaan en 90-percentiel van de overige diergroepen zijn vergelijkbaar tussen beide studies.

In het spuiwater uit het distributiesysteem werden meerdere diergroepen regelmatig aangetroffen, waarbij de aantallen roeipootkreeften en watermijten over het algemeen het hoogst waren. Mosselkreeften, slakken en muggenlarven werden maar weinig aangetroffen in het spuiwater. De inventarisatiestudie met 36 distributiegebieden in de

jaren '90 heeft ook laten zien dat de aantallen roeipootkreeften en watermijten in het spuiwater relatief hoog waren. Mosselkreeften, slakken en muggenlarven werden destijds daarentegen ook maar sporadisch waargenomen (van Lieverloo et al. 1997). De mediaan en 90-percentiel van draadwormen, mosselkreeften, larven van roeipootkreeften, platwormen en muggenlarven in het spuiwater over de periode 2009 t/m 2013 waren vergelijkbaar met de waarden gerapporteerd in de jaren '90. De mediaan en 90-percentiel van watermijten, watervlooien, borstelwormen en waterpissebedden en het 90-percentiel van roeipootkreeften in het spuiwater over de periode 2009 t/m 2013 waren lager dan die zijn waargenomen in de eerdere studie (van Lieverloo et al. 1997). Borstelwormen en waterpissebedden het grootste deel van de geschatte biomassa van ongewervelde dieren vormen (van Lieverloo et al. 1997) en dus is de geschatte biomassa ook lager van de gebruikte 2009 t/m 2013 gegevens.

Er zijn verschillende verklaringen te bedenken voor de verschillen tussen beide studies. De belangrijkste verklaring is echter dat de resultaten van deze studies niet direct met elkaar kunnen worden vergeleken, omdat de 2009/2013 gegevens zijn verzameld van alle productielocaties en distributiegebieden, terwijl de 1993/1995 gegevens van een duidelijk geringer aantal productielocaties en distributiegebieden waren, maar die destijds wel representatief waren voor de variatie in de waargenomen biologische stabiliteit. Het is echter mogelijk om een gerichte vergelijking te maken van de aantallen ongewervelde dieren tussen 1993/1995 en 2009/2013 bij iedere productielocatie/distributiegebied die in 1993/1995 is onderzocht, maar een dergelijke vergelijking maakt geen onderdeel uit van de opdracht die de drinkwaterbedrijven hebben gegeven aan KWR. In een aanvullend project zou een dergelijke vergelijking alsnog kunnen worden uitgevoerd.

Opvallend is verder dat in het reinwater van een aantal locaties geen eencelligen waren aangetroffen, terwijl onderzoek met moleculaire methoden heeft laten zien dat amoeben algemeen voorkomen in drinkwater met aantallen die zijn te meten in een liter water (Valster, 2011 en referenties daarin). Het reinwater van ps Spannenburg is bijvoorbeeld onderzocht op aantallen van de ééncellige amoebe *Vermamoeba vermiformis* (voorheen genaamd *Hartmannella vermiformis*) (Valster et al. 2010) en daaruit bleek dat bij twee van de zeven monsters 1,5 cellen per liter aanwezig waren. Desondanks lag het aantal onder de microscoop getelde eencelligen in het reinwater ($n=7$) van ps Spannenburg rond de 10 tot 25 N per m^3 , een factor 100 lager. Een beperkt volume van het reinwater (1,5 tot 3 l) van ps Amersfoortseweg is ook door Valster et al. (2010) onderzocht op ééncellige protozoën en daaruit bleek dat dit watervolume een grote diversiteit aan eencelligen ongewervelde dieren liet zien. De aantallen eencelligen in het reinwater van ps Amersfoortseweg, die werden gevonden met het monitoringsprogramma voor ongewervelde dieren, laat echter zeer lage aantallen zien (0,0325 N l⁻¹). Er lijkt dus een duidelijke discrepantie te zijn tussen de detectie van eencelligen met moleculaire methoden en de detectie met het monitoringsprogramma van ongewervelde dieren. Het is niet ondenkbaar dat door filtratie over 10 μm en met microscopische tellingen een deel van de eencelligen worden gemist. Deze verschillen laten in ieder geval zien dat het onduidelijk is in hoeverre de in het monitoringsprogramma gekwantificeerde eencelligen een betrouwbare weergave is van het aantal eencelligen in drinkwater. In hoeverre dat ook geldt voor de andere diergroepen is niet duidelijk en zou verder onderzocht kunnen worden.

De clusteranalyse met de Morisita en Bray-Curtis similarity index heeft ook laten zien dat de populatiesamenstelling van ongewervelde dieren die in reinwater en spuiwater worden bepaald beduidend anders was in het reinwater dan in het spuiwater uit het

distributiesysteem. Dit verschil wordt zeer waarschijnlijk veroorzaakt doordat het reinwater op een andere manier is bemonsterd dan het spuiwater. Doordat het spuiwater met een relatief hoge snelheid wordt genomen bevat het spuiwater naast drinkwater ook een relatief hoge concentratie sediment, terwijl dit in het bemonsterde reinwater niet het geval is en het sediment een andere niche is dan het water in een distributiesysteem. Zo is voor de samenstelling van de bacteriepopulaties bijvoorbeeld ook gevonden dat de samenstelling in het sediment van een distributiesysteem anders is dan de samenstelling in het gedistribueerde water bemonsterd op dezelfde locatie in het distributiesysteem (Liu et al. 2014; van der Wielen & Lut, 2016). Daarnaast heeft de hogere stroomsnelheid die wordt gebruikt bij het nemen van de spui monsters ook tot gevolg dat sommige organismen (zoals waterpissebedden) vaker loskomen van sediment en/of buiswand door de hoge stroomsnelheid.

Het aantal ongewervelde dieren in het reinwater geeft wel informatie over de biomassa van ongewervelde dieren dat wordt gedistribueerd en bij te hoge concentraties zou dit de nagroei in het distributiesysteem kunnen bevorderen. Daarbij dient wel opgemerkt te worden dat naast ongewervelde dieren er ook biomassa van andere (micro)-organismen in het reinwater aanwezig kan zijn. Recent is daarom een methode geïntroduceerd waarmee alle biomassa wordt geconcentreerd met behulp van de hemoflow, waarna de concentratie deeltjesgebonden en/of hoogmoleculair organisch koolstof (PHMOC) en koolhydraten (PHMCHC) wordt bepaald (van der Kooij & Veenendaal, 2013). In het BTO wordt momenteel onderzocht in hoeverre deze nieuwe methodiek voorspellende waarde heeft voor de mate van nagroei van *Aeromonas* en KG22 in het distributiegebied. Aanvullend onderzoek naar de relatie tussen biomassa van ongewervelde dieren, PHMOC, PHMCHC en nagroei in het distributiesysteem geeft verder inzicht in de rol die ongewervelde dieren hierbij spelen, maar dit was geen onderdeel van de opdracht die de drinkwaterbedrijven aan KWR hebben gegeven.

4.1.3 Grondwater versus oppervlaktewater

De verschillende reinwaterlocaties en voorzieningsgebieden zijn ook met behulp van de Morisita en Bray-Curtis similarity index gegroepeerd op basis van de populatiesamenstelling van de ongewervelde dieren. De Morisita of Bray-Curtis similarity index groepeerd op basis van verschillen in diversiteit van diergroepen en verschillen in aantallen per diergroep, dus op de gehele populatiesamenstelling (Morisita, 1959, Bray and Curtis, 1957). De verwachting was dat de populatiesamenstelling van ongewervelde dieren op basis van grondstof (oppervlaktewater, grondwater) apart zouden groeperen, omdat zowel de waterkwaliteit als de zuiveringsprocessen verschillen tussen grondstofverwerkende en oppervlaktewaterverwerkende bedrijven. De resultaten lieten echter zien dat reinwater bereid uit grondwater niet apart groepeerde van reinwater bereid uit oppervlaktewater. Er zijn zelfs voorbeelden van locaties waar de populatiesamenstelling van ongewervelde dieren in reinwater bereid uit oppervlaktewater vergelijkbaar was met die in reinwater bereid uit grondwater. Blijkbaar is de samenstelling van de ongewervelde dieren in het reinwater dus minder afhankelijk van de grondstof en/of zuiveringsprocessen dan eerder gedacht. Desondanks werd waargenomen dat de mediaan van het aantal eencelligen, raderdieren en draadwormen in het reinwater bereid uit oppervlaktewater hoger is dan in het reinwater bereid uit grondwater.

De populatiesamenstelling van ongewervelde dieren in het spuiwater uit het distributiesysteem van oppervlaktewaterverwerkende locaties groepeerde ook niet apart van de grondwaterverwerkende locaties. Voor deze locaties werd ook waargenomen dat de populatiesamenstelling van sommige spuiwatermonsters bereid

uit oppervlaktewater vergelijkbaar waren met de populatiesamenstelling van spuiwater bereid uit grondwater. Dit betekent dat de grondstof ook geen allesbepalende invloed heeft op de populatiesamenstelling van ongewervelde dieren in het distributiesysteem. Desondanks werd ook voor deze spui monsters gevonden dat de mediaanwaarden van een aantal diergroep hoger waren in het spuiwater van oppervlakteverwerkende locaties dan in het spuiwater van grondwaterverwerkende locaties.

Een belangrijke factor die de aantallen ongewervelde dieren in drinkwater beïnvloedt, is de biologische stabiliteit van het drinkwater (van Lieverloo et al. 2012, 2014). De gemiddelde biologische stabiliteit van het drinkwater van de 170 grondwaterlocaties zal hoger zijn, dan de biologische stabiliteit van het drinkwater van de 15 oppervlaktewaterlocaties, waardoor deze verschillen in biologische stabiliteit een verklaring zijn voor de verschillen in aantallen ongewervelde dieren tussen oppervlaktewaterverwerkende en grondwaterverwerkende productielocaties. Daarnaast is het waarschijnlijk dat de laatste processen in de zuivering van oppervlaktewaterverwerkende locaties een hogere biologische activiteit hebben dan die van grondwaterverwerkende locaties. Overigens moet bij de vergelijking tussen grondwaterverwerkende en oppervlaktewaterverwerkende productielocaties de kanttekening worden geplaatst dat de mediaan van grondwaterlocaties is gebaseerd op gemiddeld $4,7 \pm 5,7$ waarnemingen, terwijl het gemiddeld aantal waarnemingen voor de mediaanberekening bij oppervlaktelocaties meer dan een factor tien hoger was ($57,0 \pm 15,9$). Dit verschil in aantal waarnemingen zou ook een invloed kunnen hebben op de mediaanwaarden.

De invloed van biologische stabiliteit, biologische activiteit en/of bron voor de drinkwaterbereiding maakte geen onderdeel uit van de opdracht die de drinkwaterbedrijven aan KWR hebben gegeven. Aanvullend onderzoek naar de hierboven genoemde aspecten zal meer duidelijkheid verschaffen over de condities waaronder dierlijke organismen zich weten te vermeerderen in het drinkwaterdistributiesysteem. Dergelijke informatie kan worden gebruikt om beheersmaatregelen te definiëren. Van der Kooij & van der Wielen (2014) hebben recent een uitgebreidere beschrijving van dergelijke onderzoeksvragen in relatie tot dierlijke organismen opgesteld en dat document zou als leidraad kunnen dienen voor aanvullend onderzoek in het BTO.

4.1.4 Referentiewaarden

In de hier beschreven landelijke inventarisiestudie zijn referentiewaarden voor iedere diergroep afgeleid die zijn gebaseerd op alle voorzieningsgebieden in Nederland en op redelijk recente gegevens (2009 t/m 2013). Dit in tegenstelling tot de eerder afgeleide referentiewaarden waar naar wordt verwezen in de Inspectierichtlijn 'Harmonisatie Wettelijk Meetprogramma' en die zijn afgeleid van metingen bij een kleiner aantal distributiegoedebieden (wel over het spectrum van lage tot hoge biologische stabiliteit) en van meer gedateerde gegevens (1995). Voorgesteld wordt om de referentiewaarden die zijn afgeleid in deze studie te gebruiken om te bepalen in welke klasse (zeer laag tot normaal, verhoogd, hoog, zeer hoog) de gemonitorde ongewervelde dieren van reinwater of een distributiegoedebied vallen. Wanneer het drinkwaterbedrijf besluit om alleen ongewervelde dieren te monitoren die zichtbaar zijn voor het menselijke oog en die voor de meeste geregistreerde esthetische klachten zorgen (waterpissebedden en borstelwormen $> 500 \mu\text{m}$), dan dienen voor de borstelwormen referentiewaarden te worden gebruikt voor borstelwormen $> 500 \mu\text{m}$, omdat dat deel zichtbaar is voor het menselijk oog. Om betrouwbare referentiewaarden voor borstelwormen $> 500 \mu\text{m}$ te gebruiken, is het dus noodzakelijk om de afgeleide referentiewaarden te corrigeren

voor borstelwormen die niet in de 500 µm fractie voorkomen. De exacte gegevens over het aantal borstelwormen in de 500 en in de andere fracties voorkomen zijn momenteel niet voorhanden. In het onderzoek van de jaren '90 van de vorige eeuw zijn de borstelwormen echter wel onderverdeeld in grote (> 5 mm) en kleine (< 5 mm) borstelwormen (pers. comm. van Lieverloo). Uit die resultaten bleek dat 21% van de borstelwormen > 5 mm waren. Op basis van deze resultaten wordt voorgesteld dat wanneer een drinkwaterbedrijf besluit om alleen ongewervelde dieren zichtbaar voor het menselijk oog te monitoren, de referentiewaarden voor de borstelwormen te corrigeren met deze correctiefactor van 0,21, zodat de referentiewaarden zijn gebaseerd op grote zichtbare borstelwormen. De referentiewaarden worden dan < 1 (klasse zeer laag tot normaal), < 15 (klasse verhoogd, < 353 (klasse hoog) en ≥ 353 (klasse zeer hoog).

4.2 Monitoren ongewervelde dieren drinkwater in relatie tot esthetische klachten

4.2.1 Klachtenregistratie

De inventarisatie van het aantal consumentenklachten in Nederland over de periode 2009 t/m 2013 heeft laten zien dat het aantal geregistreerde klachten over ongewervelde dieren zeer laag is en vrijwel altijd gerelateerd aan waterpissebedden en met het oog waarneembare borstelwormen. De leden van de TG Biologische Activiteit hebben tevens aangegeven dat ze twijfelen of de klachtenregistratie van ongewervelde dieren wel goed is georganiseerd binnen hun bedrijf. Het is daarom mogelijk dat het aantal geregistreerde klachten lager is dan het totale aantal klachten in relatie tot ongewervelde dieren. Daarom wordt aanbevolen om de klachtenregistratie ten aanzien van ongewervelde dieren sterk te verbeteren, zodat in de toekomst een betrouwbaarder beeld wordt verkregen over het aantal esthetische klachten ten aanzien van ongewervelde dieren en welke organismen deze klachten hebben veroorzaakt. Wanneer deze verbeterde klachtenregistratie een aantal jaren is ingezet, kan opnieuw worden onderzocht wat het aantal esthetische klachten met ongewervelde dieren is.

4.2.2 Inspectierichtlijn Harmonisatie Wettelijk Meetprogramma

Ongewervelde dieren en eventuele referentiewaarden voor ongewervelde dieren zijn niet opgenomen in het Drinkwaterbesluit. Naast het Drinkwaterbesluit is door VROM-Inspectie (nu Inspectie Leefomgeving en Transport) ook de Inspectierichtlijn 'Harmonisatie wettelijk meetprogramma' opgesteld. In dit document worden naast de wettelijke parameters ook aanvullende parameters genoemd die de drinkwaterbedrijven moeten monitoren. In de Inspectierichtlijn 'Harmonisatie wettelijk meetprogramma' is de volgende tekst opgenomen om te duiden waarom deze aanvullende parameters ook moeten worden bepaald: *"Naast onderzoek naar de parameters die vermeld staan in het Waterleidingbesluit dienen de waterleidingbedrijven zich ook te houden aan de uit artikel 4 van het Waterleidingbesluit en de Waterleidingwet vloeiende zorgplicht voor overige kwaliteitsparameters. Dit houdt in dat eveneens onderzoek dient te worden uitgevoerd naar parameters die niet zijn opgenomen in het Waterleidingbesluit (b.v. ongewervelde organismen), of naar wettelijke parameters waarvoor geen norm is opgesteld (b.v. AOX), of voor wettelijke parameters die in principe niet in de betreffende bron hoeven te worden gemeten, maar waarvan bekend is dat ze wel in de bron voorkomen (b.v. bromaat in grondwater)."* Ten aanzien van de ongewervelde dieren wordt in dezelfde Inspectierichtlijn gesteld dat: *"Ongewervelde dieren dienen niet in zodanige aantallen aanwezig te zijn, dat ze leiden tot esthetische problemen"*. De referentiewaarden waartegen wordt getoetst in deze Inspectierichtlijn zijn de referentiewaarden die in de jaren '90 zijn opgesteld (van Lieverloo et al., 1999). Het project dat door KWR in

opdracht van de TG Biologische Activiteit is uitgevoerd, had tot doel om te achterhalen in hoeverre referentiewaarden voor ongewervelde dieren afgeleid in de jaren '90 nog representatief zijn wanneer deze worden vergeleken met referentiewaarden afgeleid met recente gegevens van alle productielocaties en distributiegebieden. De resultaten van deze studie zouden dan kunnen worden gebruikt om in overleg te treden met de Inspectie om de landelijke en routinematige monitoring van ongewervelde dieren eventueel aan te passen.

Gedurende de looptijd van het project is echter duidelijk geworden dat de Inspectierichtlijn 'Harmonisatie Wettelijk Meetprogramma' binnenkort komt te vervallen. Hierdoor kunnen de drinkwaterbedrijven afzonderlijk invulling geven aan de monitoring van ongewervelde dieren. Het is ondertussen ook duidelijk geworden dat de drinkwaterbedrijven daar een verschillende invulling aan willen geven. Sommige bedrijven willen de monitoring zoals die nu wordt uitgevoerd in stand houden, terwijl andere bedrijven vooruitlopend op afschaffing van de Inspectierichtlijn 'Harmonisatie Wettelijk Meetprogramma' ontheffing van de Inspectie hebben gekregen om in 2016 niet langer routinematig dierlijke organismen in het drinkwaterdistributiesysteem te monitoren. Door het verdwijnen van de Inspectierichtlijn 'Harmonisatie Wettelijk Meetprogramma' en de verschillende ideeën die de bedrijven hebben over het monitoren van dierlijke organismen, wordt voorgesteld om niet langer richtlijnen op te stellen voor een landelijk en gezamenlijk routinematige monitoringsprogramma voor ongewervelde dieren. Dit geeft de afzonderlijke bedrijven de mogelijkheid om zelf de afweging te maken of en hoe ongewervelde dieren worden gemonitord bij hun productiebedrijven of distributiegebieden. Om de drinkwaterbedrijven te helpen met het maken van de afweging of het zinvol is om dierlijke organismen in een bepaald distributiegebied te bepalen wordt in de volgende paragraaf (paragraaf 4.2.3) een beslisboom beschreven die daar als hulpmiddel voor gebruikt kan worden. Bij het doorlopen van de beslisboom kan worden uitgekomen dat de gevonden waarden voor dierlijke organismen binnen een locatie getoetst dienen te worden tegen referentiewaarden die zijn afgeleid van waarden voor dierlijke organismen die zijn gevonden bij alle locaties in Nederland, omdat die referentiewaarden zijn gebaseerd op (i) alle drinkwaterlocaties in Nederland en (ii) recente gegevens. Het is echter niet ondenkbaar dat de aantallen ongewervelde dieren in drinkwater zullen veranderen in de tijd door bijvoorbeeld aanpassingen in de zuivering van een aantal locaties. Het is daarom aan te bevelen om één keer in de vijftien jaar het aantal ongewervelde dieren bij alle drinkwaterlocaties te bepalen, zodat de referentiewaarden voor de verschillende diergroepen elke vijftien jaar kan worden aangepast.

4.2.3 Beslisboom monitoring ongewervelde dieren in reinwater en distributiegebieden

1. Is er een klacht over ongewervelde dieren in het distributiegebied?
 - Nee, verder naar 2;
 - Ja, verder naar 1a.

1a. Monitor de ongewervelde diergroep die de klachten veroorzaakt in dat deel van het distributiegebied waar de klachten zijn en op een aantal referentielocaties in hetzelfde distributiesysteem waar geen klachten zijn. Zet de aantallen af tegen de referentiewaarden in Tabel 3.9 en onderneem actie wanneer deze aantallen in klasse 4 vallen.

2. Wat is er gedaan met de gegevens van de landelijke monitoring ongewervelde dieren van de afgelopen vijf jaar?
 - Deze gegevens zijn verzameld en opgeslagen, maar verder niet gebruikt. Verder naar 4;
 - Deze zijn actief gebruikt voor diagnose van nagroeiproblemen of esthetische/technische klachten, trendanalyses en/of het bestuderen van effect van beheersmaatregelen. Verder naar 3.
3. Is het doel waar deze gegevens voor zijn gebruikt nog steeds actueel?
 - Nee, verder naar 4;
 - Ja, verder naar 3a.

3a. Handhaaf de monitoring van ongewervelde dieren zoals die tot nu toe is toegepast, maar zet de aantallen af tegen de vernieuwde referentiewaarden in Tabel 3.7 t/m 3.9.

4. Overschrijdt het koloniegetal bij 22°C (KG22) de wettelijke norm en/of overschrijdt *Aeromonas* meerdere keren per jaar de wettelijke norm?
 - Ja, verder naar 4a;
 - Nee, verder naar 4b.

4a. Het regelmatig overschrijden van de wettelijke norm voor KG22 en/of *Aeromonas* in het distributiegebied kan er op duiden dat het water minder biologisch stabiel is en de nagroei in het distributiesysteem verhoogd. Dergelijke condities zouden ook kunnen leiden tot verhoogde groei van ongewervelde dieren in het distributiesysteem en eventuele consumentklachten. Monitor daarom jaarlijks in deze distributiesystemen op de locaties waar deze overschrijdingen zich bevinden en in delen van hetzelfde distributiegebied waar deze overschrijdingen niet worden waargenomen. Analyseer de spuimonsters op ongewervelde dieren die zichtbaar zijn voor het menselijk oog en het grootste deel van de geregistreerde consumentklachten veroorzaken (waterpissebedden en borstelwormen > 500 µm). Hiervoor is het dus alleen nodig om de 500 µm fractie te verzamelen van de spuimonsters.

4b. Routinematig monitoren van ongewervelde dieren in het distributiegebied is niet noodzakelijk. Doorloop wel elk jaar de beslisboom.

5 Conclusie en aanbevelingen

5.1 Conclusies

Het aantal geregistreerde specifieke consumentenklachten over de aanwezigheid van ongewervelde dieren in drinkwater gedurende de periode 2009 t/m 2013 is over het algemeen minder dan één klacht per jaar per bedrijf. Op basis van deze klachtenregistratie wordt daarom geconcludeerd dat consumenten niet tot zelden een klacht indienen over de aanwezigheid van ongewervelde dieren in drinkwater.

Eencelligen, raderdieren en draadwormen komen het meeste voor in het Nederlandse reinwater, terwijl muggenlarven, borstelwormen, platwormen, mosselkreeften, watervlooien en watermijten vrijwel niet voorkomen in het Nederlandse reinwater.

Meerdere diergroepen komen algemeen voor in het spuiwater uit de Nederlandse voorzieningsgebieden, waarbij de aantallen roeipootkreeften en watermijten over het algemeen het hoogst zijn. Mosselkreeften, slakken en muggenlarven worden maar weinig aangetroffen.

De referentiewaarden voor de verschillende diergroepen die zijn berekend met de gegevens verzameld in deze studie wijken af van de referentiewaarden die in de jaren '90 van de vorige eeuw zijn bepaald. Wanneer deze nieuwe referentiewaarden worden toegepast, kunnen bepaalde locaties dus in een andere referentieklassie terecht komen.

De grondstof voor de drinkwaterbereiding, zuiveringsschema, biologische stabiliteit van het reinwater en mate van nagroei in het distributiesysteem hebben geen of beperkte invloed op de populatiesamenstelling van ongewervelde dieren. Eerder onderzoek heeft echter laten zien dat de biologische stabiliteit van het reinwater en mate van nagroei wel invloed heeft op de aantallen dierlijke organismen (van Lieverloo et al. 2012; 2014).

De drinkwaterbedrijven hebben verschillende opvattingen over invulling van het routinematig monitoren van ongewervelde dieren in reinwater en distributiegebied.

5.2 Aanbevelingen

Door het verdwijnen van de Inspectierichtlijn 'Harmonisatie Wettelijk Meetprogramma' en de verschillende ideeën die de bedrijven hebben over het monitoren van dierlijke organismen, wordt voorgesteld om niet langer richtlijnen op te stellen voor een landelijk en gezamenlijk routinematige monitoringsprogramma voor ongewervelde dieren. Dit geeft de afzonderlijke bedrijven de mogelijkheid om zelf de afweging te maken of en hoe ongewervelde dieren worden gemonitord bij hun productiebedrijven of distributiegebieden. Indien gewenst, kunnen de drinkwaterbedrijven de opgestelde beslisboom, beschreven in paragraaf 4.2.3, gebruiken om te bepalen of het zinvol is om dierlijke organismen in een bepaald distributiegebied te monitoren.

Het is aan te bevelen om één keer in de vijftien jaar het aantal ongewervelde dieren bij alle drinkwaterlocaties in Nederland te bepalen (reinwater en spuiwater), zodat de

referentiewaarden voor de verschillende diergroepen elke vijftien jaar kan worden aangepast.

In deze studie is niet onderzocht welke monitoringsfrequentie of welk aantal monsterlocaties onderzocht zouden moeten worden om een representatief beeld van ongewervelde dieren te krijgen. Deze aspecten zijn in een eerdere studie wel deels onderzocht (van Lieverloo et al., 1999), maar het blijft onduidelijk in hoeverre deze monitoringsfrequentie en monsterlocaties een betrouwbaar beeld geven over de aanwezigheid van zichtbare ongewervelde dieren gedurende een jaar in het voorzieningsgebied. Wanneer er behoefte is om vast te stellen of deze voorgestelde monitoringsfrequentie en monsterlocaties voldoen, wordt voorgesteld om bij een aantal voorzieningsgebieden gedurende een jaar een groot aantal locaties in het voorzieningsgebied te bemonsteren op ongewervelde dieren.

De hier voorgestelde richtlijn voor monitoring van ongewervelde dieren is specifiek voor het routinematig monitoren van ongewervelde dieren in relatie tot esthetische klachten. Zoals reeds in de Introductie gemeld (paragraaf 1.3) kan het kwantificeren van bepaalde diergroepen in de zuivering en distributie wel meerwaarde hebben bij het beantwoorden van bepaalde onderzoeksvragen. In die specifieke gevallen kan dus wel aanbevelingswaardig zijn om ook andere diergroepen te bepalen dan die worden genoemd in de hierboven voorgestelde richtlijn. Van der Kooij & van der Wielen (2014) hebben recent een uitgebreidere beschrijving van dergelijke onderzoeksvragen in relatie tot dierlijke organismen opgesteld en dat document is een leidraad voor aanvullend onderzoek in het BTO.

6 Referenties

Bray J.R., Curtis J.T. 1957. An ordination of the upland forest communities in southern Wisconsin. *Ecol Monogr* 27:325-349

de Vries, H. 1890. Die Pflanzen und Thiere in den dunklen Räumen der Rotterdamer Wasserleitung. Verlag von Gustav Fischer, Jena, 73 p.

Hammer, Ø., Harper, D.A.T., Ryan, P.D. 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica* 4(1): 9pp.
http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm

Liu, G., G.L. Bakker, S. Li, J.H.G. Vreeburg, J.Q.J.C. Verberk, G.J. Medema, W.T. Liu en J.C. van Dijk. 2014. Pyrosequencing reveals bacterial communities in unchlorinated drinking water distribution systems: an integral study of bulk water, suspended solids, loose deposits, and pipe wall biofilm. *Environ. Sci. Technol.* 48:5467-5476.

Morisita, M. 1959. Measuring of interspecific association and similarity between communities. *Mem. Fac. Sci. Kyushu Univ. Ser E. Bio.* 3:65-80.

Rook, J.J. 1970. Über das verhalten desinfizierter Wasser in Rohrleitungen. *Schr. Reihe Ver. Wass.- Boden- Lufthyg.* 31:137-150.

Valster, R.M., B.A. Wullings en D. van der Kooij. 2010. Detection of protozoan hosts for *Legionella pneumophila* in engineered water systems by using a biofilm batch test. *Appl. Environ. Microbiol.* 76:7144-7153.

Valster, R.M. 2011. Free-living protozoa in drinking water supplies: community composition and role as host for *Legionella pneumophila*. PhD-thesis University of Wageningen, 186 p.

van der Kooij, D. en Veenendaal, H. 2013. Bepaling van de concentratie van biomassa in drinkwater met behulp van de hemoflow. BTO 2013.044. KWR Watercycle Research Institute, Nieuwegein, Nederland.

van der Kooij, D. en P.W.J.J. van der Wielen. 2014. Research Needs. In: *Microbial Growth In Drinking Water Supplies: Problems, Causes, Control & Research Needs*, D. van der Kooij & P.W.J.J. van der Wielen (eds), IWA Publishing, Londen, 424-443.

van der Wielen, P.W.J.J. en van der Kooij, D. 2011. Inventarisatie van *Aeromonas* en koloniegetal 22°C in drinkwater en relatie met fysisch/chemische parameters. BTO 2011.001. Kiwa Water Research, Nieuwegein, The Netherlands.

van der Wielen, P.W.J.J. en M.C. Lut. 2015. Contribution of biofilm formation on pipe surface and sediment particles to microbial regrowth in a drinking water distribution system. In: *Proceedings IWA specialized conference Biofilms in drinking water systems*, 23-26 August 2015, Arosa, Switzerland.

van Heusden, G.P.H. 1948. *Asellus aquaticus* in het Amsterdamse leidingnet. Water (NL) 32 (12), pp. 109-113.

van Lieverloo, J.H.M. 1995. LIDO II: maatregelen voor beheersing van ongewervelde dieren in drinkwater. Projectplan voor implementatie en evaluatie. Rapportnummer SWI 95.131, Kiwa Onderzoek en Advies, Nieuwegein.

van Lieverloo, J.H.M., G. Veenendaal en D. van der Kooij. 1997. Ongewervelde dieren in systemen voor distributie van drinkwater. Resultaten van een inventarisatie. Rapportnummer SWE 96.013. Kiwa Onderzoek en Advies, Nieuwegein.

van Lieverloo, J.H.M., W. Hoogenboezem, G.L. Bakker, J. Kroesbergen, R. Voogt, R.A.G te Welscher en G.H. Wubbels. 1999. Ongewervelde dieren in systemen voor distributie van drinkwater. Periodieke beoordeling van de waterkwaliteit. Rapportnummer SWE 99.002. Kiwa Onderzoek en Advies, Nieuwegein.

Van Lieverloo, J.H.M., Van der Kooij, D. and Hoogenboezem, W. (2002). 'Invertebrates and Protozoa (Free-living) in Drinking Water Distribution Systems'. In: Bitton, G. (ed.). 'Encyclopedia of Environmental Microbiology'. John Wiley & Sons, New York, pp. 1718-1733.

Van Lieverloo, J.H.M., Bosboom, D.W., Bakker, G.L., Brouwer, A.J., Voogt, R. and De Pouw, J. (2004) Sampling and Quantification of Invertebrates From Drinking Water Distribution Systems. Wat Res, 38:1101.

Van Lieverloo, J.H.M., Hoogenboezem, W., Veenendaal, G. and Van der Kooij, D. (2012) Variability of invertebrate abundance in drinking water distribution systems in the Netherlands and mean correlation with biostability and sediment volumes. Water Research 46 (16) 4918-4932.

van Lieverloo, J.H.M., W. Hoogenboezem, G. Veenendaal en D. van der Kooij. 2014. Invertebrates in drinking water distribution systems. In: Microbial Growth in Drinking Water Supplies, D. van der Kooij & P.W.J.J. van der Wielen (eds), IWA Publishing, London, pp. 239-260.

VEWIN. 1993. VEWIN-aanbevelingen 1993. a. de hoedanigheid van het water = waterkwaliteit. Vereniging van Exploitanten van Waterleidingbedrijven in Nederland, Rijswijk, 29 p.

Bijlagen

De bijlagen bevatten de figuren van de clusteranalyses van de populatiesamenstelling van ongewervelde dieren tussen reinwaterlocaties (pagina 52), distributielocaties (pagina 53) en reinwater- en distributielocaties (pagina 54). In alle figuren zijn de locaties waar grondwater wordt behandeld weergegeven met donkerblauw, terwijl de locaties waar oppervlaktewater wordt behandeld zijn weergegeven met rood. In de laatste figuur zijn de distributielocaties aangeduid met een D_ voor de locatiennaam.

